

unesp  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

BRUNO DOS SANTOS DUARTE

**PROPOSTA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA
FINS NÃO POTÁVEIS EM PROJETOS RESIDENCIAIS**

Guaratinguetá
2015

BRUNO DOS SANTOS DUARTE

**PROPOSTA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO
POTÁVEIS EM PROJETOS RESIDENCIAIS**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a Dr^a Isabel Cristina de Barros Trannin

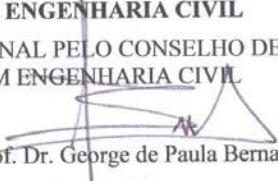
Guaratinguetá
2015

D812p	Duarte, Bruno dos Santos Proposta de captação de água de chuva de para fins não potáveis em projetos residenciais / Bruno dos Santos Duarte – Guaratinguetá : [s.n], 2015. 34 f. : il. Bibliografia : f. 33-34 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015. Orientadora: Profª Drª Isabel Cristina de Barros Trannin 1. Hidrologia 2. Recursos hídricos - Desenvolvimento 3. Saneamento 4. Industria de construção civil - Aspectos ambientais I. Título CDU 556
-------	---

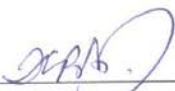
PROPOSTA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS
EM PROJETOS RESIDENCIAIS

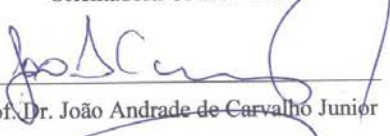
BRUNO DOS SANTOS DUARTE

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


Prof. Dr. George de Paula Bernardes
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof.ª Dr.ª Isabel Cristina de Barros Trannin
Orientadora/UNESP-FEG


Prof. Dr. João Andrade de Carvalho Junior
UNESP-FEG


Prof. Dr. José Bento Ferreira
UNESP/FEG

Dezembro de 2015

DADOS CURRICULARES

BRUNO DOS SANTOS DUARTE

NASCIMENTO	24.03.1990 – OSASCO / SP
FILIAÇÃO	Benedito Duarte Antonia dos Santos Duarte
2009/2015	Curso de Graduação Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Guaratinguetá.

Dedico esta monografia à minha amada avó Virgolina, que durante o desenvolvimento desta, completou sua passagem pela Terra e que mesmo analfabeta foi pra mim o maior exemplo de educadora.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais, Benedito e Antonia, por sempre estarem ao meu lado em todos os momentos da minha vida, por todo amor, dedicação, carinho, amizade, companheirismo, educação e broncas, que eles nunca economizaram em toda essa caminhada. Sem eles nada disso seria possível.

Ao meu irmão, Felipe, pelo apoio, amizade e compreensão nessa jornada da vida.

A toda minha família, por ser a fundação de toda a estrutura da minha vida.

A minha orientadora, Profa. Dra. Isabel Cristina de Barros Trannin, que além da oportunidade de desenvolver este tema, nesta monografia, me orientou e auxiliou durante todo seu processo.

Por último, mas nada menos importante, agradeço a toda família, C.D.M., Cobertura, Moradia e aos meus amigos do coração, por todos esses anos de amizade e aprendizado, sem eles minha formação, com certeza ficaria incompleta.

DUARTE, B. dos S. **Proposta de captação de água de chuva para fins não potáveis em projetos residenciais**. 2015. 34 f. Trabalho de Graduação (Graduando em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

RESUMO

A água é um recurso de valor econômico, estratégico e social de extrema importância para a sociedade. Este recurso natural renovável tem se tornado cada vez mais escasso com o crescimento da população, do setor industrial e da agricultura. Além disso, a poluição das águas superficiais e subterrâneas e o desperdício têm agravado essa situação. Os investimentos no setor dos recursos hídricos para que esse recurso natural atenda em quantidade e qualidade a demanda dos múltiplos usos, representam uma parcela significativa dos orçamentos nacionais e regionais. Portanto, o uso de fontes alternativas de captação de água pode diminuir a pressão sobre os sistemas convencionais de abastecimento público. Neste trabalho foi projetado e executado um sistema de captação de água de chuva para uma residência no município de Barueri (SP), que poderá ser aplicado a outras residências. Neste sistema, o telhado da residência foi utilizado como área impermeável e de captação. A calha e os condutores de PVC foram utilizados para a condução da água até dois reservatórios interligados. A água armazenada foi projetada para atender atividades que não exigem potabilidade, como lavagem de roupas e áreas externas e irrigação de jardim. O sistema apresentou viabilidade econômica, com tempo de retorno do investimento de 34 meses, sendo que após esse período, além dos benefícios ambientais e sociais obtidos desde a implantação do projeto, deve ser considerada a economia com o pagamento das taxas de abastecimento público. Esse sistema de captação de água de chuva é de baixo custo e utiliza materiais disponíveis no mercado. Portanto, sua aplicação a um maior número de residências deve ser incentivada, como medida de gestão sustentável dos recursos hídricos.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrologia. Saneamento. Crise Hídrica. Recursos hídricos. Sustentabilidade.

DUARTE, B. dos S. Proposal for rain water harvesting for non-potable uses in residential projects. 35f. 2015. 34 f. Graduate Work (Graduate in Civil Engineering) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

ABSTRACT

Water is an economic, strategic and social valuable resource of the utmost importance to society. This renewable natural resource is increasingly scarce with the growing of populations, industries and agriculture, in addition to the pollution surface and underground water and the waste have aggravated this situation. Investments in the sector of water resources so that this resource meets in quantity and quality the demand from its multiple uses, represent a significant portion of national and regional budgets. Therefore, the use of alternative sources of water capture can reduce the pressure on conventional public water supply systems. In this work was designed and executed a rain water collection system to a residence in the city of Barueri (SP), which can be applied to other residences. In this system, the rooftop of the residence was used as the waterproof and capture area. The gutter and the PVC conductors were used for driving the water to two connected reservoirs. The stored water was designed to address activities that are not potable, such as washing clothes and external areas and garden irrigation. The system showed economic viability, with 34-month return of investment time, wherein after that period, in addition to environmental and social benefits derived from the implementation of the project, the economy made with the payment of public supply rates should be considered. This rainwater capture system is inexpensive and uses materials available in the market. Therefore, its application to a greater number of households should be encouraged as a measure of sustainable water management

KEYWORDS: Hidrology. Sanitation. Water Crisis. Water resources. Sustentability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema simplificado demonstrado com o desenho do corte da residência com o sistema de captação de água de chuva, Barueri (SP).....	20
Figura 2 – Região Metropolitana de São Paulo.....	23
Figura 3 – Mapa de localização da residência onde foi executado o projeto do sistema de captação das águas de chuva, no município de Barueri (SP).....	24
Figura 4 – Dados climáticos do município de Barueri (SP).	32
Figura 5 - Esquema simplificado do sistema de captação de água de chuva, desenvolvido para uma residência do município de Barueri (SP).....	27
Figura 6 – Detalhe do sistema de captação de água de chuva, desenvolvido para uma residência do município de Barueri (SP).....	28
Figura 7 – - Sistema de distribuição utilizado para a condução da água de chuva captada para os reservatórios, instalado na residência do município de Barueri (SP).....	29
Figura 8 -- Reservatórios: caixas d'água (1 e 2) instaladas na residência do município de Barueri (SP) à esquerda; Reservatório com a capacidade máxima de reservação à direita.....	30
Figura 9 – - Detalhe da conexão entre as caixas d'água, utilizadas como reservatório no sistema de captação de água da chuva no município de Barueri (SP).....	31
Figura 10 – Sistema de condução da água de chuva reservada até a torneira da área de serviço da residência do município de Barueri (SP).....	31
Figura 11 – Canalização para condução do excedente de água de chuva do sistema de captação ao sistema de drenagem urbana do município de Barueri (SP).....	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Porcentagem de esgoto tratado por região no Brasil.....	18
Quadro 2 – Reservas de água	19
Quadro 3 – Valores de coeficiente de escoamento superficial (C).....	26
Quadro 4 - Demandas externas de água não potável.....	26
Quadro 5 -- Custos com materiais e mão de obra da implantação do projeto de captação de água de chuva em uma residência do município de Barueri (SP).....	32
Quadro 6 – Tarifas aplicadas pela Sabesp para cada faixa de consumo residencial no . unicipio de Barueri (SP).....	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1 SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL.....	14
3.2 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS.....	15
3.3 LEGISLAÇÃO PARA RECURSOS HÍDRICOS.....	17
3.4 SISTEMA CONVENCIONAL DE ABASTECIMENTO PÚBLICO.....	19
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	20
4.2 ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE CAPTAÇÃO.....	21
4.3 CÁLCULO DO ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO.....	21
4.4 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE CAPTAÇÃO.....	22
4.5 DEFINIÇÃO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	22
4.6 EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO.....	23
4.7 ESTIMATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS.....	23
4.8 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA.....	24
4.9 CALHAS E CONDUTORES.....	24
4.10 GRELHA.....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
5.1 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA.....	26
5.2 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO.....	26
5.3 RESERVATÓRIOS.....	27
5.4 CANALIZAÇÃO DA ÁGUA RESERVADA PARA A TORNEIRA DE UTILIZAÇÃO.....	28
5.5 CUSTO DO SISTEMA.....	30
5.6 RETORNO FINANCEIRO.....	30
6. CONCLUSÕES.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável para a manutenção da vida em nosso planeta. E, para que este recurso natural seja preservado e utilizado de forma sustentável é preciso incentivar a adoção de medidas que evitem o desperdício e a poluição dos corpos d'água superficiais e subterrâneos. As pesquisas indicam que em 2025, caso não sejam implementadas políticas para o uso sustentável dos recursos hídricos, cerca de dois terços da população global poderão ter dificuldade de acesso à água potável e, que até 2050, esse será um problema de aproximadamente 80% da humanidade.

O Brasil, embora seja considerado um país privilegiado quanto à disponibilidade de recursos hídricos, vem enfrentando dificuldades para atender a demanda de água da população, devido à crise hídrica dos últimos dois anos, principalmente na região sudeste, que é a mais populosa. Os reservatórios, em particular os que combinam múltiplas atividades, como geração de energia elétrica e abastecimento de água, chegaram a níveis muito baixos, inéditos nos registros dos últimos anos.

Diante do sinal de alerta, acionado pela crise hídrica, principalmente, nas metrópoles de São Paulo e Rio de Janeiro, tornou-se imprescindível o desenvolvimento de projetos que viabilizem a captação da água da chuva para seu aproveitamento em atividades que não exijam potabilidade.

A proposta deste trabalho foi desenvolver um projeto de captação e aproveitamento de águas de chuva aplicável a residências, como alternativa para o uso sustentável e eficiente dos recursos hídricos. A implementação desse sistema de captação de águas de chuva foi realizada em uma residência localizada no município de Barueri, na região metropolitana de São Paulo, para avaliar a viabilidade econômica, por meio da análise do potencial de captação do sistema.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desse trabalho foi projetar e executar a implementação de um sistema de captação e aproveitamento de águas de chuva em uma residência, no município de Barueri (SP), como modelo aplicável a outras residências.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os dados climáticos da região do município de Barueri (SP) para obter informações sobre índices pluviométricos e balanço hídrico, para o dimensionamento do reservatório do sistema de captação de água de chuva;
- Avaliar a demanda de água para fins não potáveis de uma residência do município de Barueri, utilizada como modelo deste projeto, considerando o número de moradores e o potencial de captação da água de chuva para (SP);
- Elaborar um projeto de sistema de captação de água de chuva suficiente para o atendimento das demandas de água para o desenvolvimento de atividades que não exijam potabilidade aplicável a esta e outras residências, como alternativa de uso sustentável dos recursos hídricos;
- Avaliar a viabilidade econômica, do sistema de captação de águas de chuva implementado na residência de Barueri (SP).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

As águas de chuva têm sido aproveitadas desde a antiguidade para auxiliar no atendimento a demanda de água ou até mesmo como principal fonte de abastecimento, no caso de regiões semiáridas (OMS/UNICEF, 2012). No Sul da Ásia, grandes áreas no Paquistão, Índia e Sri Lanka estão localizadas em áreas secas, com a precipitação anual variando de 500 a 600 mm. Nestas áreas a população sobrevive com a captação da água de chuva e práticas agrícolas para aproveitar a chuva disponível e reduzir a evaporação. Muitas práticas culturais sofisticadas existiam nesta parte do mundo associadas com as chuvas de monções, para o armazenamento da água de chuva em reservatórios para ser usada para beber e na irrigação agrícola durante as secas.

Segundo o relatório mais recente da Organização Mundial da Saúde - OMS/UNICEF em seu Programa Conjunto de Monitoramento de Abastecimento de Água e Saneamento (OMS/UNICEF, 2012), 1,3% da população mundial utiliza a água de chuva como sua principal fonte de abastecimento para o uso doméstico. De acordo com este relatório, nos países em desenvolvimento cerca de 76 milhões de pessoas em todo o mundo dependem da água de chuva para sobreviver.

A utilização da água de chuva também é presente em países desenvolvidos como os Estados Unidos, em regiões com escassez de água, como por exemplo, Havaí e Texas. Outros países como Nova Zelândia e Austrália também aproveitam a água de chuva para usos domésticos não potáveis.

Em 2010, o Instituto Australiano de Estatística identificou um aumento de 24% para 32% no consumo de água de chuva, entre os anos de 2007 a 2010, por famílias que ocupavam residências adequadas à utilização de cisternas para reservar água de chuva para uso domiciliar, com melhorias em suas instalações.

A captação da água de chuva tornou-se significativamente mais importante como fonte de abastecimento doméstico de água a partir de 1990. A captação de água de chuva tem melhorado a segurança hídrica e alimentar em várias áreas semiáridas. Cingapura, por exemplo, usa a água de chuva para aumentar seus recursos limitados de água doce. Na Europa Ocidental, em particular na Alemanha, a gestão da água de chuva e seu uso doméstico é promovida para reduzir os fluxos máximos em descargas de drenagem e aperfeiçoar a gestão local dos recursos hídricos. Em resumo, a utilização da água de chuva está ganhando importância devido à falta de recursos hídricos adequados destinados às populações.

A água é um recurso renovável que, quando reciclada por meio de sistemas naturais, torna-se um recurso limpo e seguro (HESPANHOL, 2002). A qualidade da água utilizada e o objetivo do reuso estabelecem os níveis de tratamento recomendados e os níveis de tratamento.

Conforme informações da CETESB (2005), a água pode ser reutilizada de forma direta ou indireta, levando em consideração o seu planejamento. Mieli (2001) define as várias classes de uso de água de chuva, descritas a seguir.

Reuso indireto não planejado da água: a água utilizada em alguma atividade humana é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, de maneira não intencional e não controlada. A água fica sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico.

Reuso indireto planejado da água: os efluentes depois de tratados são descarregados de forma planejada nos corpos de água para serem utilizados a jusante de maneira controlada.

Reuso direto planejado da água: neste caso, os efluentes são tratados e depois encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local de reuso.

Belo e Nascimento (2010) projetaram um sistema de aproveitamento de água de chuva para um condomínio. Neste projeto foi avaliada a viabilidade ambiental, econômica e social do aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis, sendo possível verificar que o aproveitamento de água está se tornando cada vez mais necessário, mas um dos principais empecilhos para a não utilização desses sistemas de captação é o alto custo dos equipamentos, que devem ser desembolsados na implantação do sistema.

No atual estudo foi considerado o reuso direto planejado da água de chuva, sendo as águas de chuva captadas, filtradas, armazenadas em caixas d'água, onde ocorre o processo de decantação das partículas e em seguida é direcionada para o ponto de saída (torneira). Além disso, o projeto não oferece riscos à saúde pública, pois seus reservatórios são cobertos e lacrados, para evitar o risco de reprodução do mosquito da dengue.

3.1. SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

Segundo o Sistema nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) 82,5% dos brasileiros são atendidos com abastecimento de água tratada, ou seja, cerca de 35 milhões de brasileiros não possuem acesso a esse serviço básico. Também, o mesmo Sistema informa que, cerca de 37% da água é perdida por vazamentos, roubos e ligações clandestinas e apenas 48% da população brasileira têm acesso à coleta de esgoto (SINIS 2013). Neste contexto, o

Brasil ocupa a 112ª posição do ranking de saneamento mundial, em um grupo de 200 países (Instituto Trata Brasil, 2014).

No quadro 1 pode ser observada a porcentagem de esgoto tratado por região no Brasil, gerada pelo Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS, 2013) .

Quadro 1 – Porcentagem de esgoto tratado por região no Brasil.

REGIÃO BRASILEIRA	ESGOTO TRATADO (%)
Norte	14,7
Nordeste	28,8
Sudeste	43,9
Sul	43,9
Centro-Oeste	45,9

Fonte: SNIS (2013)

Mesmo com os prazos para a adequação da destinação final dos resíduos sólidos estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei Federal 12.305/2010, terem vencido em agosto de 2014, a prática do encaminhamento de resíduos para locais inadequados é ainda comum no Brasil. Esta disposição inadequada de resíduos sólidos também causa graves impactos ambientais, pois a decomposição desses materiais pode gerar substâncias altamente tóxicas, que contaminam os solos, as águas superficiais e subterrâneas e o ar.

3.2. DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS

O Brasil possui cerca de 13% dos recursos superficiais de água potável do planeta, dessa quantidade, cerca de 73% estão concentrados na bacia hidrográfica amazônica, região onde habita apenas 4% da população brasileira (SNIS, 2012). Apesar do grande volume de reservas de água doce que o Brasil possui, segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto (SNIS, 2013), a atual escassez hídrica que algumas regiões do país tem enfrentado, em especial a região Sudeste, a gestão de perdas de água tem papel fundamental nas ações estruturantes dos prestadores de serviços. O lançamento de esgoto in natura nos rios e mananciais compromete totalmente a qualidade dos recursos hídricos disponíveis para a sociedade, principalmente em períodos de escassez de água, que causa a concentração dos poluentes nos corpos d'água. Neste sentido, fontes alternativas de abastecimento de água, como a captação de água de chuva para fins não potáveis, tornaram-se imprescindíveis para amenizar os problemas causados pela poluição dos corpos d'água, agravados pela crise hídrica.

Os recursos hídricos são bens de grande valor para a promoção do bem-estar de uma sociedade. A água é o bem de consumo final ou intermediário, na quase totalidade das atividades humanas, como usos gerais para a sociedade, nos quais a água entra como bem de consumo final, na agricultura e na indústria.

A quantificação dos fluxos e reservas de água no ciclo hidrológico global foi realizada por diversos pesquisadores. Um exemplo desta quantificação foi apresentada por Peixoto e Oort (1990), cujos valores para as reservas de água são apresentados no quadro 2.

Quadro 2 – Reservas de Água no ciclo hidrológico global.

Reservas de Água	Quantidade (m ³)
Oceanos	1350 x 10 ¹⁵
Geleiras	25 x 10 ¹⁵
Águas Subterrâneas	8,4 x 10 ¹⁵
Rios e Lagos	0,2 x 10 ¹⁵
Biosfera	0,006 x 10 ¹⁵
Atmosfera	0,0130 x 10 ¹⁵

Fonte: Peixoto e Oort (1990)

À medida que a civilização se desenvolveu, o crescimento desordenado das cidades e a poluição dos mananciais, agravaram o acesso à água em qualidade e em quantidade satisfatórias. O ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado, fundamentalmente, pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre (TUCCI, 1993).

A superfície terrestre abrange os continentes e os oceanos, participando do ciclo hidrológico a camada que recobre os continentes (solos, rochas) e o reservatório formado pelos oceanos. A atmosfera também possui uma diversidade de condições físicas importante. Entretanto, a maioria dos fenômenos meteorológicos acontece na fina camada inferior da atmosfera com 8 à 16 km de espessura, chamada de troposfera, onde está contida quase toda a totalidade da umidade atmosférica, cerca de 90%. Logo acima da troposfera está situada a estratosfera, com espessura entre 40 e 70 km, cuja importância é a de conter a camada de ozônio que é reguladora da radiação solar, que atinge a superfície terrestre, principal fonte de energia do ciclo hidrológico (TUCCI, 1993).

O ciclo hidrológico se inicia a partir do vapor de água presente na atmosfera que, sob determinadas condições meteorológicas, é condensado formando microgotículas de água que são mantidas suspensas no ar devido à turbulência natural. O agrupamento destas

microgotículas formam as nuvens. Por meio da dinâmica das massas de ar, acontece a principal transferência de água da atmosfera para a superfície terrestre, denominada de precipitação.

A precipitação ocorre quando a aglutinação e o crescimento das microgotículas em nuvens formam uma grande quantidade de gotas com tamanho e peso suficientes para que a força da gravidade supere a turbulência normal ou movimentos ascendentes do meio atmosférico. Quando o vapor de água se transforma em cristais de gelo e estes atingem tamanhos e peso suficientes, a precipitação pode ocorrer na forma de neve ou granizo.

No trajeto em direção à superfície terrestre parte da precipitação sofre evaporação, porém a água que atinge o solo segue diversos caminhos. Como o solo é um meio poroso, ocorre infiltração, enquanto a superfície do solo não se satura. A umidade do solo é aproveitada em parte pelos vegetais, que a absorvem pelas raízes e a devolvem à atmosfera por meio da transpiração, na forma de vapor de água. O volume que os vegetais não absorvem é percolado e passa a fazer parte do freático.

O escoamento superficial ocorre devido à gravidade, onde a água é impulsionada para as cotas mais baixas, vencendo o atrito com a superfície do solo. Em qualquer tempo e local por onde circula a água na superfície terrestre, seja nos continentes ou oceanos, há evaporação, fenômeno responsável por fechar o ciclo hidrológico (Figura 1).

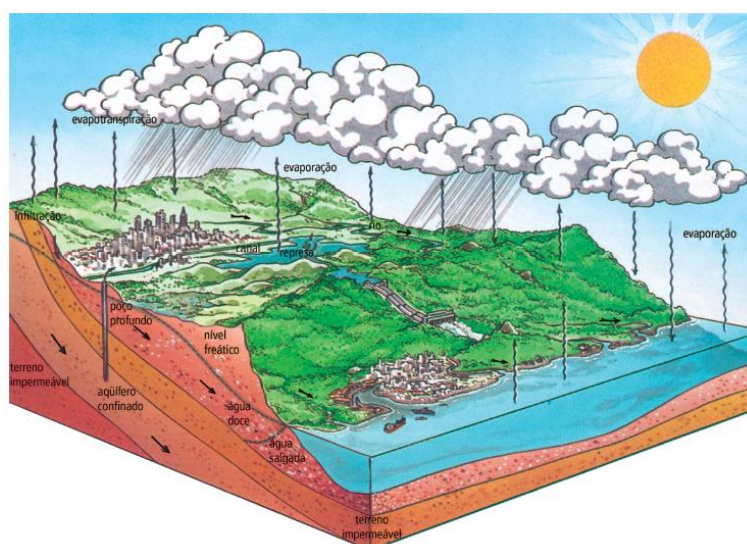


Figura 1 – Esquema simplificado do ciclo hidrológico. Fonte: DAEE (1989).

3.3. LEGISLAÇÃO PARA A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A constituição Federal de 1988 estabeleceu que a água é um bem de domínio público, que pertence aos estados e à União. No caso das águas superficiais, elas podem ser de

domínio do Estado ou da União, quando rios fazem divisa ou atravessam mais de um estado. Por outro lado, as águas subterrâneas pertencem aos estados.

A Lei Federal de nº 9.433/1997 – Lei das Águas - instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. O conflito dos usos dos recursos hídricos decorre de um contexto onde coexistem os seguintes fatores: múltiplos usos da água, muitos usuários, demanda crescente e qualidade degradada da água. Assim, de acordo com as diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos, a gestão dos recursos hídricos deve ser feita de forma descentralizada e contar com a participação do poder público. Portanto, o planejamento do uso dos recursos hídricos deve ser feito pela União, por meio do Plano Nacional de Recursos Hídricos e pelos Estados, por meio dos Planos Estaduais de Recursos Hídricos e por bacia hidrográfica, pelos Planos de Bacia.

O órgão gestor dos recursos hídricos do Estado de São Paulo é o Departamento de Águas e Energia (DAEE), que é responsável pela outorga de utilização destes recursos. Também no Estado de São Paulo, o governo possui a Companhia Estadual de Tecnologia do Estado de São Paulo (CETESB), que é responsável pela fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de poluição, com a preocupação fundamental de preservar e recuperar a qualidade das águas, do ar e do solo.

A Resolução CONAMA 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. A Resolução do CONAMA 430/2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes e complementa e altera a Resolução CONAMA 357/2005.

A Agência Nacional de Águas (ANA) foi criada como desdobramento da lei das Águas. A legislação atribui ao Poder Executivo Federal a tarefa de implementar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e a Política Nacional dos Recursos Hídricos. À ANA cabe disciplinar a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos de gestão criados pela Política Nacional de Recursos Hídricos.

De acordo com a ANA (2005), a água pluvial pode ser aproveitada, desde que sejam realizados o controle de qualidade e a verificação da necessidade de tratamento específico.

A norma NBR 15.527/2007 dispõe sobre aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis em coberturas de residências em áreas urbanas e estabelece os usos não potáveis para as águas de chuva, após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas, lavagem de veículos e calçadas entre outros. Segundo esta norma a água da chuva é resultante de precipitações atmosféricas coletadas em

coberturas, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais e água não potável é aquela que não atende a Portaria de Potabilidade 2914/2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

3.4. SISTEMA CONVENCIONAL DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

Segundo a definição da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA, 2015), um sistema convencional de abastecimento público de água inicia-se pela captação da água bruta de um manancial, que passa por tratamento adequado para torná-la potável e segue para o sistema de distribuição, de onde é conduzida aos consumidores. O sistema deve ser dimensionado de acordo com o tamanho da população a ser atendida e varia de acordo com as atividades domésticas e econômicas desenvolvidas em pequenas comunidades até grandes metrópoles.

O sistema deve ser composto por 5 etapas:

- Captação;
- Adução;
- Tratamento;
- Reservação;
- Distribuição;

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O projeto do sistema de captação das águas de chuva foi executado em uma residência do município de Barueri (SP), na região metropolitana de São Paulo. Segundo o senso demográfico de 2010 (IBGE 2010), o município possui 240.646 habitantes fixos e uma população flutuante de 170.000 pessoas.

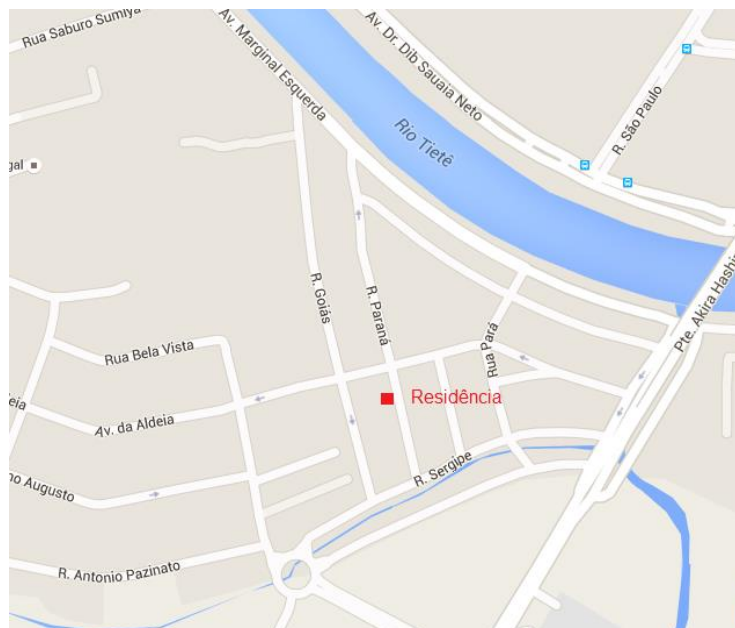
Ao norte, Barueri faz divisa com o município de Santana de Parnaíba, a nordeste com o município de São Paulo, a leste com o município de Osasco, a sudeste com o município de Carapicuíba, ao sul e sudoeste com Jandira e a oeste com Itapevi. Possui uma área de 64.167 km² e altitude de 740m, entre as coordenadas 20°30'42,84'' de Latitude e 46°52'26,55'' de Longitude. A seguir, nas figuras 2 e 3 são apresentados, respectivamente, a localização do município de Barueri e o mapa de localização da residência onde o projeto foi executado.

Figura 2 – Região Metropolitana de São Paulo.



Fonte: <http://www.baixarmapas.com.br/sao-paulo-rmsp/>

Figura 3 – Mapa de localização da residência onde foi executado o projeto do sistema de captação das águas de chuva, no município de Barueri (SP).



Fonte: <http://www.maps.google.com.br/>

4.2. ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE CAPTAÇÃO

De acordo com a NBR 15.527/2007, o volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como, da eficiência do sistema de captação e pode ser calculado pela equação:

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

Em que:

V = volume anual (m³);

P = precipitação média anual (mm);

A = área de captação (m²);

C = coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

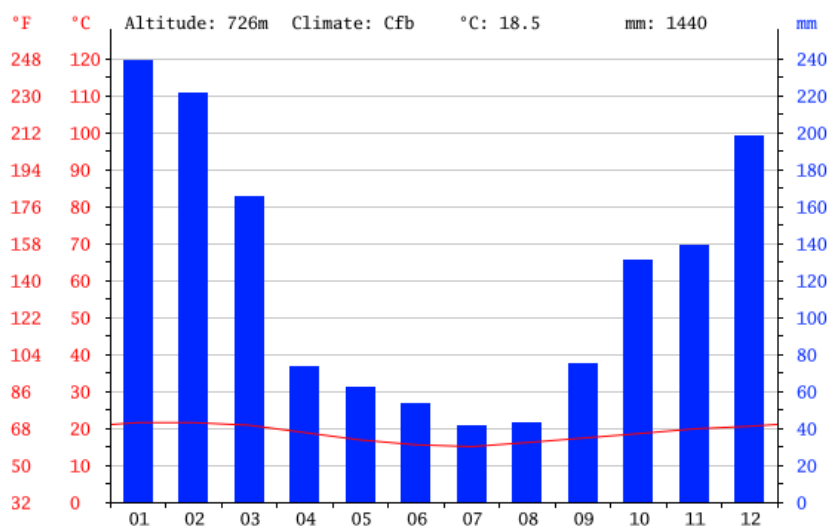
η = eficiência do sistema de captação;

4.3. CÁLCULO DO ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO

O município de Barueri apresenta um clima quente e temperado e possui uma pluviosidade significativa ao longo do ano, o que viabiliza a instalação do sistema de captação de água de chuva. A temperatura média do município é de 18,5°C e a pluviosidade média

anual é de 1440 mm. O mês de menor pluviosidade é julho, com 41mm de precipitação e o mês de maior pluviosidade é janeiro, com 239mm (Figura 4).

Figura 4 – Dados climáticos do município de Barueri (SP).



Fonte: <http://pt.climate-data.org/location/10724/>

4.4. DEFINIÇÃO DA ÁREA DE CAPTAÇÃO

Segundo a NBR 15.527/2007 a área de captação é medida em metros quadrados, sendo utilizada somente a projeção horizontal da superfície impermeável da cobertura. A área de captação da residência utilizada nesse estudo correspondeu à metade do telhado, que projetada verticalmente totalizou 55 m².

4.5. DEFINIÇÃO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Segundo os valores recomendados pela American Society of Civil Engineers (ASCE, 1969), o coeficiente de escoamento superficial (C) para telhados variam de 0,75 a 0,95. para Neste projeto, foi adotado o valor médio de 0,85 (Quadro 3).

Quadro 3 – Valores de coeficiente de escoamento superficial (C).

Valores de C recomendados pela ASCE (1969)		
superfície	Coeficiente de <i>runoff</i> , C	
	intervalo	valor esperado
• pavimento		
asfalto	0,70 - 0,95	0,83
concreto	0,80 - 0,95	0,88
calçadas	0,75 - 0,85	0,80
telhado	0,75 - 0,95	0,85
• cobertura: grama solo arenoso		
pequena declividade (2%)	0,05 - 0,10	0,08
declividade média (2 a 7%)	0,10 - 0,15	0,13
forte declividade (7%)	0,15 - 0,20	0,18
• cobertura: grama solo pesado		
pequena declividade (2%)	0,13 - 0,17	0,15
declividade média (2 a 7%)	0,18 - 0,22	0,20
forte declividade (7%)	0,25 - 0,35	0,30

Fonte: American Society of Civil Engineers

4.6. EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO

Como foi citado anteriormente “ η ” representa a eficiência do sistema de captação. Este fator varia de acordo com o dispositivo de descarte de resíduos sólidos e desvio de escoamento superficial, caso este último seja utilizado. Levando em consideração que não há desvios de escoamento na área de captação e o sistema em estudo nesta monografia não possui sistema de descarte da chuva inicial, adotaremos um rendimento (η) = 0,95

4.7. ESTIMATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

Para a estimativa da demanda de água para fins não potáveis na residência utilizada neste estudo foram considerados os dados apresentados por Tomaz (2003), conforme o Quadro 4.

Quadro 4 – Demandas externas de água não potável

Demandas externas de água não potável		
Uso da Água	Faixa de valores	Frequência de uso
Rega de gramado ou jardim	2 L/dia/m ²	8 – 12 regas/mês
Lavagem de veículos	80 – 150 L/lavagem/carro	1 – 4 lavagens/mês
Mangueira de jardim	50 L/dia	20 vezes/mês

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003).

A residência possui: 10m² de jardim, que é regado 10 vezes por mês, ou seja, consome 200L de água tratada por mês.

Lavagem de veículo: 2 vezes (1 unidade), considerando 130L por lavagem, logo são gastos 260L por mês com essa atividade.

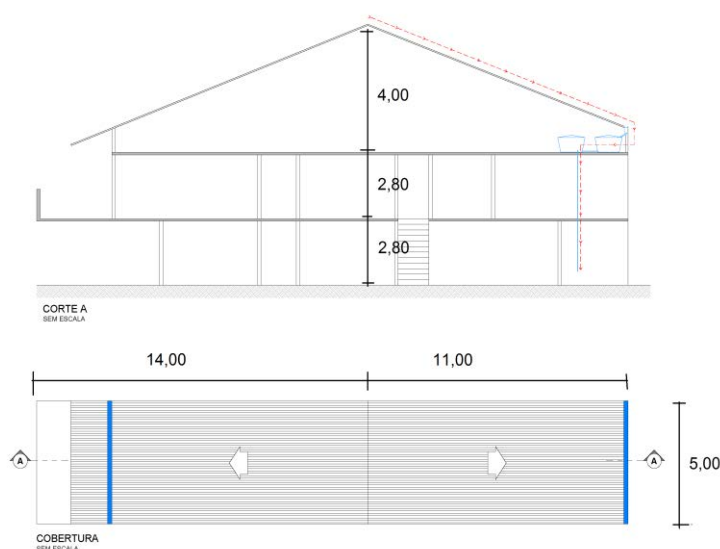
Limpeza do quintal: a mangueira de jardim é utilizada 20 vezes por mês, sendo gastos 1000L por mês com essa atividade.

Total de demanda externa estimada na residência: 1.460L mês⁻¹.

4.8. APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

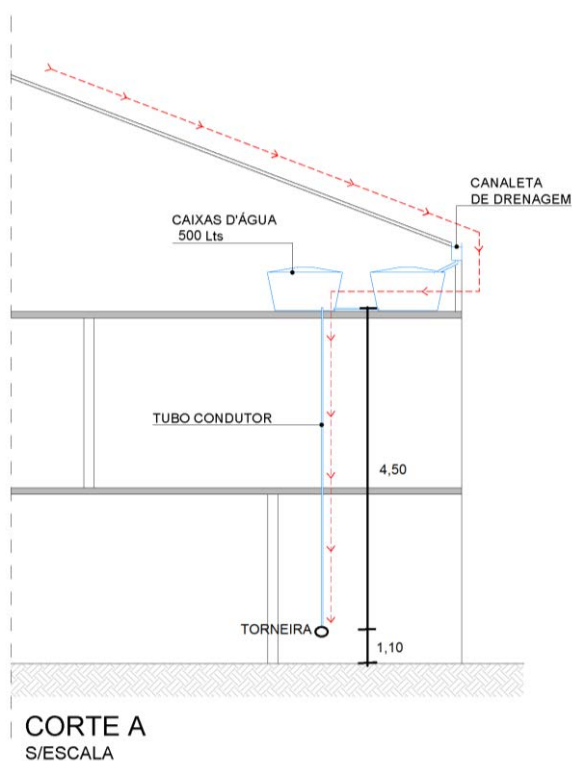
O sistema de aproveitamento da água de chuva aplicado na residência de Barueri consistiu de um sistema de captação, condução, armazenamento e utilização da água para fins não potáveis, como lavagem de quintal, de carros e de calçada e irrigação de jardins. No projeto, a água da chuva captada no telhado escoa para uma canaleta e é conduzida aos reservatórios ou é eliminada pelo sistema de descarte, caso o reservatório ou a vazão seja muito grande e a água reservada é conduzida até a torneira de saída. Na figura 5 é apresentado um esquema simplificado do sistema de captação da água de chuva na residência, onde o projeto foi executado e na figura 6 pode ser observado o detalhe do sistema de aproveitamento de chuva.

Figura 5 – Esquema simplificado do sistema de captação de água de chuva, desenvolvido para uma residência do município de Barueri (SP).



Fonte: Autoria própria

Figura 6 – Detalhe do sistema de captação de água de chuva, desenvolvido para uma residência do município de Barueri (SP).



Fonte: Autoria própria

4.9. . CALHAS E CONDUTORES

A calha de captação foi feita de chapa galvanizada lisa, resistente à corrosão e à elevadas temperaturas, requisitos que atendem a NBR 15.527/2007. Os condutores horizontais utilizados são de PVC rígido, pré-requisito que atende a NBR 10.844/1989, que dispõe sobre as instalações prediais de águas pluviais.

4.10. GRELHA

À montante do sistema foi instalada uma grelha sobre a calha de captação para o barramento de partículas maiores, como folhas, gravetos e sujidades, permitindo o aproveitamento da água da chuva de qualquer área de captação do telhado.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

Para o desenvolvimento desse estudo foi considerado o reuso direto planejado da água de chuva, sendo as águas captadas, filtradas, armazenadas em caixas d'água e direcionadas para a torneira da área de serviço da residência do município de Barueri (SP). Como medida de segurança, os reservatórios foram cobertos e lacrados, evitando com isso, o risco de reprodução do mosquito da dengue.

De acordo com as metodologias apresentadas no item Material e Métodos, foram obtidos os seguintes resultados:

- Captação de água anual: $55 \times 1400 \times 0,85 \times 0,95 = 74,61\text{m}^3$
- Captação de água no mês de maior precipitação: $55 \times 239 \times 0,85 \times 0,95 = 10,62\text{m}^3$
- Captação de água no mês de menor precipitação: $55 \times 41 \times 0,85 \times 0,95 = 1,82\text{m}^3$
- Total de demanda externa estimada na residência de Barueri de 125m^2 : 1.460 L mês^{-1} ou $1,46\text{m}^3$ por mês.

5.2. SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

O sistema de distribuição utilizado para a condução da água de chuva captada para os reservatórios pode ser observado na Figura 7.

Figura 7 - Sistema de distribuição utilizado para a condução da água de chuva captada para os reservatórios, instalado na residência do município de Barueri (SP).



Fonte: Autoria própria

Este dispositivo foi desenvolvido com extravasadores laterais para evitar o turbilhonamento quando a vazão de enchimento é muito grande, evitando a suspensão de partículas e o arraste de materiais flutuantes. Também foi acoplado um dispositivo ladrão, para quando os reservatórios atingirem a capacidade máxima de reservação. Neste caso, o excesso de água será conduzido pelo ladrão até o condutor acoplado à jusante dos extravasadores laterais. Ao final do condutor que alimenta a caixa d'água foi instalado um filtro em forma de sacola, feito de nylon, para a retenção de partículas grandes. O sistema precisa de manutenção, sendo que, a limpeza desse filtro deverá ser realizada a cada seis meses.

5.3 RESERVATÓRIOS

A água captada foi conduzida para reservação em duas caixas d'água de polietileno com capacidade de 500L, interligadas. Em cada reservatório foi instalado dispositivo de esgotamento (ladrão), cobertura e ventilação. Esses reservatórios foram posicionados próximo à calha de captação e acima da lavanderia para que a distância de condução da água de chuva fosse mínima entre a região à montante (calha) e a jusante (torneira). Na figura 8 podem ser observados os reservatórios.

Figura 8 - Reservatórios: caixas d'água (1 e 2) instaladas na residência do município de Barueri (SP) à esquerda; Reservatório com a capacidade máxima de reservação à direita.

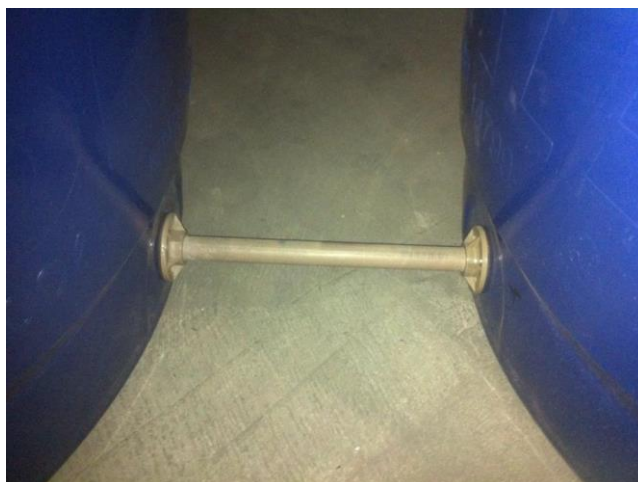


Fonte: Autoria própria

Além do dispositivo extravasador acoplado, as caixas estão interligadas para que a primeira receba a água de chuva captada e, por meio da conexão, a água seja conduzida à segunda caixa. Essa disposição evita o turbilhonamento das partículas dentro da segunda

caixa d'água. A conexão entre as caixas d'água pode ser observada na figura 9. A descida d'água é instalada dentro da caixa 2, por onde ocorre a retirada da água captada para a utilização em atividades externas que não exigem potabilidade

Figura 9 - Detalhe da conexão entre as caixas d'água, utilizadas como reservatório no sistema de captação de água da chuva no município de Barueri (SP).



Fonte: Autoria própria

5.4. CANALIZAÇÃO DA ÁGUA RESERVADA PARA A TORNEIRA DE UTILIZAÇÃO

Na figura 10 pode ser observado o sistema de condução da água reservada na segunda caixa d'água até a torneira da área de serviço, onde a água de chuva poderá ser utilizada nas atividades que não exigem potabilidade.

Figura 10: Sistema de condução da água de chuva reservada até a torneira da área de serviço da residência do município de Barueri (SP).



Fonte: Autoria própria

Na figura 11 pode ser observada a canalização instalada para a condução do excedente de água de chuva retirado pelo ladrão e pelo extravasador, para a rua.

Figura 11 - Canalização para condução do excedente de água de chuva do sistema de captação ao sistema de drenagem urbana do município de Barueri (SP).



Fonte: Autoria própria

5.5.CUSTO DO SISTEMA

No Quadro 5 são apresentados os custos com materiais e mão de obra utilizados na execução do sistema de captação de água de chuva.

Quadro 5 - Custos com materiais e mão de obra da implantação do projeto de captação de água de chuva em uma residência do município de Barueri (SP).

Material	Custo (R\$)
Caixas d'água	350,00
Tubulações	40,00
Conexões	20,00
Cola	8,00
Mão francesa	10,00
Calha	70,00
Grelha	50,00
Mão de obra	150,00
Total	698,00

Fonte: Autoria própria

5.6.RETORNO FINANCEIRO

No Quadro 6 são apresentadas as tarifas estabelecidas pela Sabesp para os serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto para o município de Barueri.

Quadro 6- Tarifas aplicadas pela Sabesp para cada faixa de consumo residencial no município de Barueri (SP)

Classes de consumo m³/mês	Tarifas de água - (em R\$)	Tarifas de esgoto - (em R\$)
Residencial / Comum		
0 a 10	20,64 /mês	20,64 /mês
11 a 20	3,23 /m³	3,23 /m³
21 a 30	8,07 /m³	8,07 /m³
31 a 50	8,07 /m³	8,07 /m³
acima de 50	8,89 /m³	8,89 /m³

Fonte: Autoria própria

Como a demanda externa de água não potável calculado foi de 1.460L mês^{-1} , a economia foi de $\text{R\$}20,64\text{ mês}^{-1}$. Portanto, o retorno deste investimento ocorrerá em 34 meses, o que torna este projeto economicamente viável, sendo um diferencial entre o empecilho do elevado custo, como foi concluído no trabalho projetado para um condomínio citado no referencial teórico desta monografia .

6. CONCLUSÕES

O cálculo da capacidade de captação de água de chuva, tomando como base os dados pluviométricos do município de Barueri, evidenciou a viabilidade de adoção do sistema projetado neste estudo, superando a estimativa de demanda de água para uso não potável na residência avaliada.

O sistema de captação de água de chuva proposto neste trabalho pode ser adotado por outras residências como solução para a captação de água pluvial para fins não potáveis, de forma economicamente viável e com a possibilidade de retorno financeiro em 34 meses.

Esse sistema pode ser uma ótima proposta para a diminuição da pressão sobre a demanda dos sistemas de captação tradicionais, pois possui um retorno financeiro rápido com a economia gerada sobre as taxas de abastecimento público, além de utilizar materiais de baixo custo e com grande disponibilidade no mercado.

A água de chuva é um recurso valioso, que deve ser explorado de forma mais eficiente para atender a demanda populacional e proteger a saúde pública. Para garantir a conservação dos recursos hídricos é importante que as políticas públicas incluam o aproveitamento da água de chuva nos programas de gestão sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARLOS E.M. TUCCI. – **Hidrologia ciencia e aplicação**. São Paulo: Editora, 1993.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Avaliação de diretrizes e programas nacionais para o PNRH: síntese, comentários e recomendações**. Brasília: Unesco 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527**: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12.217** – Projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento publico, Rio de Janeiro, 1994.

BRASIL. **Constituição Federal** (1988). Brasília: Senado Federal, 1988.

BREGA FILHO. **Reuso de Água**. Barueri: USP - Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações de Saúde Ambiental, 2003. 579p.

CARVALHO, I. ; SCOTTO G.. **Conflitos sócio-Ambientais no Brasil**. V.1. Rio de Janeiro: Green Ibase, 1995.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente – **RESOLUÇÃO 357** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>> Acesso em: 20 out 2015.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **Reuso de Água**. Barueri-SP. USP - Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações de Saúde Ambiental. 2003. 579p.

NETO, AZEVEDO. **Manual de hidráulica**. 6.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

MACHADO, JOSÉ. **Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil**. Brasília: MMA, 2006a, cap. 3, p. 48-53.

Resolução do CONAMA 357/2011 Disponível: <
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em 20 out 2015.

SABESP – Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em:
<<http://www.sabesp.com.br>>. Acesso em: 10 out 2015.

SILVA, Eduardo Rosa da. **Aproveitamento de água pluvial para consumo não potável em postos de combustíveis**. 2007. 75 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2007.

SABESP - **Plano Integrado de Saneamento Básico Regional do Município de Barueri**, Unidade de Negócio Oeste (MO) – São Paulo : Sabesp, 2011.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2007.

TOMAZ, P. **Economia de água para empresas e residências**. São Paulo: Navegar, 2001.