

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Vinicius da Costa Flesch

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: ANÁLISE DO
PROJETO DE UM EDIFÍCIO VERTICAL**

Porto Alegre

julho 2011

VINÍCIUS DA COSTA FLESCH

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: ANÁLISE DO
PROJETO DE UM EDIFÍCIO VERTICAL**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientador: Miguel Aloysio Sattler

Porto Alegre

julho 2011

VINÍCIUS DA COSTA FLESCH

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: ANÁLISE DO
PROJETO DE UM EDIFÍCIO VERTICAL**

Porto Alegre, 07 de julho de 2011

Prof. Miguel Aloysio Sattler
PhD. pela University of Sheffield, Inglaterra
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Gino Roberto Gehling (UFRGS)
Doutor pela Universitat Politecnica de Catalunya, Espanha

Luiz Augusto dos Santos Ercole
Mestre em Engenharia pela Escola de Engenharia da UFRGS

Paulo Robinson da Silva Samuel (UFRGS)
Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Eliane e Irineu, que sempre me apoiaram e me deram o suporte necessário para cursar a Graduação em Engenharia Civil.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Irineu e Eliane, pela dedicação e suportes, sem o qual este trabalho não seria possível.

Agradeço ao Prof. Miguel Sattler, orientador deste trabalho, pelo suporte dado durante o trabalho, pelas idéias e por sempre acreditar em um mundo mais sustentável.

Agradeço à Prof. Carin Schmitt, coordenadora dos trabalhos de diplomação, por sua disponibilidade, bom senso e experiência, imprescindíveis para a realização deste trabalho.

Agradeço também a Sra. Marisa Kroth, diretora do núcleo administrativo da Subseção Judiciária de Novo Hamburgo, por passar todas as informações necessárias relacionadas à edificação em estudo.

Agradeço ao engenheiro Alexandre Barbosa, coordenador da obra da edificação estudada, pelo auxílio na obtenção dos projetos necessários para a realização deste trabalho.

Agradeço aos componentes da banca examinadora, pela disponibilidade de ler este trabalho e fazer uma avaliação crítica do mesmo, além de estarem presentes na apresentação.

Faz parte da vida plantarmos árvores para que outras
pessoas sentem embaixo.

Warren Buffet

RESUMO

FLESCH, V. C. **Aproveitamento de Águas Pluviais:** análise do projeto de um edifício vertical. 2011. 60 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

O crescimento desordenado da população humana tem trazido consequências adversas para o Planeta e gerado discussões sobre a utilização dos recursos naturais de forma sustentável. O mais importante destes recursos é a água. Os desafios atuais exigem uma abordagem multidisciplinar para os problemas ambientais e, especificamente do uso da água. A busca de fontes alternativas de abastecimento é essencial para que a gestão hídrica seja eficiente. O aproveitamento de águas pluviais se mostra como uma ótima alternativa de fonte de abastecimento. Dentro deste contexto, o presente trabalho analisa o aproveitamento de águas pluviais em um edifício público. Os objetivos do trabalho são estimar a potencial economia de água potável na edificação com o sistema de aproveitamento em funcionamento, além de fazer uma descrição das características da edificação, seus projetos e o sistema de aproveitamento de águas pluviais nela instalado. Para atingir os objetivos, foi feita uma análise do projeto da edificação e visitas à edificação estudada. Com os dados sobre pontos de consumo de água, quantidade de usuários na edificação e hábitos de consumo, foi realizada uma estimativa da economia de água potável na edificação que poderia ser obtida quando da utilização do sistema de aproveitamento de águas pluviais. O resultado desta estimativa demonstra um volume bastante grande de consumo de água potável onde se poderia utilizar recursos menos nobres, como águas pluviais.

Palavras-chave: aproveitamento de água da chuva; drenagem urbana; gestão hídrica, consumo de água, edificações sustentáveis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: fluxograma das etapas da pesquisa	15
Figura 2: hidrograma da área urbanizada e da área não urbanizada	19
Figura 3: distribuição média da chuva em Porto Alegre entre 1961 e 1990	25
Figura 4: demonstrativo de um sistema de aproveitamento de águas da chuva	29
Figura 5: dimensões de uma cobertura do tipo duas águas	30
Figura 6: dispositivo de descarte de águas iniciais	32
Figura 7: foto de satélite da região da edificação	36
Figura 8: edifício da Subseção Judiciária de Novo Hamburgo.....	38
Figura 9: vista em corte da caixa de retenção pluvial	43
Figura 10: reservatório inferior de águas aproveitadas	44
Figura 11: detalhes do recalque do reservatório superior de águas recuperadas	45
Figura 12: banheiro masculino do pavimento tipo	47
Figura 13: conexões cruzadas entre o abastecimento potável e não potável.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: comparação entre poluentes presentes nas chuvas de Porto Alegre entre um estudo feito em 1986 e 1987 e estudo realizado em 1999	26
Quadro 2: distribuição do uso da água em uma residência nos Estados Unidos.....	27
Quadro 3: comparação do volume do reservatório para diversos métodos de cálculo	33
Quadro 4: frequência de manutenção	35
Quadro 5: pontos de consumo da edificação	46
Quadro 6: dados do consumo de água na edificação para o ano de 2010.....	49
Quadro 7: distribuição do consumo de água nos banheiros.....	52
Quadro 8: estimativa do consumo de água na edificação.....	53
Quadro 9: comparação entre estimativas de economia de água potável.....	54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 MÉTODO DE PESQUISA	13
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	13
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	13
2.2.1 Objetivo principal	13
2.2.2. Objetivos Secundários	13
2.3 DELIMITAÇÕES	14
2.4 LIMITAÇÕES	14
2.5 DELINEAMENTO	14
3 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	17
3.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA	17
3.2 GESTÃO HÍDRICA	18
3.3 DRENAGEM URBANA	18
4 LEGISLAÇÃO RELACIONADA À GESTÃO HÍDRICA	21
5 USO DE ÁGUAS PLUVIAIS	24
5.1 OFERTA	24
5.2 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA	25
5.3 CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL.....	26
6 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	28
6.1 INSTALAÇÕES	28
6.1.1 Captação	29
6.1.1.1 Área de captação	29
6.1.1.2 Materiais utilizados	31
6.1.2. Filtragem e autolimpeza	31
6.1.3 Armazenagem	33
6.1.4 Distribuição	34
6.2 MANUTENÇÃO	34
7 OBJETO DO ESTUDO	36
7.1 LOCALIZAÇÃO	37
7.2 USO DA EDIFICAÇÃO	38
7.3 CARACTERÍSTICAS SUSTENTÁVEIS	38
7.4 ESGOTOS PLUVIAIS.....	39
7.5 ESGOTOS CLOACAIS.....	39

8 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	41
8.1 POTENCIAL HÍDRICO DO LOTE	41
8.2 SISTEMA DE CAPTAÇÃO PLUVIAL	42
8.3 ARMAZENAGEM E RETENÇÃO PLUVIAL	42
8.3.1 Caixa de retenção pluvial	42
8.3.2 Reservatório inferior	43
8.3.3 Reservatório superior.....	44
8.4 RESERVATÓRIOS DE ÁGUA POTÁVEL.....	45
8.5 PONTOS DE CONSUMO.....	46
8.6 CONEXÕES CRUZADAS.....	47
8.7 PROBLEMAS NO SISTEMA DE APROVEITAMENTO.....	48
9. CONSUMO E POTENCIAL ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL	49
9.1 CONSUMO REGISTRADO	49
9.2 POTENCIAL ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL	50
9.3 DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NA EDIFICAÇÃO.....	50
9.3.1 Uso de água nos banheiros.....	51
9.3.1.1 Quantitativo de usuários na edificação.....	51
9.3.1.2 Consumo de água nos aparelhos sanitários.....	51
9.3.2 Rega de jardins.....	52
9.3.3 Limpeza da edificação.....	53
9.3.4 Gastos de água na edificação.....	53
9.4 DIFERENÇA ENTRE CONSUMO REAL E ESTIMADO.....	53
9.5 POTENCIAL ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL.....	54
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
REFERÊNCIAS.....	57
ANEXO A.....	60

1 INTRODUÇÃO

A limitação dos recursos naturais traz ao homem o desafio de manter a qualidade de vida em sua evolução, racionalizando o uso destes recursos. No caso dos recursos hídricos, existe uma tendência à escassez de água de boa qualidade. Então, é essencial que a sociedade saiba utilizar a água de maneira racional e eficiente. Por isso, fontes alternativas de recursos hídricos não potáveis devem ser utilizadas para fins pouco nobres, substituindo o uso de água potável.

A gestão hídrica é uma preocupação crescente por parte de todos. As grandes empresas vêm investindo em sistemas próprios de captação e tratamento de água, a fim de não depender das concessionárias para o seu abastecimento. Além disso, se busca uma maior eficiência no uso da água nos processos de produção industrial. Para o setor produtivo, eventuais falhas no abastecimento causam grandes prejuízos econômicos.

Uma das alternativas mais comuns para melhorar o aproveitamento dos recursos hídricos é a captação pontual de águas da chuva. Instalações com este fim podem ser construídas em quase todos os tipos de edificações e não geram custos adicionais elevados. Com a valorização econômica da água, este tipo de instalação tende a ser cada vez mais atraente do ponto de vista financeiro.

Além de melhorar o aproveitamento do uso dos recursos hídricos, a captação da água da chuva nas edificações ajuda a reduzir vazões afluentes ao sistema de drenagem pluvial urbano. Precipitações de grande intensidade mostram todos os anos a limitação dos sistemas de drenagem urbana das grandes cidades brasileiras. As enchentes causam grandes prejuízos materiais e em alguns casos até mortes, sendo um dos problemas mais recorrentes nas cidades urbanizadas. A captação de parte desta água em cada edificação diminui a demanda sobre estes sistemas.

Porém, um sistema predial que faça uso desta alternativa exige operação e manutenção mais ativas das instalações, por parte dos usuários das edificações. Além disso, o controle de qualidade desta água deve ser feito pelos próprios usuários, diferente da água fornecida pela

concessionária, que tem um controle de qualidade rigoroso, realizado por profissionais habilitados.

O objetivo deste trabalho é fazer uma análise da economia de água potável que pode ser obtida em um prédio público, utilizando água não potável para fins menos nobres. Além disso, o trabalho descreve o projeto de um edifício com um sistema de aproveitamento de águas pluviais instalado.

O segundo capítulo trata das diretrizes de pesquisa para a realização do presente trabalho. Neste capítulo são descritos os objetivos e as limitações do trabalho, além das etapas seguidas para a realização desta pesquisa.

Os capítulos seguintes apresentam o resultado da revisão da bibliografia pertinente a esta pesquisa. Com este intuito, o terceiro capítulo trata da gestão dos recursos hídricos e dos desafios impostos pela crescente escassez de água potável no mundo. O quarto capítulo trata da legislação nacional, regional e local para o uso e a gestão da água e dos esgotos.

O quinto capítulo trata do uso da água da chuva como fonte hídrica não potável, e seus possíveis usos. O sexto capítulo descreve os elementos básicos de sistema de aproveitamento de águas pluviais, finalizando os capítulos referentes à revisão bibliográfica.

O capítulo sete descreve a edificação estudada no presente trabalho e as características do projeto. O oitavo capítulo apresenta uma análise do consumo de água da edificação e da economia potencial que poderia ser obtida com um sistema de aproveitamento de águas pluviais em funcionamento. O último capítulo apresenta as considerações finais.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

Para a elaboração do presente trabalho foram definidas as seguintes diretrizes que determinaram o seu desenvolvimento.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa deste trabalho é: qual é a economia potencial de água potável obtida com a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em um prédio público?

2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundários e são apresentados nos próximos itens.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é a estimativa do volume de água potável que pode ser economizada com a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em um prédio público.

2.2.2 Objetivos secundários

Tem-se como objetivo secundário fazer uma análise de projeto e das instalações do sistema de aproveitamento pluvial instalado na edificação estudada.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à análise do projeto, das instalações e do consumo de água registrado de um edifício público, na cidade de Novo Hamburgo, RS.

2.5 LIMITAÇÕES

É uma limitação do trabalho que os dados do consumo de água na edificação usados na análise são de um período de um ano, de janeiro a dezembro de 2010.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1 e descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) análise do problema de pesquisa;
- c) visita a edificações que utilizam sistema de aproveitamento de águas pluviais;
- d) determinação da edificação a ser analisada;
- e) análise dos projetos da edificação;
- f) visita à edificação para observação do sistema e levantamento do consumo de água na edificação;
- g) análise e tratamento dos dados obtidos em campo;
- h) considerações finais.

Na etapa de pesquisa bibliográfica foi estudada a literatura existente sobre a qualidade da água para o consumo humano, instalações hidrossanitárias, captação, armazenagem e uso de água da chuva. Além disso, esta etapa visou revisar a legislação e as normas vigentes no Brasil e também em âmbito regional, para drenagem urbana e aproveitamento de água da chuva.

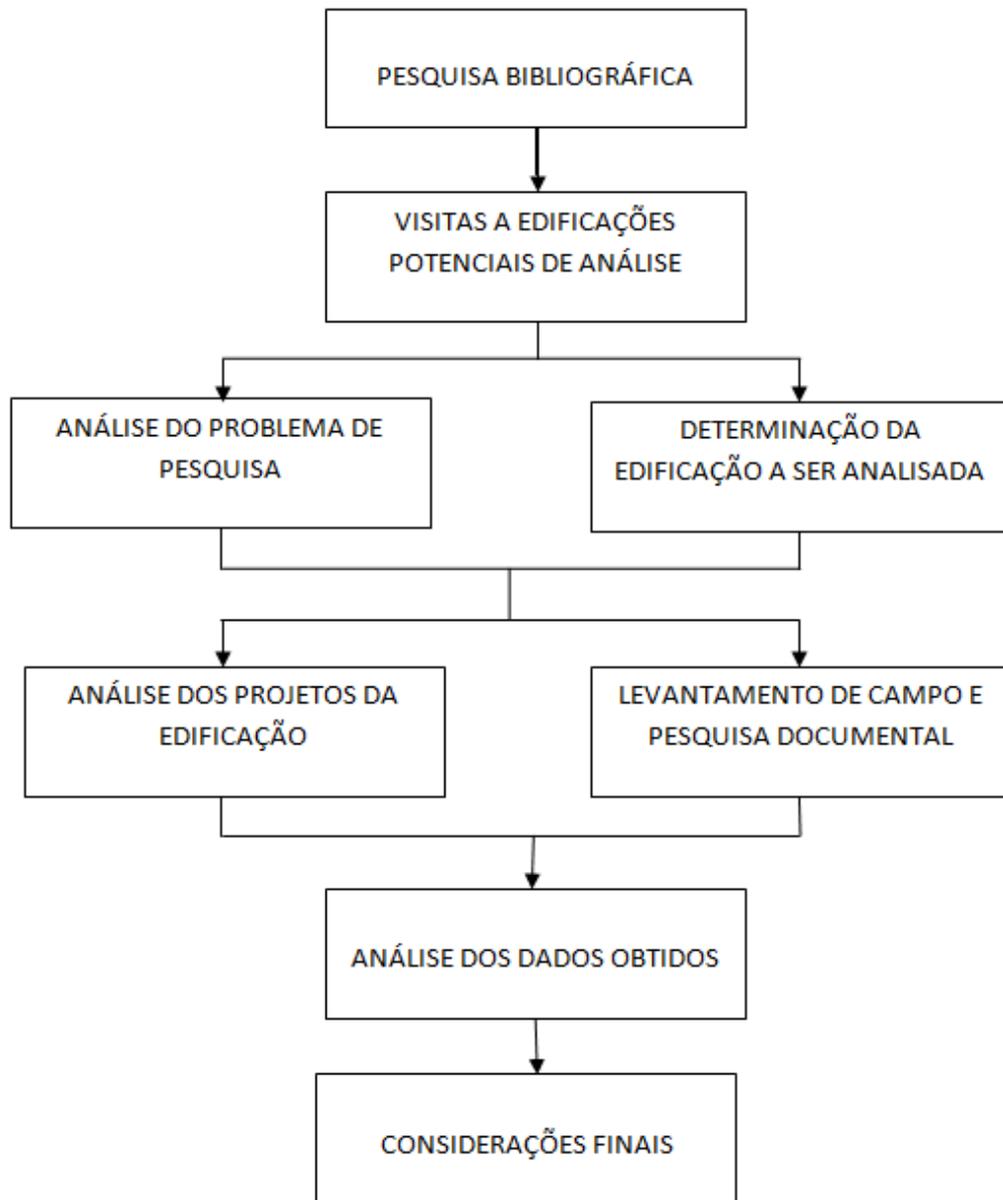


Figura 1: fluxograma das etapas da pesquisa

Na etapa de análise do problema de pesquisa, o objetivo foi compreender o problema e definir um método para responder a questão de pesquisa. Nesta etapa também foram analisados o tipo de edificação e o sistema de aproveitamento no qual o trabalho se limitaria a verificar e analisar.

Posteriormente foram feitas visitas à edificações que possuem algum tipo de sistema para aproveitamento de águas pluviais. Neste estágio, foram buscados em campo casos potenciais de estudo: edificações que possuam sistemas de captação pluvial. Foram feitas visitas a

algumas edificações e um primeiro contato com os usuários, definindo a edificação que seria analisada na etapa seguinte.

A edificação escolhida é uma edificação nova, que possui um sistema de aproveitamento de águas pluviais. Por causa de alguns problemas operacionais este sistema ainda não está em uso, o que permitiu a análise de dados totais de consumo através das contas de água.

Em paralelo com esta etapa da determinação da edificação, foi estudado o problema e a questão de pesquisa. Desta maneira, a edificação escolhida pode ser adequada ao problema de pesquisa.

Para a edificação escolhida foi realizada uma análise dos projetos da edificação. Esta etapa foi essencial para conhecer o sistema de aproveitamento pluvial, inserido dentro do contexto da edificação.

Junto com a análise dos projetos, foram realizadas visitas à edificação para observações. Esta é a fase de pesquisa de campo deste trabalho, na qual foram recolhidas as informações analisadas posteriormente. Foram documentadas as instalações que compõem o sistema, o volume do reservatório e coletados dados relativos ao consumo de água potável na edificação.

A análise e tratamento dos dados obtidos em campo é a penúltima etapa do trabalho, na qual os dados foram analisados. As considerações finais formam a última etapa do trabalho.

3 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

As últimas décadas trouxeram a consciência de que a água, mesmo em regiões onde há grande disponibilidade hídrica, deve ser gerida como um recurso esgotável. A gestão hídrica deve ser uma preocupação de toda a sociedade e não apenas daqueles envolvidos diretamente nos setores responsáveis pelo abastecimento de água. Este capítulo trata sobre a limitada disponibilidade de água potável na Terra, além de apresentar os desafios da gestão destes recursos pelas partes envolvidas

3.1 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

Em 1990 a Organização Mundial da Saúde estimou que 1,23 bilhões de pessoas não tinham acesso à água em boas condições para beber. Em 2000, este número aumentou em 900 milhões de pessoas. Soma-se a isto uma demanda *per capita* cada vez maior por água. Somente na Inglaterra e País de Gales o uso de água deve aumentar de 10 a 20% entre 1990 e 2021, desconsiderando o fator agravante do aquecimento global (ROAF et al., 2007, p. 244).

A população mundial cresce a uma taxa de aproximadamente 80 milhões de pessoas por ano, gerando uma demanda de água potável de 64 bilhões de metros cúbicos. Como agravante, das 3 bilhões de pessoas que serão acrescentadas à população mundial até 2050, 90% estarão em países em desenvolvimento, os quais têm problemas com oferta de água (UNITED NATIONS, 2009, p. 29).

O Brasil tem recursos hídricos bastante abundantes. Porém, apesar do País deter 12% da água doce do mundo, a distribuição desta água ocorre de maneira desigual. Enquanto na região Nordeste a disponibilidade de água é bastante precária, no Norte do Brasil, a região menos populosa do País, existe água em abundância (TOMAZ¹, 2001, apud MAY, 2009, p. 1).

¹ TOMAZ, P. **Economia de Água para Empresas e Residências**: um estudo atualizado sobre o uso racional da água. São Paulo: Navegar, 2001.

A região Norte do Brasil, apesar da grande disponibilidade de recursos hídricos, é a região com o menor percentual de abastecimento de água tratada. Segundo Leuck (2008, p. 1), no Brasil “[...] os impactos sobre a oferta de água são, na maioria das regiões, qualitativos, devido à precariedade dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário, falta de planejamento e falta de fiscalização dos tratamentos industriais.”.

3.2 GESTÃO HÍDRICA

Conforme a *United Nations* (2009, p. 4), a forma como a água é utilizada não depende apenas dos profissionais diretamente envolvidos em recursos hídricos, mas sim de toda a sociedade. As decisões tomadas por políticos, empresas e a sociedade como um todo afetam o uso da água. Gestores de recursos hídricos decidem o uso que é dado à água, atendendo às demandas. Porém, muitas vezes a atuação destes profissionais não atinge os objetivos requeridos, devido à escassez dos recursos hídricos, financeiros ou humanos.

É necessária uma abordagem multidisciplinar para o abastecimento hídrico. Agra² (2001 apud MANO, 2004, p. 28) indica que grande parte dos problemas ambientais é causada pela carência no processo de tomada de decisões relativas ao uso dos recursos naturais.

A crescente demanda por recursos hídricos e a degradação dos mananciais que constituem a principal oferta destes recursos, tornam a água um fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial. Por isso, práticas de conservação, reúso e redução de perdas são essenciais para a gestão dos recursos hídricos e redução da poluição (SAUTCHUK et al., 2005, p. 10).

3.3 DRENAGEM URBANA

A drenagem urbana gera alguns dos principais problemas das grandes cidades brasileiras. A área do solo urbanizada, que antes absorvia a água da chuva, passa a escoar à jusante grande

² AGRA, S. G. **Estudo experimental de microreservatórios para controle de escoamento superficial**. 2001. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

parte do volume precipitado. Este escoamento gera inundações, causando prejuízos materiais e problemas de saúde pública.

A figura 2 mostra a vazão causada por uma precipitação na área urbanizada comparada com a área não urbanizada. O hidrograma da área urbanizada apresenta um pico de vazão elevado. Isto ocorre porque a área urbanizada é muito pouco permeável, gerando um escoamento quase instantâneo. Por outro lado, a área não urbanizada absorve grande parte das chuvas e o escoamento desta água se dá em um intervalo de tempo maior.

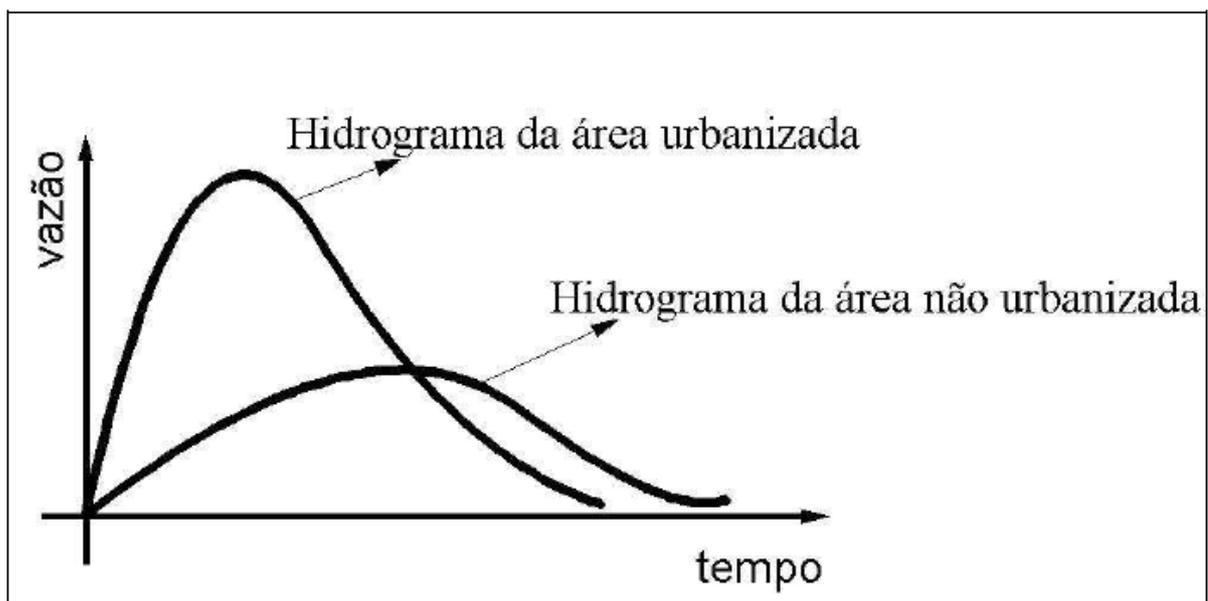


Figura 2: hidrograma da área urbanizada e da área não urbanizada
(TUCCI et al., 1995 apud MANO, 2004, p. 35)

A captação da água da chuva cria uma vantagem na diminuição da demanda por estruturas de drenagem urbana nas cidades. Quando uma edificação tem um sistema de captação e armazenagem de água da chuva, parte da água que antes iria ser drenada pela infraestrutura urbana, agora fica retida na edificação.

Conforme Mano (2004, p. 122) existe um grande potencial de que sistemas domésticos de captação e armazenagem de água da chuva contribuam para a drenagem urbana. O autor sugere a realização de estudos sobre a viabilidade de incentivos financeiros por parte do governo para a construção de sistemas domésticos de aproveitamento pluvial. Neste caso, o governo precisaria investir menos em obras de infraestrutura urbana.

Porém, Mano (2004, p. 114) salienta que existe um conflito de interesses entre o armazenamento de água para posterior consumo e o armazenamento para mitigar o problema de drenagem urbana. No caso da drenagem urbana, é necessário que o reservatório esteja sempre vazio, para absorver o máximo volume de água de uma chuva forte, enquanto que o armazenamento para consumo é dimensionado para que sempre haja água armazenada.

4 LEGISLAÇÃO RELACIONADA À GESTÃO HÍDRICA

A legislação brasileira ainda não trata especificamente de águas de reúso e águas pluviais. Segundo Hafner (2007 apud LEUCK, 2008, p. 27), “A falta de regulação completa é um grande entrave no desenvolvimento e aplicação das fontes alternativas.”.

O Decreto Federal n. 24.643 que trata do código de águas, afirma, no art. 103, que “As águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas a vontade, salvo existindo direito em sentido contrário.”. Porém, este Decreto é bastante genérico na regulamentação do uso da água (BRASIL, 1934).

Mais recentemente foi regulamentada a Lei n. 9.433, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, regulamentando o abastecimento de água no Brasil. Esta Lei cria o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, que é composto de diversas agências, conselhos e comitês. Porém, nada é dito especificamente sobre o reúso das águas ou aproveitamento de águas pluviais (BRASIL, 1997).

Quanto à qualidade da água, a principal regulamentação é feita pela Portaria n. 518 (BRASIL, 2004). Esta Portaria estabelece os deveres e obrigações dos níveis federal, estadual e municipal. Além disso, são definidos diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos de controle da água, para que esta seja potável. No caso do aproveitamento de águas pluviais, que na maioria dos casos é para uso não potável, essa Portaria se mostra apenas como uma referência de qualidade, não como uma regulamentação.

No âmbito estadual e municipal, diversos estados e municípios têm algum tipo de regulamentação sobre águas pluviais. A tendência nas grandes cidades é regulamentar o descarte de águas pluviais, porém, por motivos de drenagem urbana. A preocupação primária está nos problemas de drenagem, sendo que o uso que se dará para a água captada é uma questão complementar. No caso da cidade de Porto Alegre, o Decreto n. 15.371 (PORTO ALEGRE, 2006) foi criado para regulamentar o controle de drenagem urbana. Este Decreto é bastante específico em relação às obrigações de captar parte da água da chuva:

Art. 1º Toda ocupação que resulte em superfície impermeável, deverá possuir uma vazão máxima específica de saída para a rede pública de pluviais igual a 20,8 l/(s.ha).

§ 1º A vazão máxima de saída é calculada multiplicando-se a vazão específica pela área total do terreno.

§ 2º Serão consideradas áreas impermeáveis todas as superfícies que não permitam a infiltração da água para o subsolo.

§ 3º A água precipitada sobre o terreno não pode ser drenada diretamente para ruas, sarjetas e/ou redes de drenagem excetuando-se o previsto no § 4º, deste artigo.

§ 4º As áreas de recuo mantidas como áreas verdes poderão ser drenadas diretamente para o sistema de drenagem.

§ 5º Para terrenos com área inferior a 600m² e para habitações unifamiliares, a limitação de vazão referida no “caput” deste artigo poderá ser desconsiderada, a critério do Departamento de Esgoto Pluviais - DEP.

Art. 2º Todo parcelamento do solo deverá prever na sua implantação o limite de vazão máxima específica disposto no art. 1º.

Art. 3º A comprovação da manutenção das condições de pré-ocupação no lote ou no parcelamento do solo deve ser apresentada ao DEP (Departamento de Esgoto Pluviais).

§ 1º Para terrenos com área inferior a 100 (cem) hectares, quando o controle adotado pelo empreendedor for o reservatório, o volume necessário do reservatório deve ser determinado através da equação:

$$v = 4,25 AI$$

Onde v é o volume por unidade de área de terreno em m³/hectare e AI é a área impermeável do terreno em %.

§ 2º O volume de reservação necessário para áreas superiores a 100 (cem) hectares deve ser determinado através de estudo hidrológico específico, com precipitação de projeto com probabilidade de ocorrência de 10% (dez por cento) em qualquer ano (Tempo de retorno = 10(dez) anos).

§ 3º Poderá ser reduzida a quantidade de área a ser computada no cálculo referido no § 1º se for(em) aplicada(s) a(s) seguinte(s) ação(ões):

- a) aplicação de pavimentos permeáveis (blocos vazados com preenchimento de areia ou grama, asfalto poroso, concreto poroso) – reduzir em 50% (cinquenta por cento) a área que utiliza estes pavimentos;
- b) desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis com drenagem – reduzir em 40% (quarenta por cento) a área de telhado drenada;
- c) desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis sem drenagem – reduzir em 80% (oitenta por cento) a área de telhado drenada;
- d) aplicação de trincheiras de infiltração – reduzir em 80% (oitenta por cento) as áreas drenadas para as trincheiras.

O Decreto n. 15.371 determina a obrigação da retenção para lotes médios e grandes. Conforme o artigo 1, terrenos com área menor do que 600 metros quadrados não são obrigados a reter as águas pluviais.

Em casos de lotes com menos de 100 hectares, o que engloba a grande maioria dos terrenos urbanos, o Decreto é bastante específico no volume do reservatório de retenção. O seu artigo 3 determina o volume por hectare em função da porcentagem de área impermeável do terreno.

Mais recente, a Lei n. 10.506 (PORTO ALEGRE, 2008) institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Esta Lei determina que novas edificações, entre outras coisas, tenham sistema de captação de águas pluviais:

Art. 8º As ações de reaproveitamento das águas compreendem basicamente:

I – a captação, o armazenamento e a utilização de água proveniente das chuvas; e

II – a captação, o armazenamento e a utilização de águas servidas.

Art. 9º A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água potável proveniente do Serviço de Abastecimento Público de Água, tais como a lavagem de roupas, vidros, calçadas, pisos, veículos e a irrigação de hortas e jardins.

Esta lei determina que as águas pluviais devam ser captadas e utilizadas para fins não potáveis. Se colocada em prática, esta lei causará uma revolução no uso dos recursos hídricos em Porto Alegre.

Em Novo Hamburgo, a Lei complementar n. 608 (NOVO HAMBURGO, 2001) institui o código de edificações da cidade. Assim como na maioria das cidades, a legislação de Novo Hamburgo está focada na retenção pluvial individual para evitar sobrecarregar a rede de drenagem urbana.

Esta Lei obriga que unidades habitacionais individuais com área maior que 120 metros quadrados tenham um reservatório de retenção de no mínimo 1 metro cúbico de capacidade. Para os outros tipos de edificações (condomínios residenciais, unidades comerciais, industriais e especiais), esta Lei determina que em lotes com área superior a 60 metros quadrados sejam projetados sistemas de retenção das águas pluviais.

5 USO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A captação e armazenagem de água da chuva é uma técnica praticada pela civilização há milhares de anos. Existem registros históricos de uso de águas pluviais desde os primórdios da civilização humana.

Ruskin (2001, p. 2) afirma que um artigo publicado pelo J. Franklin Institute, em 1863, na *Practical Mechanica*, relata que a cidade de Veneza fez uso de cisternas para armazenar água da chuva por mais de 1300 anos, tendo utilizado a chuva como sua principal fonte de água até o século XVI. Outro caso citado por este autor é o das Ilhas Virgens (EUA), onde 80% da população, ainda hoje, faz uso de cisternas para captar água pluvial, devido à limitação de recursos hídricos das ilhas.

Porém, nem sempre o uso das águas da chuva é a melhor alternativa. Gould e Nissen-Petersen (1999, p. 18) chamam atenção para o potencial fracasso que pode haver na construção de sistemas de captação pluvial, quando mal projetados. Principalmente em regiões nas quais as chuvas são irregulares, o volume do reservatório necessário para regular a vazão pode ser bastante elevado, aumentando proibitivamente o custo do sistema. Tentativas de cortar custos, nestes casos, podem resultar em sistemas ineficientes ou com vida útil pequena.

Neste capítulo, portanto, é feita a descrição da importância da oferta de chuva em uma determinada região para a construção de um sistema de aproveitamento. O capítulo discorre também a respeito da qualidade da água da chuva. Finalmente, são apresentados alguns parágrafos sobre o uso da água da chuva, os pontos de consumo não potáveis e o quanto estes podem representar no consumo geral de água de uma edificação.

5.1 OFERTA

A viabilidade da construção de sistemas de captação depende muito da oferta e da distribuição sazonal da chuva na região onde o sistema será instalado. Por isso é importante conhecer a

quantidade de chuva e a sua distribuição durante o ano, para se projetar um sistema de aproveitamento.

A figura 3 mostra a distribuição normatizada das chuvas em Porto Alegre para o período entre 1961 e 1990. Pode-se observar que as chuvas nesta região são bem distribuídas, não ocorrendo grandes diferenças nos níveis de precipitação ao longo do ano (BRASIL, 2010). Esta distribuição homogênea de chuvas é vantajosa para um sistema de armazenagem de águas pluviais. O volume do reservatório necessário para regular esta vazão é menor, comparado com uma região que apresente forte sazonalidade das chuvas (como o Nordeste brasileiro).

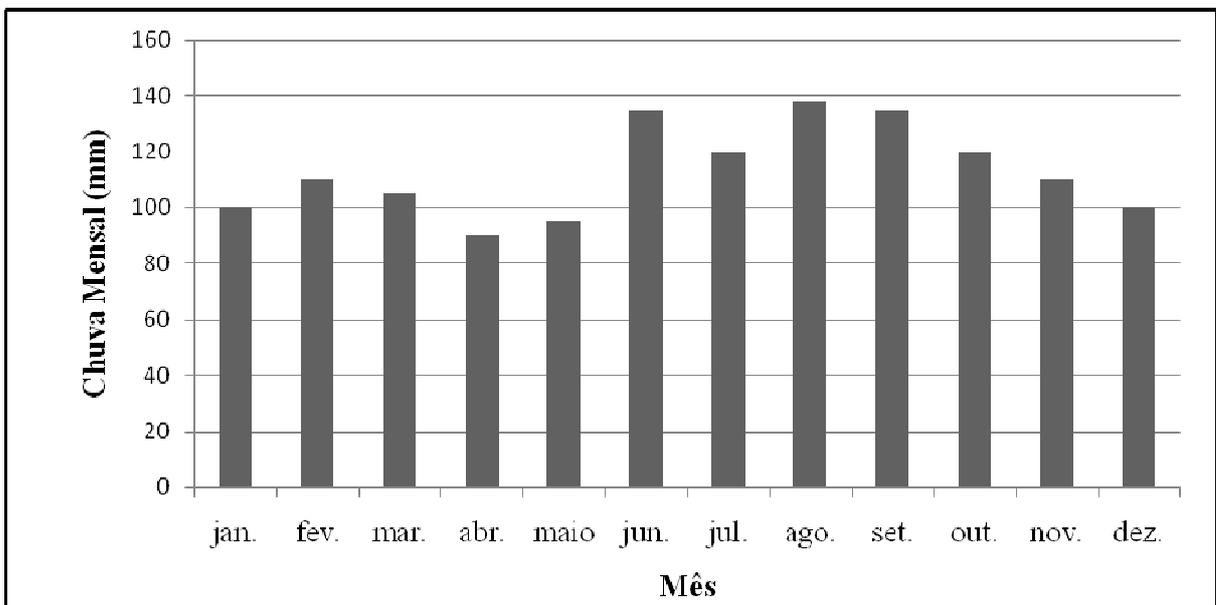


Figura 3: distribuição média da chuva em Porto Alegre entre 1961 e 1990 (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2010)

5.2 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA

A qualidade da água da chuva é afetada pela superfície com a qual está em contato. Por isso, a qualidade da água da chuva pode ser classificada em quatro estágios: antes de atingir qualquer superfície, após atingir uma superfície impermeável, no reservatório de armazenagem e na rede de distribuição (BORGES, 2009, p. 21).

Vásquez (2000, p. 58) realizou um estudo da qualidade das águas pluviais em diversos pontos da cidade de Porto Alegre. O autor compara os estudos realizados por ele com um trabalho anterior, realizado em 1986 e 1987. Os valores comparativos são apresentados no quadro 1. Vásquez (2000, p. 75) também conclui, para estudo realizado em 1999, que a qualidade da água da chuva em Porto Alegre melhorou em relação a estudos anteriores, realizados em 1986 e 1987.

	Concentração Média I	Concentração Média II	% de variação
pH	5,49	6,29	14,57
Acidez (mg/L)	4,9	2,33	- 52,45
Sulfatos (mg/L)	6,04	2,61	- 56,79
Nitratos (mg/L)	0,45	1,41	213,33
Cloretos (mg/L)	4,55	2,97	- 34,73
Fe Total (mg/L)	0,65	0,54	- 16,92
Cálcio (mg/L)	0,95	1,46	53,68
Magnésio (mg/L)	0,81	0,63	- 22,22
Potássio (mg/L)	0,66	0,80	21,21
Pb (mg/L)	0,06	0,05	- 16,67
Cu (mg/L)	0,01	ND	- 100,00
Cd (mg/L)	0,02	ND	- 100,00

Quadro 1: comparação entre poluentes presentes nas chuvas de Porto Alegre entre um estudo feito em 1986 e 1987 (concentração média I) e estudo realizado em 1999 (concentração média II) (VÁSQUEZ, 2000, p. 58)

5.3 CONSUMO DA ÁGUA NÃO POTÁVEL

Conforme Tomaz (2003, p. 51), pode-se prever o consumo de água não potável em uma edificação utilizando parâmetros de engenharia. Porém, no Brasil existem poucas pesquisas

sobre o consumo de água nas residências. Por este motivo, os dados precisam, muitas vezes, serem estimados.

O quadro 2 mostra a média da distribuição do consumo de água em uma residência nos Estados Unidos. É interessante notar a quantidade de água desperdiçada em vazamentos: 14% do total de consumo. O consumo na bacia sanitária, que é o principal uso para águas não potáveis, representa 27%.

Tipos de usos da água	Porcentagem [%]
Descargas na bacia sanitária	27
Chuveiro	17
Lavagem de roupa	22
Vazamentos em geral	14
Lavagem de pratos	2
Consumo nas torneiras	16
Outros	2
Total	100

Quadro 2: distribuição do uso da água em uma residência nos Estados Unidos
(VICKERS, 2001 apud TOMAZ, 2003, p. 53)

Ainda segundo Tomaz (2003, p. 54) “As descargas sanitárias variam de 27% a 41% do consumo de uma residência.”. Como as bacias sanitárias representam os principais pontos de consumo que podem utilizar água não potável, este dado é boa referência para estimar o consumo de água não potável.

6 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais são constituídos por tecnologias simples e, quando implementados no projeto da edificação, geram um baixo custo de instalação. Quando o uso da água é não potável, o que representa a maioria dos casos, o único custo adicional representativo é o reservatório, pois o resto do sistema utiliza instalações que já estariam na edificação. Os próximos itens descrevem as instalações básicas de um sistema de captação e armazenagem de águas pluviais, assim como a manutenção necessária e recomendada em norma.

6.1 INSTALAÇÕES

As instalações de um sistema de aproveitamento de águas podem ser divididas em quatro partes: captação, filtragem, armazenagem e distribuição. Na figura 4 é apresentado um esquema demonstrativo do sistema, para uma edificação residencial simples. Nesta figura, a captação é feita no telhado e a água é conduzida até o reservatório pelas calhas. Em outros casos a captação pode ser feita em outras superfícies impermeáveis.

Antes do fluxo de água entrar no reservatório, opcionalmente pode existir um sistema para remover as águas iniciais, que carregam a sujeira do telhado. A água então é armazenada na cisterna, onde fica disponível para o uso. O funcionamento de cada parte do sistema é apresentado nos próximos itens.

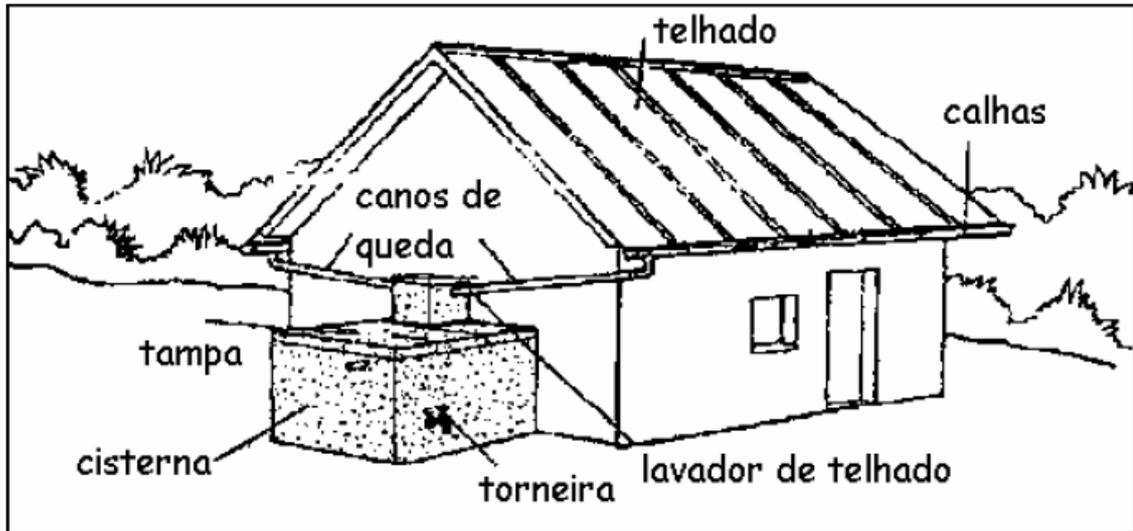


Figura 4: demonstrativo de um sistema de aproveitamento de águas da chuva (ORGANIZATION OF AMERICAN STATES³, 1997 apud MANO, 2004, p. 54)

6.1.1 Captação

A forma de captação mais tradicional ocorre na cobertura das edificações. Na maioria delas esta é a forma mais simples de captar as águas da chuva. Porém, outras alternativas de área de captação, como pisos de estacionamentos, também podem ser utilizadas, sem que o funcionamento do sistema precise ser muito alterado.

6.1.1.1 Área de captação

Segundo Gould e Nissen-Petersen (1999, p. 51) a oferta potencial de água de chuva para uma determinada área de captação pode ser obtida através da fórmula 1:

$$S = A \times R \times C_R \quad (\text{fórmula 1})$$

³ ORGANIZATION OF AMERICAN STATES. Unit of Sustainable Development and environment General Secretariat. **Source Book of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in latin America and the Caribbean.** Washington, D.C., 1997.

Onde:

S = volume potencial de captação anual, em metros cúbicos (m^3);

A = área de captação do telhado, em metros quadrados (m^2);

R = chuva média anual para o local, em milímetros (mm);

C_R = coeficiente de runoff.

O coeficiente de runoff mede a porcentagem da água que cai no telhado, que efetivamente é armazenada pelo sistema. O coeficiente desconta a parte da água perdida por evaporação e por absorção da superfície de captação. O coeficiente de runoff é função do material da superfície de captação.

Conforme a NBR 10844, a área de captação para um telhado tradicional, como apresentado na figura 5, é dada pela fórmula 2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989, p. 5):

$$A = (a + h / 2) \times b \quad (\text{fórmula 2})$$

Onde:

A = área de captação;

a = largura da água da cobertura;

h = altura da cobertura;

b = comprimento da cobertura.

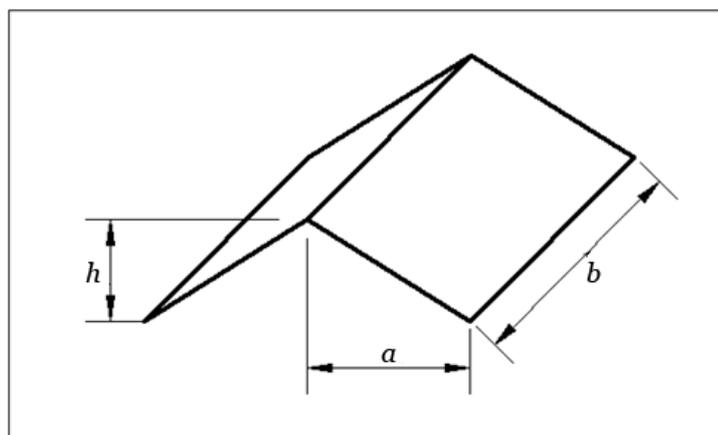


Figura 5: dimensões de uma cobertura do tipo duas águas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989, p. 5).

6.1.1.2 Materiais utilizados

Ruskin (2001, p. 14) afirma que são muitos os materiais possíveis para a captação de água no telhado. O autor apresenta uma lista dos mais utilizados:

- a) aço galvanizado corrugado;
- b) chapas de liga de alumínio;
- c) chapas de fibrocimento corrugado;
- d) telhas de barro;
- e) telhas de madeira;
- f) *neoprene/hypolon*;
- g) fibra de vidro.

O autor ainda afirma que coberturas de materiais tóxicos, como cimento-amianto e metais pesados, não devem ser utilizadas em sistemas para uso de água para consumo potável. Além disso, coberturas pintadas ou revestidas com materiais cuja composição não seja conhecida devem ser evitadas no caso de um sistema de água potável.

6.1.2 Filtragem e autolimpeza

O sistema necessita de algum tipo de filtragem que contenha, principalmente, os sólidos suspensos que são carregados pela chuva, da cobertura até os condutores de descida. Macomber (2001, p. 8) sugere o uso de telas protegendo as calhas de captação. Porém esta solução exige limpeza regular das sujeiras que se acumulam nas calhas. Uma solução sugerida pela autora para evitar o acúmulo é a instalação da tela, se possível, na mesma inclinação do telhado.

Além das sujeiras maiores, as águas iniciais carregam as impurezas menores, contidas na superfície de captação, acumuladas durante o período sem chuvas. Antes de a água captada ir para o reservatório de armazenagem é importante que haja um sistema de descarte das águas iniciais, para que este escoamento inicial não vá para o reservatório.

O *Texas Water Development Board* (Texas, 1997, p. 8) recomenda que sejam descartados 10 galões (37,85 litros) de água, para cada 1000 pés quadrados (92,9 metros quadrados) de área

de captação. O sistema recomendado como o mais simples para o descarte consiste na utilização de um cano de PVC, na vertical. O escoamento inicial vindo do telhado enche o cano de PVC com as águas iniciais, depois a água passa a escoar para o reservatório de armazenagem. Para o esvaziamento do cano, é recomendado um pequeno orifício na parte inferior ou uma torneira.

A figura 6 apresenta um sistema básico de descarte de escoamento inicial. Na parte superior da tubulação a vazão vinda do telhado alimenta o sistema. A câmara de armazenagem do escoamento inicial retém o volume inicial projetado. Quando a câmara está cheia, o fluxo passa a alimentar o reservatório atrás do cano lateral de saída. Na parte inferior é instalada uma torneira para esvaziar a câmara. E embaixo, um dispositivo para limpeza do cano.

Tomaz (2003, p. 85) recomenda o uso de filtro volumétrico, que é um filtro disponível para venda no Brasil, e já vem pronto para instalação. O autor recomenda este filtro como uma opção bastante eficiente na remoção de sujeiras. Além disso, este tipo de filtro tem uma baixa necessidade de revisões e limpezas.

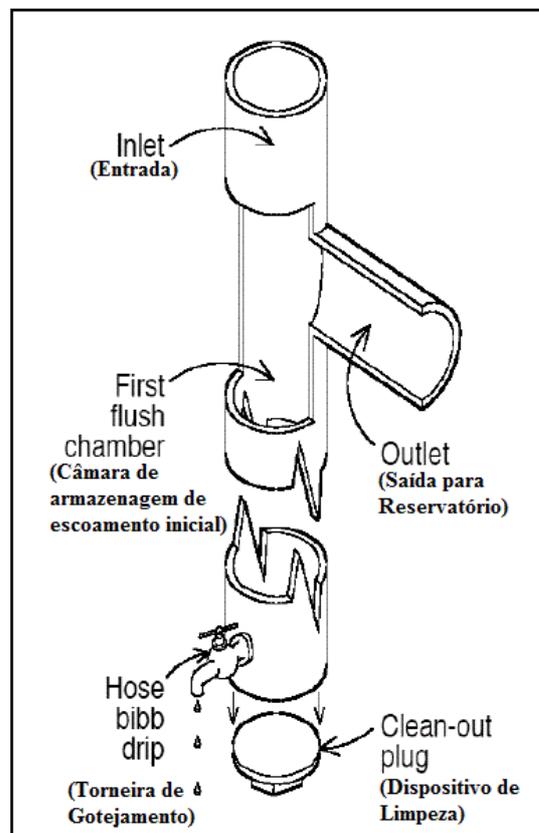


Figura 6: dispositivo de descarte de águas iniciais (TEXAS, 1997, p. 9)

6.1.3 Armazenagem

O volume do reservatório de armazenagem da água captada é o fator mais importante no projeto de um sistema de aproveitamento de águas pluviais. O reservatório representa, na maioria dos casos, o item de maior custo no sistema. Além disso, o volume do reservatório define a capacidade do sistema de regular a disponibilidade das chuvas.

Existem diversos métodos utilizados para o dimensionamento do reservatório. Leuck (2008, p. 109) calcula, utilizando os dados de um determinado projeto, os volumes obtidos através de diversos métodos propostos na literatura. Os cálculos foram feitos baseados em uma área de captação de 100 m², que seria um valor aproximado de uma residência de tamanho padrão. Os outros dados utilizados pelo autor são coeficiente de runoff de 0,8 e a média histórica de chuvas para uma dada região de Porto Alegre. Os resultados são apresentados no quadro 3. Os métodos utilizados são apresentados no anexo A.

Métodos Utilizados	Vol. do Reserv. [m³]
Prosab	12
Método de Rippl	49.92
Método da Simulação	54.92
Método Azevedo Neto	16.97
Método Prático Alemão	2.68
Método Prático Inglês	6.74
Método Prático Australiano	-

Quadro 3: comparação do volume do reservatório para diversos métodos de cálculo (LEUCK, 2008, p. 109)

Pode-se notar no quadro 3, a grande variabilidade nos resultados, para os diferentes métodos de cálculo. O Método Prático Australiano não apresenta resultados por ser incompatível com as variáveis utilizadas no cálculo. O volume do reservatório no projeto deve levar em consideração, além da otimização do aproveitamento, os aspectos econômicos do sistema.

No caso dos resultados encontrados, alguns são bastante incompatíveis com a realidade, por apresentar volumes acima do aceitável para uma residência deste porte. Por isso, o projetista deve usar o seu senso crítico na hora de determinar o volume do reservatório de armazenagem.

Conforme Tomaz (2003, p. 103), os custos do reservatório podem variar entre US\$ 105 e US\$ 178 por metro cúbico de capacidade. Esta faixa de preços serve de referência para reservatórios apoiados de PVC e reservatórios de concreto armado.

6.1.4 Distribuição

As instalações que fazem a distribuição da água do reservatório para os pontos de consumo devem ser projetadas da mesma forma que as instalações prediais de água potável. Porém, conforme a NBR 15.527, as tubulações provenientes do reservatório de águas pluviais devem ser claramente identificadas em relação às demais tubulações da edificação. Além disso, os pontos de consumo devem ter um aviso de que a água não é potável (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 3).

6.2 MANUTENÇÃO

A NBR 15.527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 3), que normatiza o aproveitamento de águas de chuva captadas em coberturas, apresenta diversas recomendações para a manutenção do sistema:

4.3.6 Os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano, de acordo com a ABNT NBR 5626.

[...]

4.3.9 A água de chuva reservada deve ser protegida contra a incidência direta da luz solar e do calor, bem como de animais que possam adentrar o reservatório através da tubulação de extravasão.

[...]

5.2 Quando da utilização de produtos potencialmente nocivos a saúde humana na área de captação, o sistema deve ser desconectado, impedindo a entrada desses produtos no reservatório de água de chuva. A reconexão deve ser feita somente após lavagem adequada, quando não haja mais risco de contaminação pelos produtos utilizados.

A Norma também recomenda a frequência de manutenção das instalações que compõem o sistema. A frequência de manutenção para cada componente pode ser conferida no quadro 4.

As partes do sistema necessitam algum tipo de manutenção ou limpeza em intervalos diferentes. Enquanto o reservatório necessita de limpeza apenas uma vez ao ano, para os dispositivos de descarte do escoamento inicial a Norma recomenda a limpeza com uma frequência mensal.

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal
	Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Quadro 4: frequência de manutenção das instalações do sistema
(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 5)

7. OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo deste trabalho é um edifício público, utilizado pela Subseção Judiciária de Novo Hamburgo da Justiça Federal. O edifício fica localizado na cidade de Novo Hamburgo, RS.

O prédio tem oito pavimentos, além de um subsolo e um pavimento técnico. Os oito pavimentos principais são utilizados para diversos serviços do judiciário, enquanto o subsolo é utilizado para estacionamento e alguns ambientes utilizados pelo pessoal da segurança e da manutenção. O pavimento técnico abriga os motores dos elevadores além do complexo sistema de combate a incêndio da edificação. A figura 7 mostra a fachada do edifício.



Figura 7: edifício da Subseção Judiciária de Novo Hamburgo

As razões que motivaram a escolha da edificação para a realização do trabalho foram:

- a) ser um edifício público;

- b) o edifício ser de grande porte;
- c) ter um sistema de aproveitamento de águas pluviais já instalado;
- d) disponibilidade de dados sobre o consumo de água na edificação.

Nos próximos parágrafos são apresentadas as características do projeto hidráulico da edificação e os problemas operacionais. Também são apresentados o potencial de captação hídrica do terreno e a descrição de detalhes do projeto como o sistema de captação e drenagem, a armazenagem das águas pluviais e os pontos de consumo do edifício.

7.1 LOCALIZAÇÃO

O edifício se localiza em uma área onde ficam diversos prédios públicos da cidade de Novo Hamburgo, facilitando questões logísticas relacionadas à administração da cidade. Além do edifício em questão, a região engloba o prédio da Prefeitura Municipal de Novo Hamburgo, entre outros edifícios que são utilizados para a prestação de serviços públicos. A figura 8 apresenta uma foto de satélite do local da edificação.

A área do terreno na qual o edifício está situado tem 12.641,73 m². A área construída totaliza 14.801,47 m², gerando um índice de aproveitamento de 1,17⁴. A taxa de ocupação da edificação no terreno é de 23,6%.

⁴ O índice de aproveitamento é a relação entre área construída e a área do terreno.



Figura 8: foto de satélite da região da edificação (GOOGLE, 2011)

7.2 USO DA EDIFICAÇÃO

A edificação é utilizada para diversos serviços relacionados ao Poder Judiciário na cidade de Novo Hamburgo e cidades da Região. Os usuários da edificação são divididos em permanentes e temporários.

O memorial descritivo do projeto faz uma estimativa de 1500 usuários por dia como a população do edifício. Destes 1500 usuários, 60 são classificados como permanentes e 1440 usuários como temporários.

7.3 CARACTERÍSTICAS SUSTENTÁVEIS

Em sintonia com as questões recentes de sustentabilidade, o edifício foi construído visando o uso eficiente dos recursos naturais. O projeto foi desenvolvido pensando também na

adaptação a futuras políticas regionais que possam exigir mais eficiência no uso dos recursos e maior rigor no tratamento de esgotos.

Algumas das premissas básicas de sustentabilidade adotadas no projeto foram:

- a) maximização da iluminação natural;
- b) dispositivos de acionamento automático nas torneiras dos banheiros;
- c) uso de caixa acoplada de 6 litros nas bacias sanitárias;
- d) aproveitamento de águas pluviais;
- e) tratamento e potencial reúso do esgoto cloacal.

No campo dos recursos hídricos a edificação conta com diversos aspectos a favor da sustentabilidade. A estação compacta de tratamento de esgotos no local, somada ao sistema de aproveitamento de águas pluviais, forma um conjunto de soluções que dificilmente são encontradas em outras edificações existentes.

7.4 ESGOTOS PLUVIAIS

A rede de coleta dos esgotos pluviais é totalmente isolada da rede de esgotos cloacais. A rede de drenagem do edifício não tem nenhuma grande mudança em função do sistema de aproveitamento. O sistema de captação e retenção das águas pluviais é detalhado no próximo capítulo.

7.5 ESGOTOS CLOACAIS

A rede de esgotos cloacais da edificação envia os dejetos a um poço de recalque no nível do subsolo. Deste poço, são bombeados até um sistema fossa/filtro de onde são enviados para a rede pública.

Como alternativa ao sistema fossa/filtro, foi construída em *by-pass* uma estação compacta de tratamento de esgotos (ECTE). O esgoto cloacal pode ser enviado a esta ETCE para um tratamento mais completo que o sistema fossa/filtro.

O efluente da ETCE pode ter dois destinos. A primeira opção é o efluente ser enviado para o coletor público. Alternativamente, foi construído um *by-pass* para que o efluente da ETCE possa ser enviado para a caixa de retenção pluvial, para ser reaproveitado junto com as águas pluviais.

8 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para a edificação estudada foi projetado, e posteriormente instalado um sistema de aproveitamento de águas pluviais. Os próximos itens discorrem sobre o potencial hídrico do lote, sobre o sistema de captação, armazenagem e distribuição das águas pluviais.

8.1 POTENCIAL HÍDRICO DO LOTE

A área do terreno no qual a edificação está inserida é de 12.641,73 m². Por não existirem prédios altos no entorno, que possam interferir na área de captação, a área do terreno pode ser utilizada para formular um cálculo inicial do potencial de chuvas no terreno.

Porém, a área do lote não é totalmente utilizada para captar as águas da chuva no sistema de drenagem. Existem áreas permeáveis que diminuem esta área de captação. Algumas áreas nas divisas do terreno também podem ter inclinação para o lado externo, impedindo que estas águas sejam captadas no sistema de drenagem da edificação.

A área externa da edificação é dividida entre áreas de estacionamento e áreas de jardim. As áreas de jardins, pelo projeto inicial, somam aproximadamente 1.260 metros quadrados. Nestas áreas a água da chuva penetra no solo, e por isso não podem ser consideradas como área de potencial captação.

Considerando as chuvas médias anuais para Porto Alegre e região em 1358 milímetros, e um coeficiente de runoff de 0,8, pode se calcular o volume potencial do terreno, utilizando-se da fórmula 1. Utilizando a área do terreno, descontada das áreas permeáveis, tem-se:

$$V = 11.381,73 \text{ m}^2 * 1,358 \text{ m/ano} * 0,8 = 12.365,13 \text{ m}^3/\text{ano}$$

8.2 SISTEMA DE CAPTAÇÃO PLUVIAL

A captação das águas pluviais é feita da mesma forma que seria em caso de não haver aproveitamento destas águas. A diferença é que, neste caso, as águas da chuva são enviadas para o reservatório de retenção.

Na edificação existe a captação no telhado, feita por calhas. O efluente das calhas desce por tubos de queda até a rede. Estes tubos estão instalados em *shafts* internos à edificação. Além da captação no telhado, é feita a captação das águas que escoam na lateral do prédio, em uma calha feita no piso, que percorre toda a circunferência da edificação.

O sistema de captação foi projetado para um período de retorno de 25 anos e uma duração de chuva de 5 minutos. O alto período de retorno é justificado por se tratar de áreas em que o extravasamento ou empoçamento não são aceitáveis.

A intensidade pluviométrica resultante foi de 218 mm/h. Isto significa que o sistema foi projetado para escoar uma chuva de 218 mm/h durante 5 minutos.

8.3 ARMAZENAGEM E RETENÇÃO PLUVIAL

O sistema de retenção e armazenagem das águas pluviais é composto por três reservatórios diferentes. O primeiro é a caixa de retenção pluvial. Posteriormente as águas vão para o reservatório inferior. Deste, as águas são bombeadas até o reservatório superior. Os parágrafos seguintes discorrem sobre estes três reservatórios.

8.3.1 Caixa de retenção pluvial

A armazenagem inicial das águas da chuva acontece na caixa de retenção pluvial. Como citado anteriormente, esta caixa é obrigatória conforme a legislação municipal de Novo Hamburgo. O objetivo da retenção obrigatória é reter picos de vazão que possam saturar o sistema de drenagem urbana. O volume da caixa de retenção pluvial foi calculado no projeto com os seguintes parâmetros: 1,35 metros cúbicos para cada 300 metros quadrados de área. O volume da caixa de retenção resultou então em 57 metros cúbicos.

A caixa de retenção está enterrada no nível térreo. A figura 9 mostra a caixa em detalhe. É importante observar que a saída da caixa de retenção deve ser por baixo. Esta caixa deve estar sempre vazia para o próximo evento de chuva, para garantir a drenagem urbana.

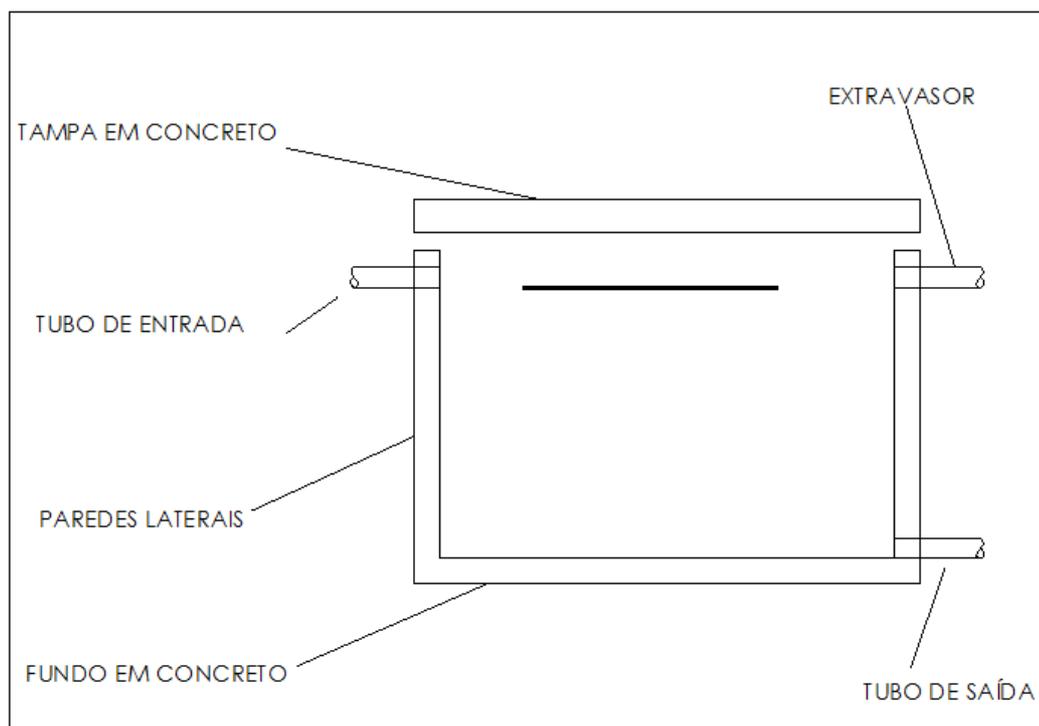


Figura 9: vista em corte da caixa de retenção pluvial

8.3.2 Reservatório Inferior

Da caixa de retenção, as águas são conduzidas para um reservatório inferior com capacidade para 25.000 litros. Neste reservatório é feito um tratamento com cloro nas águas, garantindo que estas águas cheguem desinfetadas nos pontos de consumo.

A figura 10 mostra os reservatórios inferiores. São dois tanques de PVC, um de 15.000 litros e outro de 10.000 litros. Os dois tanques são interligados na base. Junto a eles, é possível observar o sistema dosador de cloro e o sistema de recalque que bombeia as águas para o reservatório superior.

Nestes reservatórios é feita uma alimentação de reserva com água da concessionária, para o caso de falta de água da chuva. Esta alimentação é necessária para que não haja problemas de abastecimento nos pontos de consumo. Além disso, o sistema de combate a incêndio da edificação é alimentado pelo reservatório superior de água não-potável. A reserva de incêndio deste reservatório precisa estar sempre garantida.



Figura 10: reservatório inferior de água

8.3.3 Reservatório superior

Do reservatório inferior, as águas são bombeadas para o reservatório superior. Este reservatório tem capacidade para 210.000 litros de água. O elevado volume do reservatório é devido ao fato de que neste é armazenada também a reserva de incêndio. São 160.000 litros destinados ao abastecimento de sprinklers e hidrantes do sistema de combate a incêndio da

edificação. Os 50.000 litros restantes constituem o volume para uso não potável. Este reservatório superior abastece os pontos de consumo de água não potável.

A figura 11 mostra os detalhes do reservatório superior não potável no projeto. São 50.000 litros para consumo não potável. O consumo de incêndio é dividido em 120.000 litros para os sprinklers e, 40.000, para os hidrantes.

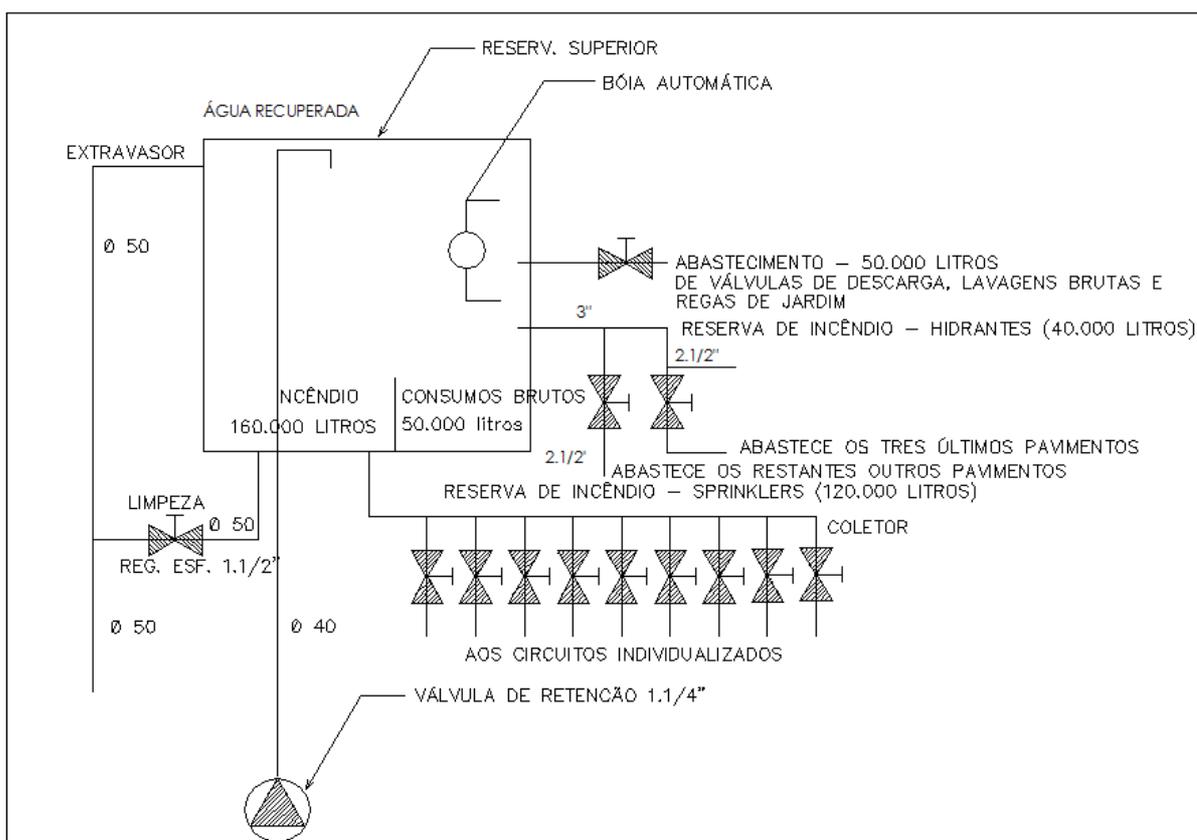


Figura 11: detalhes do reservatório superior de águas recuperadas

8.4 RESERVATÓRIOS DE ÁGUA POTÁVEL

As águas potáveis, fornecidas pela concessionária abastecem um reservatório de 20.000 litros no térreo. Deste reservatório as águas são bombeadas para um reservatório superior de 15.000 litros. Os reservatórios de água potável são totalmente isolados dos reservatórios de água pluvial.

8.4 PONTOS DE CONSUMO

A maioria dos pontos de consumo da edificação está nos banheiros. Por ser um edifício público, com características comerciais, os banheiros representam o principal gasto de água. O quadro 5 apresenta os pontos de consumo internos da edificação.

	Pontos de Consumo				TOTAL
	Térreo	2º pav.	3º pav.	pav. tipo (x5)	
Pias banheiro	16	10	18	20	144
Pias Cozinha	0	4	2	2	16
Sanitários	10	6	14	14	100
Mictórios	0	2	2	2	14

Quadro 5: pontos de consumo da edificação

Pode se observar no quadro 5 que a maioria dos pontos de consumo da edificação se encontram nos banheiros: pias, bacias sanitárias e mictórios. Destes, as bacias sanitárias e os mictórios são pontos onde pode ser utilizada água não potável.

A figura 12 mostra o *layout* do banheiro masculino de acesso público do pavimento tipo. São três bacias sanitárias, dois mictórios e cinco torneiras nas pias. O banheiro feminino do pavimento tipo tem o mesmo *layout*, apenas não tendo os mictórios.

As bacias sanitárias são alimentadas por caixas acopladas de 6 litros. As torneiras do banheiro são do tipo de acionamento com temporizador, assim como os mictórios. De modo geral, a edificação tem instalações hidrossanitárias eficientes no sentido da economia de água.

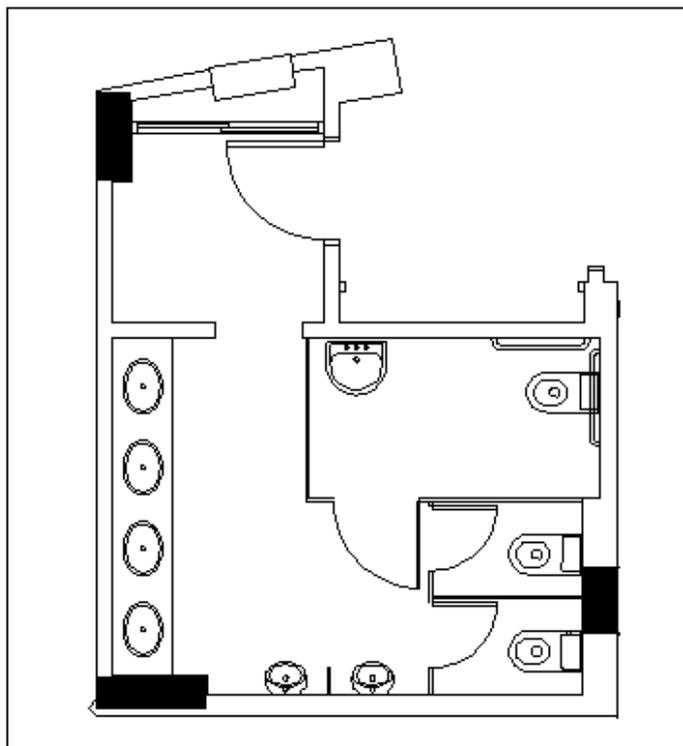


Figura 12: banheiro masculino do pavimento tipo

8.5 CONEXÕES CRUZADAS

As redes que alimentam os pontos de consumo nos banheiros são duas, uma com água reaproveitada e outra com água potável. Porém, estes sistemas não são independentes. Na maneira como foi projetado este sistema, ele possibilita que haja conexão cruzada.

Nos banheiros existe um conjunto de registros que possibilita o cruzamento dos dois sistemas de alimentação. Este sistema permite que as bacias sanitárias possam ser alimentadas com água potável, mas cria também a possibilidade de que as pias dos banheiros sejam alimentadas com água reaproveitada. O cruzamento é apresentado na figura 13.

Este sistema gera um risco sanitário, pois pode ser um ponto de contato entre águas reaproveitadas e água potável, onde pode haver refluxo. Além disso, o próprio uso da água reaproveitada nas pias de banheiro poderia ser possível, neste caso. A norma NBR 15527 determina que o sistema de água da chuva deva ser independente do sistema de água potável, para evitar o potencial refluxo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 4).

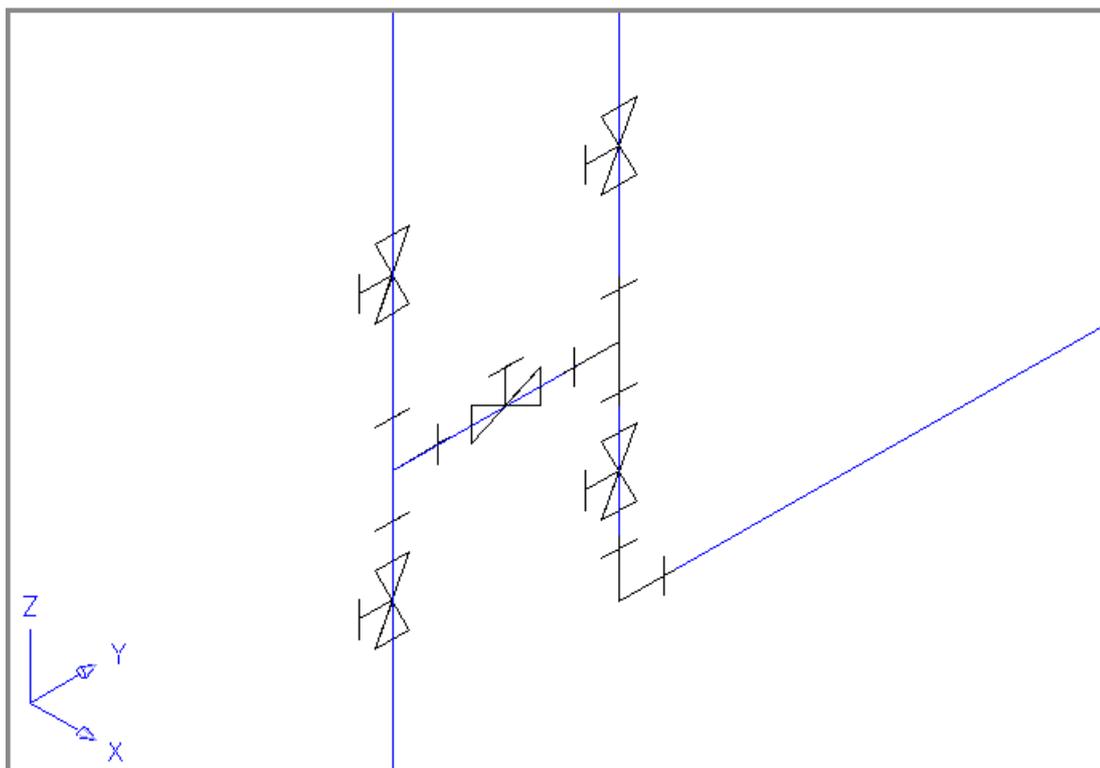


Figura 13: conexões cruzadas entre o abastecimento potável e não potável

8.6 PROBLEMAS NO SISTEMA DE APROVEITAMENTO

Devido a problemas operacionais, o sistema de aproveitamento de águas da chuva do edifício ainda não havia entrado em funcionamento quando da realização deste trabalho. Algumas mudanças no projeto na fase de execução da obra geraram problemas na integração do sistema. A solução para estes problemas estava sendo buscada quando este estudo foi feito na edificação.

Em função do sistema não estar em funcionamento, foi possível determinar o consumo de água na edificação. Isto foi possível porque o consumo registrado pela concessionária que fornece o abastecimento de água na edificação é o consumo integral de água no edifício. Estes dados são apresentados no próximo capítulo.

9. CONSUMO E POTENCIAL ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL

Neste trabalho é analisado o consumo de água potável fornecida pela concessionária, entre janeiro e dezembro de 2010. Devido ao fato do sistema de aproveitamento de águas pluviais do edifício não estar em funcionamento, o consumo integral de água na edificação é potável.

Por este motivo, é possível estimar qual seria a economia de água potável na edificação, se o sistema de aproveitamento de águas da chuva estivesse em funcionamento. Esta estimativa é apresentada nos itens abaixo.

9.1 CONSUMO REGISTRADO

O quadro 6 apresenta o consumo de água e os custos entre janeiro e dezembro de 2010. A média mensal do consumo durante o ano de 2010 foi de 190,67 metros cúbicos mensais. O consumo de água na edificação deve aumentar um pouco nos próximos anos. Este aumento será devido ao fato de que, por ser novo, o prédio ainda não está inteiramente ocupado.

Consumo de água para o ano de 2010		
Mês	Consumo [m ³]	Custo [R\$]
janeiro	158,0	952,86
fevereiro	154,0	945,49
março	218,0	1.341,30
abril	135,0	807,94
maio	139,0	906,86
junho	221,0	1.431,59
julho	266,0	1.746,96
agosto	199,0	1.279,89
setembro	189,0	1.211,53
outubro	185,0	1.184,30
novembro	191,0	1.225,18
dezembro	233,0	1.515,06
MÉDIA	190,67	1.212,41
TOTAL	2.288,00	14.548,96

Quadro 6: dados do consumo de água na edificação para o ano de 2010 (custo de R\$6,36/m³)

9.2 POTENCIAL ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL

A economia de água potável que pode ser alcançada na edificação estudada é função do gasto de água na edificação e da porcentagem desta água que é utilizada para fins que não necessitam de água potável.

No capítulo anterior conclui-se que existe uma oferta de aproximadamente 1.000 metros cúbicos mensais de água da chuva. Considerando que os reservatórios de água não potável retenham o suficiente para suprir a demanda, pode-se calcular o volume de economia de água potável que pode ser obtida utilizando as águas da chuva como recurso hídrico alternativo.

Conhecidos os detalhes do uso da água na edificação, pode se estimar o quanto desta água é utilizado em bacias sanitárias, mictórios e para rega de jardim. Com estes dados, é estimado o volume de água que seria economizado se utilizada a água da chuva como recurso hídrico não potável.

9.3 DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NA EDIFICAÇÃO

Não existe um controle dos hábitos das pessoas, nem da quantidade exata de pessoas que passam pela edificação diariamente. Por isso, não é possível identificar como acontece a distribuição do consumo de água na edificação. Então foi feita uma estimativa deste consumo.

Pode-se separar os tipos de consumo na edificação por necessidade ou não do uso de água potável. Os usos de água na edificação estão listados abaixo:

- a) pias dos banheiros para higiene pessoal;
- b) pias de cozinha;
- c) descarga de bacias sanitárias;
- d) limpeza da edificação;
- e) rega de jardim.

Destes itens, apenas as pias dos banheiros e de cozinha necessitam de água potável. Os usuários do edifício não utilizam a água da concessionária para beber. Para este fim são utilizados bebedouros com água mineral. Por se tratar de uma edificação comercial, o número de chuveiros é pouco significativo.

Pode-se estimar a distribuição do consumo de água na edificação dentro de uma faixa de valores. Os próximos itens estimam o consumo de água para os principais usos presentes na edificação.

9.3.1 Uso de água nos banheiros

O uso de água nos banheiros é função da quantidade de usuários na edificação, dos hábitos dos usuários e do consumo de água dos aparelhos hidrossanitários. Os próximos itens descrevem a quantidade de usuários na edificação e a estimativa do uso de água nos banheiros.

9.3.1.1 Quantitativo de usuários na edificação

Foi levantado junto ao setor administrativo do edifício, a quantidade de pessoas que trabalham no edifício. São 165 servidores públicos e estagiários e 50 funcionários terceirizados que fazem a limpeza, manutenção e segurança do edifício.

A quantidade de usuários que frequentam o edifício é de difícil determinação. Porém, a recepção do prédio faz um levantamento das pessoas que entram no edifício. Este número foi estimado em 250 pessoas/dia.

9.3.1.2 Consumo de água dos aparelhos sanitários

Tem-se três tipos de consumo nos banheiros da edificação: bacia sanitária, mictório e pias. A bacia sanitária é alimentada por caixa acoplada de 6 litros. Os mictórios são acionados com registro temporizador que gastam menos de 1 litro de água por acionamento. As pias do banheiro consomem aproximadamente 250 mililitros por acionamento.

Para estimar o consumo de água nos banheiros, são estimados os hábitos dos usuários. Para cada funcionário fixo é estimada duas idas ao banheiro por dia. Para cada usuário é estimada uma ida ao banheiro. Quanto ao uso dos aparelhos sanitários, foi estimado que em 80% dos

casos, o usuário utiliza o vaso sanitário e a pia e em 20% dos casos, o mictório e a pia. Fazendo uma estimativa conservadora, considera-se que seja gasto 1 litro de água em casa uso da pia (4 acionamentos de 250 ml). No quadro 7 é apresentado a distribuição do consumo diário nos banheiros.

Distribuição do consumo de água nos banheiros				
	Nº usuários	Vaso sanitário	Mictório	Pia
Funcionários	215	2064	86	430
Usuários	250	1200	50	250
Consumo diário [litros]		3264	136	680

Quadro 7: distribuição do consumo de água nos banheiros

O consumo de água resultante nos banheiros é de 4080 litros por dia. Este consumo pode ser dividido em 3400 litros em usos que não necessitam de água potável, e 680 litros onde a água potável é necessária. Considerando 22 dias úteis no mês, chega-se a 74.800 metros cúbicos de consumo nas bacias sanitárias e mictórios e 14.960 metros cúbicos nas pias.

9.3.2 Rega de jardins

Foi entrevistado o jardineiro do prédio a respeito da rega dos jardins. A rega é feita apenas durante os meses do verão, aproximadamente entre dezembro e março. E apenas os jardins na frente da edificação são regados. O restante da área permeável é ajardinada com plantas que não necessitam de rega.

A parte do canteiro que é regada é estimada em 200 metros quadrados. Esta área é pequena em relação ao tamanho do lote, pois são apenas canteiros alternados com a área impermeável do pátio. Considerando um volume de rega de uma polegada (2,5 centímetros) por semana, tem-se um volume de 5 metros cúbicos semanais, que resultaria em 22 metros cúbicos mensais, durante o verão.

9.3.3 Limpeza da edificação

Os funcionários responsáveis pela limpeza da edificação foram entrevistados também. São utilizados baldes para a limpeza interna da edificação. Estimando o volume gasto em 200 litros por andar, e a frequência de limpeza em 2 vezes por semana, chega-se a um volume de 13.920 metros cúbicos mensais.

9.3.4 Gasto de água na edificação

Apesar de haver outros pontos de consumo além dos citados nos itens anteriores, eles não representam um consumo significativo de água. No quadro 8 são listados os consumos dos pontos que foram descritos acima.

Distribuição do Consumo de Água	
Tipo de Uso	Consumo Mensal [litros]
Vasos Sanitários e mictórios	74800
Pias de banheiros	14960
Limpeza da edificação	13920
SUBTOTAL	103680
Rega de jardins	22000
TOTAL (com rega de jardins)	125680

Quadro 8: distribuição do consumo de água

9.4 DIFERENÇA ENTRE O CONSUMO REAL E O ESTIMADO

Quando comparados os dados do quadro 8 com o consumo real, auferido pela concessionária e apresentado no quadro 6, tem-se uma diferença de 87 metros cúbicos entre a média mensal de consumo real e a estimativa feita neste trabalho.

Esta diferença ocorre devido à falta de informações precisas sobre os hábitos dos usuários, que gera uma falta de precisão na estimativa do consumo. É provável que o consumo de água nos pontos analisados seja maior que o apresentado no quadro 8.

9.5 POTENCIAL ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL

Para estimar a economia de água potável na edificação, quando utilizado o sistema de aproveitamento de águas pluviais, utiliza-se a estimativa de consumo apresentada no quadro 8. O consumo com rega de jardim é adicionado de dezembro a março.

Porém, o consumo real na edificação é maior que o estimado. E este fato não é justificado por nenhum uso da água que não esteja listado, e que necessite de água potável. Por isso, um método alternativo de estimar a potencial economia de água potável é utilizar a porcentagem da distribuição do consumo de água que não necessita de água potável.

Considerando no quadro 8 apenas as pias de banheiro como um uso que requer potabilidade da água, tem-se 85% do consumo de água não necessitando de recursos potáveis. Esta porcentagem pode ser aplicada ao consumo de água auferido pela concessionária.

O quadro 9 apresenta os dois métodos e as suas respectivas economias resultantes, em metros cúbicos. No método A é considerada economia de água potável o consumo estimado neste trabalho, e apresentado no quadro 8, que não necessitam de água potável.

O método B apresenta a relação de 85% do consumo sendo em pontos onde não se faz necessário água potável. Esta porcentagem é a relação entre os itens que consomem água não potável e o total do consumo, apresentados no quadro 8.

Mês	Consumo auferido em 2010	Método A		Método B	
		Consumo	[%]	Consumo	[%]
janeiro	158,0	110,7	70	134,3	85
fevereiro	154,0	110,7	72	130,9	85
março	218,0	110,7	51	185,3	85
abril	135,0	88,7	66	114,8	85
maio	139,0	88,7	64	118,2	85
junho	221,0	88,7	40	187,9	85
julho	266,0	88,7	33	226,1	85
agosto	199,0	88,7	45	169,2	85
setembro	189,0	88,7	47	160,7	85
outubro	185,0	88,7	48	157,3	85
novembro	191,0	88,7	46	162,4	85
dezembro	233,0	110,7	48	198,1	85
MÉDIA	190,7	96,0	52	162,1	85
TOTAL	2288,0	1152,4		1944,8	

Quadro 9: comparação entre estimativas de consumo de água potável

A potencial economia de água potável obtida no edifício com o uso do sistema de aproveitamento de águas pluviais, deve estar neste intervalo, entre as duas alternativas apresentadas no quadro 9. Pode-se então estimar a economia de água potável na edificação entre 1150 e 1940 metros cúbicos por ano, considerando que haverá oferta suficiente de água não potável para suprir a demanda.

Há de se considerar ainda, que a edificação tem dois dos oito pavimentos que ainda não estão ocupados. A ocupação destes pavimentos deve gerar um incremento de 33% na população do prédio, o que deve aumentar o consumo e o potencial volume de água potável economizada, com o sistema de aproveitamento funcionando.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de sistemas de aproveitamento de água da chuva, ou qualquer tecnologia que substitua o uso de água potável por uma fonte menos nobre, é uma alternativa que deveria ser sempre considerada em novos projetos. Este tipo de sistema ainda apresenta um custo elevado, principalmente por que a água ainda é um recurso com baixo custo no Brasil.

Nos edifícios públicos e comerciais, este tipo de sistema é mais justificável que em edificações residenciais, e pode ser economicamente vantajoso. A distribuição do consumo de água neste tipo de edifício se dá principalmente em usos que não requerem água potável, como descarga em bacias sanitárias, limpeza e rega de jardins. Comparativamente, em uma residência se utiliza um grande percentual de água nos chuveiros, pias de cozinha e pias de banheiros, pontos que necessitam de água potável.

Neste trabalho foi desenvolvida uma análise em um edifício novo, onde existem metais sanitários e outras soluções que são eficientes no consumo de água. Mesmo com estes fatores que favorecem a economia de água, o gasto com água nesta, apresenta números elevados. A economia de parte deste consumo resultará em uma considerável economia financeira, apesar do baixo custo da água tratada na região e de modo geral, no País.

Na edificação estudada foram encontradas conexões cruzadas nas instalações que alimentam os banheiros. Recomenda-se que não sejam concebidos projetos com conexões cruzadas, pois elas representam um risco sanitário.

Recomenda-se ainda a implantação de um programa de controle de qualidade das águas aproveitadas e do efluente da ECTE nesta edificação. Além disso, um programa de manutenção deveria ser implantado, para que o sistema possa ser mantido em bom estado de funcionamento. Estas recomendações servem para qualquer edificação que tenha instalações deste tipo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.844**: instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

_____. NBR 15.527: água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

BORGES, F. L. **Aproveitamento de água de chuva**: implicações legais e noções de projeto. 2009. 41 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto n. 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o código de águas. Rio de Janeiro, 1934. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 20 nov. 2010.

_____. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 15 nov. 2010.

_____. Ministério da Saúde. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília, DF, 2004. Disponível em: <<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>>. Acesso em: 20 de nov. 2010.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normal Climatológica 61-90 para Porto Alegre**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sim/abre_Graficos.php?data=11/2010&data2=2010&lista=11,&est=83967&uf=RS>. Acesso em: 20 nov. 2010.

GOOGLE. **Google maps**, 2011. Disponível em: <<http://maps.google.com.br> - modo satélite - busca: Poder Judiciário Fórum - Rua Guia Lopes, Novo Hamburgo - Rio Grande do Sul>. Acessado em: 25 abr. 2011.

GOULD, J.; NISSEN-PETERSEN, E. **Rainwater catchment systems for domestic supply**: design, construction and implementation. London: ITDG, 1999.

LEUCK, M. F. **Avaliação econômica do impacto de medidas individualizadas de conservação de água em Porto Alegre**. 2008. 177 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MACOMBER, P. S. H. **Guidelines on rainwater catchment systems for Hawaii**. Manoa: CTAHR, 2001. Disponível em: <<http://www2.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/Rm-12.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2010.

MANO, R. S. **Captação residencial de água da chuva para fins não potáveis em Porto Alegre**: aspectos básicos da viabilidade e benefícios do sistema. 2004. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

NOVO HAMBURGO. Lei complementar n. 608, de 5 de novembro de 2001. Institui o Código de Edificações, dispõe sobre a Comissão Permanente do Código de Edificações, os atos administrativos e técnicos, o processo de construção, as demolições, as vistorias, a fiscalização, as infrações, as penalidades, os prazos e dá outras providências. Novo Hamburgo, 2001. Disponível em: <http://an.novohamburgo.rs.gov.br/arquivos/File/codigo_lei_edificacoes.zip>. Acesso em: 13 maio 2011.

PORTO ALEGRE. Decreto n. 15.371, de 17 de novembro de 2006. Regulamenta o controle da drenagem urbana. Porto Alegre, 2006. Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-brs?s1=000028692.DOCN.&l=20&u=/netahtml/sirel/simples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT>>. Acesso em: 8 nov. 2010

_____. Lei n. 10.506, de 5 de agosto de 2008. Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-brs?s1=000029949.DOCN.&l=20&u=%2Fnetahtml%2Fsirel%2Fsimples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT>>. Acesso em: 8 nov. 2010.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. **Ecohouse**: a design guide. 3rd ed. Oxford, UK: Architectural Press, 2007.

RUSKIN, R. H. Coleta da água em cisternas – 2. parte: dependências do gotejamento. **Água Latinoamérica**, México, DF, v. 1, n. 3, set/out 2001. Disponível em: <http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/Basico_091001.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2010.

TEXAS. Texas Water Development Board. **The Texas manual on rainwater harvesting**. 3rd ed. Austin, Texas. 2005. Disponível em: <http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports/rainwaterharvestingmanual_3rdedition.pdf>. Acesso em: 10 de nov. 2010.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva**: aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar, 2003.

SAUTCHUK, C.; FARINA, H.; HESPANHOL, I.; OLIVEIRA, L. H.; COSTI, L. O.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; MAY, S.; BONI, S. S. N.; SCHMIDT, W. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: Prol, 2005.

VÁSQUEZ, S. G. **Qualidade do ar e das chuvas em Porto Alegre**. 2000. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

UNITED NATIONS. **Water in a Changing World**. Paris: UNESCO, and London: Earthscan, 2009. The United Nations World Water Development Report 3.

ANEXO A – Métodos de cálculos para dimensionamento dos reservatórios

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007)

Métodos de cálculos para dimensionamento dos reservatórios

A.1 Método de Rippl

Neste método podem-se usar as séries históricas mensais ou diárias.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}$$

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

Sendo que: $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$

onde:

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

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t ;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t ;

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

A.2 Método da simulação

Neste método a evaporação da água não deve ser levada em conta. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

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

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}$$

Sendo que: $0 \leq S_{(t)} \leq V$

onde:

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

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

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva no tempo t ;

$D_{(t)}$ é o consumo ou demanda no tempo t ;

V é o volume do reservatório fixado;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

NOTA Para este método, duas hipóteses devem ser feitas, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo "t", os dados históricos são representativos para as condições futuras.

A.3 Método Azevedo Neto

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

A.4 Método prático alemão

Trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6 % do volume anual de consumo ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável.

$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo)} \times 0,06$ (6 %)

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

onde:

V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);

D é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);

V_{adotado} é o valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

A.5 Método prático inglês

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A$$

onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em em milímetros (mm);

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

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros (L).

A.6 Método prático australiano

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

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

onde:

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

P é a precipitação média mensal;

I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A é a área de coleta;

Q é o volume mensal produzido pela chuva.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$$

onde:

Q_t é o volume mensal produzido pela chuva no mês t;

V_t é o volume de água que está no tanque no fim do mês t;

V_{t-1} é o volume de água que está no tanque no início do mês t;

D_t é a demanda mensal;

NOTA Para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio.

Quando $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$, então o $V_t = 0$

O volume do tanque escolhido será T.

Confiança:

$$P_r = N_r / N$$

onde:

P_r é a falha;

N_r é o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando $V_t = 0$;

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

$$\text{Confiança} = (1 - P_r)$$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90 % e 99 %.