

ANÁLISE DE VIABILIDADE AMBIENTAL E ECONÔMICA PARA UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA NO MODELO HABITACIONAL UNIFAMILIAR POPULAR DA CAIXA ECONÔMICA FEDERAL

Fabricio Mafra Zocolotti¹

Tiago Luis Haus²

RESUMO

A gestão de recursos hídricos motiva a reflexão de especialistas ao longo dos anos com o intuito de garantir o abastecimento público das áreas urbanizadas e conciliar a qualidade ambiental. Compatibilizar o uso dos recursos naturais e garantir sua disponibilidade para as gerações futuras são premissas do desenvolvimento sustentável. Para tanto, a implantação de sistemas em moradias para a captação e aproveitamento de água de chuva tendem a contribuir para a gestão integrada de mananciais. A metodologia utilizada para a análise de viabilidade econômica e de abastecimento residencial baseou-se na pesquisa bibliográfica e documental, além da simulação computacional aplicada ao projeto padrão de casas populares da Caixa Econômica Federal de 42 m², localizadas em capitais federais estratégicas. A possibilidade de substituição parcial da água potável nos pontos de consumo residencial indireto, como a limpeza de áreas externas, é uma realidade factível às famílias brasileiras. Sob a ótica ambiental, o sistema contribui positivamente para a redução no volume de água captada dos mananciais e corpos hídricos, além de aumentar o tempo de concentração na bacia hidrográfica. Entretanto, no que diz respeito à economia, bem como à análise financeira de implantação do sistema através do valor presente líquido e da taxa interna de retorno, a sua viabilidade está relacionada com a tabela tarifária e a disponibilidade financeira familiar. Diante dos resultados do estudo, sugere-se a possibilidade de diluição nas parcelas do

¹ Graduando em Engenharia Ambiental pela FAE Centro Universitário. *E-mail*: fabriciomafra@gmail.com

² Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela UFPR. Professor da FAE Centro Universitário. *E-mail*: tiago.haus@fae.edu

financiamento imobiliário dos custos de implantação do sistema, de forma a reduzir o impacto financeiro sobre a renda familiar. Todavia, a interpretação dos resultados não pode ser pautada unicamente sob a ótica financeira porque o recurso natural, objeto do estudo, é um fator limitante ao crescimento urbano. A análise holística das informações atende uma nova consciência de sociedade, voltada à melhoria na qualidade de vida e novos estudos se fazem necessários para o aprofundamento e desenvolvimento do tema.

Palavras-chave: Saneamento. Sustentabilidade. Viabilidade Econômica e Ambiental.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com a maior disponibilidade de água doce do mundo, cerca de 18% do potencial de superfície do globo terrestre (SETTI, 1998). Embora, segundo o balanço hídrico disponível em 2014 da Agência Nacional de Águas (ANA), a distribuição deste recurso seja desigual ao longo do território nacional, principalmente quando associada à densidade demográfica, não se tem impregnada na cultura do país o uso responsável da água, ou seja, de forma condizente para atender as necessidades diárias.

O crescimento populacional das grandes metrópoles brasileiras é um fenômeno constatado há vários anos, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010), pois elas oferecerem melhores oportunidades de remuneração e, conseqüentemente, maiores ganhos financeiros. Conforme o relatório de atividades de 2014 do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), há relação entre a renda familiar e as áreas de ocupação nas cidades, assim famílias com menor poder aquisitivo tendem a ocupar regiões às margens dos grandes centros urbanos, com gradativa pressão sobre os mananciais em utilização.

Nesse cenário, o fomento ao desenvolvimento urbano desencadeado pelo Governo é viabilizado através do engajamento de instituições financeiras como a Caixa Econômica Federal (CAIXA), que podem contribuir com o crescimento municipal urbano planejado (CAIXA, 2007). Tal organização pode ser visualizada através dos loteamentos regularizados dotados de infraestrutura básica: saneamento, energia elétrica, arruamento e equipamentos sociais, necessários ao desenvolvimento da comunidade (BRASIL, 1979).

Ratifica-se nesse contexto que o abastecimento público de água potável é imprescindível para o desenvolvimento da sociedade em uma região (DALARMI, 1995), todavia o processo de ocupação de áreas no entorno dos grandes centros urbanos, por muitas vezes, tendem a comprometer a qualidade da água disponível no manancial ou comprometer o volume hídrico necessário para atender à demanda do consumo (MAZUCHOWSKI; TOSIN, 1997).

Diante desse cenário, a preocupação com a qualidade e disponibilidade hídrica do manancial, associada à sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica de implantação, tem favorecido as ações cujo objetivo está voltado para incentivar o uso de tecnologias em residências que contribuam com o desenvolvimento local com menor comprometimento de recursos naturais. Nesse sentido, destaca-se sobremaneira a utilização de sistemas de captação de água de chuva para complementar o abastecimento de água potável, visto a demanda de uso familiar.

Informações técnicas mais recentes divulgadas pela ANA, e pelo Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), têm mostrado ao longo dos anos índices que apontam para uma redução da disponibilidade hídrica nos mananciais de abastecimento.

Neste contexto, tornam-se necessários estudos sobre a implantação de medidas de gestão de recursos hídricos para o abastecimento público.

O objetivo geral deste estudo é analisar comparativamente, sob a ótica ambiental e econômica, a simulação de um sistema de coleta e aproveitamento de águas de chuva com a melhor relação custo x benefício para atender parcialmente a demanda residencial, aplicado ao modelo habitacional para casas populares de 42 m², conforme o padrão construtivo da Caixa Econômica Federal, destinado às famílias de baixa renda para as capitais das unidades da federação.

No que diz respeito aos objetivos específicos: (1) dimensionar área de captação e reservatório para um sistema de coleta de águas pluviais para atender uma unidade de habitação unifamiliar conforme projeto-padrão da Caixa Econômica Federal; (2) compatibilizar a disponibilidade pluviométrica à demanda de uso residencial; (3) analisar a viabilidade econômica de implantação do sistema; (4) discutir o impacto ambiental proveniente da substituição da fonte de abastecimento residencial.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

À luz do Plano de Implementação da cúpula mundial sobre desenvolvimento sustentável de Johannesburgo, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos aprovou em 30 de janeiro de 2006 o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, 2006), que permitiu projetar até 2020 diretrizes, programas e metas considerando os eixos norteadores da sustentabilidade para subsidiar as discussões e o estabelecimento das propostas sinérgicas rumo à gestão integrada dos recursos hídricos, voltadas para a melhoria da disponibilidade quantitativa e qualitativa de água.

A disponibilidade hídrica no Brasil indica uma proporção inversa ao ser comparada com a densidade demográfica por regiões do país, como ocorre entre a região hidrográfica Amazônica e a região hidrográfica do Atlântico Leste (SIH; ANEEL, 2000; SNIRH, 2014).

Essa característica, segundo Rocha Neto e Borges (2011), está associada entre as assimetrias políticas setoriais e a política de planejamento regional no Brasil em seu processo histórico. Invariavelmente relaciona-se o Produto Interno Bruto (PIB) regional, segundo o IBGE (2011), com o saneamento, de acordo com as informações do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) em 2014.

A restrição hídrica, igualmente denominada por estresse hídrico, baseia-se nas necessidades mínimas de água por habitante para manter uma qualidade de vida

adequada. Segundo Beekman (2000), são necessários 100 litros diários ou 36,5 m³/ano para suprir o consumo doméstico e manutenção de um nível adequado de saúde.

De acordo com os registros do SNIS (2012), a média nacional para o consumo diário de água por pessoa está próxima a 136 litros, considerando-se o consumo médio de água por economia, vinculada à taxa média de ocupação domiciliar.

Com relação ao consumo unifamiliar de água, estudos indicam um consumo de água não uniforme, mas seguindo uma tendência quando observados os pontos de consumo. A distribuição da água para os pontos de máquina de lavar roupa, tanquinho de lavar, tanque com máquina de lavar, caixa acoplada, tanque e outros usos (como irrigação e lavagem de calçada), são os responsáveis pelo consumo aproximado de 70% na moradia (BARRETO, 2008).

Valores semelhantes foram obtidos no estudo realizado por Chisi e Oliveira (2007), em moradias situadas no Estado de Santa Catarina. Revelaram-se como os pontos de maior consumo o chuveiro, o vaso sanitário e a pia de cozinha.

Segundo Tundisi (2005), os principais componentes do ciclo d'água podem ser pontuados como: evaporação, precipitação, transpiração das plantas, infiltração e drenagem, todos distribuídos no globo terrestre.

Todavia, de acordo com Tomasella e Rossato (2005), essa dinâmica analisada em um intervalo de tempo reflete no volume de água em estado líquido disponível ao uso, e neste caso poderá ser denominado como balanço hídrico.

O balanço hídrico para uma bacia hidrográfica também pode ser definido como o gradiente entre as entradas (precipitação) e saídas (evapotranspiração e escoamento) de água nesse sistema (COLLISCHONN, 2008). Dentre os usos do balanço hídrico, pode-se citar a relevante fonte de informação para o gerenciamento de recursos hídricos e a caracterização de áreas climaticamente favoráveis à agricultura.

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), criado pelo Decreto Federal n. 7.672, de 18 de novembro de 1909, tem por missão prover informações meteorológicas à sociedade brasileira e influir construtivamente no processo de tomada de decisão, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do país (INMET, 2014).

Segundo o relatório sobre a história do INMET (2014), os dados coletados diariamente desde 1961, através das estações de monitoramento, incorporam o acervo digital e remontam uma série histórica superior a meio século. De acordo com o relatório, os dados apresentados representam os registros da chuva e da temperatura ao longo do ano por meio da interpolação de uma série histórica de dados de 30 anos.

Conforme o SNIS (2012), em todas as capitais das unidades da federação há gestão do abastecimento público de água e esgoto através de prestadores de serviço em

saneamento. Ocorre dentre eles uma variação da natureza jurídica como autarquias, empresas privadas e sociedades de economia mista com administração pública.

Indiferentemente da natureza jurídica da prestadora de serviço, da mesma forma, a fiscalização dos serviços de saneamento prestados à população, ratificada através dos contratos de concessão da gestão dos serviços, ocorre diretamente entre o governo municipal e a companhia.

Todavia as agências estaduais reguladoras de serviços públicos vêm nos últimos anos gradativamente a incluir o saneamento no escopo de sua atuação. Segundo a ANA (2014), cabe a ela e aos órgãos gestores estaduais de recursos hídricos a fiscalização dos serviços de saneamento relacionados ao uso dos mananciais de abastecimento e a fiscalização da poluição dos corpos hídricos.

1.1 PROJETO HABITACIONAL CAIXA

A Gerência de Apoio ao Desenvolvimento Urbano (GIDUR) da Caixa, motivada pelo acentuado déficit habitacional brasileiro concentrado na faixa populacional mais desprovida de recursos financeiros, elaborou um projeto-padrão de unidade habitacional popular com 41,87 m² de área construída, voltada a atender famílias de baixa renda familiar e/ou aquelas deslocadas de áreas de risco.

No que diz respeito às instalações hidrossanitárias, o padrão construtivo do projeto-padrão de casas populares da Caixa (2007) considera a instalação de caixa d'água em fibra de vidro 500 litros; vaso e lavatório em louça branca; bancada de pia e tanque em mármore sintético, bem como torneiras de plástico compõem os acabamentos.

Especificamente quanto às instalações sanitárias, o abastecimento de água potável é premissa para a aprovação do projeto; portanto, a rede de abastecimento pública é obrigatória. No que diz respeito à destinação de esgotos, deve atender à legislação ambiental para o tratamento e destino dos esgotos e a solução técnica é exigida para análise do financiador, sendo, portanto, não obrigatória a existência da rede coletora de esgoto doméstico (CAIXA, 2007).

1.2 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

Historicamente, os sistemas de captação de água da chuva acompanham a evolução da civilização há muito tempo, notoriamente conhecidos os recursos desprovidos de

energia elétrica e somente a aplicação da força gravitacional, utilizados por vários povos, como os maias, incas, egípcios e astecas (GNADLINGER, 2000).

No Brasil, segundo Tavares et al. (2009), uma das instalações mais antigas de aproveitamento de água da chuva foi construída na época da Segunda Guerra Mundial, na ilha de Fernando de Noronha, com o conjunto de placas de concreto para a absorção e retenção do maior volume de água destinado ao reservatório e posterior tratamento para o uso potável.

Atualmente, algumas cidades brasileiras preveem em legislação municipal a coleta de água de chuvas para a contenção de cheias, como ocorre em Curitiba através do Decreto Municipal n. 176, de 20 de março de 2007.

Outrossim, a Lei Federal n. 11.445 discorre sobre outras fontes de abastecimento. Nesse sentido, destaca-se também a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) n. 274, de 29 de novembro de 2000, a qual considera as condições de balneabilidade como circunstâncias que podem afetar a saúde e o bem-estar humano e define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.

Segundo Hagemann (2009), a definição de um sistema consiste na determinação potencial do volume a ser captado e armazenado, na caracterização da água pluvial e identificação do uso, todos enquadrados nos requisitos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 15.527/2007, NBR 10.844/1989 e NBR 5.626/1998.

Um sistema de captação de água de chuva consiste em coletar, por meio de uma superfície de retenção, a água decorrente da precipitação e direcioná-la por meio de dutos a um dispositivo de filtragem para o armazenamento em uma cisterna dotada de válvula retentora para evitar o transbordamento e refluxo do sistema (TOMAZ, 2009).

Captar a água da chuva que escoar sobre uma superfície isenta da passagem de animais e reservá-la em um compartimento protegido da entrada de luz, gases, partículas grosseiras e vetores de doenças permite armazenar água da chuva de boa qualidade para o consumo potável ou não potável (TOMAZ, 2003).

Igualmente importante está a qualidade da água da chuva, influenciada por características ambientais, como a presença de vegetação e condições meteorológicas; e geográficas, como a localização da área de captação, tipo de pavimentação das vias de acesso próximas à captação e fontes emissoras de poluentes atmosféricos. A qualidade final da água consumida pelo morador está intimamente relacionada à qualidade da água da chuva considerada em todos os estágios do sistema (PHILIPPI et al., 2006).

O armazenamento da água coletada pode ser feito em reservatórios de diversos tamanhos e materiais, comumente empregadas caixas d'água de polietileno com tampa de rosca para facilitar a manutenção, além de dispostos no subsolo, sobre a superfície ou elevados abaixo da cobertura predial, sendo esses de menor custo por aproveitar a energia potencial da água e dispensar a utilização de sistema de bombeamento (PHILIPPI et al., 2006).

Segundo Philippi et al. (2006), o dimensionamento do reservatório de armazenamento e aonde os volumes de reserva e demanda devem ser estimados com o menor gasto possível.

Na literatura, há diversos métodos para o dimensionamento, como o Método Rippl; Método Azevedo Neto, também conhecido como Método Prático Brasileiro; Método Prático Alemão; Método da Simulação NBR 15.527 (ABNT 2007); e diferem basicamente quanto aos parâmetros de entrada à equação e sensibilidade a eles (DORNELLES; TASSI; GOLDENFUM, 2010).

2 METODOLOGIA

No presente trabalho aplicou-se a revisão bibliográfica e documental, relacionada à gestão de recursos hídricos, das informações necessárias para o dimensionamento do sistema condicionado ao padrão construtivo de residência unifamiliar da Caixa.

Para as capitais, são consideradas as tabelas tarifárias vigentes para o ano de 2014, segundo disponibilizado através de portais da informação das próprias concessionárias.

A definição das capitais levou em consideração a divisão regional política do país, sendo escolhido ao menos um município do Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul, exceto para as capitais Belém e Goiânia, nas quais se ponderaram a distribuição pluviométrica e a característica da tabela tarifária aplicada pela prestadora de serviço de saneamento, respectivamente.

No que diz respeito aos índices pluviométricos, foram utilizadas as informações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) divulgadas em seu portal na internet, através de séries históricas anuais, compiladas e ilustradas na TAB. 1, para Belém, Cuiabá, Curitiba, Fortaleza, Goiânia, Natal, Porto Velho e São Paulo, nesta ordem.

TABELA 1 – Índices pluviométricos

Município	Precipitação (mm)											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Belém	386	413	447	353	306	155	156	126	145	115	118	203
Cuiabá	215	209	170	125	51	14	12	14	56	117	160	201
Curitiba	172	158	139	95	101	116	99	73	119	133	127	152
Fortaleza	119	205	323	356	256	142	95	22	23	13	12	44
Goiânia	267	215	207	119	36	9	7	13	45	167	219	268
Natal	55	87	196	265	240	202	197	113	59	17	15	21
Porto Velho	321	316	274	251	127	50	24	36	120	193	225	319
São Paulo	237	222	161	73	71	50	44	40	71	127	146	201

FONTE: INMET (2014)

Parte-se do pressuposto que o sistema de captação para a moradia apresentado atende todos os requisitos das normas relacionadas à captação de água de chuva, em especial à NBR 15.527 (ABNT, 2007.)

O cenário de simulação considerou o padrão construtivo de casas populares com 42 m² da Caixa (2007), habitadas por quatro moradores cuja renda média familiar não ultrapassou três salários mínimos e a substituição da água potável pela água da captação da chuva foi fixada a 50% nos pontos de consumo onde o uso de água potável se faz dispensável. Assim, idealizaram-se dois cenários para as condições de tarifação: normal e social, respeitando-se a taxa média de ocupação residencial nacional, neste caso arredondando-se a quatro habitantes por domicílio, e o limite de consumo *per capita* restritivo da tarifa social.

À condição da tarifa normal, limitou-se ao consumo de 136,08 litros de água consumidos por pessoa ao dia, valor este apresentado para as moradias no país, segundo dados do SNIS (2012). No que diz respeito à tarifa social, respeitou-se o limite máximo de consumo por pessoa ao dia estabelecido pela prestadora de serviço de saneamento como condicionante para este benefício.

Por convenção, considerou-se o descarte de dois milímetros da precipitação inicial, conforme estabelecido na NBR 15.527 (ABNT, 2007). Para o cálculo da área de cobertura foi utilizada a NBR 10.844 (ABNT, 1989), considerando-se a equação para telhados inclinados. Em relação às perdas referentes ao Coeficiente de Runoff (C), foi estabelecido o valor igual a 0,85 para telhas cerâmicas (PHILIPPI et al., 2006).

Para o dimensionamento do reservatório, utilizou-se do Método de Azevedo Neto, conforme metodologia sugerida na NBR 15.527 (ABNT, 2007). Em ambas, os dados pluviométricos utilizados foram as médias climatológicas calculadas a partir de uma série de dados de 30 anos do INMET.

A escolha do sistema de captação levou em consideração o dimensionamento realizado no estudo, e definiu-se um conjunto disponível no mercado, pronto para a aquisição e sem adaptações, composto por todos os dispositivos necessários à instalação cuja norma NBR 15.527 (ABNT, 2007) foi plenamente atendida.

A inflação mensal utilizada levou em consideração o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), por ser usada como base para as metas do governo, em que foi definido o valor fixo de 0,78% ao mês por ser a média sobre o acumulado de fechamento anual divulgado no mês de setembro de 2014 (IBGE, 2014).

A visualização das características econômicas do projeto em parcimônia ao eventual sucesso dele é uma importante justificativa à disponibilidade financeira para a implantação (MILL, 2003). Sobre este ponto, foram considerados o valor presente líquido

(VPL), a taxa interna de retorno modificada (TIRM) e a taxa mínima de atratividade (TMA), a qual representa a taxa mínima que estaria disposta a aplicar no projeto o recurso financeiro no projeto, e não destiná-lo em qualquer outro investimento.

O tempo de retorno descontado, também denominado *payback* descontado, é um indicador que determina o prazo de recuperação para um determinado investimento, sendo utilizado para avaliar a atratividade de um investimento (MARQUEZAN; BRONDANI, 2006). Através desse índice foi possível calcular, levando-se em consideração uma taxa de juros, o prazo para a quitação da dívida.

No que se refere à avaliação da demanda de consumo e determinação da economia de água potável proporcionada por um sistema residencial de aproveitamento de água de chuva, realizou-se uma simulação através da modelagem computacional por meio do *software* Netuno versão 4.0 para o comparativo. Segundo Ghisi et al. (2014), o *software* utilizado é uma tecnologia nacional validada cientificamente e foi desenvolvido por pesquisadores do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, localizado na Universidade Federal de Santa Catarina. A interface do programa é muito interativa, contudo exige-se conhecimento técnico sobre as equações e as variáveis que o fazem gerar os resultados.

Exemplifica-se a correta inserção das informações referentes à série histórica pluviométrica, bem como a definição da capacidade do reservatório aos métodos relacionados conforme a NBR 15.527 (ABNT, 2007) ou, a critério do *software*, indicação do reservatório ideal, conforme demonstrado por Rocha (2009).

Para cada município estudado neste trabalho, houve uma compilação da série histórica pluviométrica mensal, e por interpolação linear simples, mês a mês, obtiveram-se os valores diários com 365 dados. Com este procedimento, distribuiu-se igualmente a precipitação dentro do período avaliado e, assim, buscou-se evitar a ocorrência de valores superestimados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perfil de consumo residencial de água estudado por Barreto (2008) indica uma necessidade em se promover ações cuja valoração do recurso hídrico seja abordada à sensibilização dos moradores, em detrimento do consumo diário por habitante, e o desperdício de água potável para atender usos onde seria possível substituir a fonte de abastecimento. O aproveitamento de água de chuva tende a ser uma alternativa muito interessante sob o aspecto da simplicidade de instalação e operação do sistema, visto a possibilidade em se reduzir consideravelmente o volume de água tratada em usos como o vaso sanitário, lavagem de roupa e limpeza de área externa.

Para dimensionar um sistema de aproveitamento da água de chuva, é necessário conhecer alguns fatores importantes como os índices pluviométricos, a área de captação e o percentual de água potável que se deseja substituir.

A concepção em projeto da área de coleta e sua localização são elementos essenciais porque refletem tanto no volume quanto na qualidade de água destinado ao armazenamento. Neste estudo, utilizando-se da normatização estabelecida pela NBR 10.844 (ABNT, 1989) para o dimensionamento da área de captação do projeto de habitação unifamiliar da Caixa (2007), o resultado encontrado foi de 60,08 m² para uma inclinação não inferior a 35%, e foi invariável para todas as simulações realizadas neste estudo, independentemente da localização geográfica, do volume de reservatório indicado teoricamente e da tabela tarifária – normal ou social.

Apesar do projeto original proposto pela Caixa (2007) às moradias populares, a área de captação definida estima a utilização de toda a cobertura e, conseqüentemente, serão necessários ajustes arquitetônicos para viabilizar esta condição por conta do posicionamento dos reservatórios imediatamente abaixo do telhado, assim como o cálculo para o dimensionamento da distribuição de carga adicional atribuído pelo armazenamento suplementar de água para o uso doméstico.

Uma vez definido o percentual de substituição de água potável por água de chuva considerando-se a demanda residencial, e o volume máximo de água que pode ser captada, é fundamental o dimensionamento do reservatório de água, uma vez que está diretamente relacionado com o potencial de utilização de água pluvial.

Segundo o Método de Azevedo Neto, apenas para os imóveis localizados nos municípios de Natal e São Paulo os reservatórios seriam de 1.000 litros; contudo, para Belém, Cuiabá, Curitiba, Goiânia e Porto Velho, os valores encontrados apontam um volume de 1.500 litros de água que pode ser reservada.

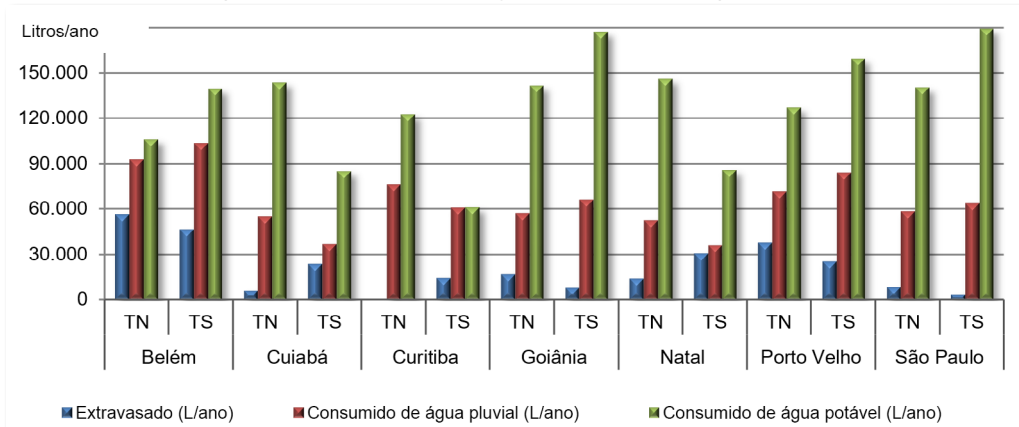
Os cálculos para o dimensionamento do reservatório costumam demonstrar uma diferença considerável no resultado final, o que implica na eficácia do sistema em relação direta à previsão do consumo na residência.

Nos resultados apresentados através do GRÁF. 1, observa-se comparativamente a influência da precipitação nos volumes de água de chuva consumido e extravasado, apresentados em relação às famílias enquadradas na tarifa normal, onde se estabeleceu o consumo diário por pessoa de acordo com a média nacional apresentada pelo SNIS em 2012.

Notadamente, encontrar o equilíbrio entre os volumes apresentados implica no melhor aproveitamento possível em condições técnicas viáveis, lembrando-se a posição do reservatório. O projeto se demonstra eficaz quando se encontra a relação ideal entre o volume de água armazenada com o de volume de água consumido com o menor gasto possível (PHILIPPI et al., 2006).

Especificamente para o município de Belém, o índice de extravasamento é o mais elevado dentre as capitais, e sugere um volume de precipitação superior ao da capacidade do reservatório. Para os municípios de Cuiabá, Goiânia e Natal, em cerca de 40% do período o reservatório permanece abaixo do limite mínimo para o consumo. O mesmo ocorre para Porto Velho e São Paulo, porém em 25% da mesma escala temporal.

GRÁFICO 1 – Comparativo do volume de água entre os municípios

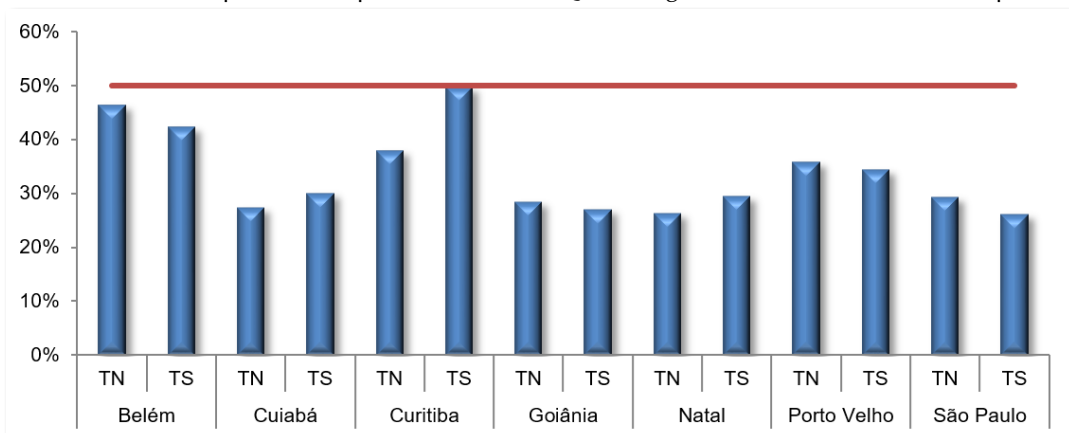


NOTA: TN – Tarifa Normal e TS – Tarifa Social

FONTE: Os autores (2014)

O GRÁF. 2 ilustra o potencial de utilização de água de chuva encontrado durante as simulações, no qual se ressalta a influência do consumo habitacional nos valores obtidos. A tarifa normal implica no consumo diário de 136,08 L/hab para todos os municípios; já na tarifa social, conforme estabelecido pelas prestadoras de serviço, há variação de Curitiba e Natal, ambas limitadas a 83,33 L/hab, enquanto para as demais a variação é de 166,67 L/hab.

GRÁFICO 2 – Comparativo do potencial de utilização de água de chuva entre os municípios



NOTA: Indicação da meta para substituição em 50%. TN – Tarifa Normal e TS – Tarifa Social

FONTE: Os autores (2014)

Foi considerada uma residência composta por quatro moradores em dois cenários hipotéticos distintos. O primeiro leva em consideração uma família cadastrada na prestadora de serviço de saneamento para a tarifação normal de água e esgoto onde o consumo de água por dia para cada morador foi estabelecido a 136,08 litros, conforme média nacional demonstrada pelo SNIS em 2012. O outro cenário hipotético retrata uma família cujas características atendem os requisitos necessários para o direito à tarifação social; neste caso, para as cidades de Cuiabá, Curitiba e Natal, as prestadoras estabelecem o limite mensal de consumo fixado a 10 m³, e para as demais, esse limite é de 20 m³.

Em análise, para São Paulo, a demanda de água pluvial é atendida completamente entre 18% e 33%, a depender do consumo diário por morador; entretanto, nas demais regiões esse índice é superior a 50%, com maior expressividade em Curitiba (98,63%) para um consumo total mensal de 10m³. Destaca-se que esse índice considera a demanda residencial, e sua variação prolongaria ou reduziria o tempo de uso de uma fonte alternativa. Sugere-se, ainda, que os diferentes índices pluviométricos associados a uma área de captação invariável seja o principal fator evidenciado entre os cenários avaliados para o potencial de utilização de água de chuva apresentado no GRÁF. 2.

O aproveitamento de água de chuva em moradias unifamiliares em substituição parcial ao abastecimento de água potável resultaria em um menor volume de água tratada produzida nas estações de tratamento de água, visto a redução do consumo de água potável. Essa situação consequentemente prolongaria o tempo de vida útil do manancial, além de permitir o abastecimento público de água a um número maior de famílias. Todavia, a água de chuva consumida nos pontos internos da residência deve ser interligada à rede coletora de esgoto e, assim, o acréscimo do volume de efluente doméstico a ser tratado na estação de tratamento de esgoto aumentaria, diluiria a concentração de matéria orgânica e o aporte de efluente tratado no corpo hídrico também aumentaria. Nesta condição, a água aproveitada na moradia não seria direcionada à galeria pluvial para o aporte no rio mais próximo.

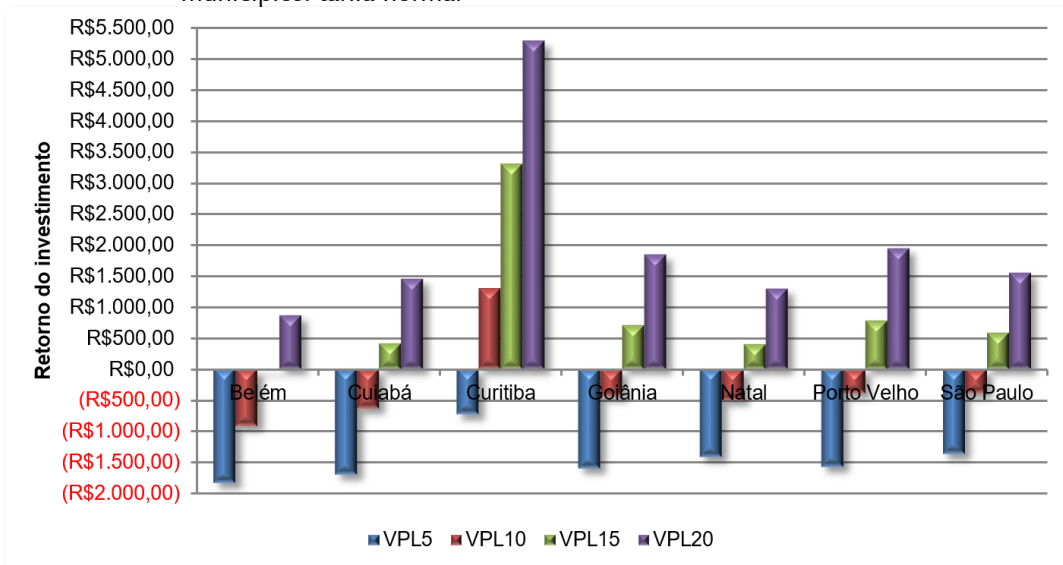
O resultado da análise de viabilidade econômica de um projeto é a indicação de se haverá retorno financeiro dentro de um intervalo de tempo para um investimento. Para tanto, faz-se necessária a aplicação de critérios econômicos com ênfase à eficiência na alocação do capital, crescimento econômico e menor desigualdade social (FONTENELE; VASCONCELOS, 2006).

Neste trabalho, considerou-se para a análise o custo do sistema implantado, conforme a região geográfica, e as tarifas das prestadoras de serviço de saneamento, em uma janela temporal de 5, 10, 15 e 20 anos.

Para as moradias cadastradas à condição de tarifa normal nas concessionárias de saneamento, ilustradas no GRÁF. 3, observa-se nitidamente a variação entre as capitais no intervalo compreendido entre 0 e 20 anos. Dentre as capitais, o menor tempo de

retorno ocorre em Curitiba e o maior em Belém para o investimento inicial e o lucro líquido se igualarem. Ao final de 20 anos, a maior economia observada ocorre na capital paranaense com o valor de R\$ 5.282,05, e o menor novamente em Belém, R\$ 871,81.

GRÁFICO 3 – Comparativo do retorno financeiro do investimento para o sistema entre os municípios: tarifa normal

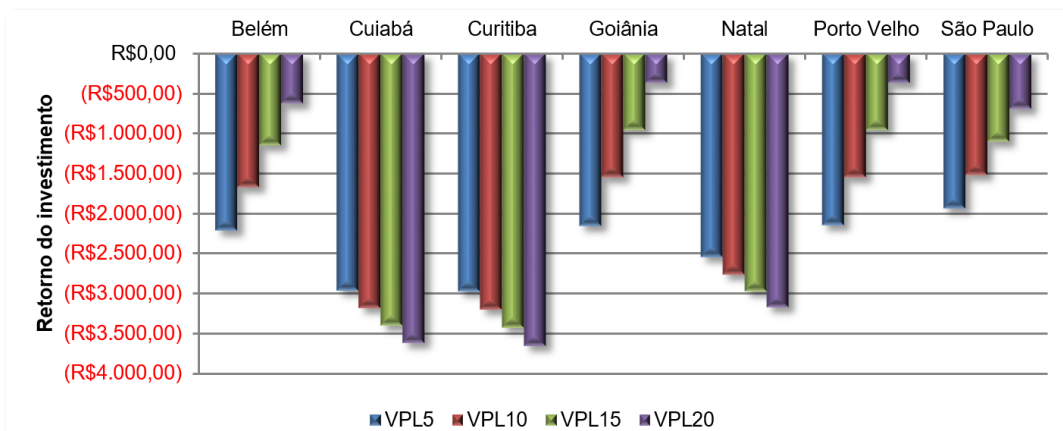


NOTA: VPL – Valor presente líquido em anos

FONTE: Os autores (2014)

No que diz respeito aos imóveis enquadrados na tarifa social, a distribuição gráfica ilustrada no GRÁF. 4 demonstra que o investimento não constrói valor econômico em todas as projeções, contudo sugere Goiânia e Porto Velho como as primeiras capitais em que há recuperação do investimento em um período superior a 240 meses.

GRÁFICO 4 – Comparativo do retorno do investimento para o sistema entre os municípios: tarifa social



NOTA: VPL – Valor presente líquido em anos

FONTE: Os autores (2014)

Sob o ponto de vista da posição de instalação, um reservatório enterrado onera o projeto e a operacionalização, pois se faz necessária a utilização de um mecanismo de bombeamento para garantir o abastecimento no ponto de consumo. Neste trabalho, definiu-se o tipo elevado como a de melhor opção por aproveitar a energia potencial da água armazenada e dispensar o uso energia elétrica para a distribuição, e, conseqüentemente, reduzir custos de operação, pois permite uma redução do custo de implantação, uma vez que não há necessidade de escavação, instalação de fiação elétrica e sistema de bombeamento.

Sob o ponto de vista do consumidor, a implantação do sistema somente o compensará financeiramente se a família estiver enquadrada na tarifação normal de consumo de água; assim, com a substituição em 50% de água potável pelo sistema de aproveitamento de água de chuva, será obtida a redução gradativa com as despesas de água e esgoto até que o investimento seja recuperado. Entretanto, para as famílias cadastradas na tarifa social, o subsídio fornecido é mais vantajoso, e o volume de água substituído pelo sistema proposto não irá reconstituir o capital inicial aplicado.

Outro fator importante considerado é a taxa interna de retorno para o investimento em conjunto com os demais dados brutos. Há uma projeção ano a ano corrigida para o lucro, sendo importante observar os períodos cuja referida taxa demonstre-se superior à convenção da TMA de 0,8%. Nessa condição, a implantação do sistema será sempre viável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o projeto de moradia popular apresentado à padronização nacional, é possível atender a implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva, considerando-se a cobertura predial como a área de captação, assim como a instalação do reservatório elevado, embutida imediatamente abaixo da superfície de coleta.

No que diz respeito à análise econômica, através dos resultados encontrados nos períodos analisados, mostrou-se não existir viabilidade econômica para a implantação do sistema quando as famílias estiverem cadastradas na tarifa social, todavia quando tarifadas à condição normal, as famílias, em todos os municípios avaliados, obteriam retorno financeiro do investimento.

A análise econômica não deve ser apontada como determinante na escolha da implantação do projeto, visto a preocupação com a sustentabilidade global difundida amplamente pelo conceito *triple button line*, em que os fatores econômicos, ambientais e sociais devem ser levados em consideração simultaneamente no processo de análise de viabilidade de projetos.

No tocante ao setor ambiental, a amortização no volume da drenagem superficial no município vem positivamente contribuir para a redução das áreas de alagamentos e inundações. Associado a este aspecto, observa-se também a substituição no consumo da água potável por água captada e tratada nas atividades residenciais, como lavagem de roupas, descargas nos sanitários, limpezas externas e jardim, pontos esses responsáveis pela maior proporção de consumo de água em imóveis residenciais.

A importância da gestão de recursos hídricos é fundamental para o futuro do desenvolvimento da sociedade. Para tanto, discutir o aproveitamento de água da chuva como tecnologia alternativa ao abastecimento domiciliar de água é um ponto interessante sob o aspecto da disponibilidade hídrica em regiões intensamente urbanizadas.

Assim, sugere-se que trabalhos posteriores investiguem temas relevantes, como os aspectos técnicos relacionados com a perda de carga e demanda do sistema, o balanço hídrico no manancial de abastecimento, a redução do consumo de água produzida face à substituição da fonte, dentre outros.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Mapa hidrográfico brasileiro**. Disponível em: <<http://balancohidrico.ana.gov.br>>. Acesso em: 5 out. 2014.

_____. **Regiões hidrográficas e a disponibilidade de água**. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/default.aspx>>. Acesso em: 25 ago. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: instalações prediais de águas pluviais: condições específicas. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

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

BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 23-40, abr./jun. 2008. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5358>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

BEEKMAN, G. B. **Gerenciamento integrado dos recursos hídricos**. Brasília: IICA, 2000.

BRASIL. Lei n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 dez. 1979. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm>. Acesso em: 8 out. 2014.

_____. Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei n. 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 8 out. 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**: síntese executiva. Brasília: MMA, 2006. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=c37feae3-8169-4049-900b-e8160661f541&groupId=66920>. Acesso em: 18 out. 2014.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Gerência de Apoio ao Desenvolvimento Urbano (GIDUR). **Cadernos CAIXA para projeto padrão de casas populares com 42 m²**. 2007. Disponível em: <http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/banco_projetos/projetos_his/casa_42m2.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2014.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo hidrologia**. Rio Porto Alegre: UFRGS; IPH, 2008. Apostila técnica

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (BRASIL). Resolução Conama n. 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 jan. 2001. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em: 9 jun. 2016.

CURITIBA (Prefeitura). Decreto n. 176, de 20 de março de 2007. Dispõe sobre os critérios para implantação dos mecanismos de contenção de cheias. **Prefeitura Municipal de Curitiba**, Curitiba, 29 mar. 2007. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/decreto/2007/17/176/decreto-n-176-2007-dispoe-sobre-os-criterios-para-implantacao-dos-mecanismos-de-contencao-de-cheias>>. Acesso em: 9 jun. 2016.

DALARMI, O. Utilização futura dos recursos hídricos da Região Metropolitana de Curitiba. **Sanare**, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 31-43, 1995.

DORNELLES, F.; TASSI, R.; GOLDENFUM, J. A. Avaliação das técnicas de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água de chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 59-68, abr./jun. 2010.

FONTENELE, R. E. S.; VASCONCELOS, O. N. de. Viabilidade financeira e econômica de projetos de saneamento: aplicação ao sistema de abastecimento da cidade de Milha, no Ceará. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 26., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO, 2006. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_tr510342_8383.pdf>. Acesso em: 1 set. 2014.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4: programa computacional**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. 2014. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br>>. Acesso em: 1 set. 2014.

GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in Southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 4, p. 1731-1742, Apr. 2007.

GNADLINGER, J. Colheita de água de chuva em áreas rurais. In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2., 2000, Haia. **Anais...** Haia, 2000. Disponível em: <irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>. Acesso em: 19 abr. 2014.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Santa Maria, 2009.

IBGE. **CENSO 2010**. 2010. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 25 set. 2014.

_____. **Índices de Preços ao Consumidor – IPCA e INPC**: setembro 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/ipca-inpc_201409_1.shtm>. Acesso em: 25 set. 2014.

_____. **Produto Interno Bruto dos municípios**. 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2011/default.shtm>>. Acesso em: 25 set. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **História**. 2014. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=sobre_inmet>. Acesso em: 5 out. 2014.

_____. **Série histórica**. 2014. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/cli_ma.php>. Acesso em: 5 out. 2014.

- IPEA. **Relatório de Atividade 2014**. 2014. Disponível em: < http://www.ipea.gov.br/portal/imagens/stories/PDFs/dides/150925_relatorio_atividade_2014.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2016.
- MARQUEZAN, L. H. F.; BRONDANI, G. Análise de Investimentos. **Revista Eletrônica de Contabilidade**, Santa Maria, v. 3, n. 1, jan./jun. 2006. Disponível em: <<http://cascavel.cpd.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/contabilidade/article/viewFile/21/3644>>. Acesso em: 13 out. 2014.
- MAZUCHOWSKI, J. Z.; TOSIN, P. C. **Curso de gestão ambiental municipal**. Curitiba: Consórcio para Proteção Ambiental do Rio Tibagi (Copati), 1997.
- MILL, R. C. **Resorts administração de operação**. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- PHILIPPI, L. S. et al. Aproveitamento da água de chuva. In: GONÇALVES, R. F. (Org.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: PROSAB; ABES, 2006. p. 73-152.
- ROCHA, V. L. **Validação do algoritmo do programa netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações**. 2009. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- ROCHA NETO, J. M. da; BORGES, D. F. As assimetrias entre as políticas setoriais e a política de planejamento regional no Brasil. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 6, p. 1639-1654, nov./dez. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rap/v45n6/a02v45n6.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2014.
- SETTI, A. A. **Diagnóstico sobre a situação dos mananciais dos 20 municípios selecionados dos Estados do Acre, Pará, Ceará, Pernambuco, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e Goiás e Proposta de Estruturação do Programa de Preservação e Conservação de Mananciais**. Brasília: Programa Nacional de Meio Ambiente, 1998. Relatório Técnico. Contrato n. 96/9596, 1998.
- SETTI, A. A. et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2. ed. Brasília: Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2001.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS HÍDRICOS. **Atlas geográfico digital de recursos hídricos do Brasil**. Disponível em: <<http://www2.snirh.gov.br/atlash2013>>. Acesso em: 19 set. 2014.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Conheça o SNIS: série histórica**. 2012. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/serieHistorica/#>>. Acesso em: 19 set. 2014.
- TAVARES, R. et al. Abastecimento hídrico no arquipélago Fernando de Noronha - PE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009. **Anais...** Campo Grande, 2009.
- TOMASELLA, J.; ROSSATO, L. **Balanco hídrico**. São José dos Campos: INPE, 2005. Disponível em: <http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1915/2005/11.08.13.25/doc/09_Balan%EDo_h%EDdrico.pdf>. Acesso em: 18 out. 2014.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo: Navegar, 2003. Apostila técnica.
Disponível em: <<http://www.acquacon.com.br/aguadechuva/plinio.pdf>>. Acesso em: 8 jun. 2016.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 55, n. 4, out./dez. 2005.

_____. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2009.