

II-170 – ESTUDO COMPARATIVO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL E REÚSO DE ÁGUA CINZA EM UMA RESIDÊNCIA

Amanda Kempt Schroeder⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Pablo Heleno Sezerino

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre e Doutor em Engenharia Ambiental pela UFSC. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC.

Ramon Lucas Dalsasso

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre e Doutor em Engenharia Ambiental pela UFSC. Professor D-1 do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC.

Endereço⁽¹⁾: Rua Jornalista Tito Carvalho, 155 – Cond. Itália, bl. Ímola, ap. 207 – Florianópolis – SC – CEP: 88040-480 – Brasil – Tel: (47) 99734-2222 – e-mail: kemptamanda@hotmail.com

RESUMO

Por muito tempo a água foi considerada um bem infinito e inesgotável. Porém, nos últimos anos pôde-se perceber que este bem apresenta-se cada vez mais escasso, em função do maior consumo de água e degradação dos recursos hídricos. Por isso, entende-se que é fundamental o desenvolvimento de trabalhos que busquem fontes alternativas à água potável, principalmente nos pontos de consumo que não exigem esta qualidade. Nesse contexto, o presente trabalho surge com a finalidade de avaliar e comparar a viabilidade econômica gerada por sistemas de aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza para usos não potáveis, de forma isolada. Para isso, idealizou-se dois projetos para uma residência, localizada em Florianópolis. No projeto de aproveitamento de água da chuva levou-se em consideração a utilização dessa fonte para descarga de bacias sanitárias, máquina de lavar roupa e usos externos, como rega de jardins, lavagem de pisos e carros. No projeto de reúso de água cinza considerou-se a origem dessa fonte no chuveiro e máquina de lavar roupas, e sua destinação para descarga de bacias sanitárias e usos externos. Com o levantamento dos custos e economias gerados pelos sistemas, fez-se a determinação da viabilidade econômica através dos métodos Valor Presente Líquido (VPL) e Período de Retorno do Investimento Descontado (*payback* descontado). Considerando os custos totais de implantação, ambos os projetos apresentaram VPL positivo para um período de 20 anos (R\$ 2.498,88 para o aproveitamento pluvial e R\$ 5.114,67 para o reúso de água cinza), ou seja, são viáveis economicamente. Pelo método do *payback* descontado, o sistema de reúso mostrou-se mais atrativo do que o aproveitamento de água de chuva, com períodos de retorno do investimento de 8,18 e 14,45 anos, respectivamente. Esse cenário muda com a eliminação dos custos de captação no projeto de aproveitamento de água pluvial, uma vez que esses valores já estão incluídos no custo total do projeto hidráulico convencional. Nesse segundo contexto, tem-se uma redução do *payback* para 9,58 anos e um aumento do VPL para R\$ 5.760,55.

PALAVRAS-CHAVE: Água da chuva, Água de reúso, Fonte alternativa.

INTRODUÇÃO

A ideia de que a água é um recurso abundante, inesgotável e desprovida de valor econômico manteve-se por muito tempo e deu suporte à uma cultura marcada pelo forte desperdício e uso irracional dos recursos hídricos. Essa realidade, aliada ao crescimento populacional e ao acelerado processo de urbanização, ocasionou uma exacerbação da disponibilidade hídrica mundial.

Hoje chega-se a níveis preocupantes relacionados à qualidade e quantidade de água disponível para o consumo humano. Atualmente, cerca de 748 milhões de pessoas não tem acesso a uma fonte de água potável, e estima-se que em 2050 seja registrado um aumento da demanda hídrica mundial em 55% (WWAP, 2015). Esses dados são alarmantes, especialmente quando se leva em consideração que 60% das doenças conhecidas estão relacionadas de alguma forma com a escassez de água (LIMA, 2005). Por isso, entende-se que a busca por

alternativas que favoreçam a conservação da água é imprescindível para a manutenção da qualidade de vida e para um futuro sustentável, sobretudo em áreas urbanas, onde a falta de água potável, as inundações e os casos de poluição apresentam-se cada vez mais rotineiros.

As residências mostram-se como significativas consumidoras de água em zonas urbanas, e apresentam uma demanda expressiva para fins não potáveis, no entanto esses pontos, comumente, são abastecidos com água da rede de boa qualidade, a mesma que é destinada para fins potáveis. O emprego de fontes de água opcionais ao sistema de abastecimento público em alguns pontos de uso, pode apresentar-se como uma alternativa que proporciona, além da conservação dos recursos hídricos, a economia na fatura de água e esgoto. Entre essas fontes não convencionais de água, destacam-se a água de chuva e a água cinza.

Estudos que busquem identificar o potencial de retorno do investimento aplicado para a introdução desses sistemas, assim como as premissas que fazem com que o projeto siga adiante ou não, são fundamentais, uma vez que o fator de economia é um dos grandes atrativos para a adoção dessas tecnologias, e conseqüentemente, a disseminação da mesma.

Diante desta temática, o presente trabalho tem como objetivo principal comparar a viabilidade econômica obtida com a implantação de um sistema de reúso de água cinza e aproveitamento de água da chuva em uma residência unifamiliar, aplicados de forma isolada. Além disso, espera-se contribuir para o desenvolvimento de propostas de obtenção de fontes alternativas à água potável de forma rentável, assim como, para o uso racional e sustentável da água no meio residencial.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido para um residência unifamiliar de alto padrão, localizada hipoteticamente em Florianópolis. A residência totaliza aproximadamente 240 m² de área útil e 203,93 m² de telhado na projeção horizontal. Para efeito de projeto, considerou-se 5 habitantes na residência.

Determinação do consumo de água

O consumo total da residência foi determinado com base na média entre os valores de consumo per capita para a cidade de Florianópolis e para uma casa de alto padrão. Enquanto que para o consumo por aparelhos considerou-se os seguintes modelos: consumo em porcentagem e a definição de parâmetros técnicos (volume e frequência) que quantificam o consumo em cada ponto de uso.

Sistema de aproveitamento de água da chuva

A concepção do projeto de aproveitamento da águas pluviais considerou a distribuição dessa fonte para o uso em descargas das bacias sanitárias, máquina de lavar roupa e torneiras de uso externos, destinadas para lavagem de pisos, carros e rega de jardim. Os sistemas de captação, condução, recalque e distribuição de água da chuva, que serviram para o levantamento dos custos, foram dimensionados com base nas seguintes normas: NBR 10844/89 (ABNT, 1989) e NBR 5626/98 (ABNT, 1998).

Para determinar a disponibilidade de água da chuva foram utilizados dados pluviométricos pertencem à Estação Meteorológica Convencional de São José, da rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e incluem informações diárias de precipitação referentes a um período de 14 anos de observação.

Para determinar o volume do reservatório inferior de acumulação da água da chuva foram realizados três dimensionamentos, sendo dois deles previstos na NBR 15527/07 (ABNT, 2007): o método de Rippl e o método da Simulação. O terceiro foi feito utilizando o programa Netuno 4 (LabEEE).

Para o tratamento da água de chuva foram adotados neste estudo duas unidades de filtração seguidas da desinfecção com cloro. A escolha dos filtros fez-se entre modelos existentes no mercado, sendo o primeiro

para remoção de materiais sólidos até 0,33 mm de diâmetro, e o segundo consiste em um filtro de polimento de areia que elimina micropartículas de até 25 micrômetros.

Sistema de reúso de água cinza

A concepção do sistema foi baseada no reaproveitamento de água cinza originada na máquina de lavar roupas e nos chuveiros, que será destinada ao abastecimento de bacias sanitárias e usos externos. Os sistemas de coleta, condução, recalque e distribuição de água cinza foram dimensionados com base nas seguintes normas: NBR 8160/99 (ABNT, 1999) e NBR 5626/98 (ABNT, 1998).

Definiu-se como unidades de tratamento um tanque séptico seguido por filtro plantado com macrófitas de fluxo horizontal (FPMH), e ao final foi previsto a cloração. Segundo um estudo realizado por Magri *et al.* (2009), esse sistema apresentou alto potencial de tratamento e produziu um efluente com qualidade compatível com os usos não potáveis de descarga em bacias sanitárias e irrigação. O dimensionamento do tanque séptico seguiu as orientações da NBR 7229/93 (ABNT, 1993). O FPMH foi dimensionado simulando a cinética de primeira ordem aplicável aos reatores tipo pistão (PHILIPPI & SEZERINO, 2004).

Análise econômica

Foi realizado o levantamento dos custos de implantação, operação e manutenção com base nos valores referenciados no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e em lojas de materiais de construção ou empresas prestadoras de serviços. Os custos com energia e conta de água e esgoto foram realizados tomando como base as tarifas cobradas pela Celesc (Centrais Elétricas de Santa Catarina) e CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento) sobre o serviço, respectivamente.

Com os custos totais e economias geradas pelo sistema calculou-se a viabilidade econômica da implantação através de dois métodos de avaliação: Valor Presente Líquido (VPL) e Período de Retorno do Investimento Descontado (*payback* descontado).

O método VPL proporciona uma comparação entre o valor investido e o valor dos retornos esperados, com todos os valores trazidos para o presente através de uma taxa de desconto específica, também conhecida como Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Essa taxa corresponde ao retorno mínimo aceitável pelo investidor, ou seja, se o investimento ficar abaixo desse valor, ele se torna inaceitável (BALIAN & BROM, 2007).

Para a tomada de decisão deve-se considerar as seguintes condições (BALIAN & BROM, 2007):

- i. Se $VPL > 0$, então aceita-se o projeto de investimento, uma vez que o retorno oferecido consegue cobrir os custos do capital investido, do retorno mínimo exigido pelo investidor e ainda oferece ganho líquido;
- ii. Se $VPL = 0$, a implantação do projeto é considerada indiferente, pois o retorno oferecido é capaz de cobrir apenas o capital investido e o retorno mínimo, assim, não proporciona outros ganhos ao investidor;
- iii. Se $VPL < 0$, o projeto deve ser rejeitado, já que além de não oferecer ganhos, também não cobre os custos investidos e a taxa mínima de atratividade, resultando em prejuízo em termos econômico ao investidor.

O *payback* refere-se ao tempo necessário para que determinado investimento seja recuperado, e após esse período passe a gerar lucros para o investidor. Alguns autores como Abreu & Stephan (1982), Balian & Brom (2007) e Jaffe *et al.* (2008), apontam algumas limitações para essa técnica: (a) não considera a distribuição dos fluxos de caixa dentro do período de avaliação; (b) não considera o fluxo de caixa posterior ao período de recuperação; (c) não há uma diretriz para a escolha do *payback*, assim o limite de tempo aceitável para o resultado é definido de forma arbitrária.

De modo a corrigir as falhas, houve uma modificação do método tradicional, que foi denominado período de retorno do investimento descontado, ou simplesmente *payback* descontado. Apesar do conceito do método ser basicamente o mesmo, o *payback* descontado leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, através da introdução da taxa mínima de atratividade. Porém, as outras limitações do método permanecem.

RESULTADOS OBTIDOS

Consumo de água potável

Com base no consumo de 185,68 L/hab.dia para a cidade de Florianópolis (SNIS, 2016) e 200 L/hab.dia para uma residência de alto padrão (ABNT, 1993), pode-se calcular uma média de 193 L/hab.dia. Considerando 5 habitantes, o consumo mensal da residência em estudo foi calculado em 28,95 m³/mês.

Para a determinação do consumo por aparelhos, considerando os modelos de parâmetros técnicos (ou frequência e volume) e porcentagens de consumo, foram utilizados valores apresentados por outros estudos. Os resultados são apresentados na Tabela 1 e 2. Ressalta-se que, para os cálculos da Tabela 2, considerou-se uma área de jardim de 70 m² e uma área impermeável de 50 m² para os cálculos de consumo externo.

Tabela 1: Disponibilidade e demanda de água cinza com consumo em porcentagem.

Ponto de consumo / Referência	DECA*	USP*	PNCDA*	Mieli	Menegat et. al	Solis	MÉDIA	Consumo (L/d)	Consumo (m ³ /mês)
Chuveiro	47%	28%	55%	27%	-	-	39%	378,76	11,36
Máq. lavar roupa	8%	9%	11%	7%	-	-	9%	84,44	2,53
Vaso sanitário	14%	29%	5%	35%	32%	36%	25%	242,86	7,29
Uso externo	-	-	-	3%	12%	8%	8%	73,98	2,22
DISPONIBILIDADE DE ÁGUA CINZA (Chuveiro + máq. lavar roupa)								463,20	13,90
DEMANDA DE ÁGUA CINZA (Vaso sanitário + uso externo)**								316,84	9,51
DEMANDA DE ÁGUA PLUVIAL (Máq. lavar roupa + vaso sanitário + uso externo)**								401,28	12,04

- Não há dados disponíveis

*Estudos citados por Gonçalves (2005)

**Considera-se o aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza como sistemas independentes, assim as demandas por água pluvial e água cinza não podem ser somadas e devem ser analisadas de forma separada

Tabela 2: Disponibilidade e demanda de água cinza com parâmetros técnicos.

Ponto de consumo / Variáveis	Frequência	Unidade	Volume	Unidade	Consumo (L/d)	Consumo (m ³ /mês)
Máquina de lavar roupa	0,2 ^a	Carga/hab/dia	100,00 ^a	L/ciclo	100,00	3,00
Chuveiro	15 ^b	min/banho	0,0945 ^b	L/seg	425,25	12,76
Vaso sanitário	5 ^b	Descarga/hab/dia	6,00 ^b	L/descarga	150,00	4,50
Uso externo	-	-	-	-	420,00	2,88
Rega de jardim	8 ^a	Lavagem/mês	2,00 ^a	L/dia/m ² /lavagem	140,00	1,12
Limpeza de piso	8 ^a	Lavagem/mês	4,00 ^a	L/dia/m ²	200,00	1,60
Limpeza de carro	2 ^a	Lavagem/mês	80,00 ^a	L/dia/lavagem/carro	80,00	0,16
DISPONIBILIDADE DE ÁGUA CINZA (Chuveiro + máq. lavar roupa)					525,25	15,76
DEMANDA DE ÁGUA CINZA (Vaso sanitário + uso externo)*					570,00	7,38
DEMANDA DE ÁGUA PLUVIAL (Máq. lavar roupa + vaso sanitário + uso externo)*					670,00	10,38

*Considera-se o aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza como sistemas independentes, assim as demandas por água pluvial e água cinza não podem ser somadas e devem ser analisadas de forma separada

^a - Gonçalves (2005); ^b - Brown & Caldwell (1984), Boland et al. (1990) e Dziegielewski et al. (1993) apud Tomaz (2000)

Os resultados da Tabela 1 inferem que a disponibilidade diária de água cinza é suficiente para atender a demanda. O mesmo não pode ser verificado com os valores expostos na Tabela 2, onde o volume diário de água cinza ofertado é de 525,25 litros e a demanda pode chegar a 570 litros. Observa-se ainda que na análise mensal, ambos os resultados apresentam disponibilidade suficiente para atender a demanda.

A divergência nos valores diários justifica-se no fato de que a Tabela 2 apresenta o consumo de água correspondente ao máximo que pode haver, caso ocorra no mesmo dia a irrigação de jardim, limpeza de carro e pisos. Enquanto que a Tabela 1 retrata a demanda de água sem considerar a frequência de uso, e assim, considera que em todos os dias há um pequeno consumo para os usos externos. Na comparação mensal, essa divergência descreve em função da diluição dos consumos máximos da Tabela 2 durante os dias do mês.

A partir dessas considerações acredita-se que a determinação do consumo específico dos aparelhos, através das variáveis de frequência e volume, conferem uma situação de maior semelhança com a realidade. Por isso, para este estudo, adotou-se como disponibilidade e demanda os valores apresentados na Tabela 2.

Reservatório de água pluvial

Para o dimensionamento do reservatório pelos métodos de Rippl e da Simulação, o fornecimento das precipitações foi feita com base nas séries históricas mensais. Enquanto que o algoritmo utilizado na simulação pelo Programa Netuno requer dados diários de precipitação.

No dimensionamento pelo método de Rippl, em todos os meses o volume aproveitável de água da chuva foi superior a demanda. Assim, através da interpretação dos resultados obtidos, não há necessidade de armazenamento de água pluvial, uma vez que a demanda sempre será suprida.

Pelo método da Simulação é necessário fixar o volume de um reservatório para dar início ao dimensionamento. Esse foi fixado em um valor pequeno de 50 litros, porém percebeu-se que esse volume foi suficiente para suprir a demanda pela água da chuva. Esse resultado é justificado pela mesma explicação para o método de Rippl: em todos os meses a demanda foi menor do que a disponibilidade de água da chuva.

O volume ideal do reservatório foi calculado pelo programa Netuno através da adoção de uma diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial de 5%/m³. Ou seja, através das simulações, determina-se o maior volume do reservatório até que a variação do aproveitamento pluvial seja menor que 5% para cada metro cúbico do reservatório. Assim, para este projeto, o volume ideal foi estimado em 3300 litros, resultando em um potencial de utilização de água pluvial em 31,13%.

Comparando-se os resultados, percebe-se que a utilização de dados mensais de precipitação pode trazer uma ideia equivocada sobre o regime pluviométrico. Sabe-se que a distribuição das chuvas no mês não é regular, e a ocorrência de vários dias consecutivos sem registros de precipitações é uma realidade frequente. Nos métodos de Rippl e da Simulação essa possibilidade não é considerada.

Para este caso, decorrente às características do projeto, somente a análise das precipitações diárias traz uma ideia precisa das condições de oferta de chuva. Por isso, para melhor representar a realidade do sistema, será adotado o volume do reservatório inferior determinado pelo Programa Netuno.

Levantamento de custos

Considerou-se nos custos de implantação as tubulações, conexões, acessórios, materiais para construção das caixas de inspeção e mão de obra para a montagem dos sistemas. Além desses itens, também adicionou-se ao quantitativo o serviço de escavação realizado por uma retroescavadeira.

Nos custos de operação e manutenção, em ambos os projetos, ponderou-se os valores despendidos com a cloração e reparos da motobomba. Além desses, no caso particular do sistema de reúso de água cinza, fez-se o levantamento da despesa para limpeza do tanque séptico, e para manutenção do filtro plantado com macrófitas.

Para o sistema de aproveitamento de água de chuva, os custos adicionais de operação e manutenção foram restritos ao filtro de polimento, com substituição do cartucho de filtração a cada dois anos, como recomenda o fabricante. Ressalta-se que, no custo da aquisição do filtro, já está incluído o valor de um cartucho a mais, ou seja, a primeira troca será realizada 4 anos após o início da operação do sistema.

O preço total estimado para a implantação do aproveitamento de água de chuva foi de R\$ 14.684,53, e para o sistema de reúso de água cinza foi de R\$ 7.491,07. O valor anual gasto para manter o sistema de aproveitamento de água da chuva foi orçado em R\$ 89,96 para os quatro primeiros anos e R\$ 119,96 para os anos seguintes, quando se adiciona os custos com a manutenção do filtro de polimento. E para o reúso de água cinza este valor corresponde a R\$ 289,26.

Análise Econômica

Para a análise econômica, a alíquota da taxa mínima de atratividade foi igualada ao rendimento da caderneta de poupança, valor de 7,96% ao ano (INFOMONEY, 2016). Para o método do VPL é usual a adoção da vida útil do sistema como período de análise. Assim, utilizou-se neste trabalho o período de 20 anos.

Os valores estimados para a análise econômica do projeto de aproveitamento pluvial e reúso de água cinza são expostos na Tabela 31 e Tabela 32, respectivamente.

Tabela 3 - Parâmetros para cálculo da análise econômica do projeto de aproveitamento de água de chuva.

Parâmetros	Valor
Investimento inicial	R\$ 14.684,53
Despesa anual com energia	R\$ 34,16
Despesa a cada 2 anos com filtro de polimento	R\$ 60,00
Despesa anual com cloração	R\$ 36,00
Despesa a cada 2 anos com motobomba	R\$ 39,60
Economia anual com redução do consumo de água e geração de esgoto	R\$ 1.854,82
Taxa mínima de atratividade (ao ano)	7,96%
<i>Payback</i> descontado	14,45 anos
Valor Presente Líquido (para 20 anos)	R\$ 2.498,88

Fonte: desenvolvido pelo autor

Tabela 4 - Parâmetros para cálculo da análise econômica do projeto de reúso de água de cinza.

Parâmetros	Valor
Investimento inicial	R\$ 7.491,07
Despesa anual com energia	R\$ 34,16
Despesa a cada 5 anos com limpeza do tanque séptico	R\$ 340,00
Despesa anual com cloração	R\$ 36,00
Despesa a cada 5 anos com manutenção do FPMH	R\$ 656,48
Despesa a cada 2 anos com motobomba	R\$ 39,60
Economia anual com redução do consumo de água e geração de esgoto	R\$ 1.569,36
Taxa mínima de atratividade (ao ano)	7,96%
<i>Payback</i> descontado	8,18 anos
Valor Presente Líquido (para 20 anos)	R\$ 5.114,67

Fonte: desenvolvido pelo autor

Para o sistema de aproveitamento de água pluvial obteve-se um VPL de R\$ 2.498,88 e um período de retorno descontado, também conhecido por *payback* descontado, de 14,45 anos, enquanto que para o sistema de reúso de água cinza esses valores ficaram em R\$ 5.114,67 e 8,18 anos, respectivamente.

Em ambos os projetos, foram considerados os custos completos de implantação, ou seja, desde a captação até a distribuição para os pontos de uso. Porém, em uma residência, mesmo sem o aproveitamento da água pluvial, os insumos para a captação fazem parte do projeto hidráulico predial. Nesse contexto, com a eliminação dos custos de captação de água pluvial o valor de implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva fica em R\$ 11.422,86. Com as mesmas despesas, economias e taxa mínima de atratividade, o tempo de retorno do investimento passa de 14,45 para 9,58 anos e o VPL tem um aumento de R\$ 2.498,88 para R\$ 5.760,55.

Esses valores mostram que, pelo método do *payback* descontado, o reúso de água é mais vantajoso financeiramente. No entanto, se a análise for feita pelo VPL, a maior lucratividade é alcançada com o aproveitamento de água da chuva. Tal fato demonstra uma das falhas do método do *payback*: a não consideração do fluxo de caixa posterior ao período de recuperação. Em outras palavras, o processo iterativo de cálculo do Período de Retorno do Investimento é finalizado quando as receitas geradas pelo sistema são iguais ao investimento inicial. O período posterior à quitação do sistema, a partir do qual o rendimento será sempre positivo, não é levado em consideração. Essa falha não ocorre com o método VPL.

CONCLUSÕES

Considerando a implantação isolada dos sistemas de aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza é possível concluir:

- As porcentagens de consumo determinadas por estudos embasados na literatura, muito utilizadas nos cálculos de consumos específicos, não consideram o consumo máximo diário que pode haver, caso ocorram usos simultâneos de atividades com consumo periódico, como a rega de jardins, lavagem de carros e pisos. Por isso, o modelo de frequência e volume é o mais adequado para determinar o consumo residencial;
- A determinação do volume do reservatório de armazenamento de água da chuva pelos métodos de Simulação e Rippl, previstos na NBR 15527/07 (ABNT, 2007), com a utilização de dados mensais de precipitação, não foi suficiente para avaliar o volume armazenado necessário para suprir a demanda, uma vez que considera apenas o volume total precipitado no mês, ignorando os longos episódios de estiagem que podem ocorrer durante o período;
- Pela análise das receitas dos sistemas, considerando os custos desde a coleta até a distribuição, o projeto de reúso de água cinza apresentou maior benefício financeiro, com um tempo de retorno do investimento mais curto, de 8,18 anos, e um VPL maior, de R\$ 5.114,67, representando um maior retorno financeiro no período analisado (20 anos). Apesar do projeto de aproveitamento pluvial apresentar um tempo maior para se pagar (payback de 14,45 anos), o VPL calculado, que corresponde a R\$ 2.498,88, indica que a implantação desse sistema também é viável e gera lucros ao investidor durante a vida útil do sistema;
- Considerando apenas os sistemas adicionais à um projeto hidráulico convencional para uma residência, isto é, eliminando os custos da captação pluvial (calhas e condutores verticais e horizontais) do sistema de aproveitamento de água de chuva, é possível reduzir o tempo de retorno do investimento de 14,45 para 9,58 anos, e aumentar o VPL de R\$ 2.498,88 para R\$ 5.760,55. Com esses valores, observa-se que pelo método do *payback* descontado, opta-se pelo reúso de água cinza. Porém, pelo VPL a escolha se dá pelo aproveitamento de água de chuva, isso porque, de maneira adversa ao VPL, o *payback* não considera os fluxos de caixa posterior ao período de retorno do investimento.

Por fim, conclui-se que, nas alternativas propostas ambos os sistemas demonstraram-se viáveis economicamente. Apesar deste fator ainda ser um elemento decisivo para a implantação dos sistemas, não se deve deixar de considerar as vantagens geradas ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.
2. _____. NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 8 p.
3. _____. NBR 5626: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998. 41 p.
4. _____. NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993. 15 p.
5. _____. NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999. 74 p.
6. ABREU, P. F. S. P.; STEPHAN, C. Análise de Investimentos. Rio de Janeiro: Campus, 1982. 280 p.
7. BALIAN, J. E. A.; BROM L. G. Análise de investimentos e capital de giro: conceitos e aplicações. São Paulo: Saraiva, 2007. 132 p.
8. GONÇALVES, R. F. (Coord.). Uso racional da água em edificações. 1. ed. Rio de Janeiro: ProSab/ABES, 2006. 352 p.
9. INFOMONEY. Disponível em: <<http://www.infomoney.com.br/>>. Acesso em: 15 de nov. 2016.
10. JAFFE, J. F.; ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W. Administração financeira. Tradução: Antônio Zoratto Sanvicente. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 776 p.
11. LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Programa Netuno. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/software/netuno>>. Acesso em: 15 set. 2016.
12. LIMA, J. G. O paradoxo da água. Revista Veja Especial. São Paulo: Editora Abril, 2005. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/conteudo_222328.shtml?func=2>. Acesso em: 12 set. 2016.

13. MAGRI, M. E.; LEMOS, E.; KLAUS, G.; FRANCISCO, J. G. Z.; PHILLIPPI, L. S. Desempenho de um sistema tipo tanque séptico seguido de filtro plantado com macrófitas no tratamento de águas cinzas. 26o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife, 2009.
14. MENEGAT, R.; PORTO, M. L.; CARRARO, C. C.; FERNANDES, L. A. D. Atlas Ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1998. ISBN 8570254350
15. MIELI, J. C. A. Reúso de água domiciliar. 143p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2001.
16. PHILIPPI, L. S.; SEZERINO, P. H. Aplicação de sistemas tipo Wetlands no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas. 1. ed. Florianópolis: Ed. do Autor, 2004. 144 p.
17. SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico de Serviços de Água e Esgoto – 2014. Brasília: Ministérios das Cidades, 2016.
18. SOLÍS, E. T. Água: não ao desperdício, não à escassez. CWWA – Associação Caribenha de Água e Águas Residuais; AIDIS – Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental; CEPAL – Comissão Econômica para América Latina e Caribe; OEA – Organização dos Estados Americanos; OPAS/OMS – Organização Pan-Americana da Saúde/Organização Mundial da Saúde; PNUMA/ORPALC – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, Escritório Regional para a América Latina e Caribe. Lima: OPAS/CEPIS, 2002.
19. TOMAZ, P. Previsão de consumo de água. São Paulo: Navegar Editora, 2000.
20. WWAP – World Water Assessment Programme. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris, UNESCO: 2015. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2016.