

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ANDREINA CRISTINA CARVALHO

**PROPOSTA DE UM SISTEMA PREDIAL DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUAS PLUVIAIS PARA O BLOCO DE LABORATÓRIOS DO INSTITUTO
FEDERAL DE GOIÁS (IFG) – CÂMPUS JATAÍ**

JATAÍ
2018

ANDREINA CRISTINA CARVALHO

**PROPOSTA DE UM SISTEMA PREDIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS
PLUVIAIS PARA O BLOCO DE LABORATÓRIOS DO INSTITUTO FEDERAL DE
GOIÁS (IFG) – CÂMPUS JATAÍ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás –
Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Civil.

Orientadora: Prof.^a Ma. Marina Augusta
Malagoni de Almeida

Coorientadora: Prof.^a Ma. Gabriela Cristina
Ribeiro Pacheco

JATAÍ

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

CAR/pro	Carvalho, Andreina Cristina. Proposta de um sistema predial de aproveitamento de águas pluviais para o bloco de laboratórios do Instituto Federal de Goiás (IFG) – Câmpus Jataí / Andreina Cristina Carvalho. -- Jataí: IFG, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, 2018. 87 f.; il. Orientadora: Profª. Ma. Marina Augusta Malagoni de Almeida. Coorientadora: Profª. Ma. Gabriela Cristina Ribeiro Pacheco. Bibliografias. Apêndices. 1. Aproveitamento de água pluvial. 2. Água de chuva. 3. Dimensionamento de sistema. 4. Custo de implantação. I. Almeida, Marina Augusta Malagoni de. II. Pacheco, Gabriela Cristina Ribeiro. III. IFG, Câmpus Jataí. IV. Título. CDD 627
---------	--

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Téc.: Aquisição e Tratamento da Informação.

Bibliotecária – Rosy Cristina Oliveira Barbosa – CRB 1/2380 – Câmpus Jataí. Cód. F023/18.

ANDREINA CRISTINA CARVALHO

**PROPOSTA DE UM SISTEMA PREDIAL DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUAS PLUVIAIS PARA O BLOCO DE LABORATÓRIOS DO INSTITUTO
FEDERAL DE GOIÁS (IFG) – CÂMPUS JATAÍ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Coordenação do curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí,
como parte dos requisitos para a aprovação na
disciplina TCC II (Trabalho de Conclusão de
Curso II).

Este trabalho foi defendido e aprovado, em 19 de fevereiro de 2018, pela
banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Marina Augusta Malagoni

Profa. Ma. Marina Augusta Malagoni de Almeida
Orientadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí

Gabriela C. R. Pacheco

Profa. Ma. Gabriela Cristina Ribeiro Pacheco
Coorientadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Goiânia

Kênia Alves Pereira Lacerda

Profa. Dra. Kênia Alves Pereira Lacerda
Examinadora Interna

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí

Alex Mizael Martins

Prof. Me. Alex Mizael Martins

Examinador Externo

Universidade de Rio Verde - UniRV

Meu trabalho é dedicado àqueles que
racionalizam e se preocupam com a água no
planeta.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, pela minha vida, minha saúde e por todas as coisas e pessoas ao meu redor.

À minha família, amigos e namorado pelo apoio, incentivo, carinho e amor dedicados.

Às minhas orientadora e coorientadora, professoras Marina Malagoni e Gabriela Pacheco, respectivamente, pela atenção e paciência dadas neste período de estudo.

Aos membros da banca examinadora por aceitarem o convite e pelas contribuições.

Aos professores e colegas do curso de graduação de bacharelado em Engenharia Civil e a todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram com o desenvolvimento deste trabalho e também com a minha formação.

A todos aqueles que forneceram informações necessárias para elaboração deste trabalho.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para meu aprendizado.

O caminho não escolhido

Num bosque amarelo dois caminhos se separavam,

E lamentando não poder seguir os dois

E sendo apenas um viajante, fiquei muito tempo parado

E olhei para um deles tão distante quanto pude

Até onde se perdia na mata;

Então segui o outro, como sendo mais merecedor,

E tendo talvez melhor direito,

Porque coberto de mato e querendo uso

Embora os que por lá passaram

Os tenham realmente percorrido de igual forma,

E ambos ficaram essa manhã

Com folhas que passo nenhum pisou.

Oh, guardei o primeiro para outro dia!

Embora sabendo como um caminho leva para longe,

Duvidasse que algum dia voltasse novamente.

Direi isto suspirando

Em algum lugar, daqui a muito e muito tempo:

Dois caminhos se separaram em um bosque e eu...

Eu escolhi o menos percorrido

E fez toda a diferença.

(Robert Frost)

RESUMO

O uso racional de água potável, cada vez mais presente na humanidade, vem proporcionando a busca por alternativas eficientes para a redução do seu consumo. Entre essas soluções, uma das mais conhecidas é o sistema predial de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis. A viabilidade do uso de água da chuva é caracterizada pela diminuição do volume de água fornecida pelas companhias de saneamento, tendo como consequências a redução de custos com água potável e a menor ocorrência de riscos de enchentes em casos de chuvas fortes. Para a instalação de um sistema como esse, é imprescindível o dimensionamento do reservatório de armazenamento de água da chuva coletada, já que este é um dos itens de maior custo do projeto. Sendo assim, este trabalho visa apresentar a concepção e dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água pluvial, bem como o custo de sua implantação para o bloco de laboratórios do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Goiás (IFG) – Câmpus Jataí. Através de uma pesquisa de mercado, os custos relativos à implantação do sistema ficaram orçados em R\$ 19.122,41 e constatou-se que um sistema de aproveitamento de água pluvial no bloco de laboratórios proporcionaria grande potencial de economia de água potável.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial. Água de chuva. Dimensionamento de sistema. Custo de implantação.

ABSTRACT

The rational use of drinking water, increasingly present in humanity, has been providing the search for efficient alternatives to reduce its consumption. Among these solutions, one of the best known is the rainwater harvesting system for non-potable purposes. The viability of the use of rainwater is characterized by the reduction of the water's volume provided by the sanitation companies, with the consequence of reducing costs with drinking water and the lower occurrence of flood risks in cases of heavy rains. For the installation of a system such as this, it is essential to dimension the storage tank of the collected rainwater, since this is one of the most expensive items of the project. Thus, this term paper aims to present the framing and design of a rainwater utilization system, as well as the cost of its implementation for the block of laboratories for the bachelor's degree course in Civil Engineering of the Federal Institute of Goiás (IFG) - Jataí Campus. Through market research, the costs related to the implementation of the system were budgeted at R\$ 19.122,41 and it was verified that a rainwater harvesting system in the block of laboratories would provide great potential for saving potable water.

Keywords: Rainwater harvesting. Rain water. Sizing of system. Cost of implementation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.1 – Localização de Jataí em Goiás	31
Figura 4.2 – IFG – Unidade Flamboyant	32
Figura 4.3 – Bloco de laboratórios do curso de Engenharia Civil	32
Figura 4.4 – Regime pluviométrico mensal ao longo de 20 anos (1996 a 2016)	35
Figura 4.5 – Consumo médio de água potável mensal do IFG	36
Figura 4.6 – Mecanismo de descarte das primeiras águas de chuva	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Demanda de água pluvial em edifício público universitário	22
Tabela 4.1 – Volume do reservatório pelo método Azevedo Neto	38
Tabela 4.2 – Volume do reservatório pelo método prático alemão	39
Tabela 4.3 – Volume do reservatório pelo método prático inglês	39
Tabela 4.4 – Resumo dos custos de implantação e operação do sistema	45
Tabela 4.5 – Custos de água por faixa de consumo para a categoria pública	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCMAC	Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CELG	Companhia Energética de Goiás
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFG	Instituto Federal de Goiás
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PURA	Programa de Uso Racional da Água
SANEAGO	Saneamento de Goiás S/A
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SPAAP	Sistemas Prediais de Aproveitamento de Água Pluvial
SPAF	Sistema Predial de Água Fria
UFBA	Universidade Federal da Bahia
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área de contribuição (captação)
C	Coeficiente de escoamento superficial de cobertura
D	Demanda de água pluvial aproveitável
I	Interceptação da água que molha as superfícies
N	Número de meses considerado
N_r	Número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda
P	Precipitação média
P_r	Falha
$S_{(t)}$	Volume de água no reservatório no tempo t
$S_{(t-1)}$	Volume de água no reservatório no tempo t – 1
T	Valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca
V	Volume do reservatório de água pluvial aproveitável
$V_{adotado}$	Volume de água do reservatório adotado
η	Fator de eficiência do sistema

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	8
1.1 Objetivos	9
1.1.1 Objetivo Geral.....	9
1.1.2 Objetivos Específicos	9
1.2 Estrutura do trabalho.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 Uso racional de água em escolas e universidades.....	11
2.2 Sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial.....	13
2.3 Partes constituintes dos SPAAP	13
2.3.1 Subsistema de captação	13
2.3.2 Subsistema de transporte	14
2.3.3 Subsistema de tratamento	15
2.3.4 Subsistema de armazenamento.....	16
2.4 Dimensionamento do reservatório dos SPAAP	17
2.4.1 Determinação do volume de água pluvial	17
2.4.2 Determinação da demanda de água pluvial	18
2.4.3 Métodos de cálculo para o dimensionamento do reservatório	18
3 METODOLOGIA.....	21
3.1 Levantamento de dados	21
3.1.1 Área de contribuição	21
3.1.2 Demanda de água pluvial	21
3.1.3 Dados pluviométricos	22
3.1.4 Consumo de água potável do IFG	22
3.2 Métodos de dimensionamento do reservatório de água pluvial	23
3.2.1 Método de Rippl.....	23
3.2.2 Método da simulação	24
3.2.3 Método Azevedo Neto	25
3.2.4 Método prático alemão	25
3.2.5 Método prático inglês	26
3.2.6 Método prático australiano	26
3.3 Custo de implantação do SPAAP	28
4 RESULTADOS	30

4.1 Cidade de estudo	30
4.2 Objeto de estudo.....	31
4.3 Levantamento de dados.....	33
4.3.1 Área de contribuição	33
4.3.2 Demanda de água pluvial	34
4.3.3 Dados pluviométricos	35
4.3.4 Consumo de água potável do IFG	36
4.4 Concepção e dimensionamento do SPAAP	37
4.4.1 Dimensionamento do reservatório	37
4.4.1.1 Método de Rippl	37
4.4.1.2 Método da simulação.....	37
4.4.1.3 Método Azevedo Neto	38
4.4.1.4 Método prático alemão.....	38
4.4.1.5 Método prático inglês	39
4.4.1.6 Método prático australiano	39
4.4.2 Discussão sobre os métodos	40
4.4.3 Projetos do SPAAP	41
4.4.3.1 Subsistema de transporte.....	41
4.4.3.2 Subsistema de tratamento	42
4.4.3.3 Subsistema de armazenamento	42
4.5 Custo de implantação do SPAAP	43
5 CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS	48
APÊNDICES	52

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A água encontrada na natureza é um dos elementos essenciais para a vida no planeta. Com isso, o risco de escassez desse recurso natural tem provocado uma maior preocupação da população quanto ao seu uso. O aumento do consumo de água por questões que envolvem o crescimento populacional e das atividades econômicas, a diminuição de sua qualidade devido à poluição causada pelos esgotos domésticos e industriais, bem como a ausência de infraestruturas básicas e as mudanças climáticas são alguns dos principais fatores que ocasionam a crise hídrica no mundo ao longo dos anos (PENA, 2017).

Essa problemática atemporal, somada à ausência de chuvas e à sua desigual distribuição geográfica mundial, é ainda mais alarmante. Além da incapacidade de prover segurança hídrica nos dias atuais, o ser humano tem a errada consciência de que a água é um bem inesgotável, isto é, que pode ser utilizada abundantemente de maneira irracional sem o prejuízo da sua disponibilidade.

Dentro deste contexto, faz-se necessário um maior incentivo às soluções que aumentam a oferta de água potável, poupando o seu uso em atividades desnecessárias e estimulando a sua reutilização. Uma das alternativas mais conhecidas e eficientes é o aproveitamento de água de chuva que incide diretamente nas coberturas das edificações. Empregada para fins não potáveis, como a irrigação de jardins, a descarga de bacias sanitárias e a lavagem de carros e calçadas, a viabilidade do uso de água pluvial é caracterizada, principalmente, pela diminuição da demanda de água fornecida pelas companhias de saneamento, reduzindo os custos com a água potável, e auxiliando no combate às enchentes em casos de grandes chuvas.

Os Sistemas Prediais de Aproveitamento de Água Pluvial (SPAAP) são constituídos por uma superfície de captação de água, que consiste, basicamente, na área de coleta (coberturas), por componentes de transporte (calhas e condutores horizontais e verticais), por um reservatório de armazenamento, que é previamente dimensionado, por instalações prediais e, caso seja necessário, por bombeamento (FONTANELA, 2010). Como o reservatório é o item de maior custo do sistema, várias metodologias foram desenvolvidas para o seu dimensionamento com o intuito de tornar os SPAAP viáveis ambiental, técnica e economicamente.

No Brasil, existem várias pesquisas e programas para o uso racional da água em edificações escolares e/ou universidades que envolvem tecnologias economizadoras deste recurso hídrico e que promovem a conscientização dos usuários para redução do consumo há muitos anos. Contudo, mesmo que esteja crescendo, ainda são poucos os estudos relacionados exclusivamente à implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em instituições de ensino disponíveis na literatura nacional (MARINOSKI, 2007).

Levando-se em consideração os aspectos anteriormente apresentados, bem como a desinformação de usuários em relação à eficiência, à durabilidade e ao custo da implantação deste tipo de sistema, uma proposta de um sistema predial de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis para o bloco de laboratórios do curso de bacharelado em Engenharia Civil no Instituto Federal de Goiás (IFG) – Câmpus Jataí – Unidade Flamboyant será o assunto abordado neste trabalho.

1.1 Objetivos

Na sequência, serão apresentadas as finalidades do presente trabalho, dividindo-as em objetivo geral, que compreende uma visão global do que é pretendido com o estudo, e em objetivos específicos, que detalham cada etapa do mesmo.

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em comparar os métodos de dimensionamento de um reservatório de armazenamento de água pluvial para fins não potáveis citados pela NBR 15527 (ABNT, 2007), bem como verificar o custo de implantação de um SPAAP para o bloco de laboratórios do curso de bacharelado em Engenharia Civil do IFG – Câmpus Jataí, com o intuito de reduzir o consumo de água para tarefas em que não haja a necessidade do consumo de água potável.

1.1.2 Objetivos Específicos

Entre os objetivos específicos, o trabalho busca:

- ✓ Apresentar o uso que será dado à água pluvial captada;
- ✓ Realizar um levantamento de dados necessários para a concepção e dimensionamento do reservatório;
- ✓ Dimensionar o reservatório por meio dos métodos citados pela norma brasileira;
- ✓ Definir o custo de implantação do SPAAP.

1.2 Estrutura do trabalho

Este trabalho é composto por cinco capítulos. O primeiro compõe uma introdução e justificativa sobre o tema a ser abordado, com seus respectivos objetivos e estrutura.

No segundo, uma breve revisão bibliográfica sobre o uso racional de água em instituições de ensino, o que são os SPAAP e seus componentes, e o dimensionamento do reservatório de armazenamento de água de chuva.

O terceiro capítulo mostra a metodologia aplicada ao estudo, apresentando quais os dados necessários para o desenvolvimento do trabalho, os métodos de cálculo de dimensionamento do reservatório e como será analisado o custo de implantação do SPAAP.

O capítulo quatro compreende os resultados obtidos com o estudo e suas análises.

No quinto capítulo, por fim, são apresentadas as conclusões deste estudo e suas limitações.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo revisional, um histórico do uso racional de água em instituições de ensino, bem como conceitos pertinentes ao tema abordado e alguns esclarecimentos para o bom desenvolvimento do trabalho serão apresentados.

2.1 Uso racional de água em escolas e universidades

Nas edificações públicas de educação, como as escolas e as universidades, em que seus usuários não são responsáveis diretamente pelo pagamento da conta de abastecimento de água, ocorre uma tendência de maior desperdício deste recurso natural. Em meio a isto, alguns programas e estudos de uso racional da água nessas instituições vêm sendo desenvolvidos atualmente, tendo como principal objetivo a redução do consumo de água (MARINOSKI, 2007).

No Brasil, pode-se destacar a Organização Não Governamental (ONG) Água e Cidade que aplica o “Programa Água na Escola” com o objetivo de conscientizar e formar cidadãos, a partir da escola, para o uso e a conservação dos recursos hídricos por meio de conceitos, procedimentos e atitudes. O público é formado por alunos do ensino fundamental, tanto de escolas públicas quanto de particulares, e já está atuando em várias cidades brasileiras, dentre elas: São Paulo, Fernando de Noronha e Cachoeiro do Itapemirim (YWASHIMA, 2005).

Além de escolas, o Programa de Uso Racional da Água (PURA) foi implantado pela Universidade de São Paulo (USP) desde 1996. O PURA-USP vem atendendo a demanda de ações sistêmicas de uso racional de água em sistemas prediais da própria universidade com o intuito de reduzir o consumo de água devido aos expressivos valores de consumo observados e seus reflexos no orçamento.

Nakagawa (2009) desenvolveu na Universidade Federal da Bahia (UFBA) um programa semelhante ao PURA-USP, conhecido como ÁGUA PURA. Sua metodologia baseia-se na minimização de perdas e desperdícios de água, manutenção e aprimoramento da implantação de tecnologias limpas. A aplicação do programa ocasionou uma redução no

consumo de água, sendo o consumo médio mensal da UFBA, no início da série histórica de 1998 a 2000 igual a 25.500 m³ e, nos anos de 2006 a 2007, igual a 14.000 m³, representando uma redução de 45%.

2.2 Sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial

O aproveitamento de água de chuva para uso doméstico, industrial e agrícola vêm ganhando cada vez mais ênfase por ser considerado um meio simples e eficaz de atenuar o problema ambiental da crescente escassez de água para consumo. Com isso, os SPAAP se tornaram mais atrativos e benéficos para uma sociedade que está cada vez mais ligada à questão sustentável e econômica.

Entre suas vantagens, tem-se a diminuição do risco de inundações urbanas e a economia de água potável para a irrigação de jardins, lavagem de veículos, roupas e calçadas, descarga de bacias sanitárias, sistemas de combate a incêndios, resfriamento de telhados e máquinas, e mesmo a climatização interna (MAY, 2004). Além de seus inúmeros usos, estes sistemas destacam-se pela simplicidade de construção e de manutenção, pelos tratamentos simplificados para adequar a água aos padrões de potabilidade e é uma das poucas técnicas de conservação de água que apresentam baixo impacto no estilo de vida de seus usuários (IWANAMI, 1985).

Outra questão bastante conveniente destes sistemas é a redução de demanda de água potável fornecida pelas companhias de saneamento para abastecimento público. Caso o uso dos SPAAP seja uma prática comum, além dos pagamentos de contas de água se tornarem menores, as tubulações de drenagem urbana podem até ser reduzidas e, em situações emergenciais, podem suprir as necessidades dos moradores durante interrupções no sistema público (LI *et al.*, 2010).

Por mais significativos que sejam os benefícios da utilização dos SPAAP, principalmente na redução do uso de água potável em atividades que não são necessárias, a dificuldade em difundir informações sobre suas técnicas operacionais, a ausência de uma política de incentivo à instalação desses sistemas e, principalmente, sua inviabilidade em relação aos custos de implantação são os maiores entraves para sua maior aplicabilidade.

Mesmo assim, a escolha pelo sistema predial de aproveitamento de água pluvial ainda é uma das melhores alternativas. Conforme aponta Tomaz (2005), sua instalação se torna mais viável pela durabilidade, pela segurança e pela fácil execução. Hoje, mais ainda, os SPAAP são impulsionados por associações, pesquisadores, fabricantes e consultores que buscam disseminar o seu uso. No Brasil, desde 1999, a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC), uma entidade sem fins lucrativos, promove ações que visam o aproveitamento racional e eficiente da água de chuva pelo país (ABCMAC, 2017).

Além destas associações e programas de incentivo, o crescimento dos SPAAP está relacionado à existência de leis que incentivam a sua implantação nas edificações. Em algumas cidades do Brasil, como em São Paulo e Rio de Janeiro, a construção de reservatórios de captação de água de chuva em edifícios com determinada área já é obrigatória para retardar o escoamento destas águas para a rede de drenagem (RIO DE JANEIRO, 2004; SÃO PAULO, 2002).

Para o bom desempenho desse tipo de sistema, uma norma regulamentadora é disponível no Brasil, sendo ela a NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos (ABNT, 2007), que, como o seu próprio nome coloca, orienta a instalação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em áreas urbanas e para uso não potável. Esta norma será abordada em detalhes em um dos tópicos deste capítulo. Antes, é importante conhecer e entender as partes constituintes dos SPAAP, as quais serão abordadas a seguir.

2.3 Partes constituintes dos SPAAP

As partes constituintes dos SPAAP serão apresentadas de acordo com o seu funcionamento, que vai desde a captação, transporte, passando por um tratamento e, por fim, seguindo até o armazenamento dentro de um reservatório (CAMPO, 2012). Estas etapas serão divididas em subsistemas, como identificadas adiante.

2.3.1 Subsistema de captação

A primeira etapa dos SPAAP é a coleta de água de chuva, isto é, a captação. Feita em áreas impermeáveis, as coberturas das edificações são os locais em que este processo ocorre, sendo, normalmente, o telhado o principal elemento. Segundo Pacheco (2016), a qualidade da água captada sofre influência das condições destas superfícies, tais como a presença de animais, a deposição de substâncias, a frequência de manutenções e a realização de limpezas.

Em relação ao material das coberturas, os telhados metálicos são comumente recomendados devido à maior qualidade da água coletada e à menor porosidade (ROCHA, 2010; LEE *et al.*, 2012). Entretanto, Farreny *et al.* (2011) descreve que telhados metálicos e de plásticos apresentam comportamento hidráulico semelhante, o que faz com que os parâmetros de qualidade de água não sejam discrepantes. Já superfícies planas e mais porosas depositam partículas. Além disso, musgos e líquens são frequentemente encontrados em coberturas de madeiras, como também em telhas de concreto e de cerâmica (LEE *et al.*, 2012). Mesmo assim, como aponta Pacheco (2016), os três tipos de coberturas são aprovados no quesito qualidade estabelecido pela legislação brasileira para uso não potável.

A quantidade de água captada também deve ser verificada pelo tipo de material das coberturas. Os mais indicados são aqueles que apresentam menor absorção de água, como os metálicos, por serem telhas que escoam de maneira mais eficiente. (PACHECO, 2016).

A inclinação das coberturas contribui como outro ponto a ser analisado no que diz respeito ao volume de água coletada, sendo um dos itens que influencia no dimensionamento do reservatório, que será mais tarde explicado.

2.3.2 Subsistema de transporte

Este subsistema é formado por calhas e os condutores, que são horizontais e verticais. Eles conduzem a água de chuva captada e a direciona para o reservatório de armazenamento (ou de acumulação), o qual leva a água para os pontos de utilização.

As calhas e os condutores que são instalados devem ser dimensionados para que o escoamento de água seja eficiente até o local de armazenagem. Para isso, faz-se necessário o cálculo de vazão de projeto por meio da área de contribuição (área de captação) e da intensidade pluviométrica do lugar. As calhas e os condutores horizontais possuem uma

inclinação mínima uniforme de 0,5% e são dimensionados por meio de valores de declividade, de vazão e do coeficiente de rugosidade regidos pela NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais (ABNT, 1989). Quanto aos condutores verticais, o cálculo dos seus diâmetros também segue a mesma norma, por meio de dados de comprimentos, de vazão e de altura da lâmina d'água na calha.

Do reservatório de armazenamento até os pontos de consumo, o transporte pode ser realizado por gravidade ou por bombeamento, dependendo da posição dos equipamentos sanitários, e ainda requerer a instalação de um reservatório superior para melhor atender as condições de uso. As tubulações em casos de bombeamento devem ser dimensionadas conforme a NBR 5626: Instalação predial de água fria (ABNT, 1998).

2.3.3 Subsistema de tratamento

A etapa de tratamento de água pluvial para fins não potáveis geralmente é simples. Baseia-se em um mecanismo de descarte das primeiras águas, de processos de sedimentação e/ou filtração e de algum procedimento de desinfecção. Vale ressaltar que o nível de tratamento depende da água coletada (CAMPOS, 2012).

Para que a água chegue com melhor qualidade aos pontos de consumo, é importante que os condutores tenham algum dispositivo de limpeza ou uma grade que impeça a entrada de galhos, folhas e outras sujeiras (MAY, 2004).

O sistema de descarte das primeiras águas de chuva tem a função de eliminar os primeiros volumes de precipitação que são mais poluídos, podendo afetar a superfície de captação (HAGEMANN, 2009). É recomendado que este descarte seja automático. Apesar da redução de contaminação da água captada com o descarte inicial, não há um consenso do volume de água a ser retirada (MACOMBER, 2010). A ABCMAC (2007) recomenda o descarte de 1 a 2 mm de água, enquanto que a NBR 15527 indica 2 mm (ABNT, 2007).

Já a respeito do procedimento de desinfecção, May (2004) descreve que o mesmo consiste na adição de cloro para reduzir a quantidade de bactérias presentes na água.

2.3.4 Subsistema de armazenamento

Terminada a etapa de tratamento, a água é encaminhada para o reservatório. Para que não haja erros quanto a uma impermeabilização eficiente e uma fundação adequada, é imprescindível para o SPAAP o projeto do reservatório para distribuição com base na NBR 12217: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público (ABNT, 1994).

O reservatório pode estar apoiado, enterrado ou elevado, dependendo do nível do terreno da edificação e o tipo de projeto (MAY, 2004). Quando construído acima do solo, a detecção de vazamentos e o esvaziamento para limpeza são facilitados, tendo a desvantagem de estar sujeito às intempéries. O reservatório enterrado previne a entrada de luz e economiza no espaço, mas pode sofrer contaminação por águas subterrâneas e de inundação (PACHECO, 2016). Já o reservatório elevado não necessita de bombeamento da água para o abastecimento da edificação, porém exige uma estrutura para sustentação (MARINOSKI, 2007).

Vários materiais podem constituir o reservatório, entre eles o concreto armado, blocos de concreto, alvenaria de tijolos, aço, plástico, poliéster, polietileno, fibrocimento e outros (MAY, 2004). O mais usado na implantação de um SPAAP é o de fibrocimento devido ao seu baixo custo, à necessidade de poucas manutenções e por apresentar uma duração indefinida, que no caso entra como um ponto positivo. O reservatório de aço foi bastante utilizado por muitos anos e ainda está presente em determinados locais por exigir uma instalação rápida e não ser necessário uma fundação robusta. Todavia, ele se compromete caso não seja revestido adequadamente, o que ocasiona problemas de corrosão. O plástico é empregado mais em instituições devido à simplicidade de implantação e à garantia de sua vida útil pelo fabricante (PACHECO, 2016).

A escolha pelo material compreende alguns critérios, que vão desde o custo, a disponibilidade do mesmo na cidade e/ou região, a necessidade de manutenção e a sua vida útil. Embora este item interfira na viabilidade de um SPAAP, ele não é o fator determinante para a concepção do sistema.

O reservatório é, geralmente, o componente mais caro de um SPAAP (CAMPOS, 2004). Ele não pode permanecer ocioso por um longo tempo, como também não pode provocar desperdício de água. Logo, é necessário que se faça o seu correto dimensionamento

para que a quantidade de líquido armazenada supra a demanda e torne o sistema viável. Na sequência será relatado o passo a passo de como deve ser efetuado o dimensionamento do reservatório dos SPAAP.

2.4 Dimensionamento do reservatório dos SPAAP

O dimensionamento de um reservatório de armazenamento de água pluvial é uma parte fundamental, pois possibilita que o SPAAP trabalhe de maneira satisfatória, obedecendo a critérios de consumo esperado, de viabilidade técnica e econômica e de segurança sanitária.

Para isso, além de considerar critérios técnicos, econômicos e ambientais, alguns dados referentes ao volume de chuva e sua demanda de uso, bem como os métodos utilizados para o dimensionamento do reservatório devem ser determinados. Na sequência serão abordados estes temas.

2.4.1 Determinação do volume de água pluvial

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), o volume de água de chuva aproveitável (V) depende da precipitação média anual, mensal ou diária (P), da área de coleta (A), do coeficiente de escoamento superficial da cobertura (C) e da eficiência do sistema de captação (η), como mostra a Equação 2.1 abaixo:

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (2.1)$$

A precipitação média corresponde a uma série histórica e é dada em milímetros (mm). Quanto mais variável a precipitação ou maior o período de estiagem da região analisada, maior será o volume de armazenamento para garantir a demanda (CAIN, 2010).

Não existe um padrão na duração das séries empregadas para o dimensionamento do reservatório. Há autores, como Santos *et al.* (2010), que usam séries inferiores a 10 anos e outros acima de 70 anos (MOREIRA NETO *et al.*, 2012). Quanto maior a duração da série de precipitação, melhor o desempenho do sistema (LIAW e TSAI, 2004).

A área de coleta é a projeção horizontal da superfície de captação, expressa em metros quadrados (m²). O coeficiente de escoamento superficial é influenciado pelo tipo de material da cobertura, sendo um valor tabelado. Já a eficiência do sistema, que corresponde ao percentual de água utilizada, varia entre 0,7 a 0,8, o que representa uma perda de 30 a 20% da água precipitada, respectivamente (PACHECO, 2016).

2.4.2 Determinação da demanda de água pluvial

A demanda de água pluvial é o uso que será feito da mesma. No caso em questão, o destino desta água é para fins não potáveis, isto é, para a descarga de bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagem de pisos e calçadas.

O volume de água exigido varia em cada uso, já que depende da frequência, duração, vazão, dos tipos de equipamentos sanitários existentes e/ou que serão instalados (economizadores ou não) e da configuração do sistema predial com a pressão (CAMPOS, 2012).

Para estimar um valor mais próximo às condições de uso, indicadores foram determinados com base na demanda de água consumida por dia pelo agente consumidor e/ou volume utilizado por dia por m². Como existem vários indicadores de consumo para diferentes edificações na literatura, fazendo com que não haja uma especificidade de dados para um único tipo, há uma grande variedade de valores, o que prejudica a padronização e até mesmo a confiabilidade do volume estimado.

2.4.3 Métodos de cálculo para o dimensionamento do reservatório

O dimensionamento do reservatório, como anteriormente citado, é uma das partes mais importantes para a eficiência do SPAAP. Sendo assim, muitos métodos foram criados e mostraram resultados que ora atenderam às condições estabelecidas, ora prejudicaram o rendimento do sistema.

A NBR 15527 descreve alguns métodos de dimensionamento, sendo eles: o método de Rippl, o método da simulação, o método Azevedo Neto, e os métodos práticos alemão, inglês e australiano (ABNT, 2007). Como são metodologias distintas, resultam em volumes diversos para o reservatório. Entretanto, nenhum é mais preciso ou é mais aplicado que o outro, já que cada caso de estudo requer uma avaliação específica.

O método de Rippl, também conhecido como o método do Diagrama de Massas, geralmente superdimensiona o reservatório, apresentando o valor extremo do volume em lugares onde há grande variação nas precipitações médias mensais, o que o torna importante em termos de referência máxima. O seu cálculo é bastante utilizado para reservatórios com destino ao abastecimento público, à irrigação, à regularização de cursos d'água e ao controle de enchentes (TOMAZ, 2005).

O método da simulação baseia-se na determinação do percentual de consumo que será atendido em função de um tamanho de reservatório previamente definido. Devido a isso, ele requer um valor fixo do volume do reservatório que atenda, para o mês de janeiro, à condição de que seja maior que o volume de chuva mensal calculado e que este seja maior que zero. Se esta condição for atendida ao longo dos demais onze meses do ano, este é o volume do reservatório. Caso contrário, deve-se determinar outro volume de reservatório até que se atenda à mesma condição para os doze meses do ano (ABNT, 2007).

O método Azevedo Neto, ou prático brasileiro, é bem mais simplista que os anteriores, necessitando apenas dos valores de precipitação média anual, da área de captação e do número de meses de pouca chuva. Rupp *et al.* (2011) consideraram os meses de pouca chuva aqueles que possuem uma precipitação igual ou inferior a 80% da precipitação média mensal. O volume do reservatório representa 4,2% do valor da multiplicação destes dados.

O método prático alemão define o volume do reservatório de água pluvial como sendo, somente, o menor valor entre 6% do volume de água pluvial anual e 6% da demanda anual de água não potável. Já o prático inglês considera o volume do reservatório como sendo 5% do volume de água coletada pela precipitação média anual e pela área de coleta.

Por último, o método prático australiano considera mais uma variável no cálculo do volume mensal de água pluvial, que é a interceptação da água que molha as superfícies e as perdas por evaporação (I) sendo recomendado o valor de 2 mm. Diferindo do que acontece no método da simulação, o primeiro mês considera o reservatório vazio e o volume do

reservatório é realizado por tentativas até que seja alcançado um valor dentro de um intervalo de confiança de 90% a 99%.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, serão apresentadas as metodologias que foram determinantes para a realização do trabalho, que compreendem: o levantamento de dados referentes à área de contribuição (captação), índices pluviométricos da região, consumo de água potável do IFG, os métodos de dimensionamento do reservatório para aproveitamento de água pluvial e o custo de implantação do SPAAP.

3.1 Levantamento de dados

Para realizar a estimativa dos usos finais de água pluvial e a análise de viabilidade econômica da implantação de um SPAAP para o bloco de laboratórios do curso de bacharelado em Engenharia Civil do IFG – Câmpus Jataí, foi necessário realizar levantamento de dados, por meio da verificação da área de contribuição (captação), demanda de água pluvial, dados pluviométricos e contas de água potável da instituição, conforme será apresentado na sequência.

3.1.1 Área de contribuição

O valor numérico da área de contribuição (área de captação) do bloco de Engenharia Civil do IFG, além de outras variáveis, fez-se necessário para estimar o volume do reservatório de água de chuva.

O cálculo desta área foi feito baseando-se nas áreas dos telhados da edificação verificadas na planta de cobertura do projeto e suas respectivas inclinações.

3.1.2 Demanda de água pluvial

Para o estudo em questão, o uso de água da chuva ficou destinado para as descargas de bacias sanitárias, a lavagem de pisos e calçadas e a irrigação dos jardins, isto é, somente para fins não potáveis.

O volume estimado de consumo destes usos foi baseado na quantidade de usuários prevista no projeto para aquela edificação e/ou pelo volume de água que será consumido multiplicado pelo seu respectivo indicador.

Os indicadores de consumo de água não potável para as bacias sanitárias, a irrigação paisagística e a lavagem de pisos de uma edificação pública universitária estabelecidos por Campos (2012) foram utilizados para a estimativa da demanda de água pluvial e estão apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Demanda de água pluvial em edifício público universitário

Bacias sanitárias	Número médio de descargas para dias da semana e aos sábados: 0,9 descarga/aluno/dia; 25% com volume total (6,8 L/descarga) e 75% com volume parcial (3,4 L/descarga).
Irrigação paisagística	3 vezes por semana com vazão de 2,4 L/m ² em toda área do jardim.
Lavagem de piso	0,5 L/m ² , com pano e balde nos dias úteis e 1,0 L/m ² , com balde e rodo nos sábados.

Fonte: Campos (2012).

3.1.3 Dados pluviométricos

Os índices pluviométricos foram determinados com base em dados mensais de precipitação disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela estação da Organização Meteorológica Mundial (OMM) 83464, situada no município de Jataí. O período investigado foi de 01/01/1996 a 31/12/2016, totalizando 20 anos.

3.1.4 Consumo de água potável do IFG

Este item, referente ao consumo de água potável da instituição, é bastante importante para se fazer uma comparação em relação ao consumo de água potável que poderia ser substituído para o consumo não potável. Para isto, foram verificadas as últimas faturas de contas de água e tal análise será apresentada no capítulo 4, o qual trará os resultados deste estudo.

3.2 Métodos de dimensionamento do reservatório de água pluvial

Como citado anteriormente, o dimensionamento do reservatório de armazenamento de água pluvial é um dos itens mais importantes para se verificar a viabilidade do SPAAP.

Para isto, os métodos de cálculo para o dimensionamento normatizados na NBR 15527 (ABNT, 2007) foram empregados e serão apresentados a seguir.

3.2.1 Método de Rippl

Segundo Tomaz (2005), este método é o mais comumente utilizado devido à sua simplicidade e facilidade de aplicação. Conforme demonstrado na NBR 15527, neste método pode-se utilizar séries históricas mensais ou diárias, como a Equação 3.1 e a Equação 3.2 apresentadas abaixo. O volume calculado corresponde ao de maior déficit existente nessa série (ABNT, 2007).

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (3.1)$$

$$Q_{(t)} = C \times P \times A \quad (3.2)$$

Em que:

$S_{(t)}$ é o volume de água pluvial no reservatório no tempo t (m^3);

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo de água pluvial no tempo t (m^3);

$Q_{(t)}$ é o volume de água pluvial no tempo t (m^3);

C é o coeficiente de escoamento superficial (0,8);

P é a precipitação média no tempo t (mm); e

A é a área de captação (m^2).

A capacidade do reservatório de água pluvial é calculada por meio da Equação 3.3, apresentada a seguir.

$$V = \sum S_{(t)} \text{ , somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad (3.3)$$

Onde V é o volume do reservatório (m^3), sendo $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$.

3.2.2 Método da simulação

O método da simulação consiste em um balanço hídrico a partir de volumes de reservatórios pré-determinados, de acordo com Cohim *et al.* (2008). Por meio de tentativas e erros, tenta-se conhecer a demanda e o volume do reservatório (TOMAZ, 2005).

Pela NBR 15527, o reservatório considerado deve estar cheio no início da contagem do tempo “ t ” e os dados históricos são representativos para condições futuras. Abaixo, segue a Equação 3.4 para a determinação desse volume (ABNT, 2007).

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (3.4)$$

$$Q_{(t)} = C \times P \times A$$

Em que: $0 < S_{(t)} < V$

Sendo que:

$S_{(t)}$ representa o volume de água no reservatório no tempo t (m^3);

$S_{(t-1)}$ é o volume de água no reservatório no tempo $t - 1$ (m^3);

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva (m^3);

C é o coeficiente de escoamento superficial;

P é a precipitação média no tempo t (mm);

A é a área de captação (m^2);

$D_{(t)}$ é o consumo ou demanda (m^3); e

V é o volume do reservatório fixado (m^3).

3.2.3 Método Azevedo Neto

O método prático brasileiro, como também é conhecido, desconsidera a influência da demanda para seu cálculo, valendo-se, para tal, apenas do volume de água captada e do período de estiagem. Logo, o volume de chuva é obtido pela Equação 3.5 apresentada a seguir (ABNT, 2007).

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (3.5)$$

Em que:

P representa o valor numérico da precipitação média anual (mm);

A é o valor numérico da área de coleta em projeção (m^2);

T é o número de meses de pouca chuva ou seca; e

V corresponde o volume de água do reservatório (água aproveitável) (m^3)

3.2.4 Método prático alemão

Este método obtém o volume de armazenamento de água pluvial de uma maneira bastante simplista. O volume do reservatório representa o menor valor entre 6% do volume

anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável, conforme a Equação 3.6 a seguir (ABNT, 2007).

$$V_{adotado} = \min(V; D) \times 0,06 \quad (3.6)$$

Em que:

V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual (m^3);

D é o valor numérico da demanda anual da água não potável (m^3); e

$V_{adotado}$ é o volume de água do reservatório (m^3)

3.2.5 Método prático inglês

Semelhante ao método de Azevedo Neto e ao método prático alemão, este também emprega séries anuais, trabalhando apenas com a precipitação média de chuva anual e com a área de captação em questão. É uma metodologia bastante simples que considera o volume ideal de armazenamento como sendo 5% do volume de água coletada, conforme a Equação 3.7 apresentada na sequência (ABNT, 2007).

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (3.7)$$

Sendo:

P o valor da precipitação média anual (mm);

A é o valor da área de coleta em projeção (m^2); e

V é o valor do volume de água aproveitável (m^3).

3.2.6 Método prático australiano

Diferentemente dos demais métodos, o prático australiano produz resultados mais criteriosos devido à realização de um pequeno balanço entre as variáveis utilizadas. Para isso,

é necessário obter uma série histórica mensal de precipitação. O volume de chuva utilizado na metodologia é definido pela Equação 3.8 a seguir (ABNT, 2007).

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (3.8)$$

Em que:

C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P é a precipitação média mensal (mm);

I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente igual a 2 mm (ABNT, 2007);

A é a área de coleta (m²); e

Q é o volume mensal produzido pela chuva (m³).

Na Equação 3.9, apresentada a seguir, o cálculo do volume do reservatório é feito por tentativas para uma correção, até que sejam utilizados valores de confiança para o volume do reservatório.

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad (3.9)$$

Sendo:

$Q_{(t)}$ é o volume mensal produzido pela chuva no mês t (m³);

$V_{(t)}$ é o volume de água que está no tanque no fim do mês t (m³);

$V_{(t-1)}$ é o volume de água que está no tanque no início do mês $(t - 1)$ (m³); e

$D_{(t)}$ é a demanda mensal (m³).

No primeiro mês, considera-se o reservatório vazio. Quando $(V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D) < 0$, então o $V_{(t)} = 0$.

A NBR 15527 (ABNT, 2007), por fim, apresenta a Equação 3.10, abaixo.

$$P_r = \frac{N_r}{N} \quad (3.10)$$

Em que:

P_r é a falha;

N_r é o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando $V_{(t)} = 0$; e

N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses.

A confiança do sistema é calculada por $C = (1 - P_r)$ onde seu valor esteja entre 90% e 99% (10% a 1% de falhas).

3.3 Custo de implantação do SPAAP

Após realizado o levantamento de dados e o dimensionamento do reservatório a partir dos diferentes métodos, foram verificados os custos para a implantação e operação do SPAAP.

É importante destacar que esta análise de custos será apenas uma estimativa preliminar, já que a instituição, até o momento, não tem nenhum indicativo de que o sistema possa ser implantado no objeto de estudo.

Embora haja custos de manutenção, tratamento e ensaios, os custos de implantação e operação do SPAAP para este estudo resumem-se, basicamente, em custos de materiais de construção e equipamentos, custos de energia elétrica devido ao bombeamento de água para o reservatório superior e os custos com mão de obra.

Deste modo, fez-se uma estimativa dos valores de materiais e equipamentos necessários, através de tabelas de composição e de insumos do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Para os itens não encontrados nestas tabelas, foi efetuada uma cotação para estabelecer o preço médio praticado pelas maiores lojas de construção da cidade.

Os custos com tubulações e conexões foram estimados como sendo um percentual de 15% do custo total de implantação do sistema (FERREIRA, 2005). Como na edificação já

existem calhas metálicas e condutores horizontais de PVC com 100 mm de diâmetro para a drenagem de água pluvial, estes itens não serão incluídos na estimativa de custos de materiais.

Os custos de mão de obra para a implantação do SPAAP em uma edificação já existente, geralmente representam um montante relativamente pequeno em relação ao custo total da instalação. No caso de obras em fase de projeto, os serviços de instalação do SPAAP tornam-se ainda mais simplificados, uma vez que não são necessárias reformas e adequações.

Em vista disso, os custos com mão de obra foram obtidos nas tabelas de insumo referentes a serviços do SINAPI. Verificou-se o custo de execução dos serviços por horas trabalhadas.

Os custos de operação do sistema, devido à energia elétrica que será consumida em função do bombeamento de água pluvial para o reservatório superior de armazenamento também foram calculados. Para o bombeamento de água em instalações elevatórias, a NBR 5626 (ABNT, 1998) recomenda que devem ser instaladas, no mínimo, duas moto-bombas independentes para garantir o abastecimento de água no caso de falha de uma das unidades. No estudo em questão, como existe a possibilidade de abastecimento via concessionária local, foi utilizada apenas uma moto-bomba.

A escolha da potência do conjunto moto-bomba foi realizada com auxílio de informações das lojas de construção locais. Depois de selecionada a potência da moto-bomba e verificada a respectiva vazão (m^3/h), foi estimado o tempo de funcionamento diário e o número de dias de uso no mês.

Para determinar os custos com energia elétrica devido ao bombeamento, utilizaram-se as informações referentes ao conjunto moto-bomba adotado e os valores (R\$/kWh) cobrados pela CELG.

Com todos estes dados, foi estimado o custo de implantação do SPAAP no bloco de laboratórios.

4 RESULTADOS

Os resultados da proposta de implantação de um SPAAP no bloco de laboratórios de Engenharia Civil do IFG – Câmpus Jataí estão apresentados neste capítulo.

Para este estudo, fez-se uma descrição da cidade e do local de estudo, um levantamento dos dados que seriam necessários para o dimensionamento do reservatório de armazenamento de água pluvial, a aplicação dos métodos de dimensionamento descritos na NBR 15527 e, por fim, o custo de implantação do sistema no prédio.

4.1 Cidade de estudo

O município de Jataí, localizado na região sudoeste do estado de Goiás, conta com uma população estimada de 98.128 habitantes, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com uma área de unidade territorial de 7.174,225 quilômetros quadrados (km²) (IBGE, 2017).

Jataí é considerada a capital da produção de grãos e leite de Goiás, sendo a maior produtora nacional de milho. Fica a 327 quilômetros (km) de distância da capital, Goiânia, e seus municípios limítrofes são Caiapônia, Mineiros, Itarumã, Aparecida do Rio Doce, Caçu, Cachoeira Alta, Rio Verde, Serranópolis e Perolândia (Prefeitura de Jataí, 2017). Na Figura 4.1, pode-se observar a localização geográfica do município de Jataí.

Figura 4.1 – Localização de Jataí em Goiás



Fonte: Prefeitura de Jataí (2017)

A cidade apresenta um clima tropical mesotérmico¹, com duas estações bem definidas de regime diferente de chuvas, ocorrendo o maior índice pluviométrico entre outubro a abril e tendo um período de estiagem entre maio a setembro. A temperatura média no inverno varia entre 10 °C e 27 °C, podendo a temperatura chegar a menos de 5 °C e no verão varia entre 18 °C e 35 °C, podendo chegar até 38 °C (INMET, 2017).

4.2 Objeto de estudo

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), autarquia federal de regime especial vinculada ao Ministério da Educação, foi criado por meio da Lei nº 11.892, em 29 de dezembro de 2008, atendendo a uma proposta do governo federal, que desde 2003 editava novas medidas para a educação profissional e tecnológica. É uma instituição

¹ Clima tropical mesotérmico – é aquele que apresenta grande amplitude térmica anual nos meses mais quentes e temperaturas médias entre 6° e 18 ° nos meses mais frios (Fonte do saber, 2018). Disponível em: < <http://www.fontedosaber.com/geografia/os-climas-brasil.html>> Acesso em: 30 jan. 2018

equiparada às universidades federais, que articula educação superior, básica e profissional, pluricurricular e multicâmpu (IFG, 2017).

Em 2008, o antigo Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás (CEFET-GO) foi transformado em IFG. Em 2012, foi realizada a solenidade da implantação da expansão do IFG em Jataí, a unidade Flamboyant (Figura 4.2), e também do curso de bacharelado em Engenharia Civil, que começou suas aulas no ano seguinte. No ano de 2016, foi inaugurado, nesta unidade, o bloco de laboratórios de Engenharia Civil (Figura 4.3), que é o objeto de estudo do presente trabalho (IFG, 2017).

Figura 4.2 – IFG – Unidade Flamboyant



Fonte: IFG (2017)

Figura 4.3 – Bloco de laboratórios do curso de Engenharia Civil



Fonte: autoria da autora (2016)

A edificação é o último prédio construído, até o momento, e fica localizada na parte posterior do instituto. Nela, além dos laboratórios, se instalam salas de aula, salas dos coordenadores de curso, banheiros, uma copa, um galpão, um almoxarifado e uma despensa, totalizando vinte cômodos. A área construída é de 825,41 m², com uma área de cobertura de 945,30 m².

A cobertura do prédio foi feita utilizando-se dois tipos de telhas, a metálica tipo sanduíche e a de fibrocimento ondulada. Para a drenagem da água pluvial existem calhas metálicas e tubos de PVC com 100 mm de diâmetro. Verificou-se no projeto hidrossanitário da edificação que as tubulações de drenagem da água pluvial estão ligadas diretamente na rede de escoamento de águas pluviais.

A escolha de apenas uma edificação do IFG ocorreu pela falta de projetos arquitetônicos e hidrossanitários dos demais prédios presentes nesta instituição, que foram elaborados por empresas de fora do município e não estavam disponíveis para consulta no momento da pesquisa, justificando, assim, a proposta de um único SPAAP no local.

Não existe atualmente e, também, nunca foi utilizado na antiga unidade, nenhum tipo de sistema de aproveitamento de água de chuva.

4.3 Levantamento de dados

Foram realizados diversos levantamentos de dados, desde área de coleta, demanda de água pluvial, dados pluviométricos e os cálculos de consumo de água potável pela instituição, sendo os mesmos apresentados a seguir.

4.3.1 Área de contribuição

O levantamento da área de contribuição (área de coleta) do bloco de laboratórios de Engenharia Civil do IFG foi realizado considerando a área de cobertura da edificação no plano inclinado. Além disso, a mesma foi calculada por uma fórmula apresentada na NBR

10844 (ABNT, 1989) que se refere à superfície inclinada. Desta forma, obteve-se o valor numérico de 973 m² de área do telhado para captação de água pluvial.

Neste estudo, considerou-se como área de captação apenas os telhados, por serem áreas mais limpas, os quais a maioria das literaturas utilizam como referência. As áreas das calçadas, mesmo existindo na edificação, não foram incluídas como áreas de captação devido à variação na qualidade da água pluvial que poderia ser captada das mesmas. Caso a água pluvial fosse coletada em outros locais além do telhado, necessitaria de tratamento mais complexo mesmo sendo utilizada para fins não potáveis, em função de conter maior quantidade de poeira, folhas, insetos, além de outros resíduos.

4.3.2 Demanda de água pluvial

O volume de água pluvial ficou destinado para fins não potáveis, como foi citado no Capítulo 3, sendo eles a descarga de bacias sanitárias, a lavagem de pisos e calçadas e a irrigação de jardins.

A demanda de água de chuva para as bacias sanitárias foi obtida pela quantidade máxima de usuários (256 pessoas) multiplicada pela quantidade média de dias de uso da edificação (23 dias, descontando domingos e alguns períodos dos sábados), com os indicadores de consumo desta categoria (6,8 L/descarga e uma média de 0,9 descarga/aluno/dia). Deste modo, a demanda das bacias sanitárias foi de 36,03 m³/mês.

No caso do volume de água para a lavagem de pisos e calçadas, foi necessário o valor numérico da área que será lavada. A superfície de piso, tanto interno quanto externo, que corresponde à área de lavagem, é a mesma da área construída prevista em projeto (825,41 m²). Logo, utilizando este valor e multiplicando pelo seu indicador de consumo (0,5 L/m²) e a frequência (23 dias), o volume de água pluvial para a lavagem de pisos foi de 9,49 m³/mês.

A área de irrigação foi deduzida, uma vez que a cobertura verde para jardins não foi delimitada na configuração atual da edificação. Como não há jardim interno, o destino final desta água foi apenas para uso externo. Sendo assim, o volume de água para irrigação foi obtido pela multiplicação da área estimada (1.624 m²) pela frequência (3 vezes/semana num

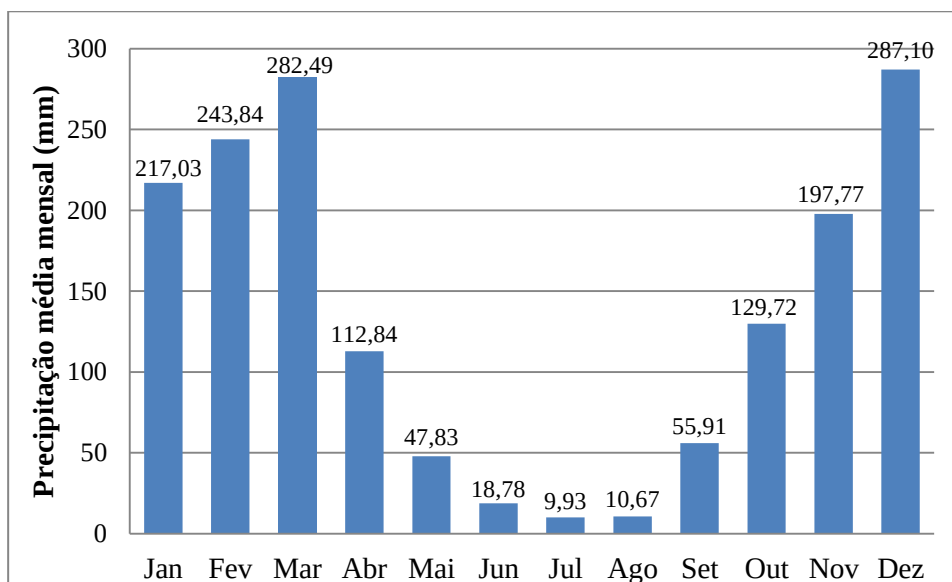
total de 4 semanas/mês, resultando em 12 vezes/mês) e pela a vazão ($2,4 \text{ L/m}^2$), resultando no valor numérico de $46,77 \text{ m}^3/\text{mês}$.

Somando-se todos os volumes anteriormente calculados, chegou-se a um total médio de $92,30 \text{ m}^3/\text{mês}$ de consumo de água pluvial.

4.3.3 Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos foram obtidos pelo site do INMET, aferidos na estação meteorológica OMM 83464 no município de Jataí (INMET, 2017). Mediu-se os índices de uma série média mensal de um período de 20 anos, de 1996 a 2016, para se ter maior precisão de resultado e em conformidade com o que se observa nas literaturas (PACHECO, 2016). Nos meses em que não houve leitura de precipitação, o volume considerado foi igual à zero, sendo esta a situação mais desfavorável possível. A Figura 4.4 ilustra os valores de precipitação média mensal durante este intervalo de tempo.

Figura 4.4 – Regime pluviométrico mensal ao longo de 20 anos (1996 a 2016)



Fonte: elaborado por dados do INMET (2017).

Pela análise do gráfico acima, foi possível constatar que o volume maior de precipitação ocorreu entre os meses de novembro a março, o qual abrange o trimestre do

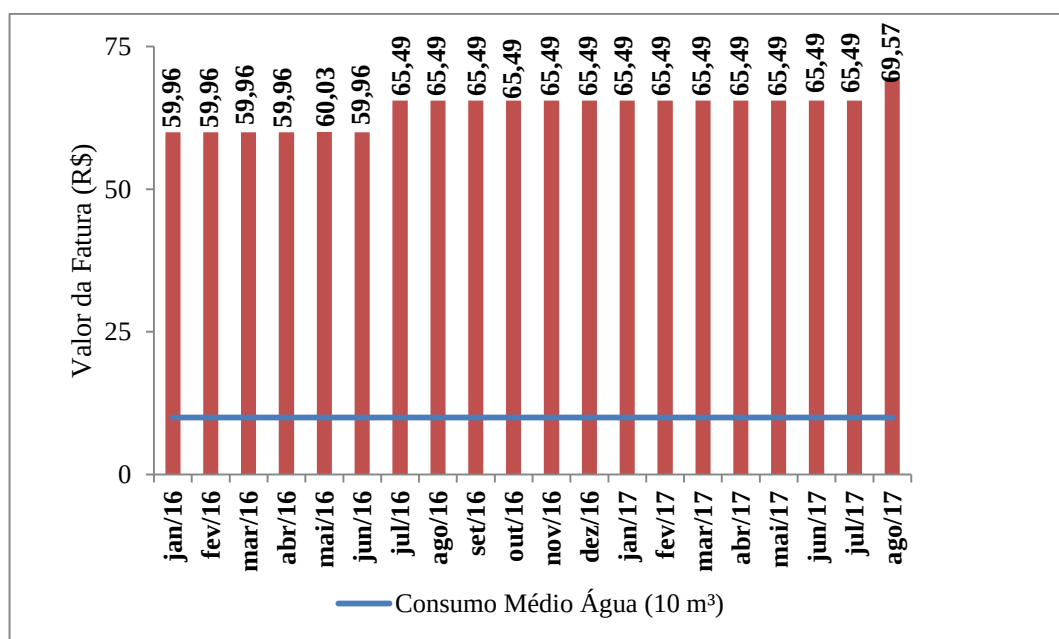
verão, isto é, a época em que, comumente, mais chove durante o ano, enquanto no inverno os meses são mais secos. Além disso, percebeu-se que julho é o mês em que menos chove, chegando a ficar abaixo de 10 mm. A precipitação média mensal, durante este período, foi de 134,5 mm/mês.

4.3.4 Consumo de água potável do IFG

O consumo de água potável do IFG, medido pela Companhia de Saneamento de Goiás (SANEAGO), foi obtido por funcionários do setor da administração da instituição.

As faturas de consumo mensal de água compreendem um período de um ano e oito meses (de janeiro de 2016 a agosto de 2017). A Figura 4.5 mostra os valores mensais que foram pagos à companhia e o consumo constante de 10 m³ de água potável.

Figura 4.5 – Consumo médio de água potável mensal do IFG



Fonte: elaborado por dados da SANEAGO (2017).

A fatura média do consumo de água foi de R\$ 64,04 e o consumo médio igual a 10 m³. Vale destacar que o IFG possui um poço artesiano, o qual reduz as contas de água potável

da instituição. Também é importante ressaltar que este consumo não entra como valor de cálculo no dimensionamento do reservatório de acumulação de água pluvial. Ele é apenas um indicativo de dado.

4.4 Concepção e dimensionamento do SPAAP

Após o levantamento de dados, o volume do reservatório de acumulação de água pluvial foi determinado por meio de métodos da NBR 15527 (ABNT, 2007). A discussão dos métodos, bem como os projetos do SPAAP, também foi realizada e será apresentada nesta seção.

4.4.1 Dimensionamento do reservatório

O dimensionamento do reservatório de armazenamento de água pluvial foi determinado com base nos dados do levantamento e pela análise da melhor metodologia de dimensionamento prescrita na NBR 15527 (ABNT, 2007) para as condições atuais existentes da edificação. Na sequência, serão apresentados cada método utilizado e os seus valores obtidos para o volume do reservatório.

4.4.1.1 Método de Rippl

Os cálculos referentes ao método de Rippl estão no Apêndice A. Nesta metodologia, foi usada uma série de precipitação mensal dos 20 anos ao invés de uma série de precipitação média. O volume do reservatório de armazenamento de água pluvial foi de 525,31 m³.

4.4.1.2 Método da simulação

Os cálculos pelo método da simulação estão no Apêndice B e, igual ao método de Rippl, também foi usada uma série de precipitação mensal ao longo dos 20 anos. Logo, o volume do reservatório de armazenamento foi de 385,56 m³.

4.4.1.3 Método Azevedo Neto

O método prático brasileiro, como também é chamado, apresentou o volume do reservatório de água pluvial de 329,75 m³, conforme a Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Volume do reservatório pelo método Azevedo Neto

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Área de Captação (m ²)	Nº de meses pouca chuva ou seca	Volume do reservatório (m ³)
Janeiro	217,0	973	5	329,75
Fevereiro	243,8	973		
Março	282,5	973		
Abril	112,8	973		
Maio	47,8	973		
Junho	18,8	973		
Julho	9,9	973		
Agosto	10,7	973		
Setembro	55,9	973		
Outubro	129,7	973		
Novembro	197,8	973		
Dezembro	287,1	973		
TOTAL	1613,8			

Fonte: elaborado pela autora

4.4.1.4 Método prático alemão

O volume do reservatório de armazenamento de água pluvial pelo método alemão corresponde ao menor volume de 6% de chuva anual aproveitável e de 6% da demanda de chuva anual de água não potável. Logo, o volume do reservatório por este método foi de 66,46 m³, como apresentado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Volume do reservatório pelo método prático alemão

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m³)	Área de Captação (m²)	Volume de Chuva Mensal (m³)	Volume de 6% de chuva anual aproveitável (m³)	Demanda de 6% de chuva anual não potável (m³)	Volume do reservatório adotado (m³)
Janeiro	217,0	92,30	973	168,91	75,37	66,46	66,46
Fevereiro	243,8	92,30	973	189,77			
Março	282,5	92,30	973	219,90			
Abril	112,8	92,30	973	87,80			
Maio	47,8	92,30	973	37,21			
Junho	18,8	92,30	973	14,63			
Julho	9,9	92,30	973	7,71			
Agosto	10,7	92,30	973	8,33			
Setembro	55,9	92,30	973	43,51			
Outubro	129,7	92,30	973	100,96			
Novembro	197,8	92,30	973	153,97			
Dezembro	287,1	92,30	973	223,48			
TOTAL		1107,6		1256,18			

Fonte: elaborado pela autora

4.4.1.5 Método prático inglês

Tão simples quanto aos métodos práticos apresentados anteriormente, o prático inglês considera o volume ideal de armazenamento como sendo 5% do volume de água coletada pela precipitação média anual e pela área de coleta. Assim, a Tabela 4.3 apresenta o volume do reservatório por este método que foi 78,51 m³.

Tabela 4.3 – Volume do reservatório pelo método prático inglês

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Área de Captação (m²)	Volume do reservatório (m³)
Janeiro	217,0	973	78,51
Fevereiro	243,8	973	
Março	282,5	973	
Abril	112,8	973	
Maio	47,8	973	
Junho	18,8	973	
Julho	9,9	973	
Agosto	10,7	973	
Setembro	55,9	973	
Outubro	129,7	973	
Novembro	197,8	973	
Dezembro	287,1	973	
TOTAL	1613,8		

Fonte: elaborado pela autora

4.4.1.6 Método prático australiano

O último método apresentou o volume de armazenamento de água pluvial igual a 420,00 m³, como apresentado no Apêndice C. Após vários testes para os valores do volume do reservatório fixado, a confiança passou a ser maior que 90%. Entretanto, mesmo atingindo a confiança, o volume é bastante alto e inviável para o sistema.

4.4.2 Discussão sobre os métodos

De forma geral e conforme esperado, os resultados foram discrepantes entre os diferentes métodos. O método de Rippl possibilita dimensionar os reservatórios de armazenamento de água pluvial somente quando há diferença positiva entre a demanda e o volume de água pluvial, ou seja, quando em algum momento do período analisado a demanda supera o volume. Dessa forma, o volume final do reservatório não atendeu às condições do prédio por estar superdimensionado e a implantação do SPAAP ficou inviável. Caso tivessem sido utilizadas séries de precipitação diárias, os resultados poderiam ser diferentes.

No método da simulação foi necessário considerar, além do volume de água pluvial, o volume do reservatório cheio no início da contagem do tempo. Assim, por este método, como ocorreu no de Rippl, o reservatório também é dimensionado a partir dos períodos de baixa precipitação. A mesma análise aconteceu no método prático australiano.

Por meio da aplicação destes métodos (Rippl, simulação e prático australiano), observou-se que os volumes dos reservatórios aumentavam caso aumentasse a demanda de água pluvial, isto é, o aumento do uso final desta água para fins não potáveis. Em geral, o método de Rippl apresentou um valor de volume de reservatório muito alto em relação aos demais (525,31 m³ em comparação com 385,56 e 420,00 m³ dos métodos de simulação e prático australiano, respectivamente).

Foi estimado o volume do reservatório de água pluvial pelo método Azevedo Neto a partir, somente, dos valores de precipitação média anual, área de captação e o número de meses com pouca chuva ou seca. Da mesma forma com o método prático alemão, que utilizou valores do volume de água pluvial anual e da demanda anual de água não potável, como também com o método prático inglês, para o qual foram necessários somente os valores de precipitação média anual e da área de captação.

Os dimensionamentos pelos métodos Azevedo Neto e prático inglês resultaram em tamanhos de reservatório constantes, independentemente da demanda de água pluvial. Assim, quanto mais alta for a precipitação, maior será o volume do reservatório.

Os métodos práticos alemão e inglês resultaram em reservatórios menores. Entretanto, seus valores são grandes e, caso houvesse verba para construí-lo, ainda não seria o ideal para a atual configuração do prédio.

4.4.3 Projetos do SPAAP

Na sequência serão detalhados os projetos do SPAAP, subdividindo-os em subsistemas.

4.4.3.1 Sistema de transporte

De acordo com o projeto hidrossanitário, novos condutores horizontais foram adicionados ao solo para captarem a água pluvial dos pisos e calçadas, enquanto a água proveniente da cobertura foi mantida na edificação.

Como determinado pela NBR 15527 (ABNT, 2007), foi considerado somente a área de cobertura para coleta da água pluvial.

Novas instalações que levam a água pluvial do reservatório inferior até o superior foram incrementadas, além da execução de alterações nos projetos originais do sistema predial de água fria (SPAF) para inclusão de um novo barrilete que abastecerá os equipamentos sanitários onde será empregada água pluvial.

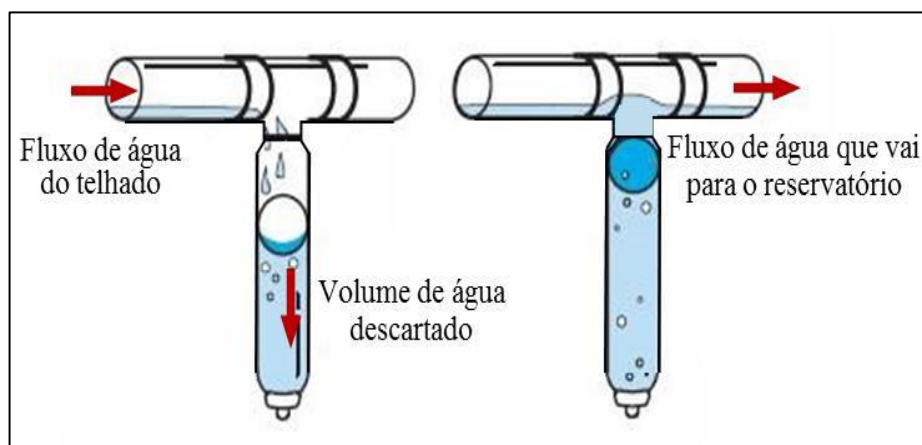
Por fim, considerou-se um reservatório de fibra de vidro com uma válvula solenoide para permitir o abastecimento automático do reservatório de água pluvial com água potável em casos de não haver água da chuva.

4.4.3.2 Subsistema de tratamento

Nos SPAAP avaliados foi considerado o tratamento por meio da desinfecção, de um mecanismo de descarte das águas da primeira chuva e de um sistema de filtração.

Para este estudo, foi previsto o descarte do primeiro 1 mm precipitado por metro quadrado através da construção de uma tubulação que comporta tal volume. Assim, a água dirige-se primeiramente para essa tubulação e, quando a mesma é totalmente preenchida, a entrada é fechada. Sugere-se utilizar um equipamento de descarte das primeiras águas de chuva neste subsistema, e a água passará a ser direcionada para o reservatório de armazenamento, como esquematizado na Figura 4.6.

Figura 4.6 – Mecanismo de descarte das primeiras águas de chuva



Fonte: PACHECO (2016)

Dessa forma, a água mais suja vai para a rede de água pluvial enquanto a parte mais limpa é armazenada. Na filtração, foram considerados filtros instalados no solo que impedem a passagem de folhas, galhos e partículas sólidas. Os modelos de filtros foram selecionados em função da vazão e do diâmetro da tubulação.

4.4.3.3 Subsistema de armazenamento

O armazenamento de água pluvial será realizado por dois reservatórios, um superior e outro inferior. O volume do reservatório superior foi definido em função do consumo diário máximo. Assim, foi estipulado um reservatório superior de 3 m³.

Quanto ao reservatório inferior, seu volume foi estimado em 15 m³ e admitido que será de fibra de vidro, material mais fácil de se encontrar e um dos mais baratos.

Estes valores foram definidos com base em volumes de reservatórios encontrados em outros trabalhos (MARINOSKI, 2007; PACHECO, 2016), já que o dimensionamento do reservatório pelos métodos da NBR 15527 apresentaram volumes muito grandes.

4.5 Custo de implantação do SPAAP

De acordo com o que foi exposto no tópico 3.3 da metodologia, para a estimativa de custos de implantação do SPAAP fez-se necessária a determinação dos custos com materiais, equipamentos e energia elétrica.

Esta análise poderá servir como referência para outras instituições de ensino que desejam implantar um SPAAP, uma vez que, atualmente, não há pretensão de instalar o sistema no IFG.

Primeiramente, os materiais orçados foram um reservatório superior de fibra de vidro de 3.000 litros, um reservatório inferior de fibra de vidro de 15.000 litros e um conjunto moto-bomba de ½ CV. Os valores referentes a esses itens foram cotados pela média de preços das lojas da cidade.

Para facilitar a instalação, optou-se, para o presente estudo, pela instalação do reservatório inferior sobre o solo, e não enterrado. Neste caso, sugere-se ter toda a área da base do reservatório inferior assentada em uma superfície horizontal plana, lisa e nivelada, isenta de qualquer irregularidade e com área maior do que a área do fundo do reservatório (MARINOSKI, 2007). O reservatório de fibra de vidro pode ficar exposto ao sol, sem maiores riscos de contaminação de água. Quanto ao reservatório superior, recomenda-se localizá-lo junto aos reservatórios superiores de água potável.

Quanto à potência adequada para o conjunto moto-bomba do estudo em questão, foi escolhida uma de $\frac{1}{2}$ CV de 375 W de potência, com vazão de 1.800 L/hora. Calculou-se, baseado nesta vazão, que o conjunto moto-bomba deverá funcionar 0,093 hora (5,58 minutos $\cong$ 6 minutos) por dia para suprir a demanda diária de água pluvial do prédio (são 92,30 m³/mês num total de 23 dias/mês, isto é, 4.013 L/dia ou 167,21 L/hora).

De posse destes dados, foi possível estimar os custos de operação do sistema relativo aos gastos com energia elétrica, em função do tempo diário de funcionamento do conjunto moto-bomba e do número de dias de uso no mês.

Através de informações obtidas junto à Companhia Energética de Goiás (CELG), verificou-se que o IFG está classificado na categoria pública. Deste modo, o valor cobrado pelo consumo de energia elétrica é de R\$ 0,43/kWh (CELG, 2016).

O consumo aproximado de energia elétrica correspondente à potência do conjunto moto-bomba adotada, de $\frac{1}{2}$ CV, é igual a 37 kWh, que multiplicado por 0,093 hora de funcionamento diário, durante 23 dias no mês, resulta em 79,14 kWh/mês.

Os custos com mão de obra foram obtidos por meio de dados de tabelas de preços fornecidos pelo SINAPI. Verificou-se o custo de execução dos serviços por horas trabalhadas. O custo médio da mão de obra de um encanador é R\$ 14,08/hora e custo médio de um ajudante de encanador ou servente de pedreiro é R\$ 13,75/hora, sendo a carga horária de trabalho de 8 horas/dia. O número de dias necessários para a execução dos serviços relativos à implantação de SPAAP varia dependendo das soluções adotadas. Para este caso, foi estimado um período de aproximadamente 5 dias para a execução da instalação do sistema (MARINOSKI, 2007).

Já os gastos com tubulações e conexões foram estimados adotando um percentual de 15% do custo total de implantação do sistema orçado (FERREIRA, 2005). Este percentual foi escolhido para suprir todos os custos desses materiais, incluindo a instalação interna na edificação. A Tabela 4.4 apresenta um resumo dos custos de implantação e operação do SPAAP.

Tabela 4.4 – Resumo dos custos de implantação e operação do sistema

Equipamento ou serviço	Quantidade (unid.)	Custo Unitário		Custo Total
Reservatório de 3.000 litros	1	R\$	850,00	R\$ 850,00
Reservatório de 15.000 litros	1	R\$	5.800,00	R\$ 5.800,00
Moto-bomba de 1/2 CV	1	R\$	149,50	R\$ 149,50
Chave de nível com boia flutuante e vareta para os reservatórios	2	R\$	152,00	R\$ 304,00
Conjunto para sucção com boia flutuante	1	R\$	398,00	R\$ 398,00
Válvula solenoide	1	R\$	230,00	R\$ 230,00
Desviador horizontal para as primeiras águas de chuva	1	R\$	749,50	R\$ 749,50
Filtro modelo VF1 Marca 3P Teknik	5	R\$	1.399,99	R\$ 6.999,95
Tubulações e conexões	-	15% do total		R\$ 2.494,23
Mão-de-obra	5 dias	R\$ 222,64/dia		R\$ 1.113,20
Energia elétrica (operação do sistema)	0,093 h/dia (23 dias/mês)	R\$ 0,43/kWh		R\$ 34,03
Custo Total			R\$	19.122,41

Fonte: elaborado pela autora com dados do SINAPI e lojas de materiais da cidade (2017).

Após isto, foi estimado o potencial de economia de água gerado pelo uso da água pluvial.

As tarifas básicas dos clientes da SANEAGO são classificadas de acordo com a natureza da finalidade de consumo de água do seu imóvel, e são distribuídas em quatro categorias: residencial, comercial, industrial e pública (SANEAGO, 2016). Verificou-se, através do número de matrícula do IFG, que o mesmo se enquadra na categoria pública. Também, para o objeto de estudo, não há cobrança de taxa de esgoto na fatura de água.

A Tabela 4.5 apresenta os valores (em reais) cobrados pela SANEAGO, para as faixas de consumo de água para a categoria pública.

Tabela 4.5 - Custos de água por faixa de consumo para a categoria pública

Faixa de consumo (m ³ /mês)	Tarifa (R\$/mês)
até 10	7,68
maior que 10	8,68

Fonte: SANEAGO (2016)

No item 4.3.4 deste capítulo foi feita a fatura média do consumo de água do IFG (R\$ 64,04 para 10 m³). Embora não tenha sido feito nenhum estudo sobre quais são os maiores usos de água potável na instituição, é possível deduzir que a maior parte do consumo deste líquido vai para a descarga de bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagem de pisos e calçadas em comparação ao consumo de água pelos bebedouros e preparação de alimentos. Logo, pode-se dizer que o potencial de economia de água potável será grande com a implantação de um SPAAP, o que pode resultar em uma economia de gastos da instituição.

5 CONCLUSÕES

Por meio deste trabalho, o estudo de uma proposta de um sistema predial de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis foi desenvolvido para o bloco de laboratórios do curso de bacharelado de Engenharia Civil do Instituto Federal de Goiás (IFG) – Câmpus Jataí.

Inicialmente, a fim de estimar os usos finais de água pluvial, foi realizado um levantamento de dados acerca da área de contribuição de chuva (área de coleta), do índice pluviométrico da região de estudo, da demanda de água pluvial para fins não potáveis e das contas de consumo de água para o dimensionamento dos reservatórios.

Sobre os métodos de dimensionamento do reservatório propostos pela NBR 15527 (ABNT, 2007), houve discrepâncias nos valores encontrados em cada metodologia, o que prejudicou na escolha de qual seria a opção ideal. Os métodos de Rippl, da simulação e o prático australiano superdimensionaram o volume do reservatório e os demais, mesmo que fossem relativamente menores, ainda estavam com volume grande, o que fez com que nenhum fosse selecionado.

Os dados de consumo de água das faturas da SANEAGO possibilitaram verificar o consumo real de água no prédio e compará-lo com o consumo estimado de água pluvial para fins não potáveis. Vale lembrar que o consumo de água em instituições de ensino pode variar bastante conforme a sua tipologia e tempo de permanência dos usuários na edificação.

Na avaliação do potencial de economia de água potável, verificou-se que a maior parte de consumo de água potável do IFG foi para o uso de descarga de bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagem de pisos e calçadas. Deste modo, existe um enorme potencial de economia nas contas de água caso seja implantado um SPAAP em todos os prédios e não só para o bloco de laboratórios.

De posse dos dados levantados e também de estudos anteriores, estimou-se o volume ideal do reservatório inferior de água pluvial. Seu volume foi de 15.000 litros. Para o reservatório superior foi adotado um volume de 3.000 litros, suficiente para armazenar a demanda diária de água consumida apenas em fins não potáveis.

Além disso, foi realizada uma análise do custo de implantação do sistema no IFG. Foram levantados, por meio de uma pesquisa de mercado local e de tabelas do SINAPI, os preços médios atuais dos materiais, equipamentos e mão-de-obra, entre outros custos existentes. Desta forma, o custo total de implantação do SPAAP foi orçado em R\$ 19.122,41.

Portanto, com o presente estudo constatou-se que a implantação de um SPAAP no IFG – Câmpus Jataí proporcionaria grande potencial de economia de água potável, trazendo benefícios ambientais imediatos por preservar os recursos hídricos da região, como também de tornar a comunidade acadêmica mais consciente do uso racional da água.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA – ABCMAC. Disponível em: <<http://www.abcmac.org.br/index.php?modulo=apresentacao>>. Acesso em: 11 dez. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5626:** Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, Setembro de 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10844:** Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, Dezembro de 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12217:** Projeto de reservatório de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, Julho de 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15527:** Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, Agosto de 2007.
- CAIN, N. L. **A different path: the global water crisis and rainwater harvesting.** The journal of sustainable development, v. 3, p. 187-196, 2010.
- CAMPOS, M. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos.** 2004, 131p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.
- CAMPOS, M. **Qualidade de investimentos em sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial: uso de partículas swarm optimization.** 2012, 95p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2012.
- COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. 2008. **Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios.** In Anais do IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Salvador, Nov. 2008, 1, pp. 1-16
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE GOIÁS – CELG. Tabela de Tarifas. Disponível em: <https://www.celg.com.br/arquivos/paginas/institucional/tarifa_2016.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2018.
- FARRENY, R.; GABARRELL, X.; RIERADEVALL, J. **Cost-efficiency of rainwater harvesting strategies in dense Mediterranean neighbourhoods.** Resources, Conservation and Recycling. v. 55, n. 7, p. 686-694, 2011. DOI: 10.1016/j.resconrec.2011.01.008.
- FERREIRA, D. F. **Aproveitamento de Águas Pluviais e Reúso de Águas Cinzas para Fins não Potáveis em um Condomínio Residencial Localizado em Florianópolis – SC.** Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2005
- FONTANELA, L. **Avaliação de Metodologias para Dimensionamento de Reservatórios para Aproveitamento de Água Pluvial.** 2010. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de

Bacharelado em Engenharia Civil da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Criciúma. Disponível em: <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000043/000043F1.pdf>>. Acesso em: 20 jul.2017.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009, 141 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Áreas dos Municípios. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=destaques&c=5211909>> Acesso em: 09 dez. 2017.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS – IFG. Apresentação da Instituição. Disponível em: < <https://www.ifg.edu.br/apresentacao-a-instituicao?showall=&start=1>> Acesso em: 09 dez. 2017

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Dados históricos. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/> > Acesso em: 13 nov. 2017.

IWANAMI, H. **Rainwater utilization system in building**. In: 1985 SYMPOSIUM CIBW062, Tokyo, Japan. Anais... 1985.

YWASHIMA, L. A. **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2005.

JATAÍ (Goiás). Prefeitura de Jataí. Disponível em: < <http://www.jatai.go.gov.br/>> Acesso em: 09 dez. 2017.

LEE, J. U.; BAK, G.; HAN, M. **Quality of roof-harvested rainwater - Compariison of different roofing materials**. Environmental Pollution, v. 162, p. 422-429, 2012.

LI, Z.; BOYLE, F.; REYNOLDS, A. **Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland**. Desalination, v. 260, p. 1-8, 2010.

LIAW, C. H.; TSAI, Y. L. **Optimum storage volume of rooftop rain water harvesting systems for domestic use**. Journal of the American water Resources Association. p. 901-912, 2004.

MACOMBER, P. S. H. **Guidelines on rainwater catchment systems for Hawaii**. 2010. 52 p. ISBN: 1-929325-23-1.

MARINOSKI, A. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo do caso em Florianópolis - SC**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis. Disponível em: <

http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Ana_Kelly_Marinoski.pdf
>. Acesso em: 09 dez.2017.

MAY, S. **Estudo da viabilidade de aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 189 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

MOREIRA NETO, R. F.; CARVALHO, I. de C.; CALIJURI, M. L.; SANTIAGO, A. da F. **Rainwater use in airports: A case study in Brazil**. Resources, Conservation and Recycling. v. 68, p. 36-43, 2012. DOI: 10.1016/j.resconrec.2012.08.005.

NAKAGAWA, A. K. **Caracterização Do Consumo De Água Em Prédios Universitários: O Caso Da UFBA**. (2009). 183p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador.

PACHECO, G. **Análise de opções reais como método de avaliação econômica de sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial**. 2016. 133 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil e Ambiental Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, Goiânia.

PENA, R. **O que causa a escassez hídrica?** . Disponível em: <
<http://alunosonline.uol.com.br/geografia/o-que-causa-escassez-hidrica.html> >. Acesso em: 02 jun.2017.

RIO DE JANEIRO (Município). Decreto municipal nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004. Rio de Janeiro, 2004.

ROCHA, B. C. C. M. **Avaliação do desempenho do sistema de descarte de água de chuva coletada em coberturas de três diferentes tipos de materiais**. 2010, 186 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

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

SANEAMENTO DE GOIÁS – SANEAGO. Tabelas de Tarifa de Água. Disponível em:
<<https://www.saneago.com.br/2016/arquivos/tabela-tarifas-agua.pdf> > . Acesso em: 17 jan. 2018.

SÃO PAULO (Município). Lei municipal nº 13.276, de 05 de janeiro de 2002. São Paulo, 2002.

SANTOS, C.; TAVEIRA-PINTO, F. **Analysis of different criteria to size rainwater storage tanks using detailed methods**. Resources, Conservation and Recycling. v. 71, p. 1-6, 2013.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL – SINAPI. Disponível em: <

http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_556>. Acesso em: 06 mar. 2018

TOMAZ, P. (2005) **Água de chuva: aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. NAVEGAR São Paulo- SP. p

APÊNDICES

Apêndice A – Volume do reservatório pelo método de Rippl

Ano	Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m³)	Área de Captação (m²)	Volume de Chuva Mensal (m³)	Diferença entre os volumes de demanda e de chuva mensal (m³)	Diferença acumulada dos valores positivos (m³)
1996	Janeiro	0,0	92,30	973	0,00	92,30	92,30
	Fevereiro	158,3	92,30	973	123,22	-30,92	61,38
	Março	316,1	92,30	973	246,05	-153,75	0,00
	Abril	113,0	92,30	973	87,96	4,34	4,34
	Maiο	53,1	92,30	973	41,33	50,97	55,31
	Junho	39,0	92,30	973	30,36	61,94	117,25
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	92,30	209,55
	Agosto	8,9	92,30	973	6,93	85,37	294,92
	Setembro	79,3	92,30	973	61,73	30,57	325,50
	Outubro	101,8	92,30	973	79,24	13,06	338,55
	Novembro	352,1	92,30	973	274,07	-181,77	156,78
	Dezembro	304,1	92,30	973	236,71	-144,41	12,37
1997	Janeiro	288,6	92,30	973	224,65	-132,35	0,00
	Fevereiro	285,9	92,30	973	222,54	-130,24	0,00
	Março	223,3	92,30	973	173,82	-81,52	0,00
	Abril	84,6	92,30	973	65,85	26,45	26,45
	Maiο	117,5	92,30	973	91,46	0,84	27,29
	Junho	132,7	92,30	973	103,29	-10,99	16,29
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	92,30	108,59
	Agosto	0,0	92,30	973	0,00	92,30	200,89
	Setembro	109,4	92,30	973	85,16	7,14	208,03

1998	Outubro	110,9	92,30	973	86,32	5,98	214,01
	Novembro	224,9	92,30	973	175,06	-82,76	131,25
	Dezembro	296,0	92,30	973	230,41	-138,11	0,00
	Janeiro	159,6	92,30	973	124,23	-31,93	0,00
	Fevereiro	275,1	92,30	973	214,14	-121,84	0,00
	Março	275,6	92,30	973	214,53	-122,23	0,00
	Abril	118,2	92,30	973	92,01	0,29	0,29
	Maio	42,2	92,30	973	32,85	59,45	59,74
	Junho	0,0	92,30	973	0,00	92,30	152,04
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	92,30	244,34
	Agosto	42,2	92,30	973	32,85	59,45	303,80
	Setembro	63,2	92,30	973	49,19	43,11	346,90
1999	Outubro	123,8	92,30	973	96,37	-4,07	342,84
	Novembro	111,8	92,30	973	87,03	5,27	348,11
	Dezembro	233,0	92,30	973	181,37	-89,07	259,04
	Janeiro	147,1	92,30	973	114,50	-22,20	236,84
	Fevereiro	200,0	92,30	973	155,68	-63,38	173,46
	Março	273,9	92,30	973	213,20	-120,90	52,56
	Abril	34,7	92,30	973	27,01	65,29	117,85
	Maio	2,4	92,30	973	1,87	90,43	208,28
	Junho	3,1	92,30	973	2,41	89,89	298,16
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	92,30	390,46
	Agosto	0,0	92,30	973	0,00	92,30	482,76
	Setembro	80,7	92,30	973	62,82	29,48	512,25
2000	Outubro	101,8	92,30	973	79,24	13,06	525,31
	Novembro	183,5	92,30	973	142,84	-50,54	474,77
	Dezembro	229,9	92,30	973	178,95	-86,65	388,12
	Janeiro	287,1	92,30	973	223,48	-131,18	256,94
	Fevereiro	219,0	92,30	973	170,47	-78,17	178,77

	Março	428,4	92,30	973	333,47	-241,17	0,00
	Abril	81,4	92,30	973	63,36	28,94	28,94
	Maio	3,3	92,30	973	2,57	89,73	118,67
	Junho	0,0	92,30	973	0,00	92,30	210,97
	Julho	3,0	92,30	973	2,34	89,96	300,93
	Agosto	22,5	92,30	973	17,51	74,79	375,72
	Setembro	64,7	92,30	973	50,36	41,94	417,66
	Outubro	139,0	92,30	973	108,20	-15,90	401,76
	Novembro	205,5	92,30	973	159,96	-67,66	334,10
	Dezembro	264,1	92,30	973	205,58	-113,28	220,82
2001	Janeiro	294,5	92,30	973	229,24	-136,94	83,88
	Fevereiro	206,4	92,30	973	160,66	-68,36	15,52
	Março	107,5	92,30	973	83,68	8,62	24,15
	Abril	62,0	92,30	973	48,26	44,04	68,18
	Maio	192,2	92,30	973	149,61	-57,31	10,88
	Junho	12,2	92,30	973	9,50	82,80	93,68
	Julho	6,6	92,30	973	5,14	87,16	180,84
	Agosto	33,6	92,30	973	26,15	66,15	246,99
	Setembro	65,6	92,30	973	51,06	41,24	288,22
	Outubro	80,3	92,30	973	62,51	29,79	318,02
	Novembro	274,3	92,30	973	213,52	-121,22	196,80
	Dezembro	445,1	92,30	973	346,47	-254,17	0,00
2002	Janeiro	323,6	92,30	973	251,89	-159,59	0,00
	Fevereiro	416,6	92,30	973	324,28	-231,98	0,00
	Março	318,8	92,30	973	248,15	-155,85	0,00
	Abril	29,1	92,30	973	22,65	69,65	69,65
	Maio	65,8	92,30	973	51,22	41,08	110,73
	Junho	0,0	92,30	973	0,00	92,30	203,03
	Julho	28,3	92,30	973	22,03	70,27	273,30

2003	Agosto	19,2	92,30	973	14,95	77,35	350,66
	Setembro	38,6	92,30	973	30,05	62,25	412,91
	Outubro	69,5	92,30	973	54,10	38,20	451,11
	Novembro	96,0	92,30	973	74,73	17,57	468,68
	Dezembro	267,5	92,30	973	208,22	-115,92	352,76
	Janeiro	239,7	92,30	973	186,58	-94,28	258,48
	Fevereiro	229,2	92,30	973	178,41	-86,11	172,37
	Março	270,3	92,30	973	210,40	-118,10	54,27
	Abril	157,5	92,30	973	122,60	-30,30	23,97
	Maiο	32,1	92,30	973	24,99	67,31	91,28
	Junho	0,0	92,30	973	0,00	92,30	183,58
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	92,30	275,88
	Agosto	10,4	92,30	973	8,10	84,20	360,09
	Setembro	21,6	92,30	973	16,81	75,49	435,58
	Outubro	197,8	92,30	973	153,97	-61,67	373,91
	Novembro	58,0	92,30	973	45,15	47,15	421,06
	Dezembro	303,9	92,30	973	236,56	-144,26	276,81
	Janeiro	268,0	92,30	973	208,61	-116,31	160,49
	Fevereiro	363,4	92,30	973	282,87	-190,57	0,00
	Março	125,8	92,30	973	97,92	-5,62	0,00
	Abril	107,5	92,30	973	83,68	8,62	8,62
	Maiο	37,2	92,30	973	28,96	63,34	71,97
	Junho	8,0	92,30	973	6,23	86,07	158,04
	Julho	15,1	92,30	973	11,75	80,55	238,58
	Agosto	0,0	92,30	973	0,00	92,30	330,88
2004	Setembro	8,6	92,30	973	6,69	85,61	416,49
	Outubro	105,6	92,30	973	82,20	10,10	426,59
	Novembro	210,3	92,30	973	163,70	-71,40	355,19
	Dezembro	376,5	92,30	973	293,07	-200,77	154,43

2005	Janeiro	227,6	92,30	973	177,16	-84,86	69,56
	Fevereiro	82,1	92,30	973	63,91	28,39	97,96
	Março	381,1	92,30	973	296,65	-204,35	0,00
	Abril	72,9	92,30	973	56,75	35,55	35,55
	Maio	34,9	92,30	973	27,17	65,13	100,69
	Junho	2,4	92,30	973	1,87	90,43	191,12
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	92,30	283,42
	Agosto	11,7	92,30	973	9,11	83,19	366,61
	Setembro	73,0	92,30	973	56,82	35,48	402,09
	Outubro	86,5	92,30	973	67,33	24,97	427,06
	Novembro	168,8	92,30	973	131,39	-39,09	387,96
	Dezembro	450,1	92,30	973	350,36	-258,06	129,91
2006	Janeiro	101,9	92,30	973	79,32	12,98	142,89
	Fevereiro	226,1	92,30	973	176,00	-83,70	59,19
	Março	290,2	92,30	973	225,89	-133,59	0,00
	Abril	162,1	92,30	973	126,18	-33,88	0,00
	Maio	17,1	92,30	973	13,31	78,99	78,99
	Junho	1,7	92,30	973	1,32	90,98	169,97
	Julho	9,6	92,30	973	7,47	84,83	254,79
	Agosto	11,3	92,30	973	8,80	83,50	338,30
	Setembro	58,9	92,30	973	45,85	46,45	384,75
	Outubro	215,6	92,30	973	167,82	-75,52	309,23
	Novembro	182,2	92,30	973	141,82	-49,52	259,70
	Dezembro	350,1	92,30	973	272,52	-180,22	79,48
2007	Janeiro	276,1	92,30	973	214,92	-122,62	0,00
	Fevereiro	295,4	92,30	973	229,94	-137,64	0,00
	Março	152,0	92,30	973	118,32	-26,02	0,00
	Abril	66,3	92,30	973	51,61	40,69	40,69
	Maio	60,1	92,30	973	46,78	45,52	86,21

2008	Junho	4,5	92,30	973	3,50	88,80	175,01
	Julho	31,2	92,30	973	24,29	68,01	243,02
	Agosto	0,0	92,30	973	0,00	92,30	335,32
	Setembro	21,4	92,30	973	16,66	75,64	410,96
	Outubro	103,9	92,30	973	80,88	11,42	422,39
	Novembro	215,4	92,30	973	167,67	-75,37	347,02
	Dezembro	248,1	92,30	973	193,12	-100,82	246,20
	Janeiro	303,2	92,30	973	236,01	-143,71	102,49
	Fevereiro	317,0	92,30	973	246,75	-154,45	0,00
	Março	383,8	92,30	973	298,75	-206,45	0,00
	Abril	243,7	92,30	973	189,70	-97,40	0,00
	Maiο	61,7	92,30	973	48,03	44,27	44,27
	Junho	2,3	92,30	973	1,79	90,51	134,78
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	92,30	227,08
	Agosto	0,6	92,30	973	0,47	91,83	318,92
	Setembro	12,3	92,30	973	9,57	82,73	401,64
	Outubro	150,0	92,30	973	116,76	-24,46	377,18
	Novembro	193,7	92,30	973	150,78	-58,48	318,70
	Dezembro	210,9	92,30	973	164,16	-71,86	246,84
2009	Janeiro	141,0	92,30	973	109,75	-17,45	229,39
	Fevereiro	217,3	92,30	973	169,15	-76,85	152,54
	Março	221,8	92,30	973	172,65	-80,35	72,19
	Abril	53,6	92,30	973	41,72	50,58	122,77
	Maiο	16,2	92,30	973	12,61	79,69	202,46
	Junho	29,3	92,30	973	22,81	69,49	271,95
	Julho	5,8	92,30	973	4,51	87,79	359,74
	Agosto	20,3	92,30	973	15,80	76,50	436,23
	Setembro	198,2	92,30	973	154,28	-61,98	374,26
	Outubro	207,4	92,30	973	161,44	-69,14	305,12

2010	Novembro	288,6	92,30	973	224,65	-132,35	172,77
	Dezembro	333,2	92,30	973	259,36	-167,06	5,71
	Janeiro	190,4	92,30	973	148,21	-55,91	0,00
	Fevereiro	214,5	92,30	973	166,97	-74,67	0,00
	Março	358,0	92,30	973	278,67	-186,37	0,00
	Abril	165,4	92,30	973	128,75	-36,45	0,00
	Maio	6,3	92,30	973	4,90	87,40	87,40
	Junho	2,1	92,30	973	1,63	90,67	178,06
	Julho	4,1	92,30	973	3,19	89,11	267,17
	Agosto	0,0	92,30	973	0,00	92,30	359,47
	Setembro	9,9	92,30	973	7,71	84,59	444,06
	Outubro	197,2	92,30	973	153,50	-61,20	382,86
2011	Novembro	201,7	92,30	973	157,00	-64,70	318,16
	Dezembro	216,3	92,30	973	168,37	-76,07	242,09
	Janeiro	244,5	92,30	973	190,32	-98,02	144,07
	Fevereiro	240,3	92,30	973	187,05	-94,75	49,32
	Março	359,4	92,30	973	279,76	-187,46	0,00
	Abril	92,6	92,30	973	72,08	20,22	20,22
	Maio	24,8	92,30	973	19,30	73,00	93,22
	Junho	30,0	92,30	973	23,35	68,95	162,16
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	92,30	254,46
	Agosto	5,5	92,30	973	4,28	88,02	342,48
	Setembro	19,2	92,30	973	14,95	77,35	419,84
	Outubro	114,4	92,30	973	89,05	3,25	423,09
2012	Novembro	123,6	92,30	973	96,21	-3,91	419,18
	Dezembro	260,1	92,30	973	202,46	-110,16	309,02
	Janeiro	342,0	92,30	973	266,21	-173,91	135,10
	Fevereiro	326,9	92,30	973	254,46	-162,16	0,00
	Março	243,8	92,30	973	189,77	-97,47	0,00

	Abril	181,7	92,30	973	141,44	-49,14	0,00
	Mai	49,8	92,30	973	38,76	53,54	53,54
	Junho	52,3	92,30	973	40,71	51,59	105,13
	Julho	3,1	92,30	973	2,41	89,89	195,01
	Agosto	0,0	92,30	973	0,00	92,30	287,31
	Setembro	74,5	92,30	973	57,99	34,31	321,62
	Outubro	77,5	92,30	973	60,33	31,97	353,60
	Novembro	286,0	92,30	973	222,62	-130,32	223,27
	Dezembro	154,6	92,30	973	120,34	-28,04	195,23
2013	Janeiro	278,5	92,30	973	216,78	-124,48	70,75
	Fevereiro	203,6	92,30	973	158,48	-66,18	4,57
	Março	370,9	92,30	973	288,71	-196,41	0,00
	Abril	161,9	92,30	973	126,02	-33,72	0,00
	Mai	39,4	92,30	973	30,67	61,63	61,63
	Junho	9,2	92,30	973	7,16	85,14	146,77
	Julho	0,3	92,30	973	0,23	92,07	238,84
	Agosto	2,6	92,30	973	2,02	90,28	329,11
	Setembro	6,7	92,30	973	5,22	87,08	416,20
	Outubro	97,4	92,30	973	75,82	16,48	432,68
	Novembro	139,7	92,30	973	108,74	-16,44	416,24
	Dezembro	226,6	92,30	973	176,39	-84,09	332,15
2014	Janeiro	140,1	92,30	973	109,05	-16,75	315,40
	Fevereiro	175,6	92,30	973	136,69	-44,39	271,01
	Março	249,3	92,30	973	194,06	-101,76	169,26
	Abril	242,9	92,30	973	189,07	-96,77	72,48
	Mai	1,0	92,30	973	0,78	91,52	164,01
	Junho	9,0	92,30	973	7,01	85,29	249,30
	Julho	56,3	92,30	973	43,82	48,48	297,78
	Agosto	0,0	92,30	973	0,00	92,30	390,08

2015	Setembro	90,7	92,30	973	70,60	21,70	411,77
	Outubro	152,0	92,30	973	118,32	-26,02	385,76
	Novembro	277,5	92,30	973	216,01	-123,71	262,05
	Dezembro	309,2	92,30	973	240,68	-148,38	113,67
	Janeiro	93,1	92,30	973	72,47	19,83	133,50
	Fevereiro	251,7	92,30	973	195,92	-103,62	29,88
	Março	275,2	92,30	973	214,22	-121,92	0,00
	Abril	113,1	92,30	973	88,04	4,26	4,26
	Maio	83,3	92,30	973	64,84	27,46	31,72
	Junho	8,9	92,30	973	6,93	85,37	117,09
	Julho	45,2	92,30	973	35,18	57,12	174,21
	Agosto	1,5	92,30	973	1,17	91,13	265,34
	Setembro	62,2	92,30	973	48,42	43,88	309,23
	Outubro	155,6	92,30	973	121,12	-28,82	280,41
	Novembro	176,9	92,30	973	137,70	-45,40	235,01
	Dezembro	187,6	92,30	973	146,03	-53,73	181,28
	Janeiro	211,1	92,30	973	164,32	-72,02	109,26
	Fevereiro	216,3	92,30	973	168,37	-76,07	33,19
	Março	307,0	92,30	973	238,97	-146,67	0,00
	Abril	25,5	92,30	973	19,85	72,45	72,45
	Maio	64,0	92,30	973	49,82	42,48	114,93
	Junho	47,7	92,30	973	37,13	55,17	170,10
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	92,30	262,40
	Agosto	33,7	92,30	973	26,23	66,07	328,47
2016	Setembro	15,5	92,30	973	12,07	80,23	408,71
	Outubro	136,2	92,30	973	106,02	-13,72	394,99
	Novembro	182,6	92,30	973	142,14	-49,84	345,15
	Dezembro	362,3	92,30	973	282,01	-189,71	155,44
							525,31

Apêndice B – Volume do reservatório pelo método da simulação

Ano	Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m³)	Área de Captação (m²)	Volume de Chuva Mensal (m³)	Volume do Reservatório Fixado (m³)	Volume do Reservatório no tempo (t-1) (m³)	Volume do Reservatório no tempo (t) (m³)	Overflow (m³)	Suprimento de água externo (m³)
1996	Janeiro	0,0	92,30	973	0,00	25,00	25,00	-67,30	0,00	67,30
	Fevereiro	158,3	92,30	973	123,22	25,00	0,00	25,00	5,92	0,00
	Março	316,1	92,30	973	246,05	25,00	25,00	25,00	153,75	0,00
	Abril	113,0	92,30	973	87,96	25,00	25,00	20,66	0,00	0,00
	Maiο	53,1	92,30	973	41,33	25,00	20,66	-30,31	0,00	30,31
	Junho	39,0	92,30	973	30,36	25,00	0,00	-61,94	0,00	61,94
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Agosto	8,9	92,30	973	6,93	25,00	0,00	-85,37	0,00	85,37
	Setembro	79,3	92,30	973	61,73	25,00	0,00	-30,57	0,00	30,57
	Outubro	101,8	92,30	973	79,24	25,00	0,00	-13,06	0,00	13,06
	Novembro	352,1	92,30	973	274,07	25,00	0,00	25,00	156,77	0,00
	Dezembro	304,1	92,30	973	236,71	25,00	25,00	25,00	144,41	0,00
1997	Janeiro	288,6	92,30	973	224,65	25,00	25,00	25,00	132,35	0,00
	Fevereiro	285,9	92,30	973	222,54	25,00	25,00	25,00	130,24	0,00
	Março	223,3	92,30	973	173,82	25,00	25,00	25,00	81,52	0,00
	Abril	84,6	92,30	973	65,85	25,00	25,00	-1,45	0,00	1,45
	Maiο	117,5	92,30	973	91,46	25,00	0,00	-0,84	0,00	0,84
	Junho	132,7	92,30	973	103,29	25,00	0,00	10,99	0,00	0,00
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	25,00	10,99	-81,31	0,00	81,31
	Agosto	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Setembro	109,4	92,30	973	85,16	25,00	0,00	-7,14	0,00	7,14
	Outubro	110,9	92,30	973	86,32	25,00	0,00	-5,98	0,00	5,98
	Novembro	224,9	92,30	973	175,06	25,00	0,00	25,00	57,76	0,00
	Dezembro	296,0	92,30	973	230,41	25,00	25,00	25,00	138,11	0,00

1998	Janeiro	159,6	92,30	973	124,23	25,00	25,00	25,00	31,93	0,00
	Fevereiro	275,1	92,30	973	214,14	25,00	25,00	25,00	121,84	0,00
	Março	275,6	92,30	973	214,53	25,00	25,00	25,00	122,23	0,00
	Abril	118,2	92,30	973	92,01	25,00	25,00	24,71	0,00	0,00
	Maiο	42,2	92,30	973	32,85	25,00	24,71	-34,74	0,00	34,74
	Junho	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Agosto	42,2	92,30	973	32,85	25,00	0,00	-59,45	0,00	59,45
	Setembro	63,2	92,30	973	49,19	25,00	0,00	-43,11	0,00	43,11
	Outubro	123,8	92,30	973	96,37	25,00	0,00	4,07	0,00	0,00
	Novembro	111,8	92,30	973	87,03	25,00	4,07	-1,21	0,00	1,21
	Dezembro	233,0	92,30	973	181,37	25,00	0,00	25,00	64,07	0,00
1999	Janeiro	147,1	92,30	973	114,50	25,00	25,00	25,00	22,20	0,00
	Fevereiro	200,0	92,30	973	155,68	25,00	25,00	25,00	63,38	0,00
	Março	273,9	92,30	973	213,20	25,00	25,00	25,00	120,90	0,00
	Abril	34,7	92,30	973	27,01	25,00	25,00	-40,29	0,00	40,29
	Maiο	2,4	92,30	973	1,87	25,00	0,00	-90,43	0,00	90,43
	Junho	3,1	92,30	973	2,41	25,00	0,00	-89,89	0,00	89,89
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Agosto	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Setembro	80,7	92,30	973	62,82	25,00	0,00	-29,48	0,00	29,48
	Outubro	101,8	92,30	973	79,24	25,00	0,00	-13,06	0,00	13,06
	Novembro	183,5	92,30	973	142,84	25,00	0,00	25,00	25,54	0,00
	Dezembro	229,9	92,30	973	178,95	25,00	25,00	25,00	86,65	0,00
2000	Janeiro	287,1	92,30	973	223,48	25,00	25,00	25,00	131,18	0,00
	Fevereiro	219,0	92,30	973	170,47	25,00	25,00	25,00	78,17	0,00
	Março	428,4	92,30	973	333,47	25,00	25,00	25,00	241,17	0,00
	Abril	81,4	92,30	973	63,36	25,00	25,00	-3,94	0,00	3,94
	Maiο	3,3	92,30	973	2,57	25,00	0,00	-89,73	0,00	89,73

2000	Junho	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Julho	3,0	92,30	973	2,34	25,00	0,00	-89,96	0,00	89,96
	Agosto	22,5	92,30	973	17,51	25,00	0,00	-74,79	0,00	74,79
	Setembro	64,7	92,30	973	50,36	25,00	0,00	-41,94	0,00	41,94
	Outubro	139,0	92,30	973	108,20	25,00	0,00	15,90	0,00	0,00
	Novembro	205,5	92,30	973	159,96	25,00	15,90	25,00	58,56	0,00
	Dezembro	264,1	92,30	973	205,58	25,00	25,00	25,00	113,28	0,00
	Janeiro	294,5	92,30	973	229,24	25,00	25,00	25,00	136,94	0,00
	Fevereiro	206,4	92,30	973	160,66	25,00	25,00	25,00	68,36	0,00
	Março	107,5	92,30	973	83,68	25,00	25,00	16,38	0,00	0,00
	Abril	62,0	92,30	973	48,26	25,00	16,38	-27,66	0,00	27,66
	Mai	192,2	92,30	973	149,61	25,00	0,00	25,00	32,31	0,00
2001	Junho	12,2	92,30	973	9,50	25,00	25,00	-57,80	0,00	57,80
	Julho	6,6	92,30	973	5,14	25,00	0,00	-87,16	0,00	87,16
	Agosto	33,6	92,30	973	26,15	25,00	0,00	-66,15	0,00	66,15
	Setembro	65,6	92,30	973	51,06	25,00	0,00	-41,24	0,00	41,24
	Outubro	80,3	92,30	973	62,51	25,00	0,00	-29,79	0,00	29,79
	Novembro	274,3	92,30	973	213,52	25,00	0,00	25,00	96,22	0,00
	Dezembro	445,1	92,30	973	346,47	25,00	25,00	25,00	254,17	0,00
	Janeiro	323,6	92,30	973	251,89	25,00	25,00	25,00	159,59	0,00
	Fevereiro	416,6	92,30	973	324,28	25,00	25,00	25,00	231,98	0,00
	Março	318,8	92,30	973	248,15	25,00	25,00	25,00	155,85	0,00
	Abril	29,1	92,30	973	22,65	25,00	25,00	-44,65	0,00	44,65
	Mai	65,8	92,30	973	51,22	25,00	0,00	-41,08	0,00	41,08
2002	Junho	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Julho	28,3	92,30	973	22,03	25,00	0,00	-70,27	0,00	70,27
	Agosto	19,2	92,30	973	14,95	25,00	0,00	-77,35	0,00	77,35
	Setembro	38,6	92,30	973	30,05	25,00	0,00	-62,25	0,00	62,25
	Outubro	69,5	92,30	973	54,10	25,00	0,00	-38,20	0,00	38,20

2003	Novembro	96,0	92,30	973	74,73	25,00	0,00	-17,57	0,00	17,57
	Dezembro	267,5	92,30	973	208,22	25,00	0,00	25,00	90,92	0,00
	Janeiro	239,7	92,30	973	186,58	25,00	25,00	25,00	94,28	0,00
	Fevereiro	229,2	92,30	973	178,41	25,00	25,00	25,00	86,11	0,00
	Março	270,3	92,30	973	210,40	25,00	25,00	25,00	118,10	0,00
	Abril	157,5	92,30	973	122,60	25,00	25,00	25,00	30,30	0,00
	Maiο	32,1	92,30	973	24,99	25,00	25,00	-42,31	0,00	42,31
	Junho	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Agosto	10,4	92,30	973	8,10	25,00	0,00	-84,20	0,00	84,20
	Setembro	21,6	92,30	973	16,81	25,00	0,00	-75,49	0,00	75,49
	Outubro	197,8	92,30	973	153,97	25,00	0,00	25,00	36,67	0,00
2004	Novembro	58,0	92,30	973	45,15	25,00	25,00	-22,15	0,00	22,15
	Dezembro	303,9	92,30	973	236,56	25,00	0,00	25,00	119,26	0,00
	Janeiro	268,0	92,30	973	208,61	25,00	25,00	25,00	116,31	0,00
	Fevereiro	363,4	92,30	973	282,87	25,00	25,00	25,00	190,57	0,00
	Março	125,8	92,30	973	97,92	25,00	25,00	25,00	5,62	0,00
	Abril	107,5	92,30	973	83,68	25,00	25,00	16,38	0,00	0,00
	Maiο	37,2	92,30	973	28,96	25,00	16,38	-46,97	0,00	46,97
	Junho	8,0	92,30	973	6,23	25,00	0,00	-86,07	0,00	86,07
	Julho	15,1	92,30	973	11,75	25,00	0,00	-80,55	0,00	80,55
	Agosto	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Setembro	8,6	92,30	973	6,69	25,00	0,00	-85,61	0,00	85,61
	Outubro	105,6	92,30	973	82,20	25,00	0,00	-10,10	0,00	10,10
2005	Novembro	210,3	92,30	973	163,70	25,00	0,00	25,00	46,40	0,00
	Dezembro	376,5	92,30	973	293,07	25,00	25,00	25,00	200,77	0,00
	Janeiro	227,6	92,30	973	177,16	25,00	25,00	25,00	84,86	0,00
	Fevereiro	82,1	92,30	973	63,91	25,00	25,00	-3,39	0,00	3,39
	Março	381,1	92,30	973	296,65	25,00	0,00	25,00	179,35	0,00

2006	Abril	72,9	92,30	973	56,75	25,00	25,00	-10,55	0,00	10,55
	Maio	34,9	92,30	973	27,17	25,00	0,00	-65,13	0,00	65,13
	Junho	2,4	92,30	973	1,87	25,00	0,00	-90,43	0,00	90,43
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Agosto	11,7	92,30	973	9,11	25,00	0,00	-83,19	0,00	83,19
	Setembro	73,0	92,30	973	56,82	25,00	0,00	-35,48	0,00	35,48
	Outubro	86,5	92,30	973	67,33	25,00	0,00	-24,97	0,00	24,97
	Novembro	168,8	92,30	973	131,39	25,00	0,00	25,00	14,09	0,00
	Dezembro	450,1	92,30	973	350,36	25,00	25,00	25,00	258,06	0,00
	Janeiro	101,9	92,30	973	79,32	25,00	25,00	12,02	0,00	0,00
	Fevereiro	226,1	92,30	973	176,00	25,00	12,02	25,00	70,72	0,00
	Março	290,2	92,30	973	225,89	25,00	25,00	25,00	133,59	0,00
	Abril	162,1	92,30	973	126,18	25,00	25,00	25,00	33,88	0,00
	Maio	17,1	92,30	973	13,31	25,00	25,00	-53,99	0,00	53,99
	Junho	1,7	92,30	973	1,32	25,00	0,00	-90,98	0,00	90,98
	Julho	9,6	92,30	973	7,47	25,00	0,00	-84,83	0,00	84,83
	Agosto	11,3	92,30	973	8,80	25,00	0,00	-83,50	0,00	83,50
	Setembro	58,9	92,30	973	45,85	25,00	0,00	-46,45	0,00	46,45
	Outubro	215,6	92,30	973	167,82	25,00	0,00	25,00	50,52	0,00
	Novembro	182,2	92,30	973	141,82	25,00	25,00	25,00	49,52	0,00
	Dezembro	350,1	92,30	973	272,52	25,00	25,00	25,00	180,22	0,00
2007	Janeiro	276,1	92,30	973	214,92	25,00	25,00	25,00	122,62	0,00
	Fevereiro	295,4	92,30	973	229,94	25,00	25,00	25,00	137,64	0,00
	Março	152,0	92,30	973	118,32	25,00	25,00	25,00	26,02	0,00
	Abril	66,3	92,30	973	51,61	25,00	25,00	-15,69	0,00	15,69
	Maio	60,1	92,30	973	46,78	25,00	0,00	-45,52	0,00	45,52
	Junho	4,5	92,30	973	3,50	25,00	0,00	-88,80	0,00	88,80
	Julho	31,2	92,30	973	24,29	25,00	0,00	-68,01	0,00	68,01
	Agosto	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30

2008	Setembro	21,4	92,30	973	16,66	25,00	0,00	-75,64	0,00	75,64
	Outubro	103,9	92,30	973	80,88	25,00	0,00	-11,42	0,00	11,42
	Novembro	215,4	92,30	973	167,67	25,00	0,00	25,00	50,37	0,00
	Dezembro	248,1	92,30	973	193,12	25,00	25,00	25,00	100,82	0,00
	Janeiro	303,2	92,30	973	236,01	25,00	25,00	25,00	143,71	0,00
	Fevereiro	317,0	92,30	973	246,75	25,00	25,00	25,00	154,45	0,00
	Março	383,8	92,30	973	298,75	25,00	25,00	25,00	206,45	0,00
	Abril	243,7	92,30	973	189,70	25,00	25,00	25,00	97,40	0,00
	Maiο	61,7	92,30	973	48,03	25,00	25,00	-19,27	0,00	19,27
	Junho	2,3	92,30	973	1,79	25,00	0,00	-90,51	0,00	90,51
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Agosto	0,6	92,30	973	0,47	25,00	0,00	-91,83	0,00	91,83
2009	Setembro	12,3	92,30	973	9,57	25,00	0,00	-82,73	0,00	82,73
	Outubro	150,0	92,30	973	116,76	25,00	0,00	24,46	0,00	0,00
	Novembro	193,7	92,30	973	150,78	25,00	24,46	25,00	57,94	0,00
	Dezembro	210,9	92,30	973	164,16	25,00	25,00	25,00	71,86	0,00
	Janeiro	141,0	92,30	973	109,75	25,00	25,00	25,00	17,45	0,00
	Fevereiro	217,3	92,30	973	169,15	25,00	25,00	25,00	76,85	0,00
	Março	221,8	92,30	973	172,65	25,00	25,00	25,00	80,35	0,00
	Abril	53,6	92,30	973	41,72	25,00	25,00	-25,58	0,00	25,58
	Maiο	16,2	92,30	973	12,61	25,00	0,00	-79,69	0,00	79,69
	Junho	29,3	92,30	973	22,81	25,00	0,00	-69,49	0,00	69,49
	Julho	5,8	92,30	973	4,51	25,00	0,00	-87,79	0,00	87,79
	Agosto	20,3	92,30	973	15,80	25,00	0,00	-76,50	0,00	76,50
	Setembro	198,2	92,30	973	154,28	25,00	0,00	25,00	36,98	0,00
2010	Outubro	207,4	92,30	973	161,44	25,00	25,00	25,00	69,14	0,00
	Novembro	288,6	92,30	973	224,65	25,00	25,00	25,00	132,35	0,00
2010	Dezembro	333,2	92,30	973	259,36	25,00	25,00	25,00	167,06	0,00
	Janeiro	190,4	92,30	973	148,21	25,00	25,00	25,00	55,91	0,00

	Fevereiro	214,5	92,30	973	166,97	25,00	25,00	25,00	74,67	0,00
	Março	358,0	92,30	973	278,67	25,00	25,00	25,00	186,37	0,00
	Abril	165,4	92,30	973	128,75	25,00	25,00	25,00	36,45	0,00
	Maiο	6,3	92,30	973	4,90	25,00	25,00	-62,40	0,00	62,40
	Junho	2,1	92,30	973	1,63	25,00	0,00	-90,67	0,00	90,67
	Julho	4,1	92,30	973	3,19	25,00	0,00	-89,11	0,00	89,11
	Agosto	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Setembro	9,9	92,30	973	7,71	25,00	0,00	-84,59	0,00	84,59
	Outubro	197,2	92,30	973	153,50	25,00	0,00	25,00	36,20	0,00
	Novembro	201,7	92,30	973	157,00	25,00	25,00	25,00	64,70	0,00
	Dezembro	216,3	92,30	973	168,37	25,00	25,00	25,00	76,07	0,00
2011	Janeiro	244,5	92,30	973	190,32	25,00	25,00	25,00	98,02	0,00
	Fevereiro	240,3	92,30	973	187,05	25,00	25,00	25,00	94,75	0,00
	Março	359,4	92,30	973	279,76	25,00	25,00	25,00	187,46	0,00
	Abril	92,6	92,30	973	72,08	25,00	25,00	4,78	0,00	0,00
	Maiο	24,8	92,30	973	19,30	25,00	4,78	-68,22	0,00	68,22
	Junho	30,0	92,30	973	23,35	25,00	0,00	-68,95	0,00	68,95
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Agosto	5,5	92,30	973	4,28	25,00	0,00	-88,02	0,00	88,02
	Setembro	19,2	92,30	973	14,95	25,00	0,00	-77,35	0,00	77,35
	Outubro	114,4	92,30	973	89,05	25,00	0,00	-3,25	0,00	3,25
	Novembro	123,6	92,30	973	96,21	25,00	0,00	3,91	0,00	0,00
	Dezembro	260,1	92,30	973	202,46	25,00	3,91	25,00	89,07	0,00
2012	Janeiro	342,0	92,30	973	266,21	25,00	25,00	25,00	173,91	0,00
	Fevereiro	326,9	92,30	973	254,46	25,00	25,00	25,00	162,16	0,00
	Março	243,8	92,30	973	189,77	25,00	25,00	25,00	97,47	0,00
	Abril	181,7	92,30	973	141,44	25,00	25,00	25,00	49,14	0,00
	Maiο	49,8	92,30	973	38,76	25,00	25,00	-28,54	0,00	28,54
	Junho	52,3	92,30	973	40,71	25,00	0,00	-51,59	0,00	51,59

2013	Julho	3,1	92,30	973	2,41	25,00	0,00	-89,89	0,00	89,89
	Agosto	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Setembro	74,5	92,30	973	57,99	25,00	0,00	-34,31	0,00	34,31
	Outubro	77,5	92,30	973	60,33	25,00	0,00	-31,97	0,00	31,97
	Novembro	286,0	92,30	973	222,62	25,00	0,00	25,00	105,32	0,00
	Dezembro	154,6	92,30	973	120,34	25,00	25,00	25,00	28,04	0,00
	Janeiro	278,5	92,30	973	216,78	25,00	25,00	25,00	124,48	0,00
	Fevereiro	203,6	92,30	973	158,48	25,00	25,00	25,00	66,18	0,00
	Março	370,9	92,30	973	288,71	25,00	25,00	25,00	196,41	0,00
	Abril	161,9	92,30	973	126,02	25,00	25,00	25,00	33,72	0,00
	Maiο	39,4	92,30	973	30,67	25,00	25,00	-36,63	0,00	36,63
	Junho	9,2	92,30	973	7,16	25,00	0,00	-85,14	0,00	85,14
2014	Julho	0,3	92,30	973	0,23	25,00	0,00	-92,07	0,00	92,07
	Agosto	2,6	92,30	973	2,02	25,00	0,00	-90,28	0,00	90,28
	Setembro	6,7	92,30	973	5,22	25,00	0,00	-87,08	0,00	87,08
	Outubro	97,4	92,30	973	75,82	25,00	0,00	-16,48	0,00	16,48
	Novembro	139,7	92,30	973	108,74	25,00	0,00	16,44	0,00	0,00
	Dezembro	226,6	92,30	973	176,39	25,00	16,44	25,00	75,53	0,00
	Janeiro	140,1	92,30	973	109,05	25,00	25,00	25,00	16,75	0,00
	Fevereiro	175,6	92,30	973	136,69	25,00	25,00	25,00	44,39	0,00
	Março	249,3	92,30	973	194,06	25,00	25,00	25,00	101,76	0,00
	Abril	242,9	92,30	973	189,07	25,00	25,00	25,00	96,77	0,00
	Maiο	1,0	92,30	973	0,78	25,00	25,00	-66,52	0,00	66,52
	Junho	9,0	92,30	973	7,01	25,00	0,00	-85,29	0,00	85,29
	Julho	56,3	92,30	973	43,82	25,00	0,00	-48,48	0,00	48,48
	Agosto	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Setembro	90,7	92,30	973	70,60	25,00	0,00	-21,70	0,00	21,70
	Outubro	152,0	92,30	973	118,32	25,00	0,00	25,00	1,02	0,00
	Novembro	277,5	92,30	973	216,01	25,00	25,00	25,00	123,71	0,00

2015	Dezembro	309,2	92,30	973	240,68	25,00	25,00	25,00	148,38	0,00
	Janeiro	93,1	92,30	973	72,47	25,00	25,00	5,17	0,00	0,00
	Fevereiro	251,7	92,30	973	195,92	25,00	5,17	25,00	83,79	0,00
	Março	275,2	92,30	973	214,22	25,00	25,00	25,00	121,92	0,00
	Abril	113,1	92,30	973	88,04	25,00	25,00	20,74	0,00	0,00
	Maiο	83,3	92,30	973	64,84	25,00	20,74	-6,72	0,00	6,72
	Junho	8,9	92,30	973	6,93	25,00	0,00	-85,37	0,00	85,37
	Julho	45,2	92,30	973	35,18	25,00	0,00	-57,12	0,00	57,12
	Agosto	1,5	92,30	973	1,17	25,00	0,00	-91,13	0,00	91,13
	Setembro	62,2	92,30	973	48,42	25,00	0,00	-43,88	0,00	43,88
	Outubro	155,6	92,30	973	121,12	25,00	0,00	25,00	3,82	0,00
	Novembro	176,9	92,30	973	137,70	25,00	25,00	25,00	45,40	0,00
2016	Dezembro	187,6	92,30	973	146,03	25,00	25,00	25,00	53,73	0,00
	Janeiro	211,1	92,30	973	164,32	25,00	25,00	25,00	72,02	0,00
	Fevereiro	216,3	92,30	973	168,37	25,00	25,00	25,00	76,07	0,00
	Março	307,0	92,30	973	238,97	25,00	25,00	25,00	146,67	0,00
	Abril	25,5	92,30	973	19,85	25,00	25,00	-47,45	0,00	47,45
	Maiο	64,0	92,30	973	49,82	25,00	0,00	-42,48	0,00	42,48
	Junho	47,7	92,30	973	37,13	25,00	0,00	-55,17	0,00	55,17
	Julho	0,0	92,30	973	0,00	25,00	0,00	-92,30	0,00	92,30
	Agosto	33,7	92,30	973	26,23	25,00	0,00	-66,07	0,00	66,07
	Setembro	15,5	92,30	973	12,07	25,00	0,00	-80,23	0,00	80,23
	Outubro	136,2	92,30	973	106,02	25,00	0,00	13,72	0,00	0,00
	Novembro	182,6	92,30	973	142,14	25,00	13,72	25,00	38,55	0,00
	Dezembro	362,3	92,30	973	282,01	25,00	25,00	25,00	189,71	0,00
TOTAL								25,00	10833,39	7711,15
									541,67	385,56

Apêndice C – Volume do reservatório pelo método prático australiano

Ano	Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de Chuva Mensal (m³)	Volume do Reservatório Fixado (m³)	Volume do Reservatório no tempo (t-1) (m³)	Volume do Reservatório no tempo (t) (m³)	Falha (Pr)	Confiança (C)
1996	Janeiro	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	0,00	0,00	0,096	0,904
	Fevereiro	158,3	92,30	973	121,66	420,00	0,00	29,36		
	Março	316,1	92,30	973	244,50	420,00	29,36	181,56		
	Abril	113,0	92,30	973	86,40	420,00	181,56	175,66		
	Mai	53,1	92,30	973	39,78	420,00	175,66	123,14		
	Junho	39,0	92,30	973	28,80	420,00	123,14	59,64		
	Julho	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	59,64	0,00		
	Agosto	8,9	92,30	973	5,37	420,00	0,00	0,00		
	Setembro	79,3	92,30	973	60,17	420,00	0,00	0,00		
	Outubro	101,8	92,30	973	77,68	420,00	0,00	0,00		
	Novembro	352,1	92,30	973	272,52	420,00	0,00	180,22		
	Dezembro	304,1	92,30	973	235,15	420,00	180,22	323,07		
1997	Janeiro	288,6	92,30	973	223,09	420,00	323,07	420,00		
	Fevereiro	285,9	92,30	973	220,99	420,00	420,00	420,00		
	Março	223,3	92,30	973	172,26	420,00	420,00	420,00		
	Abril	84,6	92,30	973	64,30	420,00	420,00	392,00		
	Mai	117,5	92,30	973	89,91	420,00	392,00	389,60		
	Junho	132,7	92,30	973	101,74	420,00	389,60	399,04		
	Julho	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	399,04	305,18		
	Agosto	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	305,18	211,32		
	Setembro	109,4	92,30	973	83,60	420,00	211,32	202,62		
	Outubro	110,9	92,30	973	84,77	420,00	202,62	195,09		
	Novembro	224,9	92,30	973	173,51	420,00	195,09	276,30		
	Dezembro	296,0	92,30	973	228,85	420,00	276,30	412,85		

1998	Janeiro	159,6	92,30	973	122,68	420,00	412,85	420,00
	Fevereiro	275,1	92,30	973	212,58	420,00	420,00	420,00
	Março	275,6	92,30	973	212,97	420,00	420,00	420,00
	Abril	118,2	92,30	973	90,45	420,00	420,00	418,15
	Maiο	42,2	92,30	973	31,29	420,00	418,15	357,14
	Junho	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	357,14	263,28
	Julho	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	263,28	169,43
	Agosto	42,2	92,30	973	31,29	420,00	169,43	108,42
	Setembro	63,2	92,30	973	47,64	420,00	108,42	63,76
	Outubro	123,8	92,30	973	94,81	420,00	63,76	66,27
	Novembro	111,8	92,30	973	85,47	420,00	66,27	59,44
	Dezembro	233,0	92,30	973	179,81	420,00	59,44	146,95
1999	Janeiro	147,1	92,30	973	112,95	420,00	146,95	167,59
	Fevereiro	200,0	92,30	973	154,12	420,00	167,59	229,41
	Março	273,9	92,30	973	211,65	420,00	229,41	348,76
	Abril	34,7	92,30	973	25,45	420,00	348,76	281,92
	Maiο	2,4	92,30	973	0,31	420,00	281,92	189,93
	Junho	3,1	92,30	973	0,86	420,00	189,93	98,48
	Julho	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	98,48	4,63
	Agosto	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	4,63	0,00
	Setembro	80,7	92,30	973	61,26	420,00	0,00	0,00
	Outubro	101,8	92,30	973	77,68	420,00	0,00	0,00
	Novembro	183,5	92,30	973	141,28	420,00	0,00	48,98
	Dezembro	229,9	92,30	973	177,40	420,00	48,98	134,08
2000	Janeiro	287,1	92,30	973	221,92	420,00	134,08	263,70
	Fevereiro	219,0	92,30	973	168,91	420,00	263,70	340,31
	Março	428,4	92,30	973	331,91	420,00	340,31	420,00
	Abril	81,4	92,30	973	61,80	420,00	420,00	389,50
	Maiο	3,3	92,30	973	1,01	420,00	389,50	298,22

	Junho	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	298,22	204,36
	Julho	3,0	92,30	973	0,78	420,00	204,36	112,84
	Agosto	22,5	92,30	973	15,96	420,00	112,84	36,50
	Setembro	64,7	92,30	973	48,81	420,00	36,50	0,00
	Outubro	139,0	92,30	973	106,64	420,00	0,00	14,34
	Novembro	205,5	92,30	973	158,40	420,00	14,34	80,45
	Dezembro	264,1	92,30	973	204,02	420,00	80,45	192,16
	Janeiro	294,5	92,30	973	227,68	420,00	192,16	327,55
	Fevereiro	206,4	92,30	973	159,10	420,00	327,55	394,35
	Março	107,5	92,30	973	82,12	420,00	394,35	384,17
	Abril	62,0	92,30	973	46,70	420,00	384,17	338,58
	Maio	192,2	92,30	973	148,05	420,00	338,58	394,33
2001	Junho	12,2	92,30	973	7,94	420,00	394,33	309,97
	Julho	6,6	92,30	973	3,58	420,00	309,97	221,25
	Agosto	33,6	92,30	973	24,60	420,00	221,25	153,55
	Setembro	65,6	92,30	973	49,51	420,00	153,55	110,75
	Outubro	80,3	92,30	973	60,95	420,00	110,75	79,40
	Novembro	274,3	92,30	973	211,96	420,00	79,40	199,06
	Dezembro	445,1	92,30	973	344,91	420,00	199,06	420,00
	Janeiro	323,6	92,30	973	250,33	420,00	420,00	420,00
	Fevereiro	416,6	92,30	973	322,72	420,00	420,00	420,00
	Março	318,8	92,30	973	246,60	420,00	420,00	420,00
	Abril	29,1	92,30	973	21,09	420,00	420,00	348,79
	Maio	65,8	92,30	973	49,66	420,00	348,79	306,16
2002	Junho	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	306,16	212,30
	Julho	28,3	92,30	973	20,47	420,00	212,30	140,47
	Agosto	19,2	92,30	973	13,39	420,00	140,47	61,56
	Setembro	38,6	92,30	973	28,49	420,00	61,56	0,00
	Outubro	69,5	92,30	973	52,54	420,00	0,00	0,00

2003	Novembro	96,0	92,30	973	73,17	420,00	0,00	0,00
	Dezembro	267,5	92,30	973	206,67	420,00	0,00	114,37
	Janeiro	239,7	92,30	973	185,03	420,00	114,37	207,09
	Fevereiro	229,2	92,30	973	176,85	420,00	207,09	291,64
	Março	270,3	92,30	973	208,84	420,00	291,64	408,19
	Abril	157,5	92,30	973	121,04	420,00	408,19	420,00
	Maiο	32,1	92,30	973	23,43	420,00	420,00	351,13
	Junho	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	351,13	257,27
	Julho	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	257,27	163,42
	Agosto	10,4	92,30	973	6,54	420,00	163,42	77,65
	Setembro	21,6	92,30	973	15,26	420,00	77,65	0,61
	Outubro	197,8	92,30	973	152,41	420,00	0,61	60,72
2004	Novembro	58,0	92,30	973	43,59	420,00	60,72	12,01
	Dezembro	303,9	92,30	973	235,00	420,00	12,01	154,71
	Janeiro	268,0	92,30	973	207,05	420,00	154,71	269,47
	Fevereiro	363,4	92,30	973	281,31	420,00	269,47	420,00
	Março	125,8	92,30	973	96,37	420,00	420,00	420,00
	Abril	107,5	92,30	973	82,12	420,00	420,00	409,82
	Maiο	37,2	92,30	973	27,40	420,00	409,82	344,92
	Junho	8,0	92,30	973	4,67	420,00	344,92	257,29
	Julho	15,1	92,30	973	10,20	420,00	257,29	175,19
	Agosto	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	175,19	81,33
	Setembro	8,6	92,30	973	5,14	420,00	81,33	0,00
	Outubro	105,6	92,30	973	80,64	420,00	0,00	0,00
2005	Novembro	210,3	92,30	973	162,14	420,00	0,00	69,84
	Dezembro	376,5	92,30	973	291,51	420,00	69,84	269,05
	Janeiro	227,6	92,30	973	175,61	420,00	269,05	352,36
	Fevereiro	82,1	92,30	973	62,35	420,00	352,36	322,41
	Março	381,1	92,30	973	295,09	420,00	322,41	420,00

	Abril	72,9	92,30	973	55,19	420,00	420,00	382,89
	Maio	34,9	92,30	973	25,61	420,00	382,89	316,20
	Junho	2,4	92,30	973	0,31	420,00	316,20	224,21
	Julho	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	224,21	130,35
	Agosto	11,7	92,30	973	7,55	420,00	130,35	45,60
	Setembro	73,0	92,30	973	55,27	420,00	45,60	8,57
	Outubro	86,5	92,30	973	65,77	420,00	8,57	0,00
	Novembro	168,8	92,30	973	129,84	420,00	0,00	37,54
	Dezembro	450,1	92,30	973	348,80	420,00	37,54	294,04
	Janeiro	101,9	92,30	973	77,76	420,00	294,04	279,50
	Fevereiro	226,1	92,30	973	174,44	420,00	279,50	361,64
	Março	290,2	92,30	973	224,33	420,00	361,64	420,00
2006	Abril	162,1	92,30	973	124,62	420,00	420,00	420,00
	Maio	17,1	92,30	973	11,75	420,00	420,00	339,45
	Junho	1,7	92,30	973	-0,23	420,00	339,45	246,92
	Julho	9,6	92,30	973	5,92	420,00	246,92	160,54
	Agosto	11,3	92,30	973	7,24	420,00	160,54	75,48
	Setembro	58,9	92,30	973	44,29	420,00	75,48	27,47
	Outubro	215,6	92,30	973	166,27	420,00	27,47	101,43
	Novembro	182,2	92,30	973	140,27	420,00	101,43	149,40
	Dezembro	350,1	92,30	973	270,96	420,00	149,40	328,06
	Janeiro	276,1	92,30	973	213,36	420,00	328,06	420,00
	Fevereiro	295,4	92,30	973	228,38	420,00	420,00	420,00
	Março	152,0	92,30	973	116,76	420,00	420,00	420,00
2007	Abril	66,3	92,30	973	50,05	420,00	420,00	377,75
	Maio	60,1	92,30	973	45,23	420,00	377,75	330,68
	Junho	4,5	92,30	973	1,95	420,00	330,68	240,32
	Julho	31,2	92,30	973	22,73	420,00	240,32	170,75
	Agosto	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	170,75	76,89

2008	Setembro	21,4	92,30	973	15,10	420,00	76,89	0,00
	Outubro	103,9	92,30	973	79,32	420,00	0,00	0,00
	Novembro	215,4	92,30	973	166,11	420,00	0,00	73,81
	Dezembro	248,1	92,30	973	191,56	420,00	73,81	173,07
	Janeiro	303,2	92,30	973	234,45	420,00	173,07	315,23
	Fevereiro	317,0	92,30	973	245,20	420,00	315,23	420,00
	Março	383,8	92,30	973	297,19	420,00	420,00	420,00
	Abril	243,7	92,30	973	188,14	420,00	420,00	420,00
	Maiο	61,7	92,30	973	46,47	420,00	420,00	374,17
	Junho	2,3	92,30	973	0,23	420,00	374,17	282,10
	Julho	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	282,10	188,25
	Agosto	0,6	92,30	973	-1,09	420,00	188,25	94,86
2009	Setembro	12,3	92,30	973	8,02	420,00	94,86	10,57
	Outubro	150,0	92,30	973	115,20	420,00	10,57	33,48
	Novembro	193,7	92,30	973	149,22	420,00	33,48	90,40
	Dezembro	210,9	92,30	973	162,61	420,00	90,40	160,71
	Janeiro	141,0	92,30	973	108,20	420,00	160,71	176,60
	Fevereiro	217,3	92,30	973	167,59	420,00	176,60	251,89
	Março	221,8	92,30	973	171,09	420,00	251,89	330,68
	Abril	53,6	92,30	973	40,17	420,00	330,68	278,55
	Maiο	16,2	92,30	973	11,05	420,00	278,55	197,30
	Junho	29,3	92,30	973	21,25	420,00	197,30	126,25
	Julho	5,8	92,30	973	2,96	420,00	126,25	36,91
	Agosto	20,3	92,30	973	14,24	420,00	36,91	0,00
2010	Setembro	198,2	92,30	973	152,72	420,00	0,00	60,42
	Outubro	207,4	92,30	973	159,88	420,00	60,42	128,01
	Novembro	288,6	92,30	973	223,09	420,00	128,01	258,79
	Dezembro	333,2	92,30	973	257,81	420,00	258,79	420,00
	Janeiro	190,4	92,30	973	146,65	420,00	420,00	420,00

	Fevereiro	214,5	92,30	973	165,41	420,00	420,00	420,00
	Março	358,0	92,30	973	277,11	420,00	420,00	420,00
	Abril	165,4	92,30	973	127,19	420,00	420,00	420,00
	Maiο	6,3	92,30	973	3,35	420,00	420,00	331,05
	Junho	2,1	92,30	973	0,08	420,00	331,05	238,82
	Julho	4,1	92,30	973	1,63	420,00	238,82	148,16
	Agosto	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	148,16	54,30
	Setembro	9,9	92,30	973	6,15	420,00	54,30	0,00
	Outubro	197,2	92,30	973	151,94	420,00	0,00	59,64
	Novembro	201,7	92,30	973	155,45	420,00	59,64	122,79
	Dezembro	216,3	92,30	973	166,81	420,00	122,79	197,30
	Janeiro	244,5	92,30	973	188,76	420,00	197,30	293,76
2011	Fevereiro	240,3	92,30	973	185,49	420,00	293,76	386,96
	Março	359,4	92,30	973	278,20	420,00	386,96	420,00
	Abril	92,6	92,30	973	70,52	420,00	420,00	398,22
	Maiο	24,8	92,30	973	17,75	420,00	398,22	323,67
	Junho	30,0	92,30	973	21,80	420,00	323,67	253,17
	Julho	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	253,17	159,31
	Agosto	5,5	92,30	973	2,72	420,00	159,31	69,73
	Setembro	19,2	92,30	973	13,39	420,00	69,73	0,00
	Outubro	114,4	92,30	973	87,49	420,00	0,00	0,00
	Novembro	123,6	92,30	973	94,65	420,00	0,00	2,35
	Dezembro	260,1	92,30	973	200,91	420,00	2,35	110,96
	Janeiro	342,0	92,30	973	264,66	420,00	110,96	283,31
2012	Fevereiro	326,9	92,30	973	252,90	420,00	283,31	420,00
	Março	243,8	92,30	973	188,22	420,00	420,00	420,00
	Abril	181,7	92,30	973	139,88	420,00	420,00	420,00
	Maiο	49,8	92,30	973	37,21	420,00	420,00	364,91
	Junho	52,3	92,30	973	39,15	420,00	364,91	311,76

2013	Julho	3,1	92,30	973	0,86	420,00	311,76	220,32
	Agosto	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	220,32	126,46
	Setembro	74,5	92,30	973	56,43	420,00	126,46	90,59
	Outubro	77,5	92,30	973	58,77	420,00	90,59	57,06
	Novembro	286,0	92,30	973	221,07	420,00	57,06	185,83
	Dezembro	154,6	92,30	973	118,78	420,00	185,83	212,31
	Janeiro	278,5	92,30	973	215,23	420,00	212,31	335,24
	Fevereiro	203,6	92,30	973	156,93	420,00	335,24	399,87
	Março	370,9	92,30	973	287,15	420,00	399,87	420,00
	Abril	161,9	92,30	973	124,47	420,00	420,00	420,00
	Maiο	39,4	92,30	973	29,11	420,00	420,00	356,81
	Junho	9,2	92,30	973	5,60	420,00	356,81	270,12
2014	Julho	0,3	92,30	973	-1,32	420,00	270,12	176,49
	Agosto	2,6	92,30	973	0,47	420,00	176,49	84,66
	Setembro	6,7	92,30	973	3,66	420,00	84,66	0,00
	Outubro	97,4	92,30	973	74,26	420,00	0,00	0,00
	Novembro	139,7	92,30	973	107,19	420,00	0,00	14,89
	Dezembro	226,6	92,30	973	174,83	420,00	14,89	97,41
	Janeiro	140,1	92,30	973	107,50	420,00	97,41	112,61
	Fevereiro	175,6	92,30	973	135,13	420,00	112,61	155,44
	Março	249,3	92,30	973	192,50	420,00	155,44	255,64
	Abril	242,9	92,30	973	187,52	420,00	255,64	350,86
	Maiο	1,0	92,30	973	-0,78	420,00	350,86	257,78
	Junho	9,0	92,30	973	5,45	420,00	257,78	170,93
	Julho	56,3	92,30	973	42,27	420,00	170,93	120,89
	Agosto	0,0	92,30	973	-1,56	420,00	120,89	27,04
	Setembro	90,7	92,30	973	69,04	420,00	27,04	3,78
	Outubro	152,0	92,30	973	116,76	420,00	3,78	28,24
	Novembro	277,5	92,30	973	214,45	420,00	28,24	150,39

