

PROJETO PILOTO DE CAPTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

PILOT PROJECT ON COLLECTING AND USING RAIN WATER

**Gabriela Mazureki Campos, Andréia do Rocio Prestes,
Vanessa Andréia Matkovski, Alceu Gomes de Andrade Filho**

Universidade Estadual de Ponta Grossa. Departamento de Engenharia Civil. Av. Carlos Cavalcanti, 4748, Campus de Uvaranas; e-mails: bibimazureki@hotmail.com, feltra@uol.com.br, vammatt@gmail.com, agafilho@uepg.br

Recebido para publicação em 03/07/2008

Aceito para publicação em 04/12/2008

RESUMO

O futuro da humanidade está fortemente comprometido devido à ameaça de escassez da água. Apenas 0,3% de todo volume de água existente na Terra representa a quantidade de água doce disponível e essa pequena parcela está ameaçada pela degradação das nascentes e áreas de recarga dos aquíferos, pelo lançamento de esgotos e desperdícios. Além disso, a disponibilidade de água estimula seu uso excessivo em atividades que não requerem os padrões de potabilidade. A utilização de água pluvial contribui no alívio da exploração dos aquíferos e a extinção das áreas de recarga devido à impermeabilização do solo pela urbanização. Por consequência, o volume de água armazenado reduz as vazões nas galerias pluviais, permitindo o escoamento rápido da água não captada, prevenindo assim as enchentes e os transtornos causados. Esta pesquisa teve como proposta discutir este tema e projetar um modelo de aproveitamento de águas pluviais na Universidade Estadual de Ponta Grossa, especificadamente no Bloco E - Engenharia Civil do campus de Uvaranas. Serão apresentados neste estudo todos os processos que seriam necessários para a implantação deste modelo no Bloco E. Foi definido o local de implantação do sistema, calculado o volume médio mensal de águas pluviais na cidade de Ponta Grossa, a demanda de água potável e não-potável segundo a Norma NBR 5626/82, a demanda de água não-potável segundo uma pesquisa realizada por amostragem e o volume necessário do reservatório para armazenamento da água pluvial que atenda ao consumo de acordo com a Norma NBR 15527/07. Através desta pesquisa busca-se divulgar e alertar a sociedade da importância do aproveitamento da água de chuva.

Palavras-chave: Aproveitamento da água de chuva. Meio ambiente. Uso racional água.

ABSTRACT

The future of humankind is heavily compromised due to the threat of water shortage. Just 0.3% of the total volume of water existing on Earth is the amount

of fresh water available and that small portion is threatened by degradation of springs and areas of recharge of aquifers, the release of sewage and waste. Also, the availability of water stimulates its excessive use in activities that do not require patterns of potable water. The use of rainwater helps in the relief from the exploitation of aquifers and the extinction of recharge areas due to the sealing of the soil by urbanization. Consequently, the volume of water stored reduces the flow to the rain galleries, allowing the water not captured to flow and thus preventing flooding and the inconvenience it causes. The proposal of this paper was to discuss that issue and design a model for utilization of rainwater at the State University of Ponta Grossa, specifically in the E Block - Civil Engineering of the Uvaranas Campus. It will be presented in this study all processes that would be needed to implement this model in the E Block. It was defined the location of the system, calculated the monthly average volume of rainwater in Ponta Grossa city, the demand for potable and non-drinking water according to the standard NBR 5626/82, the demand for non-drinking water according to a survey conducted by a sampling process and the volume of the tank to store the rainwater that meets the use according to the standard NBR 15527/07. This paper seeks to disclose and to warn the society of the importance of the use of rainwater.

Keywords: Rainwater use. Environment. Rational use water.

1 Introdução

1.1 Considerações iniciais

A água ocupa $\frac{3}{4}$ da sua superfície terrestre e aparentemente seria inesgotável. Porém, isso não significa abundância de recursos, já que boa parte da água está congelada nos pólos (2,7%) ou é salgada (97%). Segundo a ONU apud Giacchini (2003), metade da população do planeta sofre com falta da água e nem mesmo o Brasil está fora de perigo. Enquanto alguns países da África e do Oriente Médio sofrem com crônicos problemas de escassez de água, o Brasil, que tem a maior reserva de água doce do planeta não está preservando esse recurso natural. Em vez de utilizar seus fartos recursos hídricos para o desenvolvimento, é verificada poluição dos mananciais de abastecimento e desperdício de água. Nas residências os maiores responsáveis são as válvulas convencionais de descarga. Essas utilizam 40% de toda a água da casa. Chuveiros abertos continuamente durante o banho, torneiras mal fechadas, limpeza de calçadas e vazamentos ainda são comuns e representam fontes de desperdício da água tratada.

A água está disponível na natureza, mas levar água potável de qualidade e em quantidade a todas as comunidades é difícil, caro e trabalhoso. Da cap-

tação até as torneiras, a água passa por processos de tratamento e complexos sistemas de distribuição.

Se a falta de água é um problema, seu excesso pode trazer conseqüências desastrosas, tais como as enchentes causadas por transbordo de rios, galerias pluviais subdimensionadas, sistemas obstruídos e a impermeabilização do solo por asfalto, cerâmica e cimento, impedindo a infiltração da água da chuva, assim como a própria recarga dos lençóis subterrâneos.

O objetivo deste trabalho, portanto é mostrar a importância da captação pluvial para evitar os problemas já expostos e apresentar um modelo em uma edificação. A água da chuva devidamente coletada através de calhas e armazenada em cisternas podem suprir as necessidades em atividades que não exigem água potável e, ao mesmo tempo, reduzir o volume que não irá sobrecarregar as galerias pluviais ou escoar pela superfície, acumulando-se nas partes baixas e gerando as inundações. Este sistema não apresenta nenhum prejuízo ao ciclo hidrológico, uma vez que a água captada será normalmente devolvida ao ambiente à medida que forem consumidas suas reservas.

A comprovada importância da água e o conhecimento da ameaça de escassez motivaram esta pesquisa buscando-se apresentar um sistema

alternativo e opcional de captação, armazenamento e uso da água pluvial em uma edificação. Contudo, as aplicações da água pluvial se limitam a fins não potáveis, pois a poluição e a falta de um tratamento prévio não garantem a qualidade da água para consumo humano.

1.2 O ciclo hidrológico

A água passa por um processo natural de regeneração através de um fenômeno denominado ciclo hidrológico, que é o caminhar da água desde a atmosfera, passando por várias fases até retornar de novo à atmosfera.

Além de receber energia e enviar energia para fora do sistema, o ciclo hidrológico pode ser entendido como uma série de armazenagens de águas ligadas por transferências. Dos rios, lagos e oceanos, há transferência de água para fora do sistema através da evaporação, que leva vapor de água para a atmosfera. Desta, retorna através de precipitações chuvosas ou nevascas, redistribuindo-se e incorporando-se novamente no ciclo hidrológico. O funcionamento do ciclo hidrológico ocorre em regiões circunscritas e reage diferentemente em cada região de acordo com os elementos locais.

A água evaporada dos mares, lagos, pântanos, rios, vegetais e animais produz as nuvens, que alcançando regiões frias se condensam e caem sob as principais formas de precipitação: chuva, neve, granizo e orvalho. A precipitação é formada a partir dos seguintes estágios: resfriamento do ar à proximidade de saturação; condensação do vapor de água na forma de gotículas; aumento do tamanho das gotículas por colisão e aderência até que esteja grande o suficiente para formar a precipitação. A precipitação que atinge a superfície da terra pode escoar na superfície ou infiltrar no solo. (CICLO HIDROLÓGICO, 2004)

1.3 Abastecimento de águas nas cidades

A população mundial vem crescendo constantemente e com ela também a demanda por água. Contudo, os suprimentos globais de água são limitados a um finito 0,3% do total da água disponível. Nesta análise, observa-se que a demanda está fortemente dependente dos requerimentos em mudança nas áreas

doméstica, industrial e agrícola. Outros fatores que influenciam a demanda por água são a facilidade com a qual ela está disponível. A demanda por água aumentou seis vezes entre 1900 e 1995 enquanto que a população apenas duplicou nesse período. (CICLO HIDROLÓGICO, 2004)

Outro fenômeno que deverá ter um grande impacto é a proliferação de megacidades, onde as populações urbanas irão predominar. A expectativa é de que, até o ano 2025, a população nessas megacidades deverá duplicar, chegando aos 5 bilhões de habitantes. Isto significa que dois terços da população mundial estarão vivendo em megacidades, das quais 90% estarão em países em desenvolvimento. (CICLO HIDROLÓGICO, 2004)

As águas captadas por Estações de Tratamento de Águas (ETAs) geram impacto ambiental quando coletadas. O rio do qual está sendo retirada a água, fica com menos volume a partir da captação, a água tratada é distribuída a toda comunidade e cerca de 80% desta retorna como esgoto, que tratado ou não irá somar-se às águas de outros corpos hídricos, aumentando assim o volume destes à jusante do ponto de lançamento. Na captação pluvial, isso não ocorre, uma vez que a água captada volta naturalmente ao local onde a chuva precipitaria, isto é, não será jogada em outra região. A diferença é que a água pluvial será liberada gradativamente à medida que forem consumidas suas reservas, na maioria dos casos quando não estiver chovendo, o que não compromete o escoamento nas galerias pluviais (contribuindo para a prevenção de enchentes). A parcela que infiltraria no solo promovendo a recarga dos lençóis freáticos continua a existir quando os jardins forem regados com a água pluvial armazenada.

O abastecimento de água torna-se algo cada vez mais complicado nas grandes cidades de todo o mundo, o constante aumento da demanda não poderá mais ser respondido somente com mais produção. Reuso, reciclagem, diminuição do consumo por tarefa são medidas sensatas e urgentes. Neste contexto, a água de chuva não é a única forma de racionalização, porém a relativamente mais barata e, sobretudo a que se pode aplicar imediatamente com menos complicações e obras. A conscientização ecológica requer tempo e ações que possam ser realizadas, uma forma é o aproveitamento das águas de chuva. (ANTUNES, 1995)

1.4. Fontes de desperdício

Existem falhas no sistema de abastecimento, chamadas de perdas de água, que ocorrem principalmente nas redes de distribuição, na adução, no tratamento, que apresentam perdas domiciliares e desperdícios.

A perda é a diferença entre o volume de água produzido nas ETAs e o total dos volumes medidos nos hidrômetros. Segundo Antunes (1995), as perdas podem ser: perdas físicas e perdas não-físicas. As perdas físicas representam a água que não chega ao consumo, devido aos vazamentos no sistema ou à utilização na operação do sistema (lavagem de filtros e reservatórios ou manutenção e reparos de tubulações). Já as perdas não físicas representam a água consumida que não é medida e, portanto não faturada.

No Brasil, o desperdício de água chega a 70% onde nas residências tem-se até 78% do consumo de água de uma residência sendo gasto no banheiro. Este projeto mostra que para evitar estes problemas de perdas e desperdícios, seria conveniente utilizar a água das chuvas armazenadas em reservatórios.

1.5 Sistema de captação pluvial

Segundo Group Raindrops (2002) com a água de chuva, filtrada e usada em aplicações não-potáveis (e, conseqüentemente, em circuito totalmente separado da água fornecida), pode-se reduzir o consumo de água encanada em 20% ou mais, em novas construções. Ao se reter a chuva para uso posterior, grandes quantidades de água deixarão de fluir para as ruas, as galerias e as canalizações de esgoto e as estações de tratamento prevenindo assim a ocorrência de enchentes.

Para evitar a escassez da água, um sistema de captação de águas pluviais pode ser realizado com reservatórios ou cisternas, os quais armazenariam as águas provenientes das chuvas, que seriam utilizadas de maneira econômica e eficaz.

Segundo Group Raindrops (2002), um sistema de captação pluvial para condomínios verticais apresenta as seguintes vantagens:

- a) águas pluviais captadas e retidas no prédio não aumentam o volume nas galerias pluviais e canais, contribuindo assim para que esses não transbordem;
- b) a adequada filtragem mecânica faz com que se obtenha uma água em boas condições de estocagem, que serve para regar os canteiros, para quaisquer serviços de limpeza, lavar carros, repor a perda por evaporação na piscina, para o reservatório de incêndio;
- c) num condomínio existente não há necessidade de grandes intervenções. Basta escolher uma área ao lado do prédio ou na garagem, onde se possa facilmente acessar o(s) tubo(s) de descida da água da cobertura. Ali se faz então um desvio para o filtro e um ou mais tanques de armazenamento.

Com populações urbanas de alta densidade, haverá certamente áreas extensas revestidas e de telhados, que são ideais para coleta de água de chuva. O aproveitamento da água nas cidades e nas áreas urbanas pelo uso apropriado de sistemas de captação de água de chuva deve atenuar, até certo ponto, as futuras demandas por água. A coleta de água da chuva dos telhados, seu armazenamento e uso subsequente é um método simples de reduzir a demanda de suprimentos públicos de água e de instalações de tratamentos de resíduos.

2 Material e método

A metodologia empregada para o desenvolvimento desta pesquisa foi dividida nas seguintes partes: pesquisa bibliográfica com coleta de dados referentes ao aproveitamento da água de chuva em edificações em bibliografia atualizada, desenvolvimento de projeto piloto cujas etapas compreenderam: escolha do local para o desenvolvimento desta pesquisa; obtenção dos dados de precipitação média junto ao IAPAR em Ponta Grossa (Paraná); cálculo da área de contribuição; cálculo do volume médio mensal aproveitável das águas pluviais para a região de Ponta Grossa e para o local de estudo; verificação do consumo médio de água potável e de água não-potável; realização de pesquisa junto aos

usuários do Bloco E para determinar a demanda de água não potável e dimensionamento do reservatório para armazenar a água captada pela edificação.

Na revisão bibliográfica coletaram-se dados referentes ao aproveitamento da água de chuva em edificações através de livros, monografias relacionadas ao tema e diversos sites da *internet*.

No projeto piloto escolheu-se como local

para o desenvolvimento desta pesquisa o Bloco de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Ponta Grossa por esse ser um local em que o aproveitamento da água de chuva traria grandes benefícios de economia de água potável. Na Figura 1 é ilustrado o local de captação das águas pluviais com área de 645,60 m² sendo que a capacidade total de captação é de 3082,71 m³.

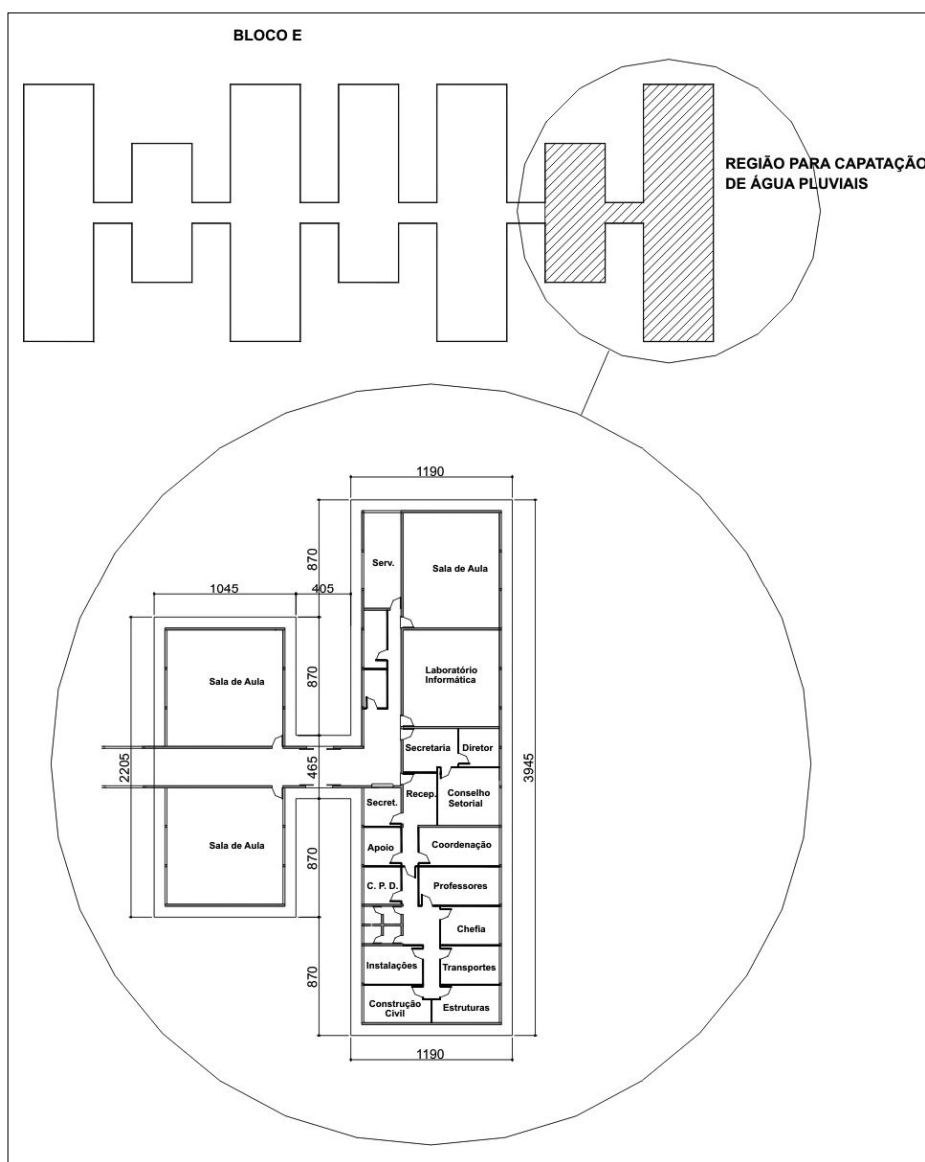


Figura 1 - Representação da planta do Bloco E, Campus Uvaranas.

Na etapa de obtenção dos dados de precipitação média coletaram-se dados de uma série histórica de precipitações observadas pelo IAPAR, junto ao posto pluviométrico de Vila Velha em Ponta Grossa, Paraná. Na Figura 2 estão representados os valores médios mensais, observa-se que o maior valor ocorreu no mês de janeiro atingindo 185,45 mm, e o mínimo ocorreu em agosto com o valor de 78,87 mm.

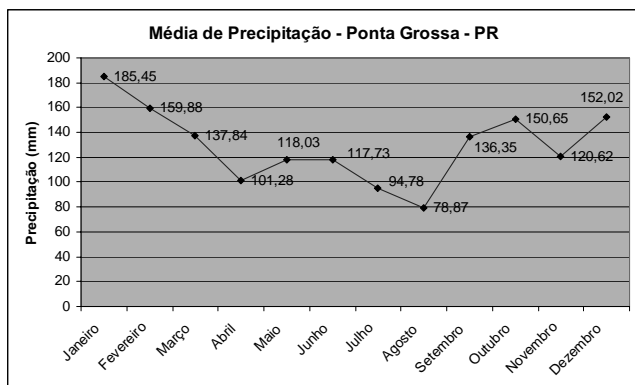


Figura 2 - Representação dos valores das médias mensais de Precipitação conforme (IAPAR)

Fonte: Giacchini, 2003

No desenvolvimento dos estudos e memorial foi calculada a área de contribuição da cobertura da edificação, o volume médio mensal aproveitável das águas pluviais para a região de Ponta Grossa e para o local de estudo, verificação do consumo médio de água potável e não-potável pelos usuários de acordo com a Norma NBR 5626/52 e a demanda de água não potável segundo uma pesquisa de consumo junto aos usuários, elaborando-se um questionário para uma análise estatística, como apresentado na Figura 3.

Após análise e discussão dos resultados foi dimensionamento o reservatório para armazenar a água captada da água de chuva segundo um dos métodos propostos pela NBR 15527/07.

Por favor, responda às questões abaixo, assinalando com um "X" no campo adequado e escrevendo sua resposta no espaço dado:

1. Sexo:
 - Masculino Feminino
2. Turno de permanência no Bloco E:

3. Dias da semana que utiliza o Bloco E: (no caso de mais de uma resposta, marcar as alternativas que correspondem aos dias em que utiliza o Bloco E)
 - Todos os dias da semana Segunda-feira Terça-feira Quarta-feira
 - Quinta-feira Sexta-feira Sábado Nenhum dia
4. Tempo de permanência no Bloco E, em média:
 - Menos de 2 horas de 2 a 5 horas
 - de 5 a 8 horas Mais de 8 horas
5. Número de vezes que você utiliza o vaso sanitário e/ou mictório *por dia*, em média, durante sua permanência no Bloco E:
 - Nenhuma vez 1 vez 2 vezes 3 vezes
 - 4 vezes 5 vezes Mais que 5 vezes
6. Ao utilizar o vaso sanitário e/ou mictório, considerando a quantidade que você assinalou no item anterior, quantas dessas vezes você adicionou o dispositivo de descarga?
 - Todas as vezes 5 vezes 4 vezes 3 vezes
 - 2 vezes 1 vez Nenhuma das vezes
7. APENAS PARA PESSOAS DO SEXO MASCULINO:
Da quantidade que você assinalou na questão 5, quantas vezes você utiliza o mictório em vez do vaso sanitário?
 - Todas as vezes 5 vezes 4 vezes 3 vezes
 - 2 vezes 1 vez Nenhuma das vezes

Figura 3 - Pesquisa de consumo de água não-potável nos sanitários

2.1 Precipitações médias na cidade de Ponta Grossa

A série histórica de dados hidrológicos (precipitações) utilizada foi fornecida por trabalhos anteriores que coletaram tais dados do IAPAR de acordo com a Figura 2. Esta série refere-se à precipitação média mensal medida em Ponta Grossa entre Janeiro de 1954 e Junho de 2001, compreendendo 47,5 anos de registros e resultando, portanto em precipitações médias de grande confiabilidade, sendo que quanto mais longa for esta série, mais confiável é o resultado.

A Figura 2 representa os valores das médias mensais de precipitações observadas no período de registros e analisando a mesma verifica-se que o ponto máximo de precipitação de 185,45 mm corresponde ao mês de Janeiro e o ponto mínimo de 78,87 mm ao mês de agosto. Esses meses apresentam a maior e a menor possibilidade de captação de volume de água de chuva respectivamente, sendo esses pontos importantes para a análise do tamanho do reservatório a ser adotado. A distribuição de chuvas em Ponta Grossa é regular quando comparado com outras regiões do país, revelando uma vantagem quanto ao tamanho do reservatório, ou seja, quanto melhor distribuídas as precipitações em cada período mensal menor deve ser o reservatório para suprir a demanda.

2.2 Cálculo da área de contribuição

As áreas de contribuição do Bloco E foram calculadas de acordo com a NBR 10844/89 encontrando-se a área total de captação de 3082,71 m². Para o cálculo desta área devem ser considerados os incrementos devido à inclinação da cobertura e às paredes que interceptem água de chuva que também deva ser drenada pela cobertura, conforme apresentado na Figura 4 e equação (1).

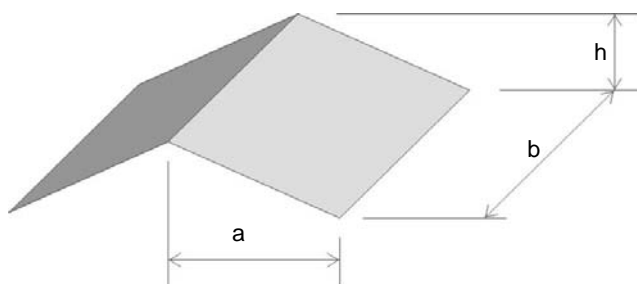


Figura 4 - Representação de cálculo da superfície de interceptação segundo a NBR 10844/89.

$$A = 2x \left(a + \frac{h}{2} \right) xb \quad (1)$$

onde:

- A: área de contribuição
- a: metade da largura da cobertura
- b: comprimento da cobertura
- h: comprimento da cobertura

2.3 Cálculo do volume médio mensal das águas pluviais da região de Ponta Grossa

A estimativa do volume médio mensal aproveitável foi realizada pela equação (2) de acordo com indicações da NBR 10844/89.

$$V = C.P.A \quad (2)$$

onde:

- V: volume potencial médio de águas pluviais em m³
- C: coeficiente de escoamento superficial da área de coleta
- P: altura média mensal de chuva em m
- A: área de coleta das águas pluviais em m²

2.3.1 Coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial C das áreas de coleta das águas pluviais pode ser determinado através da Tabela 1, em função do material da superfície onde a água será captada. Adota-se o coeficiente de escoamento superficial das áreas de coleta das águas pluviais C = 0,80 devido o material de cobertura ser de telhas de cimento – amianto.

Tabela 1 - Coeficientes de escoamento superficial

Tipos de Coberturas	Coefficiente de Escoamento Superficial (C)
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas, lajotas e ladrilhos vitrificados	0,90 a 0,95
Telhas de cimento amianto	0,70 a 0,85
Telhas metálicas corrugadas	0,80 a 0,95
Lajotas e blocos de concreto	0,70 a 0,80
Lajotas e bloco de granito	0,90 a 0,95
Pavimento de concreto	0,80 a 0,95
Pavimentos asfálticos	0,70 a 0,90

Fonte: Fendrich, 2002

2.3.2 Cálculo do volume médio mensal de chuva para a área total do bloco E

Considerando a área total de captação da cobertura do Bloco de 3082,71 m² na Tabela 2, são apresentados os volumes potenciais médios mensais.

Tabela 2 - Volume potencial médio mensal para a superfície total de interceptação

Mês	Precipitação média mensal (mm)	Volume potencial de chuva (m ³)
Janeiro	185,45	457,35
Fevereiro	159,88	394,29
Março	137,84	339,94
Abril	101,28	249,77
Maio	118,03	291,08
Junho	117,73	290,34
Julho	94,78	233,74
Agosto	78,87	194,51
Setembro	136,35	336,26
Outubro	150,65	371,53
Novembro	120,62	297,47
Dezembro	152,02	374,91
TOTAL	-	3831,19

2.4 Consumo mensal de água tratada

Os dados referentes ao consumo mensal de água tratada foram obtidos junto à Prefeitura do Campus (PRECAM), constatando-se que o setor de medição inclui além do Bloco E, o edifício da Reitoria e o Bloco F. Esses resultados estão apresentados na Tabela 3, e representam totais de consumo de água tratada, para os locais acima citados.

Tabela 3 - Consumo Mensal de água tratada no setor de medição

Mês	Consumo Mensal de água Tratada (m ³) (m(m ³))
Janeiro	307
Fevereiro	252
Março	391
Abril	317
Maio	766
Junho	405
Julho	476
Agosto	387
Setembro	337
Outubro	340
Novembro	324
Dezembro	315
Total anual	4617

2.5 População e consumo estimado de água potável segundo a Norma NBR 5626/82

De acordo com informações fornecidas pelo Departamento de Engenharia Civil, e considerando para os cálculos a pior situação a favor da segurança, ou seja, os dias da semana em que em virtude da maior utilização dos sanitários, haverá o maior consumo de água, temos a seguinte quantidade de usuários apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 - Quantidade de usuários do Bloco E

Usuários	Quantidade
Alunos Engenharia Civil	240 ¹
Alunos demais cursos	330 ¹
Professores	35 ²
Funcionários	12 ³

¹ considerando que todos alunos estejam presentes

² 15 professores permanecem o dia todo e 20 não

³ 11 funcionários permanecem o dia todo e 1 não

De acordo com a Norma NBR 5626/82 o consumo estimado de água, por pessoa em escolas e locais de longa permanência, é de 50L/dia, sendo que apenas para a descarga estima-se um consumo de 30L/dia. Na Tabela 5 é indicado o consumo diário de água potável dos usuários do Bloco E da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Tabela 5 - Consumo diário de água potável por usuários do Bloco E segundo NBR 5626/82

Usuários		Qtde	Consumo estimado (m ³ /dia)	Consumo diário (m ³)
Alunos Engenharia Civil		240	0,050	12,000
Alunos demais cursos		66 ¹	0,050	3,300
Professores	Permanecem o dia todo	15	0,050	0,750
	Não permanecem o dia todo	20	0,025	0,500
Funcionários	Permanecem o dia todo	11	0,050	0,550
	Não permanecem o dia todo	1	0,025	0,025
TOTAL		617	-	17,125

¹ Foi considerado que a quantidade de usuários diariamente no bloco seja de $330/5 = 66$

Para o cálculo do consumo anual foi considerado uma média de 20 dias letivos para os meses de fevereiro a dezembro e de 5 dias letivos para o mês dezembro, resultando num consumo anual de 3853,125 m³.

2.6 Cálculo da demanda de água não-potável segundo NBR-5626/82

A estimativa da água de chuva a ser utilizada apenas para fins não-potáveis compreende a empregada nas descargas dos vasos sanitários, mictórios, lavagens de pisos, calçadas e janelas. Na Tabela 6 são encontrados os valores das vazões e pesos relativos desses pontos de utilização. O volume de água para lavagem de pisos depende do tipo de piso, uso do piso (finalidade da área), material de revestimento, processo de lavagem, intervalo entre as lavagens, equipamentos utilizados, tipos de produtos. Mas para uma média adotou-se um consumo em torno de 2L/m².

Tabela 6 - Vazão e pesos relativos nos pontos de utilização segundo a NBR 5626/82

Aparelho	Vazão de projeto (L/s)	Peso relativo
Bacia sanitária – caixa de descarga	0,15	0,30
Bacia sanitária – válvula de descarga	1,70	32,00
Mictório (tipo calha)	0,15/m	0,30
Torneira jardim	0,20	0,40

Através da quantidade de pontos de utilização é estimada a demanda mensal pela somatória de demandas unitárias. Na Tabela 7 é apresentado a quantidade de pontos de utilização e seu respectivo consumo.

Tabela 7 - Consumo mensal de água não-potável por usuários do Bloco E segundo NBR 5626/82

Pontos de água não potável	Quantidade	Consumo (m ³)
Torneira (lavagem de pisos)	9*	0,552
Vasos sanitários	9	217,890
TOTAL	-	218,442

* 6 torneiras nos arredores da edificação e 3 torneiras nos laboratórios

Com o valor de consumo mensal é calculado o consumo anual de água não-potável que é de 2621,30 m³.

2.7 Cálculo da demanda de água não potável segundo a pesquisa

Outra alternativa para cálculo da demanda de água não potável foi determinada através de um questionário aplicado por amostragem, conforme apresentado na Figura 3. Com os resultados da investigação foram calculadas os consumos nos pontos de utilização, que são vasos sanitários e torneiras de acordo com a equação (3).

$$Q = n.t.Q_{projeto} \cdot dias \quad (3)$$

onde:

- n : quantidade de utilizações diárias
- t : tempo de acionamento (s)
- $Q_{projeto}$: vazão de projeto (m³/s)
- $dias$: número de dias no mês considerados

Para o cálculo da demanda anual foram estabelecidos critérios de consumo nos pontos de utilização do banheiro e das torneiras, sendo estas divididas em torneiras dos laboratórios e torneiras dos arredores do Bloco E. Na Tabela 8 são apresentados os consumos mensais desses pontos.

a) Banheiros: será considerado um tempo de acionamento $t = 4,5$ s, consumo da bacia sanitária com válvula de descarga de 1,70 L/s (de acordo com a Tabela 6), número de utilizações diárias $n = 274$ (resultantes da pesquisa) e 20 dias de utilização;

b) Torneiras: de acordo com a Tabela 7 o total de torneiras para uso de água não-potável é nove. Os consumos para estes pontos serão calculadas separadamente para as torneiras dos laboratórios e dos arredores devido a diferentes usos destes pontos.

- torneiras arredores: será considerado um tempo de acionamento $t = 100 s$ para o preenchimento de um balde de $20 L$, consumo de $0,20 L/s$ (de acordo com a Tabela 6) e que as seis torneiras são utilizadas uma vez por dia.

- torneiras laboratórios: será considerado um tempo de acionamento $t = 300 s$, consumo de $0,20 L/s$ (de acordo com a Tabela 6) e que as três torneiras são utilizadas cinco vezes por dia.

Tabela 8 - Consumo mensal nos pontos de utilização segundo pesquisa amostral

Pontos de água não potável	Consumo (m^3)
Banheiros	41,92
Torneiras arredores	2,40
Torneiras laboratórios	18,00
TOTAL	62,32

Considerado o consumo de $62,32 m^3$ para os meses de fevereiro a dezembro e de $62,32/4 = 15,58 m^3$ para o mês de janeiro, em função das férias e recesso acadêmico nesses meses, o consumo anual de água não-potável é de $701,10 m^3$.

3 Resultados e discussão

3.1 Considerações iniciais

As estimativas de demanda foram realizadas segundo três metodologias diferentes, na primeira seguiram-se as recomendações constantes da Norma NBR 5626/82 para o cálculo do consumo de água potável na edificação, na segunda a estimativa foi feita segundo a norma NBR 5626/82 para o consumo de água não-potável no Bloco E e a terceira estimativa foi feita com pesquisa amostral de verificação realizada junto à comunidade de usuários da edificação.

Observa-se uma discrepância significativa entre os valores de consumo obtidos dessas metodologias. Pela pesquisa junto à comunidade acadêmica obteve-se o consumo de $701,10 m^3/anual$ e nos resultados previstos pela norma NBR 5626/82 de consumo de água potável e não-potável este valor é respectivamente de $3853,125 m^3/anual$ e $2621,30 m^3/anual$. Comparando-se estes resultados com as informações de consumo de água fornecidas pela PRECAM, constantes da Tabela 3, onde os valores estão agrupados referentes a três blocos distintos, percebe-se que as estimativas realizadas através da pesquisa têm maior representatividade. Desta forma é adotado o valor resultante da pesquisa como referência de demanda de água não potável do Bloco E.

Analisando a Tabela 2 verifica-se que o volume potencial de chuva médio anual é de $3831,19 m^3$. Considerando que o consumo anual de água não potável de acordo com a pesquisa seja de $701,10 m^3$ não é necessário utilizar a cobertura total do Bloco para a coleta da água, economizando assim no investimento para a implantação do projeto. Assim, será adotada neste estudo uma utilização parcial da cobertura com área de $645,60 m^2$, de acordo com a Figura 1, afim de suprir a demanda de água não potável.

3.2 Cálculo do volume médio mensal de chuva para a área parcial da cobertura do Bloco E

Para o dimensionamento do reservatório será utilizado os volumes potenciais referentes à área de cobertura de $645,60 m^2$ do Bloco E. Na Tabela 9 são apresentados estes volumes potenciais médios mensais

Tabela 9 - Volume potencial médio mensal para a superfície com área de 645,60 m²

Mês	Precipitação média mensal (mm)	Volume potencial de chuva (m ³)
Janeiro	185,45	95,78
Fevereiro	159,88	82,57
Março	137,84	71,19
Abril	101,28	52,31
Mai	118,03	60,96
Junho	117,73	60,81
Julho	94,78	48,95
Agosto	78,87	40,73
Setembro	136,35	70,42
Outubro	150,65	77,81
Novembro	120,62	62,30
Dezembro	152,02	78,52
TOTAL	-	802,35

3.3 Dimensionamento do reservatório segundo a pesquisa

Entre os vários métodos para obtenção dos volumes dos reservatórios, o método de Rippl vem

sendo utilizado em grande escala. Segundo TOMAZ (2003), em hidrologia é comum o uso do “diagrama de massas” para regularização de vazões em reservatórios, isto é, o estudo que garante o abastecimento constante de água tanto no período chuvoso quando no seco. O diagrama tem na ordenada, o acúmulo dos volumes e, na abscissa, o tempo.

O diagrama de Rippl só se aplica quando o volume de chuva total captado é maior que o volume demandado, suprimindo assim a demanda durante o período de estiagem. O modelo que está sendo utilizado é um dos métodos indicado pela Norma NBR 15527/07, no entanto, ressalta-se que existem outros métodos para o dimensionamento do reservatório. Na Tabela 10 o volume do reservatório é calculado.

O volume do reservatório caso o modelo proposto fosse executado teria um volume de 47,84 m². E a sua melhor localização seria na cota mais elevada da região do Bloco E, para facilitar a distribuição da água coletada pelas calhas, ocorrendo então um escoamento por gravidade do reservatório para os pontos de uso de água não potável.

Tabela 10 - Determinação do volume do reservatório

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume de chuva acumulado (m ³)	Demanda acumulada (m ³)	Diferença acumulada (m ³)
Janeiro	185,45	15,58	645,60	95,78	95,78	15,58	80,20
Fevereiro	159,88	62,32	645,60	82,57	178,36	77,90	100,46
Março	137,84	62,32	645,60	71,19	249,55	140,22	109,33
Abril	101,28	62,32	645,60	52,31	301,86	202,54	99,32
Mai	118,03	62,32	645,60	60,96	362,82	264,86	97,96
Junho	117,73	62,32	645,60	60,81	423,62	327,18	96,44
Julho	94,78	62,32	645,60	48,95	472,57	389,50	83,07
Agosto	78,87	62,32	645,60	40,73	513,31	451,82	61,49
Setembro	136,35	62,32	645,60	70,42	583,73	514,14	69,59
Outubro	150,65	62,32	645,60	77,81	661,54	576,46	85,08
Novembro	120,62	62,32	645,60	62,30	723,84	638,78	85,06
Dezembro	152,02	62,32	645,60	78,52	802,35	701,10	101,25
Total	1553,50	701,10	-	802,35	-	-	-
Volume do reservatório							47,84

4 Conclusões

O aproveitamento da água de chuva é uma alternativa viável capaz de resolver alguns dos problemas que a sociedade atual vem sofrendo. Medidas simples podem ser aplicadas em diversos segmentos da sociedade, redução do consumo de água tratada obtendo uma economia significativa, contribuição para a recarga dos aquíferos e prevenção de enchentes, cada vez mais freqüentes nas grandes cidades através do aproveitamento da água da chuva. Entretanto, o objetivo maior deve estar em torno da sustentabilidade dos recursos hídricos, para que a população mundial não sofra com a falta da água.

Embora o processo de coleta, armazenamento e utilização da água de chuva seja bastante simples, é importante uma análise holística da edificação antes da implantação do sistema de aproveitamento da água de chuva, para que dentro do contexto construtivo sejam considerados e avaliados os aspectos arquitetônicos, hidráulicos, estruturais, econômicos e ambientais da obra.

Recomendam-se alguns cuidados como a identificação e sinalização da tubulação, do reservatório e demais equipamentos, a instalação de filtros e de um reservatório de auto-limpeza. É importante também o cuidado para que as instalações hidráulicas das águas pluviais sejam independentes, pois não pode haver riscos de contaminação da água tratada pela água de chuva. Outro aspecto a se destacar é necessidade de manutenção constante do reservatório de auto-limpeza, sempre que houver uma precipitação mais intensa. Quanto ao reservatório de armazenamento recomenda-se a manutenção com freqüência anual.

Em grande parte das edificações, o aproveitamento da água de chuva é tecnicamente viável em função do fim a que se destina a água coletada. Do ponto de vista econômico também é aconselhável, pois se trata de um sistema relativamente simples e pouco oneroso que certamente será recompensado no decorrer do tempo. No tocante ao aspecto ambiental e social, é que o sistema de aproveitamento da água de chuva tem seu ponto mais alto, pois possibilita a redução do consumo de água tratada, a conseqüente preservação dos mananciais de abastecimento e a inclusão social através da disponibilização deste recurso para toda a população.

Sugere-se para a continuidade dos estudos a elaboração de projeto, adaptação das instalações hidrosanitárias do bloco E e o dimensionamento de calhas e condutores para subsidiar uma análise de

viabilidade econômica do aproveitamento.

É importante destacar que a realização de pesquisas junto aos usuários das edificações, pode contribuir para o aprimoramento das estimativas realizadas, conforme ficou demonstrado neste trabalho. Outros aspectos podem ser considerados em trabalhos futuros, do sistema de captação e uso local das águas de pluviais, como por exemplo, a utilização de dispositivos de infiltração, que ajudam a contribuir para a recarga do lençol freático e melhorar a qualidade das águas subterrâneas.

Cabe aos profissionais da engenharia buscar alternativas ambientalmente corretas para a construção de edificações menos impactantes ao meio ambiente e, que promovam o uso racional dos recursos naturais possibilitando a convivência harmônica entre o homem e a natureza.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalações prediais de água fria. Rio de Janeiro, 1982.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de água pluviais. Rio de Janeiro, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.
- ANTUNES, J. C. **Operação de um Sistema de Tratamento de Água**, Rio de Janeiro: 1995.
- Ciclo hidrológico. Disponível em: <<http://www.infoagua.org/>> Acesso em: set, 2004.
- FENDRICH, R. **Aplicabilidade do armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana**. 2002. 504p. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Setor Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- GIACCHINI, M. Estudo sobre o Aproveitamento da Água de Chuva nas Edificações. 2003. 100p. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2003.
- GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água da chuva**. Makoto Murase (Org.). Tradução de Massato Kobiyama, Cláudio Tsuyoshi Ushiwata e Manoela dos Anjos Afonso. Tradução de: Yatte Miyo Amamizu Riyo. Curitiba: Organic Trading, 2002.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva, para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.