

APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: PROPOSTA DO USO DA ÁGUA DE CHUVA NA LAVAGEM DE VEÍCULOS

Fernanda Dias

Tecnóloga em Construção Civil pela Faculdade de Tecnologia - UNICAMP (2011). Graduanda em Engenharia Civil, pela Faculdade Anhanguera.

Endereço: Rua Tamoio, 906 - Jd. São Francisco - Santa Bárbara d'Oeste - SP - CEP: 13456-081 - País - Tel: +55 (19) 3459-5916 - e-mail: fer_dias2003@yahoo.com.br

RESUMO

A água, um dos mais importantes recursos naturais existentes para o homem, vem sofrendo um processo cada vez maior de degradação e escassez. Nessas circunstâncias, uma das formas de contribuir para a conservação da água é fazer uso do sistema de aproveitamento de água de chuva. A água de chuva pode ser utilizada para diversos fins, desde que sejam usos não potáveis, como descarga em vasos sanitários, lavagem de jardins, pisos e veículos e nos processos industriais. Apesar de apresentar muitas vantagens, principalmente com relação aos benefícios ambientais, o sistema necessita de cuidados e medidas básicas para garantir o mínimo de qualidade da água reservada. A viabilidade do sistema depende de um conjunto de fatores, como as características locais de precipitação e a demanda por água não-potável. Deve levar em conta também os custos iniciais de implantação, assim como o de manutenção. Este trabalho tem como objetivo maior realizar uma análise econômica para um sistema de aproveitamento de água de chuva na lavagem de veículos, utilizando o conceito de Valor Presente Líquido.

PALAVRAS-CHAVE: água de chuva, aproveitamento, viabilidade.

1. INTRODUÇÃO

No mundo, 97,5% da água é salgada. A água doce somente corresponde aos 2,5% restantes. Porém 68,9% da água doce estão congelados nas calotas polares do Ártico, Antártida e nas regiões montanhosas. (TOMAZ, 2005)

A água subterrânea compreende 29,9% do volume total de água doce do planeta. Somente 0,266% da água doce representa toda a água dos lagos, rios e reservatórios. O restante da água doce está na biomassa e na atmosfera sob a forma de vapor. (TOMAZ, 2005)

Villiers (2002 apud MAY, 2004) descreve que somente um terço da água que flui anualmente para o mar pode ser utilizada pelo homem. Desta quantidade, mais da metade já tem destino e está sendo utilizada. Muitas vezes, a água é encontrada na natureza degradada por esgotos, poluição industrial, produtos químicos, excesso de nutrientes e pragas de algas.

O crescimento da demanda e o crescimento populacional acentuado e desordenado são os principais fatores que influenciam no aumento do consumo de água, principalmente nos grandes centros urbanos. (MAY, 2004)

Outro aspecto relevante é que 81,2% da população do Brasil vive em áreas urbanas, sendo que aproximadamente 40% desta população está concentrada em 22 regiões metropolitanas (IBGE, 2000). Quando se analisa este panorama, não é difícil identificar áreas com problemas relacionados à escassez de água, como as regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre e Campinas, por exemplo. (NOGUEIRA, 2007)

Outros problemas bastante comuns e que agravam a escassez de água são a periodicidade do suprimento, a irregularidade do suprimento, o desmatamento, a poluição das nascentes, falta de saneamento, a expansão das cidades e a má gestão. (MAY, 2004) Ainda segundo May (2004), no Brasil, existe um grande desequilíbrio entre a concentração de água e população. Nas regiões onde há predominância das atividades industriais e

agrícolas existe uma pequena percentagem de volume de água, verificando-se o oposto nas regiões onde essas atividades não são intensas.

O principal vilão no consumo de água é a agricultura, principalmente, nos países do Terceiro Mundo. Enquanto na Europa e América do Norte, a indústria consome 55% e 48%, respectivamente, ou seja, o consumo maior é na área industrial, na América Latina e Caribe, Ásia e África, a agricultura consome 79%, 85% e 88%, respectivamente, da água disponível. A Oceania é o único continente em que 64% do uso da água está concentrado no setor doméstico (FOLHA DE SÃO PAULO, 1999 apud MACEDO, 2007).

A história do desenvolvimento da civilização poderia ser escrita em termos da preocupação épica do homem para com a água. Os problemas relativos à água sempre mereceram a atenção e imaginação criativa do homem para a sua solução, como atestam várias obras de engenharia, projetos de recursos hídricos, poços, aquedutos e barragens construídas no passado. (MACEDO, 2007)

No momento em que diversas cidades brasileiras experimentam dificuldades em manter de forma estável e com qualidade o abastecimento de água de suas populações, o desenvolvimento de novos modelos de saneamento se impõe estrategicamente na busca de uma sociedade autossustentável. Soluções que preservam a quantidade e a qualidade da água passam necessariamente por uma revisão do uso da água nas residências, tendo como meta a redução do consumo de água potável e, concomitantemente, da produção de águas residuárias. (PROSAB, 2011)

Dentre as fontes alternativas de águas, destaca-se a captação de água de chuvas para a irrigação, para o consumo humano e mais recentemente para usos menos nobres em residências. Entretanto, raras são as experiências relatadas sobre o uso combinado de água de chuva e de águas cinzas (não fecais) em residências e edificações. (PROSAB, 2011)

No Brasil, esse conceito não é novo, embora alguns fatores sociais e econômicos ainda restrinjam seu desenvolvimento, e a integração dentro do sistema tradicional urbano de água. (PROSAB, 2011)

2. OBJETIVOS

Com o crescimento da população, a demanda pela água será maior, mais indústrias serão instaladas, e com isso o problema da crescente degradação dos recursos hídricos. Isso nos traz a preocupação pela conservação da água, e juntamente com ela, a necessidade da difusão de técnicas de uso racional e sustentável da água.

O objetivo desse trabalho é realizar uma análise econômica e verificar a viabilidade de se implantar um sistema de aproveitamento de água de chuva em uma edificação, para fins não potáveis, na lavagem de veículos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Ciclo Hidrológico

A água possui 3 estados físicos (sólido, líquido e gasoso), porém a fase mais importante para o homem é justamente a líquida, na qual a água está disponível para pronta utilização. Isso torna o ciclo hidrológico um fenômeno natural essencial, uma vez que é através dele que a água retorna à superfície em forma de água doce. (MAY, 2004; TUNDISI, 2003)

O ciclo hidrológico depende de fatores como: a energia térmica solar, a força dos ventos, que transportam vapor d'água para os continentes e a força da gravidade responsável pelos fenômenos da precipitação, da infiltração e deslocamento das massas de água. A evaporação, a precipitação, a transpiração das plantas e a percolação, infiltração e a drenagem é o que movimentam o ciclo da água. (TUNDISI, 2003)

Contudo, o volume de água precipitado não é igualmente distribuído entre os continentes, países e regiões e, numa mesma região, essa distribuição também não é homogênea durante o ano. São vários os fatores que contribuem para isto: a quantidade de energia solar incidente, comportamento térmico dos continentes em relação aos oceanos, a quantidade de vapor de água, CO₂ e ozônio na atmosfera, os solos e coberturas vegetais, e a influência da rotação e inclinação do eixo terrestre na circulação atmosférica (razão da existência das estações do ano). Essa variabilidade nas manifestações do ciclo hidrológico pode causar problemas de escassez

e/ou excesso de água, demandando, assim, ações de gerenciamento. Mais a frente, será mostrada as diferentes situações de disponibilidade hídrica dos diversos países. (TUCCI, 2007; TUNDISI, 2003)

De uma maneira geral, a diferença entre disponibilidade hídrica e demanda de água pode ocorrer por dois motivos. O primeiro motivo se deve aos fenômenos naturais, como fora descrito anteriormente. O segundo está diretamente associado ao crescimento populacional, que além de ampliar a demanda pela água, ainda gera outros fatores como a degradação dos recursos hídricos, poluição, desmatamento e o crescimento das cidades, aumentando áreas impermeabilizadas. Esses fatores desequilibram o ciclo hidrológico, gerando poluição dos mananciais, enchentes e alteração do ciclo das chuvas. (NOGUEIRA, 2007)

Segundo Tucci (1994 apud GIACCHINI e FILHO, 2005), a urbanização das cidades provoca um aumento da vazão de águas pluviais em função da impermeabilização dos solos e da redução do tempo de escoamento.

A chuva é o tipo de precipitação mais importante em hidrologia, pela sua capacidade de escoamento. A disponibilidade de chuva numa bacia durante o ano é um fator essencial quando se quer quantificar, entre outros, o abastecimento de água doméstico e industrial e sua intensidade deve ser prevista nos casos de controle de inundação. (TUCCI, 2007)

No Brasil, principalmente em grandes cidades, as enchentes são um dos grandes problemas enfrentados, causando grandes problemas sociais, ambientais e econômicos. Em algumas cidades já existem Leis Municipais, a fim de prevenir enchentes, que tornam obrigatória a retenção da água da chuva na edificação. (SIKERMANN, 2003 apud GIACCHINI e FILHO, 2005)

Além do aumento de áreas impermeabilizadas, a urbanização também pode modificar o clima por causa do efeito “ilha de calor”. Com o aumento de áreas urbanizadas, as temperaturas máximas e mínimas anuais também tendem a aumentar. Mas além das mudanças nas temperaturas extremas, o calor armazenado em prédios e ruas pode causar convecção mais intensa e precipitação mais intensa e/ou mais freqüente, e a ocorrência de vendavais e granizo. (CAMPOS, 2009)

Segundo Villiers (2002 apud MAY, 2004), o ser humano precisa desenvolver conhecimentos e novas técnicas para administrar o uso da água de forma integrada, abrangente e de forma sustentável. Relata ainda que, com o crescimento populacional, o uso sustentável da água depende fundamentalmente da adaptação das pessoas ao ciclo da água.

3.2 Disponibilidade hídrica no Brasil

A disponibilidade de água tornou-se limitada pelo comprometimento de sua qualidade. A situação é alarmante: 63% dos depósitos de lixo no país estão em rios, lagos e restingas. Na região metropolitana de São Paulo, metade da água disponível está afetada pelos lixões que não têm qualquer tratamento sanitário. No Rio de Janeiro, diminuiu-se a oferta de água para fins de uso doméstico e industrial devido à poluição crescente por esgoto urbano. A Região Norte, que tem a maior reserva de água doce do Brasil, é a que mais contamina os recursos hídricos despejando agrotóxicos, mercúrio dos garimpos e lixo bruto nos rios (COMCIENCIA, 2004 apud MACEDO, 2007).

3.3 Conservação da água

A escassez de água, a perda da qualidade dos mananciais pela crescente poluição, associadas aos serviços de abastecimento público ineficientes, são fatores que têm despertado diversos setores da sociedade para a necessidade da conservação da água. (SILVA, 2007)

Segundo a WWF: “a definição mais aceita para desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro”.

A ONU afirma que faltará água potável para 40% da humanidade em 2050. Especialistas antecipam esse prazo para 2025. É um período de tempo relativamente curto. Isso mostra que ações precisam ser feitas rapidamente, visando à racionalização da água. (SILVA, 2007)

Algumas das alternativas para o abastecimento, e que estariam inseridas no contexto do desenvolvimento sustentável seriam o aproveitamento das águas pluviais, a dessalinização da água do mar, a reposição das águas subterrâneas e o reuso da água. Todas essas formas de obtenção de água propõe o uso dos recursos naturais de maneira equilibrada e sem prejuízos para as futuras gerações (AGENDA 21, 2001 apud GIACCHINI e FILHO, 2006)

Leal:Herrmann, 1999 apud MAY, 2004 relatam que o maior obstáculo ao uso de técnicas de conservação da água é a falta de gerenciamento eficiente. É fundamental, a fim de viabilizar qualquer proposta de desenvolvimento socioeconômico sustentável no país, que se garanta a disponibilidade de água tanto em quantidade como em qualidade, e se combata a cultura da abundância, do desperdício e da degradação.

Tomaz (2005) ainda afirma que precisa-se incentivar a população, através dos meios de comunicação, sobre a importância da conservação da água e de que forma isso pode ser feito.

No caso do sistema de reuso de água servida e aproveitamento de água de chuva como técnicas de conservação da água, é necessário que o governo atribua uma política de incentivo à implantação desses sistemas, que pode ser, por exemplo, na forma de abatimento em taxas ou impostos. (SOARES; GONÇALVES, 2001 apud MAY, 2004)

Novos conceitos para o gerenciamento de água de chuva, sejam em áreas urbanas ou rurais, estão surgindo praticamente em todas as partes do mundo. Outras medidas de racionalização que estão sendo tomadas por países mais desenvolvidos é o uso de bacias sanitárias de baixo consumo, isto é, seis litros/descarga, torneiras e chuveiros mais econômicos e índices de perda de água nos sistemas públicos menores que 10%. (SILVA, 2007; TOMAZ, 2005)

Isto não é realidade aqui no Brasil, pelo menos quando se fala em perda de água. Segundo levantamento do SNIS de 2007, a região Sudeste apresentou um índice de perdas de 38,8%. O Norte e Nordeste foram as regiões que apresentaram os maiores índices, de 56,7% e 44%, respectivamente.

Um projeto, incentivado pelo governo de Taiwan, chamado de Green Buildings, estabelece sete categorias de avaliação, as quais promovem eficientemente a qualidade ecológica do edifício. Uma dessas categorias seria a conservação da água, na qual os sistemas de reciclagem e aproveitamento de água de chuva apresentam avaliação especial, sendo aceitáveis somente edifícios que apresentarem economia de água potável maior que 20% do consumo total. (CHENG, 2001 apud MAY, 2004)

Para a região metropolitana de São Paulo, o uso da água de chuva, da água servida e do esgoto sanitário tratado, por exemplo, diminuiria a demanda de água que vem do sistema Cantareira, já que mais da metade da água utilizada por aquela região é importada de outras bacias. (TOMAZ, 2005)

Segundo Wright e Heaney (2001 apud TOMAZ, 2005) existem quatro etapas para o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos:

- Estimar a longo prazo o balanço hídrico, incluindo o uso da água interno, externo, necessidades de irrigação, precipitação, evaporação, infiltração, escoamento superficial (runoff), esgotos produzidos, etc;
- Avaliar os cenários futuros do uso do solo e as necessidades regionais, visando o controle de enchentes e os objetivos da qualidade da água;
- Identificar o controle na fonte para cada tipo de solo;
- Integrar as medidas de controle na fonte com a micro drenagem e a macro drenagem.

3.4 Aproveitamento de água de chuva

Neste trabalho iremos tratar sobre uma forma específica de uso da água de forma sustentável, o aproveitamento de águas pluviais.

Os principais motivos que levam à decisão para se utilizar água de chuva, segundo Macedo (2007) são basicamente os seguintes:

- Conscientização e sensibilidade da necessidade da conservação da água;
- Região com disponibilidade hídrica menor que 1200 m³/habitante x ano;

- Elevadas tarifas de água das concessionárias públicas;
- Retorno dos investimentos (payback) muito rápido;
- Instabilidade do fornecimento de água pública;
- Exigência de lei específica;
- Locais onde a estiagem é maior que 5 meses;
- Locais ou regiões onde o índice de aridez seja menor ou igual a 0,50 (semiárido brasileiro).

A disseminação de informações, referentes principalmente ao risco de escassez de água, tem aumentado a conscientização da população com relação à utilização desse recurso. A captação da água de chuva constitui uma alternativa eficaz, tanto na disponibilização de água “de boa qualidade” em diversas regiões, como para controlar a vazão nos escoamentos superficiais das cidades. (MAY, 2004)

A técnica de aproveitamento da água de chuva está sendo utilizada principalmente por atividades em que a demanda por água não potável é grande, como indústrias, escolas, postos de gasolina e lava jatos. No caso das entidades citadas, a técnica se torna vantajosa, pois acarreta uma grande economia no consumo de água tratada, com conseqüente diminuição dos custos. Contudo, é necessário que se faça uma análise preliminar de viabilidade técnica e econômica. (GIACCHINI e FILHO, 2006; MAY, 2004)

Soares et al (1999 apud MAY, 2004) relataram que a água de chuva pode ser aplicada na lavagem de vasos sanitários, sistemas de ar condicionado, sistemas de controle de incêndio, lavagem de veículos, lavagem de pisos e ainda na irrigação de jardins. No caso de indústrias, pode ser utilizada no resfriamento de telhados e máquinas, climatização interna, lavanderia industrial, lava jatos de caminhões, carros e ônibus e limpeza industrial.

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. (GIACCHINI e FILHO, 2006)

Dentro do novo paradigma de desenvolvimento urbano, algumas cidades brasileiras já aprovaram leis que obrigam captar e armazenar a água da chuva na própria edificação, visando principalmente a prevenção de enchentes. (GIACCHINI e FILHO, 2005)

Antes da implantação do sistema de aproveitamento da água de chuva, entretanto, é preciso se fazer uma análise holística da edificação para que dentro do contexto construtivo sejam considerados e avaliados os aspectos arquitetônicos, hidráulicos, estruturais, econômicos e ambientais da obra. (GIACCHINI e FILHO, 2006)

Para coletar água de chuva é necessário fazer uso de áreas impermeáveis. É aconselhável que a área de coleta em uma edificação seja o telhado. Tomaz (2005) lembra que a captação também pode ser feita através de superfície impermeabilizada sobre o solo.

Todavia, o telhado é uma superfície exposta a animais e, portanto, propícia a conter fezes ou até mesmo animais mortos, além de poeira, galhos, folhas e outros objetos. Nesse caso, então, é recomendável o descarte dos primeiros volumes de água, responsável pela limpeza do telhado, sobretudo após longo período de estiagem. (MAY, 2004)

Podem-se executar, simultaneamente, dois reservatórios, sendo um para aproveitamento de água de chuva e outro para controle de enchentes (piscininha). Lembrando, porém, que as piscininhas captam toda a água que cai no imóvel, ou seja, telhado, piso, etc. Enquanto que, para a água de chuva, devido à necessidade de preservar sua qualidade, sempre é captado a água do telhado. De modo geral, as duas cisternas localizam-se em lugares separados, pois a qualidade requerida é diferente. (TOMAZ, 2005)

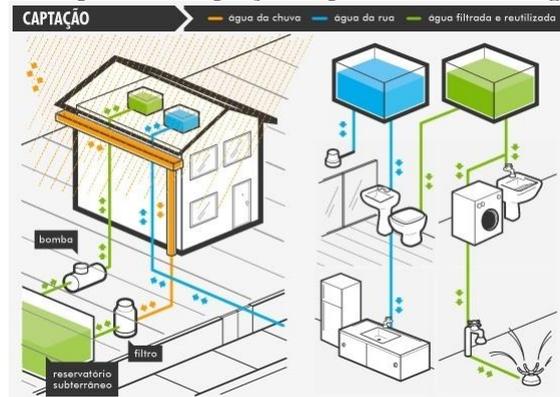
3.5 Sistema

A norma ABNT NBR 15.527 fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis e se aplica a usos em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos

industriais. A norma dispõe sobre a concepção do sistema de aproveitamento de água de chuva, calhas e condutores, reservatório, instalações prediais, qualidade da água armazenada, bombeamento e manutenção.

De um modo geral, o sistema de aproveitamento de água de chuva funciona da seguinte forma: a água de chuva é interceptada por uma área de captação (geralmente o telhado), que através de condutores horizontais e verticais é levada até um reservatório. Antes de chegar ao reservatório, entretanto a água de chuva tem de passar por um filtro e um sistema de descarte das primeiras águas, garantindo assim, uma maior qualidade da água armazenada. Dependendo do fim a que se destina, é necessário a instalação de bombas de sucção e tubulação de recalque, além de um outro reservatório elevado. Um esquema geral desse sistema em uma edificação pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Esquema de captação e aproveitamento de água da chuva



Fonte: Natural no construído

3.5.1 Componentes principais do sistema

Área de captação

Segundo a ABNT, área de captação é a área, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada. Geralmente são os telhados. Podem ser telhas cerâmicas, de fibrocimento, zinco, ferro galvanizado, concreto armado, plástico, telhado plano revestido com asfalto, vidro, manta asfáltica, etc.

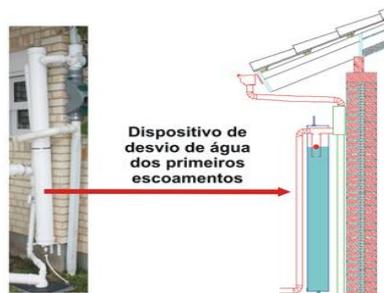
Calhas e condutores

Para captação da água de chuva são necessárias calhas e coletores de águas pluviais que podem ser de PVC ou metálicos. As calhas e condutores horizontais e verticais devem atender à ABNT NBR 10844. Devem ser observados o período de retorno escolhido, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica. (ABNT)

By Pass

Segundo a ABNT, a primeira chuva, ou escoamento inicial é a água proveniente da área de captação suficiente para carregar a poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos. Esse escoamento inicial pode ser removido manualmente com uso de tubulações, as quais podem ser desviadas do reservatório; ou automaticamente, através de dispositivos de autolimpeza em que o homem não precisa fazer nenhuma operação, como nas Figuras 2 e 3. O que a ABNT recomenda, porém, é que seja usado o dispositivo automático, que deve ser dimensionado pelo projetista. Na falta de dados, recomenda-se o descarte de 2 mm da precipitação inicial.

Figura 2 - Dispositivo de descarte de água das primeiras chuvas, fabricado com tubos e conexões de PVC



Fonte: Eletrosul (2011)

Figura 3 - Dispositivo de descarte de água das primeiras chuvas, utilizando bombonas plásticas



Fonte: Eltrosul

Em ambos, o funcionamento é o mesmo. Quando o dispositivo ou bombona enche, ou seja, recebe a água da primeira chuva, a boia fecha a entrada, e a água da chuva passa a escoar para o reservatório.

Peneira

Segundo a ABNT devem ser instalados dispositivos para remoção de detritos, que podem ser, por exemplo, grades e telas que atendam à ABNT NBR 12213.

Para remover materiais em suspensão, como folhas e galhos, e não ocorrerem entupimentos nos condutores que levam a água até o reservatório de autolimpeza ou outro dispositivo, usa-se peneiras com tela de 0,2cm a 1,0cm. Essa peneira pode percorrer toda a calha ou pode-se utilizar um dispositivo na saída da calha como na Figura 4. As peneiras não retêm micróbios e contaminantes químicos e devem ser limpas frequentemente. (MAY, 2004; TOMAZ, 2005)

Figura 4 - Dispositivo de descarte de sólidos instalado na tubulação de água pluvial



Fonte: Eletrosul

Reservatório

Pode estar apoiado, enterrado ou elevado. O reservatório pode ser feito dos mais variados tipos de materiais: concreto armado, alvenaria de tijolos comuns, alvenaria de bloco armado, plásticos, poliéster, plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV), polietileno, polipropileno, etc.

Os reservatórios devem atender à ABNT NBR 12217. A retirada de água deve ser feita próxima à superfície. Recomenda-se que a retirada seja feita a 15 cm da superfície. (ABNT)

Segundo May (2004), no semiárido brasileiro é bastante utilizada a cisterna de argamassa de cimento, reforçada com arame e tela, cuja parede é composta de quatro camadas sucessivas de argamassa de cimento, ligadas entre si com pouco mais de um centímetro de espessura cada. No centro das quatro camadas encontra-se uma única camada de tela de galinheiro e arame galvanizado com espaçamento entre cinco e dez centímetros.

Uma pesquisa feita na Alemanha mostrou muitos vazamentos em reservatórios elaborados em anéis pré-fabricados de concreto armado e em filtros que requeriam manutenção excessiva. (TOMAZ, 2005)

Durabilidade e Manutenção dos reservatórios

Segundo estudo comparativo entre reservatórios de concreto armado, fibra de vidro e polietileno, Biazin (2010) relata que os reservatórios produzidos em polietileno e fibra de vidro são mais leves, mais fáceis de serem limpos e manuseados, tendo que ter cuidado apenas com o local que vai servir de base. Caso não haja nenhum problema durante o transporte ou içamento dos reservatórios de fibra de vidro ou de polietileno, esses irão possuir uma durabilidade e resistência eterna.

A fibra de vidro não sofre deformações apreciáveis com variações de temperatura e umidade. Materiais produzidos com fibra de vidro geralmente apresentam excelentes propriedades mecânicas e baixa densidade. Além disso, possui a vantagem da rapidez na execução. Uma desvantagem encontrada sobre o uso dos reservatórios em fibra de vidro é a sua resistência ao fogo, principalmente quando comparado ao concreto armado, cujo tempo de resistência ao fogo é significativamente superior.

O polietileno é quimicamente inerte, sendo um dos tipos de plástico mais barato e mais comum, possuindo uma alta produção mundial. Os reservatórios para grandes capacidades são produzidos por polietileno de alta densidade, o que garante 100% de impermeabilidade e elevada resistência mecânica.

Já o concreto armado tem a vantagem de ser moldado e, assim, dá maior liberdade ao projetista. É um material durável, desde que seja bem executado. Entretanto, esse tipo de reservatório necessita de impermeabilização, para garantir a integridade da estrutura.

Outros pontos importantes a observar, é que o reservatório de concreto armado possui peso próprio muito grande, o que pode elevar bastante o seu custo. Muitas vezes, por ser um bom condutor de calor, necessita de associações com outros materiais isolantes térmicos, como a cinasita. Na sua execução, é necessário o uso de formas e/ou escoramentos, o que contribui para encarecer esse tipo de reservatório.

Enfim, de um modo geral, o custo e o tempo para execução de um reservatório de concreto armado é muito superior se comparado aos de fibra de vidro e polietileno.

Extravasor

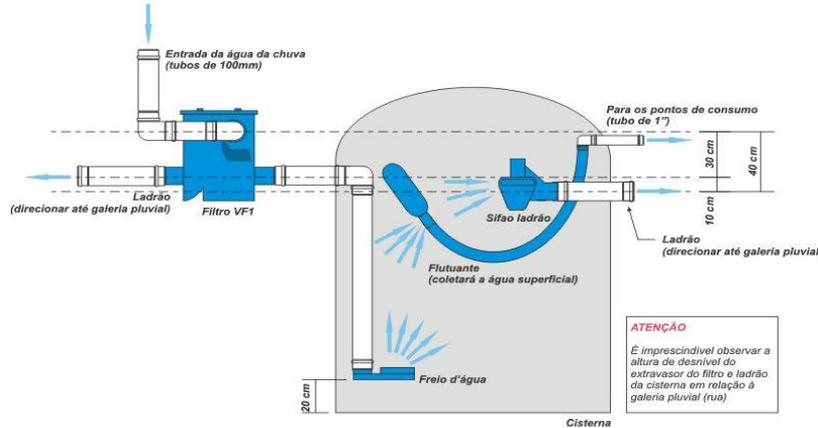
Deverá ser instalado no reservatório um extravasor (ladrão), que deverá possuir dispositivo para evitar a entrada de pequenos animais. O extravasor é feito de polietileno na cor preta e tem diâmetro de 100 mm. Existe um sifonamento para manter sempre um fecho hídrico. Na parte externa, existe uma estrutura de aço para impedir o acesso de ratos. (TOMAZ, 2005)

3.5.2 Dispositivos usados em reservatórios

Devem ser considerados no projeto: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. Deve ser minimizado o turbilhonamento, dificultando a ressuspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes. O reservatório, quando alimentado com água de outra fonte de suprimento de água

potável, deve possuir dispositivos que impeçam a conexão cruzada (ABNT). O esquema geral das instalações do reservatório pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Esquema das instalações hidráulicas de um reservatório



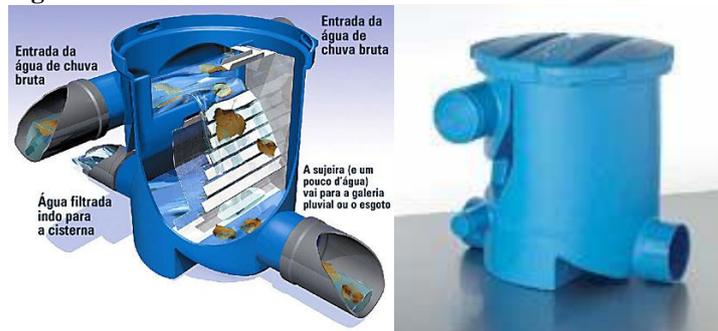
Fonte: Ecocasa

Tomaz (2005) lista alguns dos dispositivos utilizados nos reservatórios, como segue:

Filtro Volumétrico

O filtro volumétrico possui alto grau de eficiência, independentemente do volume que passa por ele, a perda aproximada de água é de 5%. O filtro elimina continuamente as sujeiras e é auto limpante (Figura 6). As revisões são feitas em grandes intervalos de tempo e o conjunto filtrante pode ser retirado facilmente para limpeza.

Figura 6 – Filtro volumétrico



Fonte: Ecocasa

Pode ser feito em polietileno ou aço inox, possui peneira em aço inox com tela de 0,26 mm e altura de 47 cm. O desnível entre entrada e saída é de 30 cm. Tem capacidade para processar a água de 2 x 175 m² de telhado para vazão de até 9 litros/segundo. Possui entrada para dois tubos de diâmetro 100 mm e descarga também em tubo de 100 mm. Lateralmente há canalização para introdução de água potável como alternativa de suprimento de água.

Extensão telescópica

É uma extensão em plástico que permite a colocação do filtro diretamente na terra, por cima do reservatório. Serve para os modelos VF1 e FU. Atinge a profundidade máxima de 90 cm e possui diâmetro de 50 cm. Tampa resistente ao peso de uma pessoa, com encaixe. Sua cor é verde e é feito de polietileno.

Cesta de coleta de sujeira para filtro

Para uso em sistema de infiltração de águas pluviais. Orifícios: 0,26 mm.

Haste para coleta de sujeira com filtro

Comprimento: 0,5m. Fácil montagem.

Boia para sucção de água

A água a ser retirada do reservatório não pode ser retirada do fundo e, sim, próxima à superfície. Para tanto, usa-se boia de plástico, onde na mesma está afixado tubo de 3/4" com o filtro de entrada para a sucção.

Peça direcionadora de fluxo

Feita em polietileno. Serve para direcionar o fluxo e evitar que os sedimentos depositados no fundo do reservatório sejam removidos com a entrada de água de chuva.

3.6 Coeficiente de Runoff (C)

Coeficiente de runoff ou coeficiente de escoamento superficial é aquele que representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando conforme a superfície. É representado pela letra "C". (ABNT)

Há sempre uma perda de água, seja pela limpeza do telhado, perda por evaporação, perdas na autolimpeza, etc., sendo que o volume de água aproveitado é sempre inferior ao volume de água precipitado. Essa relação que é determinada pelo coeficiente de runoff. (TOMAZ, 2005)

Ainda segundo Tomaz (2005), o melhor valor a ser adotado como coeficiente de runoff é $C=0,80$, ou seja, uma perda de 20% da água.

O coeficiente de runoff, além de influenciado pela superfície de coleta, também pode ser influenciado por muitos parâmetros locais, sendo difícil de avaliar, como por exemplo, os telhados que são projetados no sentido dominante do vento podem coletar maior quantidade de chuva do que aqueles projetados no sentido oposto. (MAY, 2004)

Na tabela 1 podem ser verificados valores médios de coeficiente de runoff, de acordo com o tipo de telha.

Tabela 1 – Coeficiente de runoff médios

Telhado de captação	Coeficiente de runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas corrugadas de metal	0,7 a 0,9

Fonte: Hofkes e Frasier(1996 apud TOMAZ, 2005)

3.7 Volume do reservatório

O volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial. (ABNT)

Segundo a ABNT, o volume dos reservatórios deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia. Incluem-se na concepção os estudos das séries históricas e sintéticas das precipitações da região onde será feito o projeto de aproveitamento de água de chuva, que podem ser obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, ou em outros órgãos estaduais e municipais.

Para o dimensionamento do reservatório, podem, a critério do projetista, ser utilizados os seguintes métodos:

- Método de Rippl;
- Método da simulação;
- Método Azevedo Neto;
- Método prático alemão;
- Método prático inglês;
- Método prático australiano.

3.8 Previsão de consumo de água não potável

Demanda é o consumo médio (mensal ou diário) a ser atendido para fins não potáveis. Essa demanda deve constar do projeto, além da população que utiliza a água de chuva. (ABNT)

Demanda interna é a utilização de água nos equipamentos localizados dentro da residência, onde poderá substituir a água potável pela água de chuva, como, por exemplo, o vaso sanitário e a máquina de lavar roupas. (SILVA, 2007)

As demandas externas são aquelas onde poderá ser utilizada a água de chuva para o uso na rega de jardim, na lavagem de áreas impermeabilizadas (pisos e calçadas), lavagem de carros e na manutenção da piscina. (SILVA, 2007)

Existe uma maneira de estimar o consumo de água potável residencial usando parâmetros de engenharia. Todavia, há uma grande dificuldade de se aplicar esses parâmetros, devido o grande volume de informações necessárias e, muitas vezes, nem sempre disponíveis. (TOMAZ, 2005)

A seguir, alguns parâmetros para consumo residencial de água, parâmetros esses, usados nos Estados Unidos, conforme Tabelas 2 e 3. Segundo Tomaz (2005), para o Brasil, esses dados são estimados.

Tabela 2 - Estimativas da demanda residencial de água para uso não potável em ambiente externo

Uso externo	Unidades	Valores
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	2
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira de jardim 1/2" x 20 m	Litros/dia	50

Fonte: Tomaz (2005), adaptado

Tabela 3 - Estimativas da demanda residencial de água para uso não potável em ambiente interno

Uso interno	Unidades	Valores
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	5
Volume de descarga	Litros/descarga	9
Máquina de lavar roupa	Carga/pessoa/dia	0,37
Volume de água	Litro/ciclo	108

Fonte: Tomaz (2005), adaptado

Observando os diferentes consumos de água residenciais dos países, verifica-se que a descarga na bacia sanitária representa um dos maiores volumes de água gastos, variando de 27% a 41%. Já segundo May (2004), 35% do consumo total de água destinam-se a fazer a descarga do vaso sanitário.

Tomaz (2005) comenta ainda que o consumo de água potável residencial no Brasil é bem semelhante ao da Alemanha que, por ordem decrescente de consumo, segue: banho e outros fins higiênicos, descarga em bacia sanitária, lavagem de roupa, lavagem de prato, limpeza e lavagem de carro e jardim, pequenos trabalhos e preparação de comida e para beber.

3.9 Cuidados com o sistema/reservatório

Os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano. 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. (ABNT)

Quando da utilização de produtos potencialmente nocivos à 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. (ABNT)

O sistema de distribuição de água de chuva deve ser independente do sistema de água potável, não permitindo a conexão cruzada. As tubulações e demais componentes devem ser claramente diferenciados das tubulações

de água potável. Os pontos de consumo, como, por exemplo, uma torneira de jardim, devem ser de uso restrito e identificados com placa de advertência com a seguinte inscrição "água não potável" e identificação gráfica. (ABNT)

Os reservatórios de água de distribuição de água potável e de água de chuva também devem ser separados. (ABNT)

Segundo a ABNT, deve-se realizar manutenção em todo o sistema de aproveitamento de água de chuva de acordo com a Tabela 4:

Tabela 4 – Frequência de manutenção

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

Fonte: ABNT

May (2004) ainda lista alguns outros cuidados especiais a serem tomados na instalação e manutenção do sistema, como segue:

- a tampa de inspeção deverá estar fechada;
- o reservatório de água de chuva deverá conter uma pequena declividade no fundo para facilitar a limpeza e retirada da lama;
- é aconselhável localizar o reservatório de acumulação de água de chuva próximo ao condutor vertical;
- numa estiagem prolongada, deverá ser previsto o reabastecimento do reservatório de água de chuva com água potável, em quantidades que garantam o consumo diário;
- a entrada de água potável no reservatório de água de chuva deverá estar acima da entrada de água de chuva para não retornar água de chuva na tubulação de água potável;

Segundo Giacchini e Filho (2006) é recomendável a instalação do reservatório de autolimpeza e que se faça uma manutenção toda vez em que houver uma precipitação mais intensa.

3.10 Qualidade da água

É preciso garantir que não aconteça a conexão cruzada, definida pela ABNT como qualquer ligação física através de peça, dispositivo ou outro arranjo que conecte duas tubulações das quais uma conduz água potável e a outra água de qualidade desconhecida ou não potável.

Água não potável é aquela que não atende à Portaria nº 518 do Ministério da Saúde. (ABNT)

Os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista. Para usos mais restritivos, deve ser observada a ABNT NBR 15.527.

Ainda segundo a ABNT, para desinfecção, a critério do projetista, pode-se utilizar derivado clorado, raios

ultravioleta, ozônio ou outros métodos. Em aplicações onde é necessário um residual desinfetante, deve ser usado derivado clorado. Quando utilizado o cloro residual livre, deve estar entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L.

Um parâmetro químico de grande importância na verificação da qualidade da água é a análise do potencial hidrogeniônico (pH) devido à sua influência na taxa de desenvolvimento de microrganismos, além de poder conferir à água características de corrosividade (pH baixo) ou potencial de formação de incrustações (pH alto) nas tubulações das instalações de abastecimento. (SILVA, 2007)

Juntamente com as análises bacteriológicas da água é de suma importância as adequações dos equipamentos instalados, tais como material da cisterna, filtro, vedação da cisterna, tipo de telhado, pois esses fatores podem ter papel preponderante e influenciar no resultado das análises bacteriológicas. (SILVA, 2007)

Existe uma relação entre o material da cobertura e a qualidade da água. Rocha et al (2009) verificaram que o telhado com telhas metálicas apresentou melhores resultados de qualidade da água comparado aos telhados com telhas de barro ou com telhas de cimento amianto. Isso não exclui, porém, a utilização dessas últimas.

Como foi descrito anteriormente, é necessário que se instale um dispositivo de descarte antes do reservatório, garantindo uma maior qualidade da água reservada.

Porfírio (2009) ressalta a importância do descarte da primeira água, pois com o passar do tempo de coleta, foi verificada redução da turbidez em quase 50%, além de outros parâmetros apresentarem melhores resultados com o tempo.

Ainda segundo Porfírio (2009), a maior concentração de matéria orgânica (DQO bruta) foi verificada nas amostras de água de chuva coletadas na cisterna, se comparado com o telhado, provavelmente devido ao acúmulo de resíduos depositados em seu interior.

3.11 Vantagens e Benefícios

Segundo estudos de Giacchini e Filho (2005) e entrevista feita com uma empresa de transporte, que utiliza a água de chuva na lavagem de veículos, apesar da frequência de lavagem de veículos aumentar no período de temporada de chuvas, ainda assim, há uma redução de 70% na tarifa mensal de água neste período. Além disso, esse sistema contribuir para a responsabilidade social e ambiental da empresa.

Segundo estudo de Giacchini e Filho (2006) realizado em uma indústria no município de Ponta Grossa, o aproveitamento de água de chuva, a fim de utilização nos processos produtivos, limpeza do prédio e descarga em vasos sanitários, poderia representar uma redução de aproximadamente 50% no consumo de água potável e uma consequente economia de recursos financeiros para a empresa, sendo possível em alguns meses do ano ultrapassar este índice.

Deve-se lembrar, porém, que cada caso possui suas peculiaridades. Tudo irá depender das características do local de implantação do sistema e dos dados disponíveis. Para se aumentar a confiabilidade das estimativas podem ser realizados estudos de aprofundamento estatístico na base de dados, permitindo o desenvolvimento de cálculo mais preciso para dimensionamento do sistema.

Nas atividades empresariais, comerciais e industriais, aproveitar a água de chuva, além de representar economia de água tratada e redução de custos, também pode contribuir na obtenção da certificação ambiental da norma ISO 14001. (GIACCHINI e FILHO, 2006)

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 consequente preservação dos mananciais de abastecimento e a inclusão social através da disponibilização deste recurso para toda a população. (GIACCHINI e FILHO, 2005)

Vale ressaltar que o uso de águas pluviais evita que seja desperdiçada uma água tratada na limpeza de jardins, gramados, descargas e outras aplicações industriais, que não necessitam de água potável. (SILVA, 2007)

Nos lugares assolados por estiagens prolongadas, utilizar a água de chuva pode ser questão de sobrevivência humana, pois em muitos casos esta é a única fonte de água, que muitas vezes é utilizada para fins potáveis. (GIACCHINI e FILHO, 2006)

No caso de cidades que apresentam problemas com enchentes, armazenar a água de chuva na própria

edificação significa amenizá-las ou ainda reduzir custos com a drenagem das águas pluviais, o que pode proporcionar melhores condições de vida para a população, evitando mortes e doenças e, ainda, possibilitando que os recursos financeiros do poder público sejam destinados para outros setores. (FENDRICH, 2002 apud GIACCHINI e FILHO, 2006)

3.12 Custo

Segundo Tomaz (2005), o custo da água armazenada, de aproveitamento de água de chuva, incluindo as canalizações, instalação elétrica, bomba centrífuga flutuante, dispositivo automático de limpeza com filtros, reservatório em polipropileno ou chapa de aço inox e demais acessórios, é de cerca de US\$ 200 por metro cúbico. Ainda segundo o autor com a economia de água, o investimento se paga em um ano.

Ainda segundo Tomaz (2005), o custo de quatro peças fundamentais como o filtro, a boia de sucção, o extravasor e peça direcionadora de fluxo, é de US\$ 525.

O reservatório de acumulação de água de chuva, por ser um dos componentes mais caros do sistema deve ser calculado, levando-se em consideração também, a disponibilidade de área para instalação. Em edificações que estejam em fase de projeto e construção, o reservatório de acumulação de água de chuva pode estar localizado na edificação de tal forma que resultem menos gastos com tubulações, reservatórios, energia elétrica, bomba de recalque, entre outros. (MAY, 2004)

O custo do reservatório é relativo. Além do custo inicial, de aquisição do reservatório, leva-se em conta também a facilidade na instalação/execução, a durabilidade e a manutenção, quando da escolha do tipo de material. De um modo geral, reservatórios de fibra de vidro apresentam um custo menor por m³ de água armazenada.

3.13 Período de retorno do investimento

A viabilidade do sistema depende basicamente de três fatores: precipitação, área de coleta e demanda. Se esses fatores forem elevados, o prazo de recuperação do investimento é curto, por exemplo, a utilização de água de chuva em postos de gasolina, em lavanderias, em indústrias, etc. (MAY, 2004)

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. (GIACCHINI e FILHO, 2005)

A coleta de água de chuva é um sistema de fácil manuseio, custo de implantação baixo, dependendo da tecnologia adotada, e retorno de investimento rápido em regiões onde a precipitação anual é relativamente elevada. (MAY, 2004)

Ainda segundo May (2004), a viabilidade do uso de água de chuva em edificações é caracterizada pela diminuição da demanda de água fornecida pelas companhias de saneamento, tendo como consequência a diminuição de custos com água potável e a redução do risco de enchentes em caso de chuvas fortes.

Em seu estudo, Hernandez et al (2004 apud SILVA, 2007) implantaram um sistema de aproveitamento de água de chuva em uma residência, cuja água seria destinada a suprir demandas de descarga de vasos sanitários, rega de jardim e lavagem de carros e pisos. O período de retorno calculado para esse sistema foi de 6 anos e 9 meses, levando-se em conta a economia com a água potável e embutindo-se o valor da tarifa de esgoto, que é cobrada em função do volume de água consumido.

May (2004), em seu estudo, concluiu que para um posto de gasolina, quanto maior o aproveitamento de água de chuva na lavagem de carros, maior é o ganho do sistema. Na implantação do sistema sem a utilização de financiamento, o payback ocorreu no 4º ano de operação. Já na implantação do sistema com a utilização de financiamento, o payback ocorreu no 5º ano de operação.

Já Silva (2007) concluiu em seu estudo, realizado em uma fábrica em Araras, SP e em uma escola em Limeira,

SP que, em se tratando de fluxo de caixa dos projetos, dificilmente se recupera o investimento inicial ao longo de 30 anos se considerar despesas de manutenção e operação do empreendimento.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de caso foi realizado em um prédio público existente em Santa Bárbara d'Oeste, onde conta-se com uma frota de 102 veículos, dentre veículos leves (carros) e pesados (caminhões, máquinas e tratores), todos eles lavados com água potável pelo próprio departamento. Verificando o alto número de veículos, foi estudada a viabilidade econômica de se implantar um sistema de aproveitamento de água de chuva no local.

A área hachurada é a cobertura onde será captada a água de chuva e conta com uma área de telhado de 2600 m². Foi analisado as condições de infraestrutura do local, resumidas na Tabela 5, e juntamente com isso realizou-se um projeto básico para um sistema de aproveitamento de água de chuva.

Tabela 5 – Condições de infraestrutura existente no local

Material	Situação in loco
Calha	existente
Condutores verticais	existente
Condutores horizontais	à implantar
Filtro	à implantar
Reservatório enterrado	à implantar
Freio d'água	à implantar
Flutuante	à implantar
Sifão-ladrão	à implantar
Bóia de sucção	à implantar
Pressurizador	à implantar
Extravasor	à implantar

4.1 Dimensionamento do reservatório

O reservatório de armazenamento de água de chuva foi dimensionado pelo método de Rippl, previsto na norma ABNT NBR15527. O método de Rippl geralmente superdimensiona o reservatório, mas é bom usá-lo para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas de chuvas. Segue a fórmula para o cálculo do volume do reservatório:

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

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

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

$$\text{Sendo que: } \sum S(t) < \sum Q(t)$$

onde:

S(t): é o volume de água no reservatório no tempo t;

D(t): é a demanda ou consumo no tempo t;

Q(t): é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

C: é o coeficiente de escoamento superficial;

V: é o volume do reservatório;

4.1.1 Precipitação da chuva

Foram analisadas as séries históricas locais de precipitação, ao longo de 12 anos, da cidade de Santa Bárbara d'Oeste. As médias mensais de precipitação estão apresentadas na Tabela 6:

Tabela 6 – Média de precipitação de Santa Bárbara d'Oeste ao longo de 12 anos

Mês	Média de precipitação (mm)
Janeiro	232,3
Fevereiro	149,3
Março	161,8
Abril	54,9
Maiο	53,8
Junho	32,6
Julho	49,4
Agosto	34,8
Setembro	49,5
Outubro	115,3
Novembro	157,5
Dezembro	194,4

4.1.2 Coeficiente de runoff

Foi adotado o coeficiente de runoff de 0,80, ou seja, uma perda de 20 % de água, usualmente adotado para esse tipo de cálculo e telhado.

4.1.3 Demanda

Para a demanda, foi considerado um gasto de 150 L na lavagem de veículos leves e o dobro para veículos pesados, e uma frequência de lavagem de 4 vezes ao mês, totalizando 99,6 m³ como segue na Tabela 7:

Tabela 7 – Demanda de água potável para lavagem de veículos

Veículo	Quantidade	Frequência (mês)	Volume (L)	Total (L)
Leve	38	4	150	22800
Pesado	64	4	300	76800
			Total	99600

Os valores achados de Q(t) e S(t) se encontram na tabela 8:

Tabela 8 – Volume de chuva aproveitável Q(t) e volume de chuva no reservatório S(t)

Mês	Q(t)	S(t)
Janeiro	483	-384
Fevereiro	311	-211
Março	337	-237
Abril	114	-15
Maiο	112	-12
Junho	68	32
Julho	103	-3
Agosto	72	27
Setembro	103	-3

Outubro	240	-140
Novembro	328	-228
Dezembro	404	-305

Os valores hachurados de S(t) são os meses onde a demanda foi maior que o volume de chuva aproveitável, ou $D(t) > Q(t)$. São os meses que tiveram menores índices de precipitação, que foram Junho e Agosto. O método de Rippl se baseia nesses meses para o cálculo do volume do reservatório. Portanto, o volume achado foi de 59 m³.

4.2 Previsão de custo

A previsão de custo para o sistema está resumida na tabela 9 e contém os itens com maior peso para o sistema como o reservatório, instalação hidráulica e o pressurizador:

Tabela 9 – Previsão de Custo do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva

Item	Unid.	Quant.	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Reservatório	un	1,00	25.000,00	25.000,00
Instalação hidráulica	m	235,00	35,00	8.225,00
Pressurizador	un	1,00	440,00	440,00
Filtro, bóia de sucção, extravasor e peça direcionadora de fluxo	cj	1,00	950,00*	950,00
			Total	34.615,00

4.3 Análise financeira

4.3.1 Valor presente de séries periódicas uniformes

O valor presente representa a soma das parcelas atualizadas para a data inicial do fluxo, considerando a mesma taxa de juros. (SAMANEZ, 2002). É calculado pela fórmula:

$$P = U \times \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \right)$$

onde:

P: valor presente (R\$)

U: parcela (no período) (R\$)

i: taxa de juros (%)

n: número de períodos

A fórmula acima permite calcular o valor presente (P) de séries uniformes postecipadas. Nesse sentido, foi utilizado o conceito de Valor Presente Líquido (VPL), ou seja, a diferença entre o retorno e o investido, para o cálculo do payback, ou retorno do investimento, onde:

P: representa o investimento (R\$);

U: representa a economia mensal (R\$);

i: representa a taxa de juros (adotada: 0,5% a.m.);

n: representa o n° do mês em que VPL=0;

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Economia mensal

A tarifa de água encaixa-se na categoria “Comercial, Industrial, Pública e Lazer” do Decreto 3950/2009 de Santa Bárbara d'Oeste, intervalo de consumo 46-100 m³ a uma tarifa de R\$ 9,13, considerando água, esgoto e CPUA (cobrança pelo uso da água). Com isso, a economia com água potável é de R\$ 909,35 por mês.

Por outro lado, há o gasto com a energia do pressurizador, que será de aproximadamente R\$ 42,00 mensais, considerando tributos.

No final, o retorno mensal fica conforme segue na tabela 10:

Tabela 10 – Retorno Mensal

Descrição	Valor (R\$)
Economia de água potável	909,35
Custo com energia elétrica	42,00
Retorno	867,35

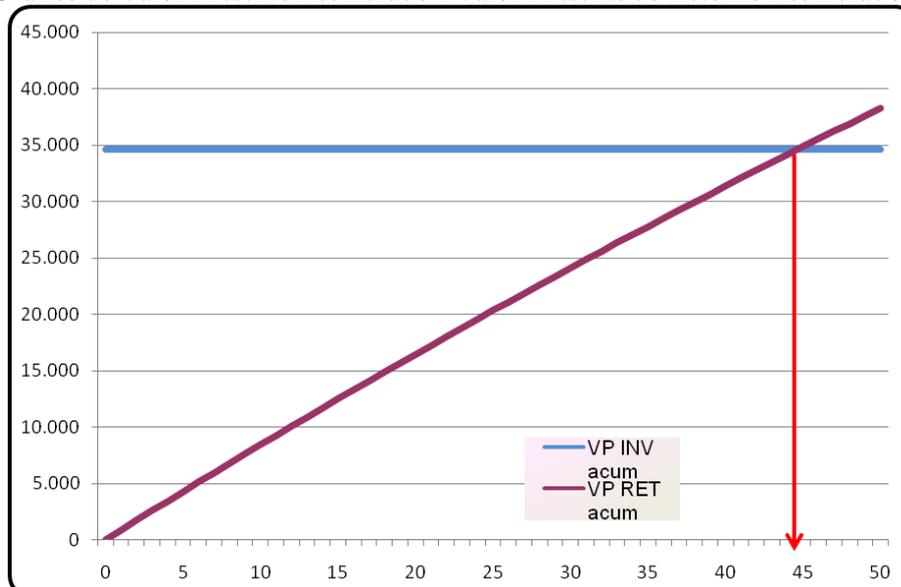
5.2 Retorno do Investimento

Aplicando a fórmula do valor presente, temos:

$$34.615 = 867,35 \times \left(\frac{(1 + 0,005)^n - 1}{0,005 (1 + 0,005)^n} \right)$$

O período de retorno (VPL=0) ficou entre os 44° e 45° meses, ou melhor, o investimento foi pago depois do 45° mês, ou seja, 3 anos e 9 meses, conforme o gráfico da Figura 7:

Figura 7 – Gráfico do Valor Presente Acumulado x Valor Presente do Retorno Acumulado



Com isso, podemos considerar o sistema viável, uma vez que o payback razoável aceito pelo mercado é algo abaixo de cinco anos.

6. CONCLUSÕES

O Brasil é um país que contempla diferentes características de clima e pluviosidade, sendo que o Nordeste é uma região que sofre com a falta de água em determinadas épocas do ano.

Alguns fatores que agravam a escassez da água é o crescimento da população, o uso irresponsável da água, e sua consequente degradação.

O aproveitamento de água de chuva não é uma técnica nova, porém ainda não é muito difundida no Brasil. O uso dessa técnica significa uso racional da água, economia na conta de água potável, menor risco de enchentes e maior conscientização da população com relação à necessidade de conservação da água.

O uso de água de chuva em uma residência se faz principalmente na descarga de vasos sanitários, pois este equipamento é o responsável pelo maior volume de água gasto em uma residência.

A água de chuva pode ter outros fins, desde que não potáveis, como lavagem de jardins, veículos e usos industriais. Apesar do nome “não potável”, deve-se ter um certo cuidado com que deve passar por um pré tratamento, que consiste no desvio do escoamento inicial e uso de dispositivos de separação de sólidos. Além disso, todo o sistema deve passar por uma manutenção periódica.

A viabilidade do sistema depende principalmente de fatores como a precipitação média mensal da região, área de coleta, a demanda, o dimensionamento correto do reservatório e o custo inicial de implantação do sistema.

Na análise financeira, os resultados foram positivos com relação ao período de retorno de investimento, concluindo que o sistema de aproveitamento de água de chuva é viável e eficiente, proporciona maior economia na conta de água e, juntamente com isso, a preservação da natureza.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/>>. Acesso em: 06 jun. 2011.
2. 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.
3. BIAZIN, Juliana de Freitas. Estudo comparativo entre reservatórios de concreto armado, fibra de vidro e polietileno. Salvador: UCSAL, 2010. Disponível em: <http://info.ucsal.br/banmon/mostra_dados_doc.php?Seq=311&Pag=80&Doc=3>. Acesso em: 24 jun. 2011.
4. BRASIL. Ministério das Cidades. Diagnóstico dos serviços de água e esgoto – 2007: Parte 1 – Texto... Brasília, DF, 2009.
5. CAMPOS, Elaine Franco de. Avaliação da distribuição da chuva nas vazões máximas urbanas usando dados de radar e de pluviógrafo. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
6. ELETROSUL. Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br>>. Acesso em: 06 jun. 2011.
7. GIACCHINI, M.; FILHO, A. G. de A. Aproveitamento da água de chuva nas edificações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. Anais eletrônicos... ABES, 2005. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/IV-056.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2011.
8. GIACCHINI, M.; FILHO, A. G. de A. Utilização da água de chuva nas edificações industriais. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 2., 2006, Ponta Grossa, PR. Anais eletrônicos... Ponta Grossa: AEAPG, 2006. Disponível em: <<http://www.aeapg.org.br/encontro/anais/index.html>>. Acesso em: 15 mar. 2011.
9. INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 06 jun. 2011.
10. MACEDO, Jorge A. B. de. Águas & Águas. 3. Ed. 2007
11. MAY, Simone. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. 2004. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
12. NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL. Edição especial Água: o mundo tem sede. São Paulo: Ed. Abril, ano 10, n. 121, abr. 2010.

13. NATURAL NO CONSTRUÍDO. Disponível em: <http://naturalnoconstruido.wordpress.com>. Acesso em: 03 mar. 2011.
14. NOGUEIRA, Daniel Mendes. Balanço hídrico na refinaria de Paulínia e alternativas para reuso de água: construção de uma ferramenta auxiliar para o gerenciamento dos recursos hídricos. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
15. PORFÍRIO, Maria Aparecida Silva. Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis no colégio estadual Marechal Rondon no município de Campo Mourão. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DE UTFPR, 14., 2009, Pato Branco, PR. Disponível em: <http://216.59.16.221/hvip/nacamura.com.br/sicite/sicite2009/artigos_sicite2009/93.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2011.
16. PROSAB. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/>>. Acesso em: 24 jun. 2011.
17. ROCHA, B. C. C. M.; ARAÚJO, J. V. G. de; REIS, R. P. A. Caracterização de águas de chuva coletadas em coberturas de diferentes materiais visando a concepção de sistemas prediais de aproveitamento de água. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, 11., 2009, Curitiba. Atas... Curitiba:UFPr, 2009. Disponível em: <http://www.cesec.ufpr.br/sispred/atas/artigos/250_final.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2011.
18. SAMANEZ, Carlos P. Matemática Financeira: aplicações à análise de investimentos. 3. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
19. SÃO PAULO. Lei no 13.276, de 4 de janeiro de 2002. Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500,00m² (quinhentos metros quadrados). Disponível em: <<http://www.leispaulistanas.com.br/reservatorios-de-agua/lei-no-13276-de-4-de-janeiro-de-2002>>. Acesso em: 23 jun. 2011.
20. SILVA, Gilmar da. Aproveitamento de água de chuva em um prédio industrial e numa escola pública – estudo de caso. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)-Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
21. TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis. 2. ed. São Paulo: Navegar, 2005.
22. TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2007
23. TUNDISI, José Galizia. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. Ciência e Cultura, São Paulo, vol. 55, n. 4, out/dez. 2003. Disponível em:
24. <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252003000400018&script=sci_arttext&tlng=em> Acesso em: 15 jun. 2011.
25. WIKIPEDIA. Balneabilidade. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Balneabilidade>>
26. WWF. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/informacoes/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel>