

IV-170 - VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E ECONÔMICA DE TECNOLOGIAS E ALTERNATIVAS PARA A GESTÃO DE ÁGUA EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES

Rodrigo Prieto Rocha⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP).

Erica Pugliesi⁽²⁾

Professora Adjunta. Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Caroline Antonelli Santesso⁽³⁾

Mestra em Ciências pelo Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (USP).

Clauciana Schmidt Bueno de Moraes⁽⁴⁾

Professora Ass. Doutora da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP).

Endereço⁽¹⁾: Rua Pedro Campana, 176 – Jardim Vila Mariana – São Paulo - SP - CEP: 04115-100 - Brasil -
Tel: (11)3578-7617 – Cel: (11)98397-7717 - e-mail: rodrigo.prieto.rocha@hotmail.com

RESUMO

Recentemente, devido às crises no gerenciamento dos recursos hídricos, tecnologias e equipamentos que promovam uma melhor gestão e consumo da água passaram a se tornar mais relevantes. Contudo, com o incremento de novas práticas, torna-se necessário compreender o funcionamento e a relação de custo-benefício de cada uma, para o uso adequado em construções novas ou já existentes. Este trabalho apresenta uma análise de alternativas e tecnologias de recursos hídricos, elencando quais poderiam ter uma maior aplicação em residências unifamiliares, considerando os custos de implantação/manutenção e utilizando indicadores qualitativos no contexto de construções sustentáveis. A metodologia contempla uma pesquisa bibliográfica sobre alternativas de gestão de recursos hídricos e a avaliação da viabilidade econômica dessas alternativas, utilizando a equação proposta por Hafner (2007), considerando duas residências (de 70m² e de 134m²) e duas famílias hipotéticas (com ganhos de 4 e 10 salários mínimos). A partir destas informações realizou-se uma análise de indicadores de benefícios econômicos, sociais e ambientais. Dentre as tecnologias e equipamentos pesquisados, foram selecionados: bacia de duplo acionamento, bacia com lavatório por gravidade, torneira hidromecânica, restritor de vazão, arejador de vazão constante e reaproveitamento de água de chuva (minicisterna). Pode-se inferir que se tratando de equipamentos hidrossanitários ou tecnologias que a eles se apliquem, a maioria pode ser encontrada a custos relativamente acessíveis, com ótimas taxas de redução de consumo de água e com um reduzido tempo de retorno. Conclui-se que os equipamentos e alternativas que apresentaram maiores benefícios foram: a bacia sanitária de duplo acionamento, os equipamentos com restritores de vazão, os arejadores e o sistema de minicisterna.

PALAVRAS-CHAVE: Consumo de Água, Reaproveitamento de Recursos Hídricos, Tecnologias para Residências, Indicadores Socioambientais e Econômicos.

INTRODUÇÃO

O aumento da população, devido ao rápido desenvolvimento das cidades na segunda metade do século XX, causou uma grande competição pelos recursos naturais, como o solo e a água, prejudicando a biodiversidade natural (TUCCI, 2008). Assim, um dos assuntos mais recorrentes atualmente está relacionado com o melhor aproveitamento de água, e formas de uso eficientes deste recurso.

Atualmente, existe uma maior divulgação, tanto na mídia, como em trabalhos técnico-científicos, de que é real o aumento da escassez da água, sendo desacreditadas as afirmativas de que a mesma é um recurso infinito (LIMA, 2010). Apesar da rápida ciclagem, um processo mal planejado, pode gerar um grande impacto ambiental negativo, podendo até mesmo inviabilizar outros usos para a água. Destaca-se ainda que, caso se mantenha a taxa de crescimento da população mundial e o consumo per capita, é considerado que o planeta terá cinquenta anos garantidos em relação aos recursos hídricos, e a partir deste ponto a demanda será maior que a oferta (LIMA, 2010).

Torna-se necessário um processo de desenvolvimento urbano objetivando maior qualidade da vida da população em conjunto com a conservação ambiental, sobretudo em relação aos recursos hídricos. É necessário aliar um ambiente que atenda as necessidades da população, como também que forneça subsídios para a conscientização da importância e uso racional destes recursos, em todos os setores (LIMA, 2010; TUCCI, 2008). Para isso, devem ser realizadas análises para criar sistemas que buscam soluções alternativas para o aumento da oferta da água, utilização da água de reuso, coleta, tratamento e uso da água pluvial, e diminuição do desperdício e das perdas. No que cabe aos usos não potáveis, a alternativa em se utilizar a água pluvial tratada pode ser promissora. E em se tratando da redução do desperdício, existem tecnologias e componentes economizadores acessíveis no mercado brasileiro, que são de fácil instalação, e cujo objetivo é a redução eficaz no consumo de água (LIMA, 2010).

Ainda de acordo com Lima (2010), são vários os estudos em desenvolvimento nos diversos países a fim de identificar os usos finais da água, principalmente no setor residencial. No Brasil, segundo trabalho de Hafner (2007), considera-se que os principais responsáveis por consumo excessivo de água em residências são chuveiros e bacias sanitárias, responsáveis por 59% do total, seguidos das pias de cozinha (18%), lavadoras de roupa (9%), lavatórios (7%), tanques (4%) e consumo no jardim e lavagem de carros (3%).

Devido às secas mais intensas e períodos de racionamento de água frequentes, novas maneiras de promover uma melhor gestão de recursos hídricos se tornam necessárias. Para tanto, devem-se considerar duas áreas distintas: a humana e a técnica. A área humana trata do comportamento com relação ao uso da água e os procedimentos para realizar atividades consumidoras. Ao mudar o comportamento da sociedade, através de teorias e tecnologias para um uso sustentável, medidas para o uso racional da água começam a evoluir. Por outro lado, na área técnica, temos ações de medições e aplicações de tecnologias e procedimentos para enquadramento do uso, por exemplo, incentivadas campanhas, divulgação de informações, educação pública, tarifas e regras que incentivem os usuários a adotar medidas conscientes quanto ao consumo de água. (Montibeller & Schmidt, 2004 apud Marinoski, 2007 apud LIMA, 2010)

Contudo, com tantas alternativas, torna-se complexo compreender o funcionamento e a relação custo benefício de cada uma delas. Assim, este trabalho tem por objetivo geral analisar alternativas e tecnologias para gestão da água, que possam ser aplicadas em residências unifamiliares, no conceito da construção civil.

OBJETIVOS

Analisar, dentre as alternativas e tecnologias para gestão de recursos hídricos quais podem ser utilizadas em residências unifamiliares, discorrendo sobre os custos de implantação/manutenção e utilizando de indicadores de benefícios econômicos, ambientais e sociais no contexto da construção sustentável.

METODOLOGIA

Visando analisar as tecnologias para manejo dos recursos hídricos em residências, a primeira etapa desenvolvida para este trabalho foi uma pesquisa bibliográfica, seguida da parte descritiva, em que foram analisadas as tecnologias e alternativas para gestão de recursos hídricos, buscando as que apresentariam melhores resultados quando usadas em residências unifamiliares. Foram considerados dois modelos de residências (área de 70m² e 134m²), para duas famílias hipotéticas com rendas diferentes (a primeira com 4 salários mínimos e a segunda, com 10 salários mínimos, com base em cotações feitas em sites governamentais (Secretaria do Emprego e Relações do Trabalho, 2016) – considerou-se uma variação de dois salários mínimos acima ou abaixo da média. Para tanto, foram aplicadas algumas considerações para adquirir os equipamentos selecionados:

- Renda familiar: a Família 1 (04 pessoas) possuirá ganho total de R\$ 4.086,00 = 4 salários mínimos; a Família 2 (04 pessoas) terá renda de R\$ 10.170,00 = 10 salários mínimos (considerando salário mínimo de R\$ 1.017,00 em 2016, pela Secretaria do Emprego e Relações do Trabalho).
- Destinação salarial: consideraremos que cada família irá utilizar 20% de suas rendas para instalar equipamentos economizadores. Ou seja, a Família 1 destinará R\$ 817,20 para quitação da implementação, enquanto a Família 2 destinará R\$ 2.034,00 para o mesmo objetivo.
- Consumo de água na residência: para as tarifas de água e esgoto utilizadas, serão considerados os valores serão de R\$ 22,38/mês cada, para consumos de até 10m³/mês, de acordo com a SABESP (2016). Segundo

o PROCON (2016), uma família de quatro pessoas tem consumo de água em torno de 22m³. Ainda segundo a SABESP (2016), consumos de água entre 20 e 30m³ por mês acrescentam R\$ 8,75/mês às tarifas de residências. Portanto, podemos considerar que ambas as famílias arcam com um total mensal de R\$ 62,26 com tarifas de água e esgoto.

- Os cálculos utilizarão a maior vazão do equipamento economizador.
- Bacias sanitárias com um total de 8 usos por dia.
- Torneiras com um total de 12 usos por dia.

Assim, foram feitos cálculos para analisar o tempo de retorno do investimento com base na equação proposta por Hafner (2007):

$$TR = G / (C \times E \times p - G \times r) \quad \text{Equação 1}$$

Sendo as variáveis:

TR - tempo de retorno (anos);

G - custos (R\$);

G = Ge + MO, na qual:

Ge - custo de aquisição de equipamento novo;

MO - custo da mão-de-obra para efetuar a substituição.

C - consumo (Litros/mês);

C = 30 x uso x Cc, na qual:

uso - número de acionamentos por dia;

Cc - consumo do equipamento convencional (antigo) (litros/acionamento).

E - taxa de economia de água gerada pela substituição;

E = 1 - (Ce / Cc), na qual:

Ce - consumo do equipamento economizador (novo) (litros/acionamento);

Cc - consumo do equipamento convencional (antigo) (litros/acionamento).

p - custo do consumo de um litro de água;

p = (tarifa de água + tarifa de esgoto) x fator de multiplicação / 1000

r - taxa de juros simples

Como proposto por Hafner (2007), o fator de multiplicação para o custo do consumo de água será de 2,20. Para praticidade dos cálculos, a taxa de juros foi desconsiderada.

Terminados os cálculos, foram feitas análises com base em indicadores, elaborados para avaliar benefícios econômicos, sociais e ambientais. Assim, foi possível determinar quais tecnologias apresentariam a melhor relação custo-benefício entre custos de implantação, manutenção, tempo de retorno do investimento (redução na conta de consumo de água) e benefício de reaproveitamento de água. A comparação de valores quantitativos (custo e tempo de retorno) e qualitativos (indicadores) permitiu conferir quais tecnologias e equipamentos são mais viáveis, tanto em questões econômicas como socioambientais, para serem instalados em residências unifamiliares (Figura 01).

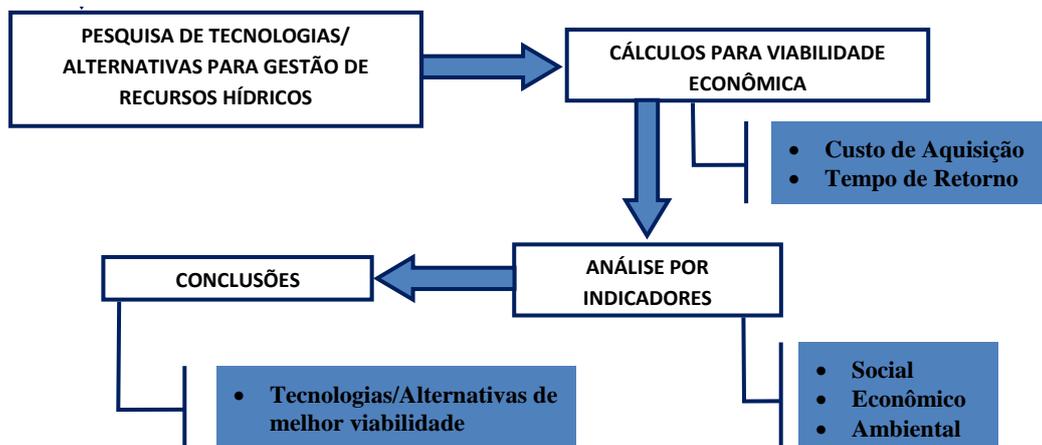


Figura 1: Fluxograma do Desenvolvimento do Trabalho.

Fonte: Elaborado pelos autores.

RESULTADOS OBTIDOS

Diversos equipamentos, tecnologias e sistemas que promovessem uma melhor gestão dos recursos hídricos foram pesquisados. As principais vantagens e desvantagens são apresentadas na Tabela 1, permitindo uma visão mais clara sobre quais desses equipamentos ou sistemas alternativos poderiam se adequar a residências unifamiliares.

Com relação as tecnologias para reaproveitamento, algumas foram logo descartadas, uma vez que suas desvantagens mostraram-se muito superiores em relação aos benefícios. Desse modo, as tecnologias/equipamentos melhor avaliadas foram: bacia de duplo acionamento, bacia com lavatório por gravidade, torneira hidromecânica, restritor de vazão, arejador de vazão constante e reaproveitamento de água de chuva (minicisterna). Em seguida, foram criadas duas residências e famílias hipotéticas para que fosse verificada a viabilidade econômica destes equipamentos, descritas detalhadamente na metodologia.

Pesquisou-se o custo para aquisição dos equipamentos para determinar o tempo de retorno do investimento nessas alternativas economizadoras. Os resultados podem ser vistos na Tabela 2 a seguir.

Tabela 1: Características, vantagens e desvantagens de tecnologias/alternativas para gestão da água.
Fonte: Elaborado pelos autores, com base em Palocci (2015)

TECNOLOGIA/ ALTERNATIVA	CARACTERÍSTICA	VANTAGEM	DESVANTAGEM
Bacia Sanitária de Duplo Acionamento	Possibilidade de selecionar uma descarga maior(6 L) e outra menor(3 L)	Uso de água de acordo com a necessidade.	Não especificado.
Bacia Sanitária com Separador de Urina	Segrega urina e fezes, destinando-as de maneira diferente.	Prevê o posterior tratamento e reuso de águas amarelas.	Não especificado.
Bacia Sanitária com Descarga à Vácuo	Consumo de 1,2 L de água, apenas para a limpeza da superfície.	Baixíssimo consumo de água.	Alto custo de energia elétrica, implantação e manutenção.
Bacia Sanitária acoplada a Lavatório por Bombeamento	Água do lavatório é filtrada e bombeada para a descarga da bacia.	Dispensa água do sistema de distribuição.	O volume disponível pode não atender à necessidade.
Bacia Sanitária acoplada a Lavatório por Gravidade	Água do lavatório é conduzida diretamente para a bacia para ser usada na descarga.	Dispensa água do sistema de distribuição.	Risco de proliferação de microrganismos pela ausência de tratamento.
Torneira com Funcionamento Hidromecânico	Fluxo de água interrompido após certo período de tempo.	Reduz o consumo de água (temporização).	Possível desregulagem em longo prazo.
Torneira Eletrônica com Sensor de Proximidade	Sensor de proximidade, que aciona o fluxo de água quando o usuário está próximo.	Interrompe o fluxo de água quando o usuário se afasta.	Uso frequente pode elevar gastos com energia elétrica.
Chuveiros e Duchas com Restritores de Vazão	Possuem um restritor de vazão excessiva que possibilita reduzir a vazão a um nível confortável e econômico.	Redução do consumo expressivo em locais com pressão superior a 10mca.	Complicações nos casos com diferença de pressão entre as águas frias e quentes, além de entupimentos.
Restritor de Vazão	Restringem a vazão de torneiras e misturadores em tubulações com pressão superior a 10mca.	Redução muito significativa do consumo.	Não especificado.
Arejador	Mistura ar à água, reduzindo a vazão.	Garante eficiência a baixo custo.	Não especificado.
Arejador com Vazão Constante	Além das vantagens de um arejador convencional, a vazão é limitada a 6 litros por minuto.	Aumenta a redução de consumo do arejador convencional.	Não especificado.
Reaproveitamento de Águas Cinzas	Reaproveita a água coletada de chuveiros, pias, banheiras, etc., para usos menos nobres e não potáveis.	Economia pela redução do consumo de água da rede distribuidora.	Necessita de espaço físico e conhecimento técnico.
Reaproveitamento de Águas de Chuva (Cisterna)	Reaproveita a águas para usos menos nobres e não potáveis.	Economia pela redução do consumo de água.	Necessidade de espaço físico considerável para coleta.
Reaproveitamento de Água de Chuva (Minicisterna)	Reaproveita a águas para usos menos nobres e não potáveis.	Economia pela redução do consumo de água da rede distribuidora.	Volume de coleta reduzido.

Tabela 2: Comparação de Tecnologias e Equipamentos Disponíveis no Mercado para as Casas Fictícias
Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em Hafner (2007)

EQUIPAMENTO	CUSTO DE AQUISIÇÃO	TEMPO DE RETORNO
Caixa sanitária de Duplo Acionamento	151,90	3,35 meses
Bacia Sanitária com Lavatório por Gravidade	18.800,90	Equação não aplicável
Torneira Hidromecânica	277,90	1,42 meses
Restritor de Vazão	26,90	0,082 meses
Arejador de Vazão Constante	15,79	0,047 meses
Minicisterna	Variável	Variável

Com base na tabela comparativa acima, podemos concluir, portanto, que se tratando de equipamentos hidrossanitários ou tecnologias que a eles se apliquem, quase todos podem ser encontrados a custos relativamente acessíveis, com ótimas taxas de redução de consumo de água e com um tempo de retorno bastante baixo. No caso da bacia sanitária acoplada ao lavatório por gravidade, a equação não se mostrou aplicável, devido ao elevado custo de aquisição do produto. Quanto à minicisterna, por ser um sistema de fabricação simples e de materiais que podem ser adquiridos a preços muito baixos, acabaria por apresentar custos de aquisição e tempo de retorno variáveis, pois o volume de água economizado dependeria do regime pluviométrico do local em que o sistema de captação fosse inserido.

A etapa seguinte consistiu de uma análise de indicadores qualitativos, considerando os aspectos ambiental, social e econômico. Para tanto, foram propostos os seguintes indicadores listados na Tabela 3. Tendo esses indicadores, pode-se então caracterizar as tecnologias e equipamentos de acordo com benefícios econômicos, sociais e ambientais. Isso tornou possível determinar quais equipamentos podem ser mais vantajosos para serem instalados em residências unifamiliares, como apresentado na Tabela 4.

Tabela 3: Lista de indicadores utilizados

Fonte: Elaborada pelos autores

CLASSIFICAÇÃO	INDICADOR
A	Redução do Consumo de Água
B	Redução de Gastos
C	Aproveitamento de Água
D	Harmonização com Entorno
E	Equipamento/Tecnologia de Baixo Custo
F	Equipamento/Tecnologia de Baixa Manutenção
G	Equipamento/Tecnologia de Disponível no Mercado
H	Equipamento/Tecnologia de Fácil Instalação
I	Baixo Tempo de Retorno

Tabela 4: Caracterização de tecnologias e equipamentos/alternativas por indicadores qualitativos

Fonte: Elaborado pelos autores

TECNOLOGIA/EQUIPAMENTO ECONOMIZADOR DE ÁGUA	BENEFÍCIOS			VANTAJOSO
	AMBIENTAL	SOCIAL	ECONÔMICO	
Bacia Sanitária de Duplo Acionamento	A	D, G, H	B, E, F, G, I	Sim
Bacia Sanitária com Separador de Urina	A	D, G, H	B, I	Não
Bacia Sanitária com Descarga à Vácuo	A	D, G	-	Não
Bacia Sanitária acoplada a Lavatório por Bombeamento	A	D, G, H	B	Não
Bacia Sanitária acoplada a Lavatório por Gravidade	A	D, G, H	B	Não
Torneira com Funcionamento Hidromecânico	A	G, H, I	B, E, F	Não
Torneira Eletrônica com Sensor de Proximidade	A	D, G	I	Não
Restritor de Vazão	A	D, G, H, I	B, E, F	Sim
Arejador com Vazão Constante	A	D, G, H, I	B, E, F	Sim
Reaproveitamento de Águas Cinzas	A, C	G	E, F	Não
Reaproveitamento de Águas de Chuva (Cisterna)	A, C	D, G	E, F	Não
Reaproveitamento de Água de Chuva (Minicisterna)	A, C	D, G, H, I	B, E, F	Sim

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo apresentou muitos equipamentos que podem ser encontrados no mercado brasileiro para se ter um maior reaproveitamento da água. Para as famílias hipotéticas consideradas, quase todos se mostraram economicamente e com tempo de retorno, viáveis. No caso da bacia sanitária com lavatório por gravidade, a equação escolhida não se mostrou aplicável, devido ao alto custo de aquisição do equipamento.

A análise de indicadores também evidenciou que todas as alternativas apresentadas possuem diversas vantagens. Contudo, considerando que as residências hipotéticas estariam no meio urbano, alguns dos indicadores elaborados passam a ter mais peso do que os demais.

Assim, pode-se concluir que os equipamentos/alternativas que apresentam mais benefícios foram: bacia sanitária de duplo acionamento, equipamentos com restritores de vazão, arejadores (convencional e com vazão constante) e sistema de minicisterna, que, embora tenha um volume menor, apresenta as mesmas características de uma cisterna convencional e dimensões mais confortáveis para o meio urbano.

Verifica-se que a redução e uso mais racional da água potável são objetivos muito mais viáveis do que se pode supor a princípio, uma vez que há diversas alternativas para uma melhor gestão dos recursos hídricos, além do controle governamental. Sistemas e equipamentos mais eficientes podem ser adquiridos pela própria população, considerando sua necessidade ou ainda sua possibilidade, embora incentivos públicos, como campanhas de conscientização e educação em escolas devam ser intensificados, de modo a buscar tecnologias sempre mais eficientes e econômicas, que tornem os ambientes construídos práticos e mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GHISI, E. 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. , 2007
2. HAFNER, A. V. Conservação e reuso de água em edificações – experiências nacionais e internacionais. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: COPPE, UFRJ, 161 p. 2007.
3. LIMA, R. M. A. Gestão da Água em Edificações: Utilização de Aparelhos Economizadores, Aproveitamento de Água Pluvial e Reuso de Água Cinza. 2010. 71f. Monografia para Especialização em Construção Civil - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte.
4. SABESP - AGÊNCIA VIRTUAL. Disponível em: <<https://www9.sabesp.com.br/agencia-virtual/pages/tarifas/tarifas.iface>>. Acesso em 4 out. 2016.
5. SECRETARIA DO EMPREGO E RELAÇÕES DE TRABALHO. Disponível em: <<http://www.emplo.sp.gov.br/pesquisa-e-servicos/piso-salarial-regional-de-sp>>. Acesso em 4 out. 2016
6. TUCCI, C. E. Águas Urbanas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008. p. 97-112.
7. FUNDAÇÃO PROCON. Disponível em: <http://www.procon.sp.gov.br/texto.asp?id=681>. Acesso em 4 out. 2016.