

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CÂMPUS GUARAPUAVA  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL

Matheus Martini Ferreira

ESTRATÉGIAS PARA PRESERVAÇÃO E  
REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA NO ÂMBITO  
RESIDENCIAL – ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE  
GUARAPUAVA

Guarapuava  
Novembro de 2018

MATHEUS MARTINI FERREIRA

ESTRATÉGIAS PARA PRESERVAÇÃO E  
REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA NO ÂMBITO  
RESIDENCIAL – ESTUDO DE CASO NO  
MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação de Engenharia Civil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Guarapuava,  
como parte dos requisitos para obtenção do título de  
Engenheiro Civil.

Orientador(a): Mariane Kempka

Guarapuava  
2018

## MATHEUS MARTINI FERREIRA

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo/a Professor/a Responsável pela disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Guarapuava, 2018

### BANCA EXAMINADORA

Prof. Mariane Kempka - Orientador/Presidente  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Gabriel M. Trevisan  
Me. pela Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Rodrigo Scoczynski Ribeiro  
Me. pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que participaram, de qualquer forma que tenha sido, da minha jornada até aqui.

## RESUMO

O aumento da população e conseqüentemente da demanda por recursos básicos, especialmente a água, traz à tona uma importante preocupação com a disponibilidade de água potável. Para um futuro sustentável com acessibilidade universal deste bem, o reaproveitamento e a redução do consumo de água são medidas que devem ser adotadas para garantir água em quantidade e qualidade aos seres que habitam o planeta. Os sistemas de aproveitamento de água da chuva e de reúso de águas cinza, sendo este último o aproveitamento da água proveniente de pias, chuveiros e máquinas de lavar roupa, que podem ser utilizados para fins menos nobres, tais como: irrigação de jardins, limpeza de vasos sanitários e lavagens de calçadas. Aliado a estes sistemas existem, ainda, os dispositivos poupadores de água, tais como: bacias sanitárias econômicas, torneiras automáticas, arejadores, redutores de pressão entre outros. A presente pesquisa faz uma breve revisão bibliográfica a cerca dos sistemas de aproveitamento de água da chuva e do reúso das águas cinza, bem como a utilização de mecanismos poupadores de água. Tais medidas podem gerar, de acordo com a metodologia utilizada, uma economia de 62,6% no volume de água tratada utilizada em uma residência, além de reduzir os custos de saneamento em até 58%, com um investimento que levaria em torno de 6 anos e 3 meses para se pagar.

Palavras-chave: Água, Economia, Preservação, Reutilização.

## ABSTRACT

The population growth and consequently of the need for basic resources, especial the water, bring up an important worry about the potable water availability. For an sustainable future, with universal availability of this good, the reuse and consumption of water are ways that must be adopted to secure water in quantity and quality to the beings that live in the planet. The reuse systems of rainwater and greywater, being the last the reuse of water from sinks, washbasins, showers and wash machines, that can be used for least noble ends, like garden irrigations, cleaning of sanitary bowls and to wash pavements. Allied to these systems there are, still, the water-saving devices, like economic sanitary bowls, automatic taps, aerators, pressure redactor and others. The present research does an brief bibliographic revision around the rainwater and greywater reuse, as well as the water-saving devices. Those solutions can make, according to the used methodology, a saving of 62,6% on the used treated water in a residence, in addition to reduce the sanitation costs by up to 58%, with an investment that would take 6 years and 3 months to pay itself.

Keywords: Water, economy, preservation, reuse.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipico arejador para ser instalados em torneiras.....	14
Figura 2 - Restritor de vazão.....	15
Figura 3: Válvula de descarga dual.....	17
Figura 4: Bacia sanitária dual flush com caixa acoplada. ....	17
Figura 5: Vaso segregador.....	18
Figura 6 - Formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva.....	21
Figura 7 - Sistema de coleta da água da chuva.....	22
Figura 8 - Reservatório com tonel de autolimpeza.....	23
Figura 9 - Reservatório de auto limpeza com torneira bóia.....	24
Figura 10 - Esquema ilustrativo de um sistema de reúso de água.....	28
Figura 11 - Esquemática de uma estação de tratamento de esgoto.....	30
Figura 12 - Conversão biológica de matéria orgânica nos sistemas aeróbios e anaeróbios de tratamento de esgoto. ....	31
Figura 13 - Opções de reúso para águas cinzas.....	34
Figura 14 - Riscos associados à fonte de água cinza, aos métodos de irrigação, aos usos e ao acesso ao público. ....	35
Figura 15 – Planta baixa da residência.....	36
Figura 16– Esquema do sistema de captação de água da chuva.....	44
Figura 17 – Corte A1 .....	45
Figura 18 – Corte A2 .....	45
Figura 19 – Corte B1.....	46
Figura 20: Volume de água captado em uma área de 100 m <sup>2</sup> na região de Guarapuava.....	48
Figura 21 - Simulação do potencial de economia para período de um (1) ano. ....	53
Figura 22: Simulação do potencial de economia para período de cinco (5) anos.....	54
Figura 23: Simulação do potencial de economia para período de dez (10) anos.....	54

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparação de consumo de água entre máquinas de lavar roupa com carregamento frontal e superior. ....	16
Quadro 2 -Técnicas de tratamento de água da chuva. ....	25
Quadro 3 - Variação da qualidade de água da chuva devido ao local de coleta . ....	26
Quadro 4 - Diferentes qualidades da água para diferentes aplicações. ....	26
Quadro 5 - Especificações de classes de reúso de água. ....	32
Quadro 6 – Parâmetros de qualidade de água para usos restritivos não potáveis ....	33
Quadro 7 – Distribuição do consumo residencial de água. ....	37
Quadro 8 - Valores de tarifas da SANEPAR. ....	38
Quadro 9 – Precipitações médias mensais e dias de chuva em Guarapuava –Paraná. Período: 1976/2017. ....	40
Quadro 11 - Redução no consumo de água devido à instalação de dispositivos hidráulicos poupadores. ....	50
Quadro 12 - Simulação da redução no consumo e tarifa na implantação de estratégias de economia de água.....	51



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	9
1.1	Objetivos do trabalho .....	10
1.1.1	Objetivo principal .....	10
1.1.2	Objetivos secundários .....	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
2.1	Redução e controle do consumo de água nas edificações .....	13
2.2	Sistemas de Reaproveitamento de Água .....	19
2.2.1	Reaproveitamento da água da chuva .....	19
2.2.3	Reaproveitamento das águas cinza .....	26
3	METODOLOGIA .....	36
3.1	Vazão diária de consumo .....	37
3.2	Potencial de economia em volume .....	37
3.3	Custo da tarifa de água .....	38
3.4	Cenários analisados .....	39
3.5	Análise econômica .....	39
3.5.1	Água da chuva .....	40
3.5.2	Águas cinza .....	41
3.5.3	Dispositivos hidráulicos econômicos .....	42
3.6	Viabilidade do investimento .....	43
4	DISCUSSÕES E RESULTADOS .....	48
4.1	Potencial de economia de água da captação da água da chuva .....	48
4.2	Potencial de economia de água da a reutilização das águas cinza ...	49
4.3	Potencial de economia de água com a instalação de dispositivos redutores .....	49

4.4	Redução no preço da tarifa de água .....	50
4.5	Viabilidade do investimento .....	54
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	56
6	REFERÊNCIAS .....	58

## 1 INTRODUÇÃO

Embora grande parte da superfície terrestre seja coberta de água, apenas uma pequena parcela dela é própria para consumo humano, além disso, a água não é distribuída igualmente pelo planeta e sua posse gera muitos conflitos políticos em regiões de escassez. A água é, portanto, um recurso limitado, diretamente relacionado à vida e a preservação dos seres vivos das mais diversas espécies.

Os grandes centros urbanos têm dificuldade na distribuição constante de água tratada, devido aos altos níveis de poluição nos mananciais e ao grande aumento populacional nas últimas décadas, o que leva a necessidade de buscá-la em distâncias cada vez maiores, aumentando o custo de abastecimento.

O consumo hídrico está atrelado ao consumo de energia por diversos fatores, desde a adução, tratamento até a distribuição da água, pois esses processos são auxiliados por bombas hidráulicas, podendo constituir, segundo Gonçalves (2006), 25 a 45% do custo total de operação dos sistemas de abastecimento.

De acordo com o *The United Nations World Water Development Report (2015)*, a consequência do desenvolvimento insustentável é, em termos hídricos, o aumento de 55% da demanda atual de água até o ano de 2050. Além disso, atualmente, mais de 2,5 bilhões de pessoas dependem exclusivamente de fontes de água subterrâneas e mais de 20% dos aquíferos do mundo são explorados excessivamente.

Diante disso, fica evidente a relevância do assunto, sendo necessário identificar possíveis medidas a serem adotadas para reduzir o consumo e o desperdício, tais como substituir sistemas antigos por sistemas modernos e econômicos, adotar dispositivos hidráulicos poupadores, e também implantar sistemas de aproveitamento e reúso de água.

## 1.1 Objetivos do trabalho

### 1.1.1 Objetivo principal

O objetivo do presente trabalho é analisar medidas que reduzam a utilização de água potável em uma edificação residencial localizada em Guarapuava-PR.

### 1.1.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- analisar alternativas que diminuam o consumo de água.
- comparar o desempenho de sistemas economia de água, com dispositivos padrões e sem nenhum recurso de diminuição de consumo.
- determinar o potencial de redução de consumo de água com a implantação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva, de águas cinza e de dispositivos hidráulicos poupadores.
- avaliar o retorno financeiro proporcionado pela adoção desses sistemas para os períodos de um (1), cinco (5) e dez (10) anos em um fundo de investimento de taxa fixa.
- Analisar os custos e a viabilidade desses investimentos pelo método de *payback* descontado.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O consumo de água, planejado de forma eficaz, consiste na tomada de decisões estratégicas que influenciam na demanda final desse recurso. Segundo Oliveira et al (2007), o uso total da água é a soma da parcela desperdiçada com a efetivamente usada. Caracteriza-se água desperdiçada, toda água que é perdida ou usada de forma excessiva, sendo as perdas provenientes de vazamentos, procedimentos de uso inadequados ou negligência dos usuários, podendo-se citar os banhos prolongados e uso de água de boa qualidade para fins menos nobres. Tendo em vista reduzir o desperdício, os autores mencionam a possibilidade do emprego de três tipos de ações:

- econômicas: que englobam a redução e aumento de tarifas;
- sociais: que são as campanhas educativas, conscientização dos usuários, seja por meio televisivo ou outras plataformas de comunicação e visitas a escolas e demais instituições de ensino.
- tecnológicas: ações que envolvem a substituição dos sistemas convencionais por outros mais econômicos e tecnológicos, que utilizem menos água, como as bacias sanitárias com dois botões, que possuem vazões diferentes, um para uma descarga completa e outro para meia descarga, as torneiras de fechamento automático, restritores de vazão, entre outros.

A tentativa de proteção deste recurso, no Brasil, é incentivada por meio de programas que buscam o consumo inteligente, tais como os citados por Gonçalves (2006):

- Programa de Uso Racional de Água (PURA), que teve início em 1996 e é ativo até os dias atuais e tem objetivo de combater o desperdício através de soluções como a detecção e reparo de vazamentos, substituição de equipamentos hidráulicos como torneiras e bacias sanitárias por modelos econômicos, além de estudos de reaproveitamento de água e palestras educativas. O resultado da implantação desse programa resulta em reduções consideráveis no consumo, que, segundo o a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), vem gerando economia de pelo menos 15% no consumo de água quando aplicado.

- Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), instituído em 1997, pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades cujo objetivo é uso racional da água no abastecimento público das cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando a melhor produtividade dos ativos existentes e a postergação de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas. Tem por objetivos específicos definir e implantar um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, concorrentes para uma efetiva economia dos volumes de água demandados para consumo nas áreas urbanas, consolidados em publicações técnicas e cursos de capacitação.
- Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), implantado pela FINEP, CNPq e a Caixa Econômica Federal, desde 1996, constituindo o principal programa nacional de desenvolvimento tecnológico voltado para problemas relacionados aos recursos hídricos. O foco está no desenvolvimento de fontes alternativas de água para usos não potáveis, como das águas pluviais, águas cinza, amarelas e negras, e também no desenvolvimento de tecnologias que reduzam o consumo.
- Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (PROAGUA), da Agência Nacional de Águas (ANA), que incentiva a captação de água no semiárido, por meio da instalação de cisternas, seguindo as diretrizes do Projeto PROÁGUA Semi-Árida, presentes no Atlas de Obras Prioritárias para a Região Semi-Árida (2005).

## 2.1 Redução e controle do consumo de água nas edificações

O uso racional da água dentro de uma edificação de acordo com Oliveira et al (2007) pode ser alcançado, dentre outras ações, com o emprego de equipamentos hidráulicos e componentes economizadores. Esses equipamentos podem ser classificados segundo a forma de atuação para a redução do consumo de água em: controle da vazão de utilização e controle do tempo de uso, que podem atuar em conjunto.

As bacias sanitárias são responsáveis por grande parte do consumo de água residencial, até alguns anos atrás, os modelos mais comuns encontrados no mercado, variavam de 9 litros (L) até 12 litros (L) por ativação. Com a padronização estabelecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2004), por meio da NBR 15097, o volume das caixas de descarga não deve ultrapassar 6,8 litros por ativação, uma diminuição que pode chegar a 43%.

Oliveira et. al (2007) descreve os modelos de bacia sanitária *dual flush*, o funcionamento de restritores de vazão e registros reguladores de pressão. Enquanto Gonçalves (2006) destaca alguns outros modelos de bacias sanitárias econômicas. O segundo autor enfatiza que um parâmetro muito importante na determinação do consumo hídrico de torneiras, é a forma do jato da água, que pode ou não se apresentar de uma forma concentrada e bem direcionada, atendo as exigências do usuário, ou jatos dispersos, os quais podem precisar de um tempo maior de utilização. Por isso, o emprego de acessórios hidráulicos como arejadores, pulverizadores e direcionadores de jato podem ser medidas influentes no consumo de água pelas torneiras. Alguns itens com potencial de economia foram separados e tratados com mais detalhes conforme segue.

Para a redução de vazão tem-se:

- bacias sanitárias que reduzem a vazão explicitamente:
  - a) bacias de volume reduzido, que funcionam pela ação do arraste, predominante em países europeus, com consumo médio de 6 litros (L) por ativação. De acordo com Gonçalves (2006), nos anos 80, buscou-se implantar esse tipo de bacia no Brasil, utilizando modelos com até 3 litros (L) de água por descarga, mas, como a altura do fecho hídrico era reduzida para valores inferiores a 50 mm, o uso delas ficava restringido a alguns tipos

de edificações, que não fossem tão altas e onde as pressões não alcançassem valores iguais ou superiores a 50 mmH<sub>2</sub>O. Outros modelos desenvolvidos utilizavam 5 litros (L) por descarga, o emprego delas não teve sucesso, pois em alguns casos, não limpavam adequadamente a bacia gerando a necessidade de uma segunda descarga. Como a população brasileira prefere bacias do tipo sifônica, a fabricação dessas bacias com volume reduzido foi abandonada. Porém, ainda é possível cogitar o desenvolvimento de bacias de 3 litros por ativação, de ação sifônica para edifícios residenciais de 2 a 3 pavimentos.

b) bacias sanitárias a vácuo: funcionam com uso mínimo de água, aproximadamente 1,5 litros (L) por ativação, a descarga serve apenas para limpeza da bacia, e utiliza energia, aproximadamente, 3 W.h por descarga, acaba sendo um investimento rentável em lugares com elevado fluxo de pessoas.

- arejador: reduz a seção de passagem e direciona o fluxo da água, através de peças perfuradas ou telas finas, além de possuir orifícios na sua superfície lateral para permitir a entrada de ar durante o escoamento. As bolhas de ar dentro do jato dão ao usuário a sensação de uma vazão maior do que é na realidade. Segundo a ABNT (2001), NBR 10.281/01, uma torneira dotada de arejador deve apresentar vazão mínima de 0,05 L/s, nas mesmas condições de alimentação estabelecidas para o ensaio sem arejador, ou seja, o uso do arejador traz uma redução de cerca de 50 % do valor da vazão nas mesmas condições de uso. É uma peça empregada tanto para reduzir a vazão da água como eliminar a dispersão do jato (dispersão zero). (Figura 1).

Figura 1 - Típico arejador para ser instalados em torneiras.



Fonte: Oliveira et. al, (2007).



- pulverizador: tem funcionamento semelhante aos chuveiros, transformando o jato de água em pequenos jatos menores, podem reduzir a vazão de utilização em até 0,03L/s sem interferir na satisfação do usuário.
- restritor de vazão (Figura 2): mantém a vazão constante, reduzindo a seção de passagem e o volume de água. É indicado para pressões superiores a 100 kPa (10 mH<sub>2</sub>O) e pode ser utilizado em torneiras e chuveiros, com modelos que variam de 6 até 12 L/min de redução.

Figura 2 - Restritor de vazão.



Fonte: Oliveira et. al (2007).

- máquinas de lavar com carregamento frontal: de acordo com o Manual para aproveitamento emergencial de águas cinza do banho e da máquina de lavar (2016), os modelos com carregamento na parte frontal (*front load*), utilizam menos água que os com carregamento superior (*top load*), com as diferenças no volume de água consumido, considerando que existem diversas marcas com especificações e programações diferentes, alguns modelos são apresentados, com valores aproximados, no quadro 1.

Quadro 1 - Comparação de consumo de água entre máquinas de lavar roupa com carregamento frontal e superior.

Lavadora com carregamento frontal			Lavadora com carregamento superior		
Peso de roupa seca (Kg)	Volume de água consumido (L)		Peso de roupa seca (Kg)	Volume de água consumido (L)	
6	100		8	56 a 88	
8	100 a 140		10	90 a 100	
10	120 a 150		13	70 a 140	
12	160		16	205	
15	180 a 230				

Fonte: Manual para aproveitamento emergencial de águas cinza do banho e da máquina de lavar (2016).

Para o controle de vazão são empregados:

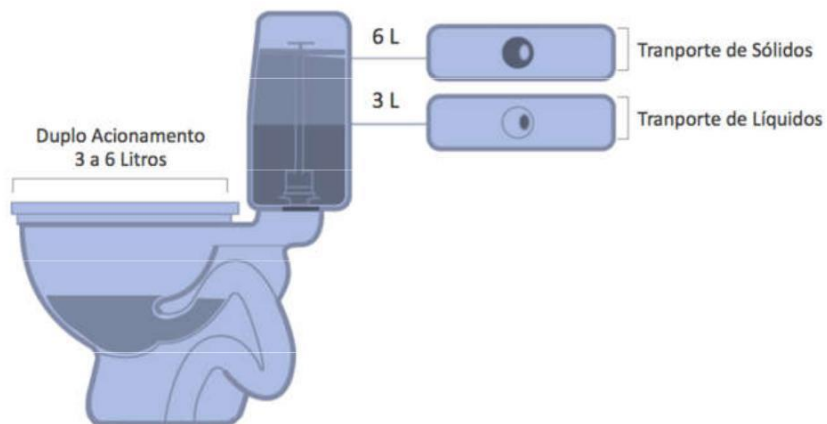
- bacias sanitárias: que controlam a vazão permitindo a escolha sobre qual tipo de limpeza se deseja realizar, existem dois tipos especiais de bacias, sendo eles:
  - a) bacias sanitárias *dual flush*: disponíveis nos modelos com válvula de acionamento e caixa acoplada. Apresentam duas teclas, de modo que o usuário possa selecionar, de acordo com sua necessidade, a quantidade de água a ser utilizada na descarga. Assim, pode-se ter uma meia-descarga ou uma descarga completa, (cujo volume será determinado pelo tempo de acionamento pelo usuário para a válvula de descarga dual) (figura 3) e os volumes de descarga de 3 ou 6 litros (volume nominal de 6 litros) na caixa de descarga dual (figura 4).

Figura 3: Válvula de descarga dual.



Fonte: Casa e Construção (2018).

Figura 4: Bacia sanitária dual flush com caixa acoplada.



Fonte: Vince (2015).

- b) vasos segregadores: possuem dois compartimentos separados, um reservado para descargas sólidas e outro para descargas líquidas, com usos de água da ordem de, respectivamente, 6L e 0,2 a 0,15 L por ativação, gerando uma economia considerável, com valores próximos a 90%, muito embora, de acordo com Gonçalves (2006), sua utilização não seja popular no Brasil. (Figura 5).

Figura 5: Vaso segregador.



Fonte: Gonçalves (2006).

- registros reguladores de pressão: dispositivos que geram perdas de carga localizadas, ajustáveis, adequando as vazões dos equipamentos. Indicados para pontos de utilização com engate flexível (torneiras de pia de cozinha de bancada, torneira de lavatório de coluna ou de bancada, bacia sanitária com caixa acoplada) para vazões superiores a 0,1 L/s.
- direcionador de jato: algumas torneiras, por deficiência de projeto, apresentam enorme dispersão, fazendo com que o uso seja ineficiente, gerando desperdício, nesses casos, é recomendável a adoção dessa alternativa simples, que consiste em acoplar uma pequena peça com a função de direcionar melhor o jato, aumentando sua eficiência. Sua aplicação deve garantir que pelo menos 95% da água coletada durante um ensaio passe por um tubo de 10 cm de diâmetro interno posicionado a 30 cm da saída da torneira, que devem ter seus eixos alinhados.

E por último, os equipamentos que podem gerar economia devido ao controle no tempo de uso:

- torneiras: disponíveis, atualmente nas versões comuns e automáticas, que podem ser de pressão, com um tempo pré-determinado de ativação, em quais se aplica a ABNT (1996), NBR 13.713/96, ou ativadas por sensores eletrônicos, que captam o

movimento próximo e só são ativadas no período que for necessário. O consumo da água na torneira é proporcional à sua vazão e ao tempo de utilização do usuário, embora essas duas variáveis tenham valores muito diversificados, logo, as possibilidades de redução de consumo no campo tecnológico são limitadas, restando as alternativas comportamentais, visto que o consumo total de todas as torneiras de uma edificação consiste de uma fração considerável do consumo de água total, algumas soluções técnicas podem vir a gerar maior satisfação no consumo e reduzir o uso da água nesses equipamentos, sendo elas, o uso de arejadores, direcionadores de jato e pulverizadores.

- chuveiro automático: de acordo com Gomes (2011), atua com sensores que captam a presença pessoas embaixo dele, interrompendo a passagem de água caso não haja ninguém, além disso, pode ser programado para desligar sozinho após certo tempo de uso.

A ABNT (2013), na NBR 15575-1, aborda as especificações de desempenho para projetos hidráulicos, como pressão nas torneiras, e os modelos de bacias sanitárias, que devem ser de acordo com a ABNT (2017), na NBR 15097-1.

Outra prática que costuma ser eficiente na redução do consumo é o emprego de medidores individuais em condomínios, que tendem a gerar uma economia considerável, com índices observados por Oliveira e Bezerra (2016) de até 67%.

## 2.2 Sistemas de Reaproveitamento de Água

O uso inteligente da água é algo importante a ser considerado, pois, de acordo com Gonçalves (2006), alguns projetos podem ter recursos hídricos extremamente limitados, visando isso, a captação da água da chuva e o reúso das águas cinza são medidas que auxiliam no consumo inteligente de água.

### 2.2.1 Reaproveitamento da água da chuva

“A água da chuva tem sido utilizada amplamente pela humanidade há muito tempo, para mitigar a falta de abastecimento regular de água, alimentar lagos artificiais, irrigação de

plantas, na descarga de bacias sanitárias e até mesmo para o consumo, humano e animal” (GONÇALVES, 2006).

“Os sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações consistem na captação, armazenamento e posterior utilização da água precipitada sobre superfícies impermeáveis de uma edificação, tais como: telhados, lajes e pisos. Assim, como os sistemas prediais de reúso de água, a sua aplicação, geralmente, é restrita a atividades que não necessitem da utilização de água potável” (OLIVEIRA, 2007).

Em algumas regiões, como no semiárido brasileiro, onde os índices de precipitação são baixos e a população sofre com a falta da água, as cisternas de armazenamento das águas da chuva acabam sendo uma ótima solução.

“Estudos na Austrália denotam que os sistemas de aproveitamento da água de chuva proporcionam uma economia no consumo de água nas residências de 45% e até 60% na agricultura” (GONÇALVEZ, apud HEYWORTH et al. 1998).

Outra vantagem do emprego desse sistema, segundo Oliveira, et. al (2007), é a diminuição do volume de água a ser drenado pelo sistema público, pois muitas cidades, a exemplo de São Paulo e região metropolitana, enfrentam problemas devido a inundações e alagamentos, em virtude da impermeabilização do solo e drenagem ineficiente. Logo, a captação da água da chuva é uma ferramenta eficaz no controle do escoamento superficial e, conseqüentemente, a prevenção de cheias urbanas.

De acordo com Fewkes (1999), a implantação de sistemas de coleta das águas pluviais é tecnologicamente simples e visa reduzir o consumo de água potável. Em regiões com longos períodos de seca onde é necessária a construção de reservatórios maiores, encarecendo o sistema, também é recomendado o uso conjunto de sistemas de reutilização dos efluentes residenciais.

Herrmann e Schmida (1999) caracterizam os sistemas de coleta de água da chuva em 4 principais:

---

HEYWORTH, J. S. MAYNARD, E. J., CUNLIFFE, D. Who consumes what: potable water consumption in South Australia. *Water*, v. 1, n. 25, p. 9-13, 1998.<sup>1</sup>

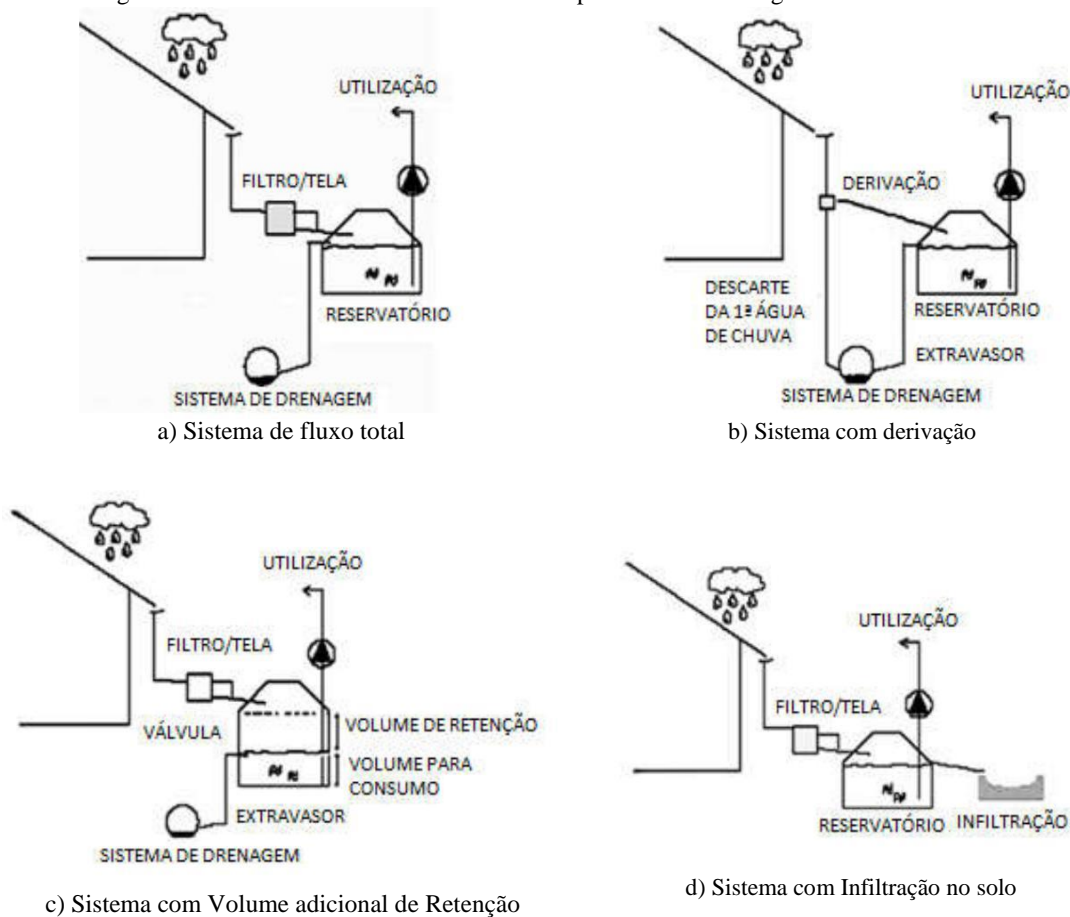
“(a) Sistema de fluxo total: toda a chuva coletada pela superfície de captação é dirigida ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela. O escoamento para o sistema de drenagem ocorre quando o reservatório está cheio (Figura 6.a).

(b) Sistema com derivação: neste caso, uma derivação é instalada na tubulação vertical de descida da água da chuva, com o objetivo de descartar a primeira chuva, direcionando-a ao sistema de drenagem. Este sistema é também denominado de sistema autolimpante (Figura 6.b). Em muitos casos instala-se um filtro ou tela na derivação. A água que extravasa do reservatório é encaminhada ao sistema de drenagem.

(c) Sistema com volume adicional de retenção: o reservatório de armazenamento é capaz de armazenar um volume adicional, garantindo o suprimento da demanda e a retenção de água com o objetivo de evitar inundações. Neste sistema uma válvula regula a saída de água correspondente ao volume adicional de retenção para o sistema de drenagem (Figura 6.c).

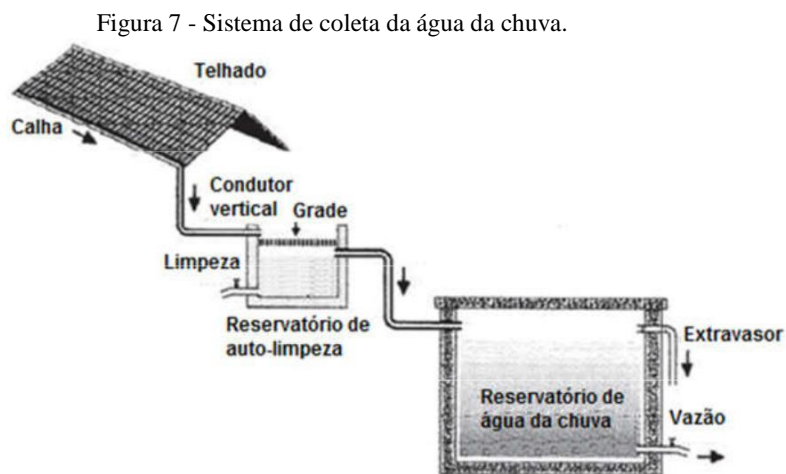
(d) Sistema com infiltração no solo: o volume de água que extravasa do reservatório é direcionado a um sistema de infiltração no solo (Figura 6.d). A exemplo dos tipos de sistemas configurados em a e c, toda a água da chuva coletada é direcionada ao reservatório e armazenamento, passando antes por um filtro ou tela.”

Figura 6 - Formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva.



Fonte: Herrmann e Schmida (1999).

De acordo com May (2004), os elementos de captação, transporte e armazenamento do sistema de projeto, devem seguir o esquema da figura 7:



Fonte: May (2004).

A qualidade da água captada é um fator importante, pois cada tipo de uso requer características diferenciadas. A pureza do ar tende a influenciar diretamente nas propriedades da água da chuva, de acordo com Gonçalves (2006), ao promover a limpeza da atmosfera e das superfícies pela qual escoar, a chuva carrega contaminantes. Tomaz (2001) destaca fezes de animais e outras sujeiras que se acumulam na superfície coletora. O pesquisador esclarece que após três dias de seca, acumulam-se nos telhados, poeiras, folhas e detritos. Nesses casos, deve-se tomar cuidado com a qualidade da água obtida, sendo às vezes, dependendo da necessidade e disponibilidade, necessária a desinfecção da mesma com cloro para torna-la adequada.

Outro aspecto a considerar é o material da superfície coletora, pois pode interferir diretamente na qualidade da água sob o aspecto bacteriológico. Gonçalves (2006) recomenda superfícies metálicas, seguidas das de plástico e por último, as de cerâmica.

O Grupo Raindrops (2002) salienta que para usos menos nobres, como nas bacias sanitárias, irrigação de jardins, lavagem de carros e calçadas, não necessita de um tratamento de desinfecção, pois encareceria o sistema.

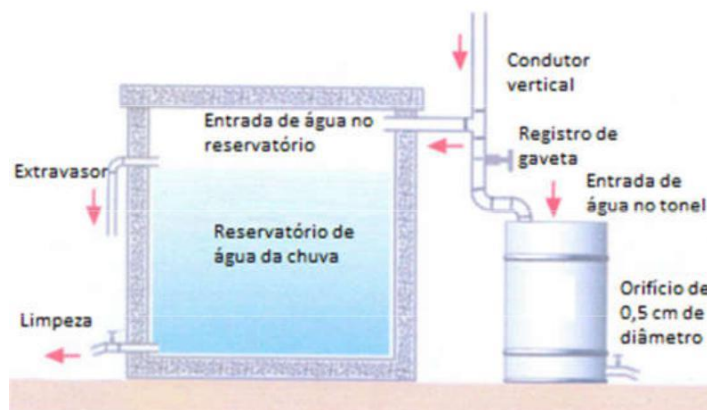


De acordo com o estudo citado em Gonçalves (2006), desenvolvido pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no Campus Universitário de Goiabeiras, em Vitória (ES), onde a análise do descarte das primeiras águas (first flush) foi dividida em quatro cenários diferentes: para os primeiros 0,5 mm 1 mm, 1,5 mm e 2 mm de chuva captada na superfície coletora. Para as etapas de 1,5 e 2 mm, os resultados foram satisfatórios em todos os quesitos abordados para água de reúso tanto para o manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações da ANA, FIESP e SindusCon-SP (2005), quanto para NBR 13.969/97 (Associação Brasileira De Normas Técnicas, 1997), os descartes de apenas 0,5 e 1 mm resultaram numa qualidade de água inferior que necessitaria de tratamento.

O sistema de descarte das primeiras águas pode ser feito, de acordo com May (2004), por pelo menos, dois métodos diferentes, sendo eles:

- tonéis com pequena capacidade, localizado no intermédio da ligação entre o telhado e o reservatório, a água da chuva só desce para o reservatório após o enchimento do tonel. (Figura 8)

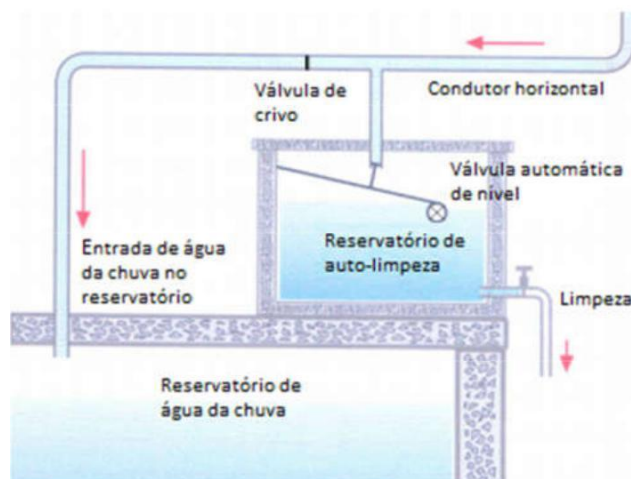
Figura 8 - Reservatório com tonel de autolimpeza.



Fonte: Dacach (1990).

- reservatório intermediário destinado a autolimpeza com uma boia de nível, que quando alcança o nível limite, fecha, permitindo então, a passagem de água para o reservatório definitivo. (Figura 9)

Figura 9 - Reservatório de auto limpeza com torneira bóia.



Fonte: Dacach (1990).

O emprego de telhas e gradeamentos, em conformidade com Tomaz (2009), é uma solução simples para a remoção dos resíduos mais grosseiros, tais como galhos e folhas, que podem gerar entupimentos, além de contaminar a água por sua decomposição. Outro aspecto importante é a ausência total de comunicação entre este sistema com qualquer outro sistema de água potável, para evitar contaminação.

O guia de aproveitamento de água de chuva do Texas, EUA, (Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997), descreve algumas medidas de proteção para o reaproveitamento das águas pluviais, sendo que, para o consumo humano, a filtração e a eliminação de microrganismos através da desinfecção são imprescindíveis, o quadro 2 aborda alguns métodos para melhorar a qualidade da água captada.

Quadro 2 - Técnicas de tratamento de água da chuva.

Técnicas de tratamento		
Método	Local	Resultado
Telas e grades	Calhas e tubo de queda	Previne entrada de folhas e galhos no sistema
Sedimentação	No reservatório	Sedimenta matéria particulada
Filtração na linha de água	Após bombeamento	Filtra sedimentos
Filtração por carvão ativado	Na torneira	Remove cloro
Osmose reversa	Na torneira	Remove contaminantes
Camadas mistas	Tanque separado	Captura material particulado
Filtro lento	Tanque separado	Captura material particulado
Desinfecção por fervura/destilação	Antes do uso	Elimina microrganismos
Desinfecção por tratamento químico (cloro ou iodo)	No reservatório ou no bombeamento (líquido tablete/pastilha ou granulado)	Elimina microrganismos
Desinfecção por radiação ultravioleta	Sistemas de luz ultravioleta devem estar localizados após passagem por filtro	Elimina microrganismos
Desinfecção por ozonização	Antes da torneira	Elimina microrganismos

Fonte: Texas Guide to Rainwater Harvesting (1997).

Após a eliminação do first flush, o Manual da ANA/FIESP & SindusCon (2005) indica que os usos de água não potáveis mais comuns em edifícios são empregados sistemas de tratamento simples, compostos de unidades de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou ultravioleta, ou, além desses, pode ser utilizado algum sistema mais complexo que garanta um maior índice de purificação. Além disso, o local onde é feita a coleta também influencia na qualidade da água da chuva. No quadro 3

são apontados os graus de purificação conforme a área de coleta e as observações quanto ao uso.

Quadro 3 - Variação da qualidade de água da chuva devido ao local de coleta .

Grau de purificação	Área de coleta de chuva	Observações
A	Telhados (lugares não frequentados por pessoas e animais).	Se a água for purificada, pode ser consumida.
B	Telhados (lugares frequentados por pessoas e animais).	Usos não potáveis.
C	Terrações e terrenos impermeabilizados, áreas de frequente estacionamento.	Mesmo para usos não potáveis, necessita tratamento.
D	Estradas.	Mesmo para usos não potáveis, necessita tratamento.

Fonte: Group Raindrops (1995).

Segundo Raindrops Group (1995), cada tipo de aplicação da água, requer qualidades distintas de água, como descrito no quadro 4.

Quadro 4 - Diferentes qualidades da água para diferentes aplicações.

Uso requerido pela água	Tratamento necessário
Irrigação de jardins.	Nenhum tratamento.
Prevenção de incêndio, condicionamento de ar.	Cuidados para manter o equipamento de estocagem e distribuição em condições de uso
Fontes e lagoas, descargas de banheiros, lavação de roupas e de carros.	Tratamento higiênico, devido ao possível contato do corpo humano com a água.
Piscina/banho, consumo humano e no preparo de alimentos.	Desinfecção, para a água ser consumida direta ou indiretamente.

Fonte: Raindrops Group (1995).

### 2.2.3 Reaproveitamento das águas cinza

As águas cinza, ou águas servidas, podem ser classificadas, em Gonçalves (2006), como aquelas provenientes da lavagem de roupas, tanques, lavatórios, chuveiros, pias, etc., sem haver contribuição de bacias sanitárias. Apresentam componentes vindos do uso de sabão, lavagem do corpo, roupas ou limpeza em geral.

“Os sistemas de reúso de água em edificações possibilitam a reutilização, por uma ou mais vezes, do efluente de equipamentos sanitários. O procedimento mais

simples de reúso de água frequentemente empregado por usuários de edificações residenciais é a utilização da água de enxágue da máquina de lavar roupas para a limpeza de pisos, rega de jardins ou lavagem de outras roupas. (OLIVEIRA, et al, 2007)”.

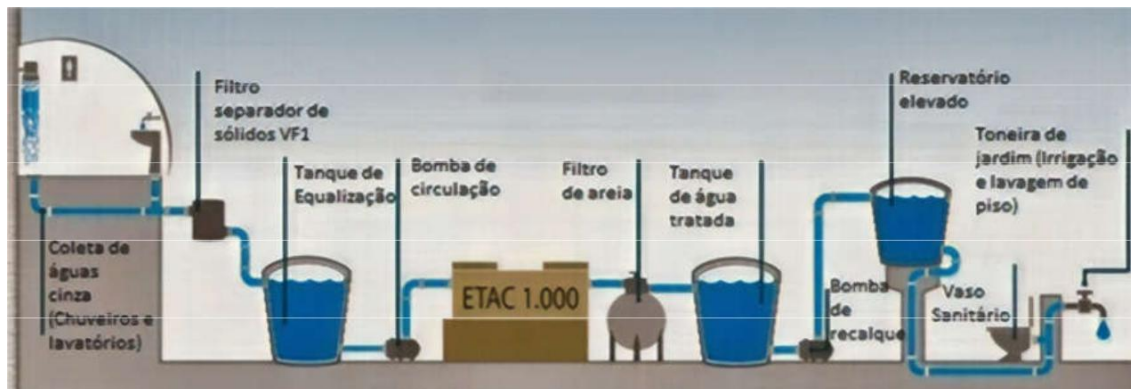
Diferente da água de chuva, cuja oferta depende de fatores climáticos, a produção de águas cinza é proporcional ao consumo de água nas residências. Enquanto houver pessoas utilizando as instalações hidro sanitárias de uma edificação, haverá produção de águas cinza. Por tal motivo, em termos quantitativos, a sua utilização geralmente não comporta riscos de falta de água de reúso para usos não potáveis nas edificações. Gonçalves, (2006) afirma que pode haver uma defasagem temporal entre a demanda e a oferta, implicando na necessidade de implantação de reservatório de estocagem de água de reúso na edificação.

Hespanhol (2002) salienta os seguintes usos urbanos:

- Irrigação de vegetações.
- Controle de poeira em movimentos de terra, etc.;
- Sistemas decorativos aquáticos tais como fontes e chafarizes, espelhos e quedas d'água;
- Descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais;
- Lavagem de automóveis;

Santos (2002) descreve a configuração básica de um sistema de utilização de água cinza, que pode ser dividido em: sistema de coleta da água servida, subsistema de condução da água (ramais, tubos de queda e condutores), unidade de tratamento da água (que pode ser composto por gradeamento, decantação, filtro e desinfecção) e do reservatório de acumulação. Além de poder ser necessário um sistema de recalque, reservatórios superiores e redes de distribuição. A figura 10 esquematiza esse sistema.

Figura 10 - Esquema ilustrativo de um sistema de reúso de água.



Fonte: Ecoracional (2014).

De acordo com Fernandes et al (2006), o reúso da água em edificações é perfeitamente possível, desde que o sistema seja projetado para este fim, respeitando todos os critérios a serem considerados, ou seja, garantir a segurança sanitária necessária para o uso, evitar que a água reutilizada entre em contato com a água tratada, além evitar o uso de água de reúso para consumo, preparo de alimentos e contato humano. Essas águas podem ser reutilizadas para algumas finalidades, que dependerão do nível de tratamento recebido. Águas provenientes de pias de cozinhas devem ser evitadas em sistemas de reúso, pois podem carregar muitas partículas gordurosas e restos de alimentos, etc.

A qualidade da água de reúso é um fator importante, em conformidade com Santos (2002), os estados do Arizona e Califórnia, nos Estados Unidos, já possuem políticas regulamentadoras para águas de reúso, e salienta que os custos de tratamento para que esta possa ser utilizada, com a segurança sanitária adequada, cresce de modo em que, para maiores níveis de qualidade, maiores serão os custos.

Algumas características físicas da água devem ser levadas em consideração antes do reúso, Gonçalves (2006) destaca:

- turbidez e sólidos em suspensão: fios de cabelo, fibras de roupas e demais resíduos sólidos, fornecem um aspecto desagradável para a água e servem de abrigo para microrganismos, o que pode causar rejeição dos usuários se a água não for tratada devidamente.

- compostos fosforados: provenientes de detergentes e sabões que contenham fosfato, geralmente, em maiores concentrações, nas águas de máquinas de lavar, tanques e lavatórios.
- matéria orgânica: mesmo sem receber contribuição de vasos sanitários, as águas cinza costumam possuir quantidades significativas de matéria orgânica e inorgânica, proveniente dos resíduos corporais, resíduos de alimentos, gorduras, sabão, etc. com concentrações de DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) que podem superar os níveis de esgotos domésticos em casos específicos.
- compostos de enxofre: relacionados diretamente com a formação de odores desagradáveis, tendo como principal fator responsável, a formação do gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), que ocorre naturalmente em ambientes redutores. Entretanto, a produção de sulfatos não encontra condições ideais logo que a água cinza é produzida, embora, tenda a aumentar em virtude das elevadas concentrações de sulfato, oriundos de sabões e detergentes e da decomposição de matéria orgânica.
- características microbiológicas: embora a maior parte de microrganismos patogênicos seja proveniente dos vasos sanitários, a limpeza de mãos, lavagem de roupas e alimentos fecalmente contaminados, podem ser possíveis fontes de coliformes termo tolerantes.

As águas residuais, das diversas fontes, carregam consigo compostos químicos, provenientes de detergentes sintéticos, produtos de higiene pessoal e de limpeza doméstica, visando isso, Gonçalves (2006) apud Prillwitz e Farwell (1995)<sup>2</sup>, considera que a irrigação de vegetações com essas águas pode ter aspectos prejudiciais, tais como:

- Alterações na estrutura do solo como, por exemplo, reduzir os espaços vazios entre as partículas sólidas, diminuindo a capacidade de drenagem do mesmo.

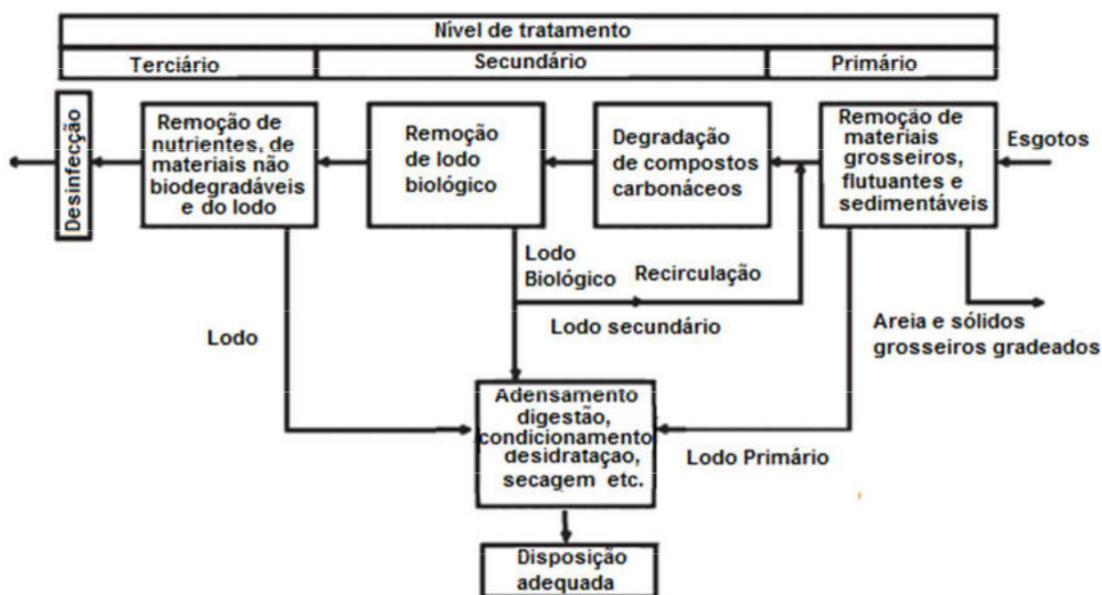
---

2 PRILLWITZ, M. e FARWELL, L. (1995) - Graywater Guide: Using graywater in your home landscape. Ed. California Department of Water Resources, Sacramento, EUA. 45 pp

- Modificação do pH do solo, inviabilizando determinadas culturas específicas e mais sensíveis.
- Lixiviação de compostos potencialmente poluidores de corpos de água superficiais e subterrâneos.
- Salinização dos solos com baixa drenabilidade.

Sobre o tratamento de água de efluentes, Campos (1999) faz algumas considerações para estações de tratamento de esgoto (ETE), qual deve abranger os três níveis de tratamento, tecnicamente denominados, primário, secundário e terciário. A figura 11 esquematiza um sistema de tratamento contendo esses três níveis:

Figura 11 - Esquemática de uma estação de tratamento de esgoto.



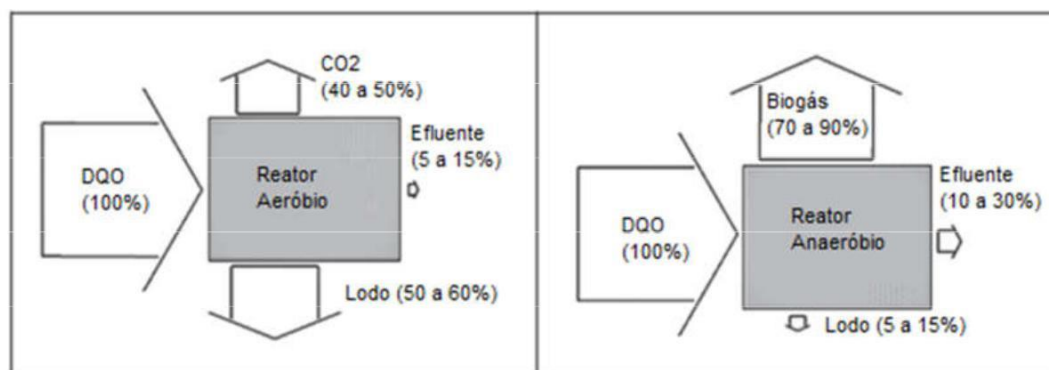
Fonte: Campos (1999).

Considerando isso, Gonçalves (2006) ressalta que uma estação de tratamento de águas cinza (ETAC), deve conter pelo menos, o nível primário e secundário. E, para assegurar baixos níveis de coliformes termo tolerantes, o tratamento deve contar também com a etapa de desinfecção, ou seja, o nível terciário. O autor ainda complementa, destacando sistemas de tratamento.



- tratamento primário: Para Christova-Boal et al (1999), essa etapa deve ser dividida em 3 estágios principais. Primeiro, um pré-filtro, para remoção dos sólidos grosseiros. Segundo, uma peneira para remover cabelos, partículas de sabão, felpas de tecidos e gordura corporal. E terceiro, um filtro fino, na linha de suprimento de água para irrigação ou vasos sanitários, para reter sedimentos.
- tratamento secundário: De acordo com Campos (1999), essa etapa do tratamento, tem a função de promover a degradação biológica de compostos carbonáceos e os converter em moléculas mais simples, como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{NH}_3$ , pode ser realizado por via aeróbia, anaeróbia ou associação em série de ambas: anaeróbia + aeróbia. A figura 12 relaciona a eficiência desses tratamentos.

Figura 12 - Conversão biológica de matéria orgânica nos sistemas aeróbios e anaeróbios de tratamento de esgoto.



Fonte: Chernicharo (2001).

- tratamento terciário: Segundo Gonçalves (2006), tem como objetivo, a desinfecção, para inativar espécies de organismos presentes na água que ameacem a saúde humana. A desinfecção química é comumente feita através da aplicação de cloro, dióxido de cloro e ozônio. Os custos envolvidos na desinfecção com ozônio, assim como a complexidade de operacional, dificultam sua aplicação. Por outro lado, a utilização da radiação ultravioleta mostra-se muito competitiva com a cloração/descloração, pois não gera resíduos tóxicos. Outro método empregado, em conformidade com Jefferson et al (1999), é a filtração em membranas, que geram uma barreira para as partículas suspensas de dimensões maiores que a da membrana, que variam de 0,5 mm (membranas de microfiltração) até dimensões moleculares, que são usadas para

osmose, já faz parte de algumas estações de tratamento e pode vir a ser mais viável com a redução do preço das membranas.

A ABNT (1997), na NBR 13969, traz alguns parâmetros qualitativos para águas de reúso, classificando por classes de uso e indicando os níveis de tratamento recomendados, além disso, no quadro 5, traz de forma resumida, as especificações qualitativas referentes ao reúso de água para cada classe.

- classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem contato direto do usuário com a água. Nesse nível, será geralmente necessário tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou lodo ativado por batelada), seguido por filtração convencional (areia ou carvão ativado) e, finalmente, cloração.
- classe 2: Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes. Nesse nível, é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou lodo ativado por batelada) seguido de filtração de areia e desinfecção.
- classe 3: Reúso em descargas dos vasos sanitários. Normalmente, as águas de enxague das máquinas de lavar roupas satisfazem este padrão. Para casos gerais, um tratamento aeróbico, seguido de filtração e desinfecção satisfaz esse padrão.
- classe 4: Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastos para gados e outros cultivos; A única indicação para esse caso é a interrupção da aplicação pelo menos 10 dias antes da colheita.

Quadro 5 - Especificações de classes de reúso de água.

Classe	Coliformes fecais (NMP/100 mL)	Turbidez	Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	pH	Cloro residual (mg/L)
Classe 1	Inferior a 200	Inferior a 5	Inferior a 200	De 6 a 8	De 0,5 a 1,5
Classe 2	Inferior a 500	Inferior a 5			Maior que 0,5
Classe 3	Inferior a 500	Inferior a 10			
Classe 4	Inferior a 500				

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997).

A ABNT (2013), através da NBR 15575, trás alguns parâmetros qualitativos para as águas de reúso de destinação não potável, de acordo com o quadro 6.

Quadro 6 – Parâmetros de qualidade de água para usos restritivos não potáveis

Parâmetro	Valor
Coliformes totais	Ausência em 100 ml
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100 ml
Cloro residual livre I	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	<2,0 uTII,. Para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	<15uHIII
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	pH de 6,0 a 8,0 no caso da tubulação de aço carbono ou galvanizado

Nota: podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e ozônio

I – No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção  
 II – uT é a unidade de turbidez  
 III – uH é a unidade Hazan

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas

Gonçalves (2006) salienta que essa prática gera economia de água potável e energia elétrica, além de reduzir o volume de esgoto. Para certos projetos, onde é necessária a máxima otimização dos recursos hídricos, como por exemplo, explorações espaciais, onde cada gota de água é de suma importância, circuitos fechados que reaproveitem as águas cinza são extremamente importantes. A figura 13 ilustra um fluxograma básico com os principais usos de águas cinza e a figura 14, o risco para diferentes atividades.

Figura 13 - Opções de reúso para águas cinzas.

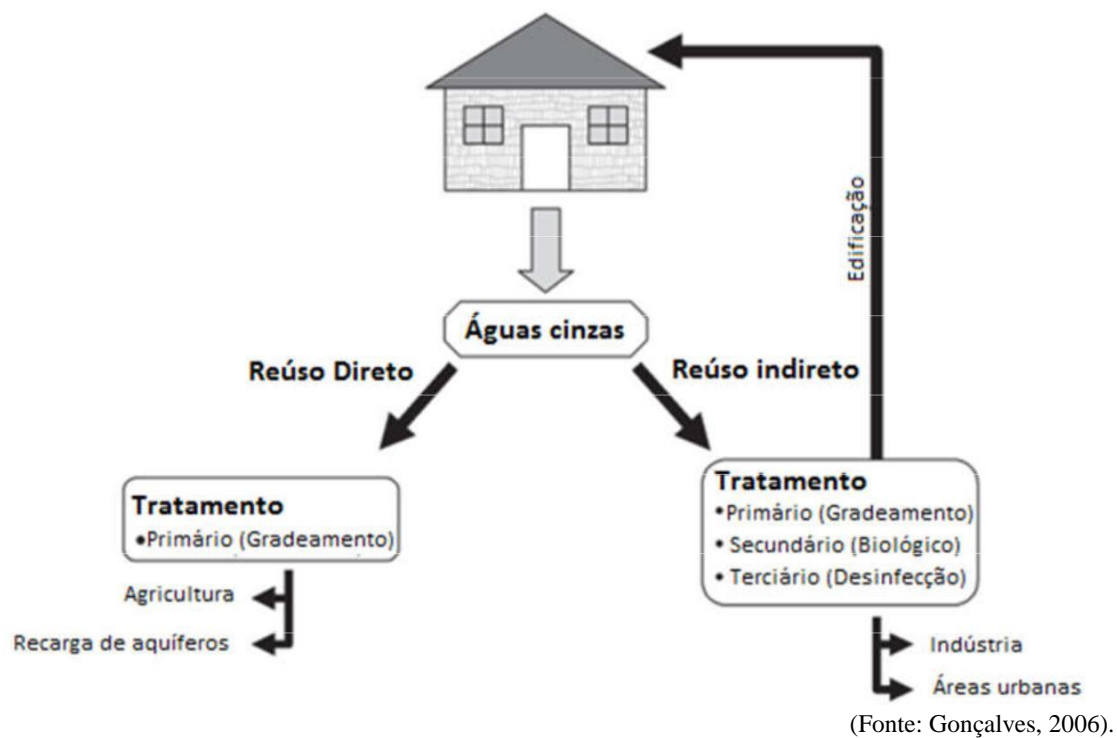


Figura 14 - Riscos associados à fonte de água cinza, aos métodos de irrigação, aos usos e ao acesso ao público.

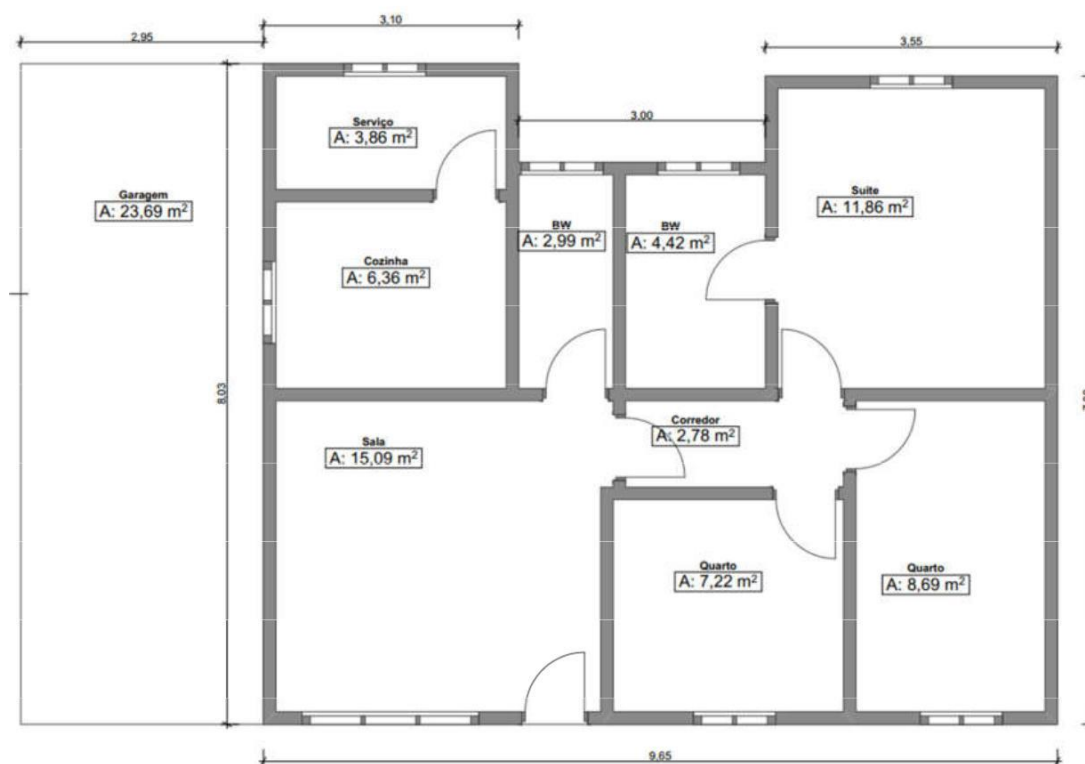
RISCO	FONTE
Baixo	Enxague de roupas
↓	Lavagem e enxague de roupas
	Lavagem de roupas e banho
	Águas cinza Misturada
Alto	
RISCO	MÉTODO DE IRRIGAÇÃO
Baixo	Sub-superficial
↓	Gotejamento
	Aspersão
	Rega com mangueira
Alto	
RISCO	USOS
Baixo	Jardim ornamental
↓	Gramado
	Frutas e vegetais
Alto	
RISCO	ACESSO AO PÚBLICO
Baixo	Sem acesso
↓	Vedado a crianças pequenas
	Irrestrito
Alto	

Fonte: EACT (2006).

### 3 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos do trabalho foi feito um estudo de caso de uma residência com dois quartos, dois banheiros, cozinha, com as seguintes características e dimensões:

Figura 15 – Planta baixa da residência



Fonte: do autor

- localização da residência: Guarapuava - PR;
- n° de habitantes: 04;
- área do telhado para captação da água da chuva: 100 m<sup>2</sup>
- perímetro de calhas: 35 metros
- os pontos com utilização de água são:
  - a) Dois chuveiros;
  - b) Uma torneira na cozinha;
  - c) Uma torneira na lavanderia;

- d) Uma torneira em cada banheiro;
- e) Uma torneira para rega de jardins (totalizando 5 torneiras);
- f) Dois vasos sanitários
- g) Uma lavadora de roupa.

### 3.1 Vazão diária de consumo

A vazão diária de consumo adotada foi de 150 litros (L) por habitante por dia, baseado em de Macintyre (2014), resultando em 600 litros diários

A adoção do consumo de água, por aparelho sanitário, foi baseada nos estudos de Hafner (2007), de acordo com o quadro 7.

Quadro 7 – Distribuição do consumo residencial de água.

Chuveiros (%)	Bacias sanitárias (%)	Pia da cozinha (%)	Máquina de lavar roupas (%)	Pias dos lavatórios (%)	Pia da lavanderia (%)	Jardim/lavagem de carros (%)
37	22	18	9	7	4	3

Fonte: Adaptado de Hafner (2007).

### 3.2 Potencial de economia em volume

A avaliação do potencial de economia foi feita substituindo os aparelhos tradicionais, por dispositivos econômicos, além de supor a adoção de um sistema de aproveitamento de água da chuva e um sistema de reaproveitamento de águas cinza.

Através do consumo residencial de 600 litros (L) por habitante por dia, foi estimado o potencial de economia, considerando a porcentagem de redução gerada por cada uma das soluções:

- instalação dos dispositivos hidráulicos econômicos;
- o reaproveitamento da água da chuva;
- reúso de águas cinza.

Foi levantada a porcentagem de redução no volume consumido proporcionada por cada solução, considerando a diferença entre a vazão de referência (600 L por habitante por dia) e a nova vazão, com o consumo reduzido, através de um balanço hídrico (Equação 1).

$$\text{proj} = Q_{\text{in}} - Q_{\text{reap}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$Q_{\text{proj}}$  = vazão de projeto [ $\text{m}^3$ ];

$Q_{\text{in}}$  =vazão inicial de 0,6  $\text{m}^3/\text{dia}$ ;

$Q_{\text{reap}}$  = vazão reaproveitada [ $\text{m}^3$ ];

### 3.3 Custo da tarifa de água

O custo por metro cúbico de água tratada e do sistema de esgoto, para residências, depende da categoria de consumo em que a residência se enquadra, caso consuma menos de 5  $\text{m}^3$  de água mensalmente, a tarifa é composta apenas do valor mínimo. O valor da tarifa, calculado utilizando o simulador da SANEPAR, é de R\$ 34,58 para a água e de R\$ 27,66 para o esgoto, totalizando R\$ 62,24 (nov/2018). O valor por  $\text{m}^3$  de água sobe somente na medida em que as categorias são ultrapassadas, sendo elas de 5  $\text{m}^3$  (mínimo), de 5 a 10  $\text{m}^3$ , de 10 a 15  $\text{m}^3$ , de 15 a 20  $\text{m}^3$ , como descrito no quadro 8.

Na residência adotada, com um consumo de água mensal fixo teórico de 600 litros (L) por dia, resulta em 18  $\text{m}^3$  mensais, portanto uma tarifa mensal total de: R\$ 157,85.

Quadro 8 - Valores de tarifas da SANEPAR.

Faixa de consumo ( $\text{m}^3$ )	Valor por $\text{m}^3$ - Água (R\$)	Valor por $\text{m}^3$ - Esgoto (R\$)
Até 5 (mínimo)	Tarifa mínima	Tarifa mínima:
Até 10	1,07	0,85
Até 15	5,96	4,76
Até 20	5,99	5,99

Fonte: Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) (2018).



### 3.4 Cenários analisados

A abordagem seguiu a avaliação de 5 cenários:

- cenário 1: instalação do sistema de coleta da água da chuva;
- cenário 2: instalação do sistema de reaproveitamento de águas cinzas;
- cenário 3: instalação de dispositivos hidráulicos econômicos;
- cenário 4: instalação do sistema de coleta da água chuva e de dispositivos hidráulicos econômicos;
- cenário 5: instalação do sistema reaproveitamento das águas cinzas e de dispositivos hidráulicos econômicos.

### 3.5 Análise econômica

Para a análise econômica, considerou-se que o valor economizado fosse investido em um fundo de renda fixa em períodos anuais, a taxa de juros adotada foi o valor de rendimento da poupança, que em novembro de 2018 foi de 4,55% a.a.

O valor futuro do investimento foi calculado através da equação 2:

$$F = E \cdot [(1 + i)^n] \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde:

F = valor futuro (R\$)

E = economia anual ou valor presente (R\$)

n = número de períodos (adotados períodos anuais)

i = taxa de juros: 4,55% ao ano.

A metodologia de análise de economia foi dividida em três estágios, descritos nos itens 3.5.1, 3.5.2 e 3.5.3.

### 3.5.1 Água da chuva

O uso da água da chuva seguiu as orientações do manual da ANA/FIESP & SindusCon-SP (2005), que adaptadas para projetos de sistemas de coleta, tratamento e uso de água de chuva, contou com as seguintes etapas:

a) determinação da precipitação média local (mm/mês):

O Instituto de Águas do Paraná (IAPAR), conta com séries históricas de dados pluviométricos. Em especial, para o trabalho em questão, foram considerados os dados da estação pluviométrica 02551010, localizada na cidade de Guarapuava, a qual possui registros desde 1976 até 2017, que fornecem às precipitações e a quantidade de dias de chuva médias de cada mês, quadro 9.

Quadro 9 – Precipitações médias mensais e dias de chuva em Guarapuava –Paraná. Período: 1976/2017.

Mês	Precipitação (mm)	Dias de chuva
Janeiro	204,2	16
Fevereiro	169,9	15
Março	141,4	13
Abril	144,7	10
Maio	161,6	11
Junho	152,9	10
Julho	131,0	10
Agosto	97,3	8
Setembro	167,6	11
Outubro	206,8	13
Novembro	166,6	12
Dezembro	194,1	15
Total	1938	143

Fonte :Adaptado do Instituto de Águas do Paraná – IAPAR (2018).

b) projeto do reservatório de descarte:

Levando em consideração a baixa qualidade das primeiras águas (*first flush*), devido a impurezas presentes na superfície de coleta, como folhas, excrementos de pássaros e poeira que se acumulam na superfície, foi adotado o descarte dos primeiros 2 mm de água, de acordo com as recomendações de Gonçalves (2006).

c) identificação dos usos da água (demanda e qualidade):

O aproveitamento da água foi considerado nos seguintes usos:

- Utilização para limpeza das bacias sanitárias, correspondendo a 22% do consumo, equivalente a 3,96 m<sup>3</sup> mensais.
- Rega de jardins e lavagem de calçadas e automóveis (torneira externa), cerca de 3 % do consumo, equivalente a 0,54 m<sup>3</sup> mensais.

d) Estimativa de volume de água captado:

De acordo com a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2007), NBR 15527, o volume de água Q de chuva aproveitável no tempo é dado pela equação 3:

(Equação 3)

= Coef. de escoamento x Precipitação da chuva x Área de captação

Onde:

Área de captação considerada: 100 m<sup>2</sup>

Coefficiente de escoamento: adotado 0,8, seguindo as recomendações de Tomaz (2009), para a região do Brasil;

Precipitação da chuva: em mm, adotados períodos mensais, de acordo com as médias do quadro 9.

### 3.5.2 Águas cinza

Para o reaproveitamento de águas cinza, o volume de água que pode ser reaproveitado foi adotado como 80% do total consumido (parcela cobrada pela companhia de saneamento

SANEPAR pelo esgoto), das vazões provenientes do chuveiro e das três torneiras, (dois banheiros e lavanderia, totalizando 22% do consumo mensal, ou 3,96 m<sup>3</sup> mensais). A água reaproveitada será destinada à:

- utilização para limpeza das bacias sanitárias, correspondentes a 22% do consumo total, equivalente a 3,96 m<sup>3</sup> mensais.
- rega de jardins e lavagem de calçadas e automóveis (torneira externa), correspondente a 3% do consumo total, equivalente a 0,54 m<sup>3</sup> mensais.

De acordo com Associação Brasileira de Normas Técnicas, (1997), NBR 13969, para esse nível de uso, são necessárias as fases de tratamento: aeróbio, seguido de filtração convencional e de cloração.

### 3.5.3 Dispositivos hidráulicos econômicos

Para a análise de economia na instalação dos dispositivos econômicos, foram considerados os modelos tradicionais de equipamentos:

- caixa de descarga simples, de 6 L por ativação.
- torneiras tradicionais, sem quaisquer acessórios redutores.
- chuveiros tradicionais, sem quaisquer acessórios redutores.
- máquina de lavar roupas de carregamento superior 10 Kg.

E para as reduções nos consumos após a instalação dos dispositivos hidráulicos econômicos:

- a redução adotada para os vasos sanitários com caixa acoplada *dual flush*. foi baseada em Uchida, et al (2006), de 19%.
- a redução adotada para os arejadores nas pias dos banheiros e da lavanderia foi baseada em Motta, et al (2008), de 54 %.

- A redução adotada para os redutores de vazão nos chuveiros foi baseada no catálogo da fabricante EcoSoli, que para o modelo de 9 Litros por minuto tem uma redução média de 55% de consumo de água.
- A redução adotada da substituição do modelo de máquina de lavar de carregamento superior de 10 Kg pela de carregamento frontal de 10 Kg foi baseada no Manual para aproveitamento emergencial de águas cinza do banho e da máquina de lavar (2016), de 18,5 %.

### 3.6 Viabilidade do investimento

O custo de implantação do sistema foi avaliado em duas etapas diferentes:

Para os dispositivos hidráulicos econômicos, foi buscado valor atual de mercado de cada um e analisado o período que eles levam para se pagar de acordo com a economia gerada, de acordo com o apêndice A.

Para os arejadores, foi utilizado o modelo Arejador completo articulado para torneira padrão deca, Fabrimar E Docol cromado, com custo de R\$ 24,99 por unidade, sendo necessárias 5 unidades, totalizando R\$ 74,95.

Para os redutores de vazão, foi utilizado o redutor de vazão para torneiras, duchas e chuveiros Ecosoli, com custo de R\$ 24,78 por unidade. Serão necessárias duas unidades para os chuveiros, totalizando R\$ 49,56.

Para a bacia sanitária, foi adotado o sistema tradicional de acordo com a composição 86888 da tabela de referência do SINAPI de 2018, com custo total de R\$ 404,63. O custo para o modelo *dual flush* adotado foi de acordo com a composição 86888 adaptada com o modelo Vaso Sanitário com Caixa Acoplada 3/6L Saída Vertical Monte Carlo Gelo Deca, com custo de R\$ 519,80 por unidade, sendo o preço total da composição de R\$ 580,48, com uma diferença entre os modelos de R\$ 175,88.

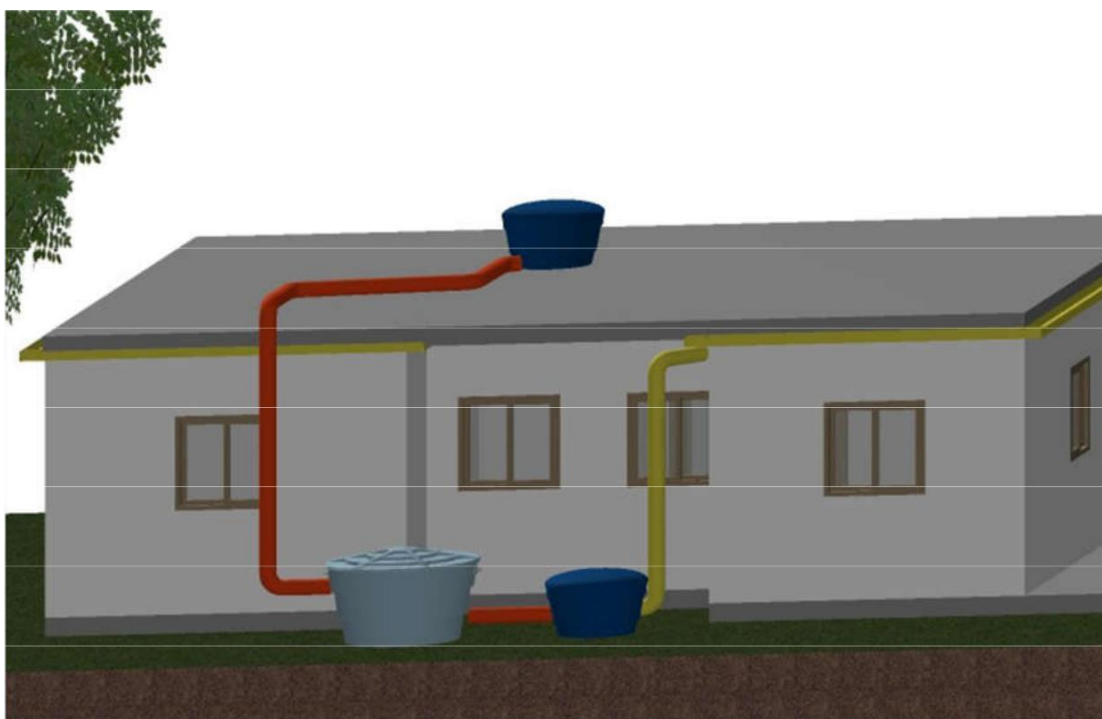
A comparação de preço entre as máquinas de lavar foi feita levando em consideração os modelos: Lavadora Turbo Economia Electrolux 10kg LTD11, de carregamento superior, com custo de R\$ 1299,00. E o modelo Lavadora de Roupas Samsung WF106U4SA Branca com

Display Digital, Eco Bubble e Programas de Lavagem - 10,1Kg, em dezembro de 2018, com custo atual de R\$ 2174,13, representando uma diferença de R\$ 875,13.

Os detalhes para os dispositivos hidráulicos econômicos estão presentes no apêndice A.

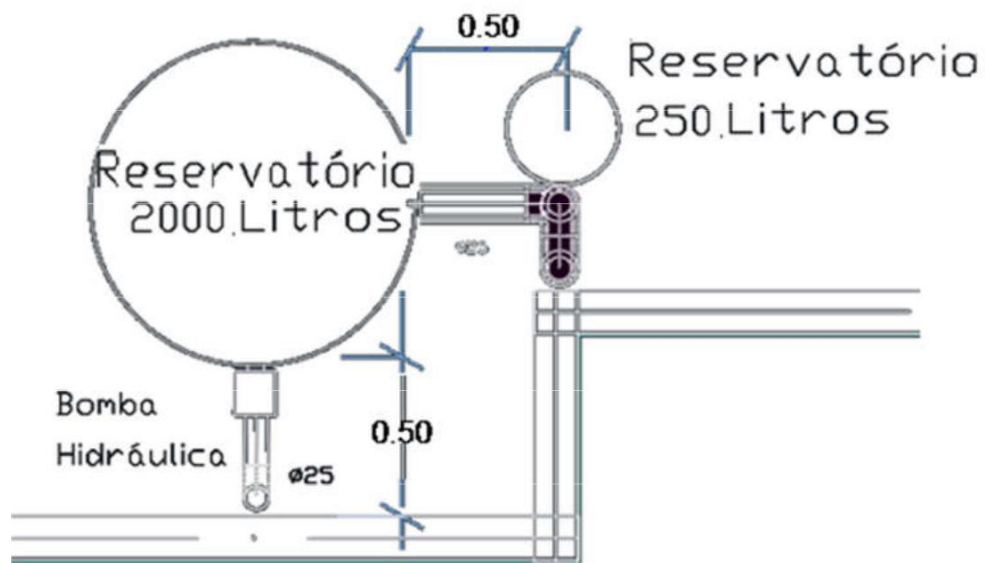
Para os sistemas de reaproveitamento de água, foi feito um orçamento aproximado para estimar o custo de implantação do sistema, de acordo com as figuras 16, 17 e 18. O custo final, foi calculado de acordo com o orçamento presente no quadro 1 do apêndice A.

Figura 16– Esquema do sistema de captação de água da chuva.



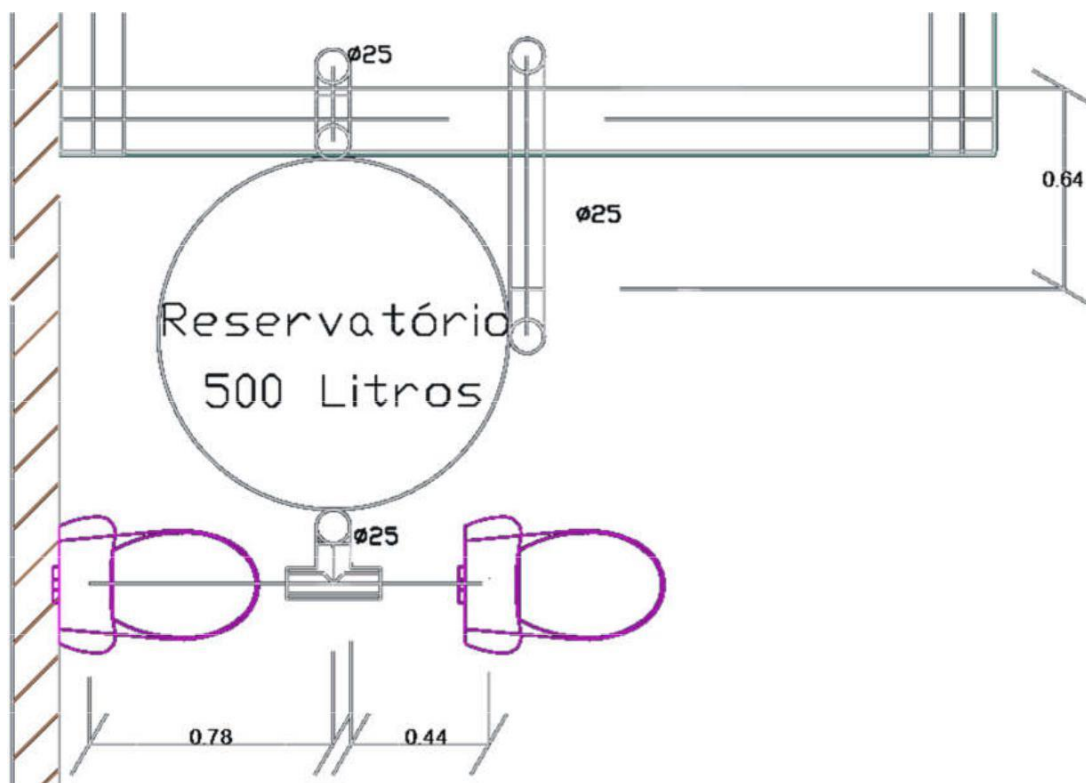
Fonte: do autor

Figura 17 – Corte A1 ,térreo



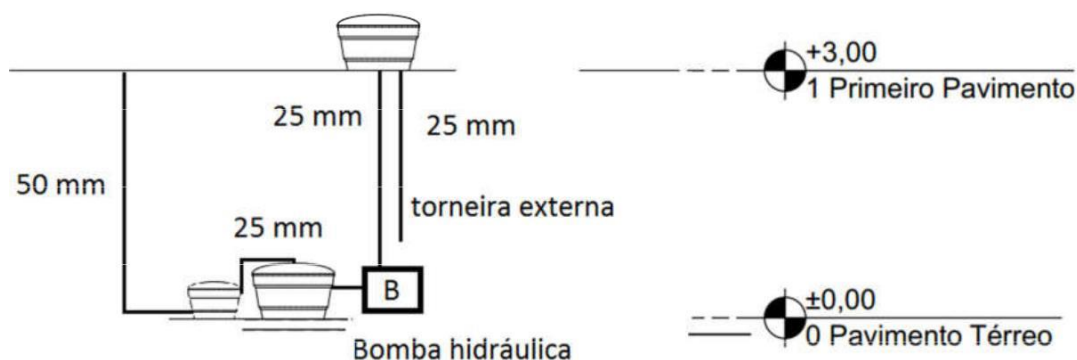
Fonte: do autor

Figura 18 – Corte A2, forro



Fonte:do autor

Figura 19 – Corte B1



Fonte: do autor

O custo de implantação do sistema de reuso das águas cinzas foi desconsiderado devido a complexidade do sistema e a escassez de dados, além de que, nesse caso, a sua demanda seria semelhante ao do sistema de captação da água da chuva.

Para análise da viabilidade de investimento, o método escolhido foi o de *payback* descontado, pois considera o valor do investimento ao longo do tempo. Esse método consiste em avaliar a rentabilidade através de um balanço de fluxo, considerando que o valor inicial investido poderia estar rendendo a uma determinada taxa, nesse caso, 4,55%, sendo que o valor economizado a cada período desconta, em forma de valor presente (equação 4), o custo do investimento até que ele seja nulo, e só então começam os lucros.

$$E = F / [(1 + i)^n] \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

F = valor futuro (R\$)

E = economia anual ou valor presente (R\$)

n = número de períodos (adotados períodos anuais)

i = taxa de juros: 4,55% ao ano.



Através desse método, foi analisado o tempo de retorno do investimento para instalação das estratégias de economia de água dos cenários 1, 3 e 4, desconsiderando a análise do sistema de reuso de águas cinza.

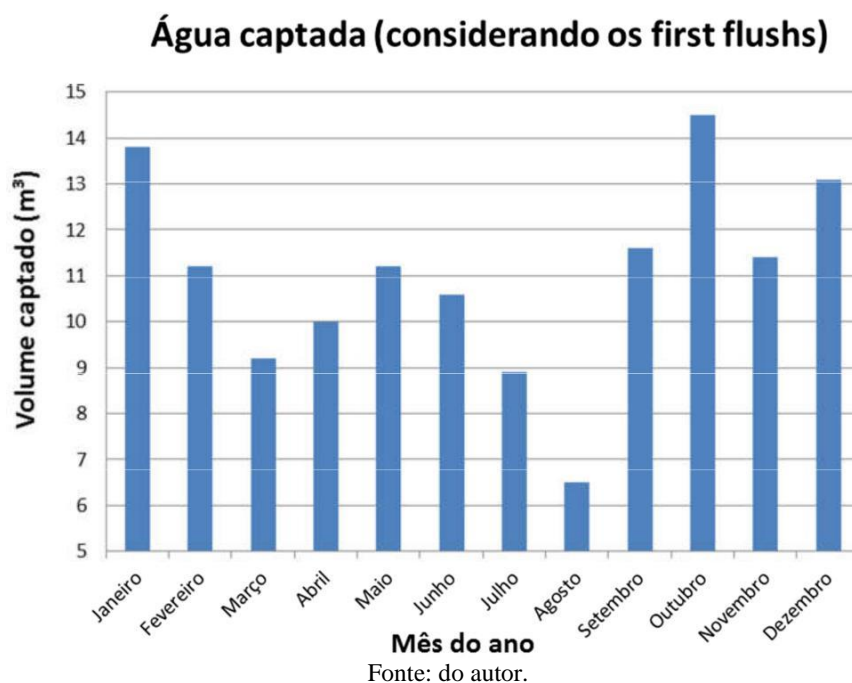
## 4 DISCUSSÕES E RESULTADOS

Nesse capítulo são apresentados os resultados obtidos com a substituição de aparelhos sanitários tradicionais nos sistemas hidráulicos por aparelhos poupadores, além de reutilizar as águas cinza e aproveitar a água da chuva.

### 4.1 Potencial de economia de água da captação da água da chuva

Na figura 20 estão apresentados os resultados obtidos através da equação 3 para o volume de captação de água da chuva nos (12) doze meses do ano em uma área de 100 m<sup>2</sup>, de acordo com a precipitação mensal e o descarte das águas, de 2 mm dos *first flush* para cada ocasião de chuva, de acordo com o quadro 9.

Figura 20: Volume de água captado em uma área de 100 m<sup>2</sup> na região de Guarapuava.



Dos 18 m<sup>3</sup> de água consumidos mensalmente, 22% é destinado as bacias sanitárias e 3% a torneira externa, somando 25 % do consumo total, resultando em uma demanda de projeto de

4,5 m<sup>3</sup> mensais de água que podem ser provenientes de fontes alternativas, nesse caso, da chuva.

A área de captação adotada (100m<sup>2</sup>), permite coletar um volume de água de 6,5 m<sup>3</sup>, no mês com menor média de precipitação. Sendo assim, mesmo no período com chuvas mais escassas, a demanda de água seria suprimida pela água da chuva.

#### 4.2 Potencial de economia de água da a reutilização das águas cinza

Considerando o aproveitamento das águas provenientes do chuveiro, das duas torneiras do banheiro e da torneira da lavanderia, utilizando os dados do quadro 7, é possível obter 8,64 m<sup>3</sup>, desconsiderando possíveis perdas. Ao adotar um coeficiente de retorno de 80% esse volume cai para 6,91 m<sup>3</sup>, ou seja, 38,4 % do consumo total, valor superior aos 6,44 m<sup>3</sup> de demanda das bacias sanitárias e da torneira externa.

Como o sistema de captação água da chuva é tão eficiente quanto o de reúso de águas cinza, devido aos maiores custos necessários, é possível dizer que a captação da água da chuva além de mais simples execução, é mais viável economicamente.

#### 4.3 Potencial de economia de água com a instalação de dispositivos redutores

Partindo das reduções de consumo adotadas nas páginas 42 e 43 e o perfil de consumo residencial do quadro 7, na página 37, é possível obter uma redução em quase 50% no consumo de água potável. O quadro 11 retrata os resultados para a economia de volume de água tratada para os dispositivos econômicos analisados.

Quadro 10 - Redução no consumo de água devido à instalação de dispositivos hidráulicos poupadores.

Ação	Consumo original (m <sup>3</sup> )	% de redução	Consumo reduzido (m <sup>3</sup> )
Instalação de vasos sanitários com caixa acoplada ou válvula <i>dual flush</i>	3,96	19	3,2
Instalação de arejadores nas torneiras	5,76	54	2,65
Instalação de redutores de vazão nos chuveiros	6,66	55	3
Substituição da máquina de lavar com carregamento superior de 12 Kg por uma de carregamento frontal de 12 Kg	1,62	18,5	1,32
Total	18	43,5	10,17

Fonte: do autor.

A vantagem do uso desses equipamentos, é que os outros sistemas, de coleta de água da chuva e reaproveitamento de águas cinza, necessitam de adequações aos projetos hidráulicos, sendo necessária a execução de outro sistema de água fria, cisternas e formas de tratamento e manutenção, visto que os sistemas de água potável não podem se misturar com os de águas reaproveitadas, o que aumenta o custo da obra, enquanto a opção pelos dispositivos hidráulicos econômicos é simples e eficiente.

Em suma, com o aproveitamento da água de chuva e a reutilização de águas cinza, é possível economizar, nessa residência, cerca de 4,5 m<sup>3</sup> de água. Já a substituição de aparelhos tradicionais, permite, nesse caso, uma redução no consumo de água da concessionária de 7,83 m<sup>3</sup>. Portanto, tais alternativas devem ser consideradas em projetos residenciais.

#### 4.4 Redução no preço da tarifa de água

Para avaliar a economia sob o aspecto financeiro considerou-se os cinco (5) cenários, descritos na página 39.

Nos cenários 4 e 5, a instalação dos dispositivos hidráulicos redutores é eficiente, em aspectos financeiros, apenas no chuveiro, nas pias internas e na lavagem de roupas, pois a água necessária para limpeza das bacias sanitárias e na torneira externa já seria reaproveitada, portanto, reduzir o consumo nesses equipamentos, não diminui a tarifa de água.

O quadro 12 traz o resultado da análise do potencial de economia nos 5 cenários para a redução no consumo e a diferença na tarifa mensal.

Quadro 11 - Simulação da redução no consumo e tarifa na implantação de estratégias de economia de água.

Cenário	Redução no consumo (%)	Redução consumo mensal (m <sup>3</sup> )	Redução na tarifa (%)	Novo valor de tarifa (R\$)
1	25	4,5	27,3	114,78
2	25	4,5	27,3	114,78
3	43,5	7,83	47,6	82,59
4	62,6	11,27	58,13	66,09
5	62,6	11,27	58,13	66,09

Fonte: do autor.

- cenário 1 - instalação do sistema de água de chuva

Conforme abordado, o aproveitamento da água da chuva permite uma economia de 4,5 m<sup>3</sup> de água. A tarifa original referente a 18 m<sup>3</sup>, de R\$ 157,85, pode ser reduzida para R\$ 114,78, o que significa uma economia de financeira de 27,3%

- cenário 2 – instalação do sistema de reúso de águas cinza.

Os resultados obtidos para esse item são semelhantes ao anterior, visto que a demanda é a mesma. Por isso, devido à necessidade de tratar a água, o uso das águas cinza pode ser menos vantajoso comparado ao uso da água da chuva, tanto por questões práticas, pois o tratamento requer tempo e trabalho, quanto em questões financeiras, pois haveria custo adicional ao decorrer do tempo.

- cenário 3: instalação de dispositivos hidráulicos poupadores.

Dentre os sistemas implantados isoladamente, a instalação de dispositivos é o mais fácil de implantação feito simplesmente pela substituição dos aparelhos sanitários e máquina de lavar, instalação dos arejadores e redutores de pressão. Enquanto a instalação dos sistemas de água de chuva e reúso devem ser previsto ainda na fase de projeto, caso contrário, necessitam de obras de maior porte e custo.

Na economia calculada no quadro 11, o volume de água economizado pode ser de até 7,83 m<sup>3</sup>, 56,5% do consumo original e a nova tarifa de água, apenas com a substituição dos aparelhos hidráulicos passa a ser de R\$ 82,59, resultando em uma redução de 47,6%.

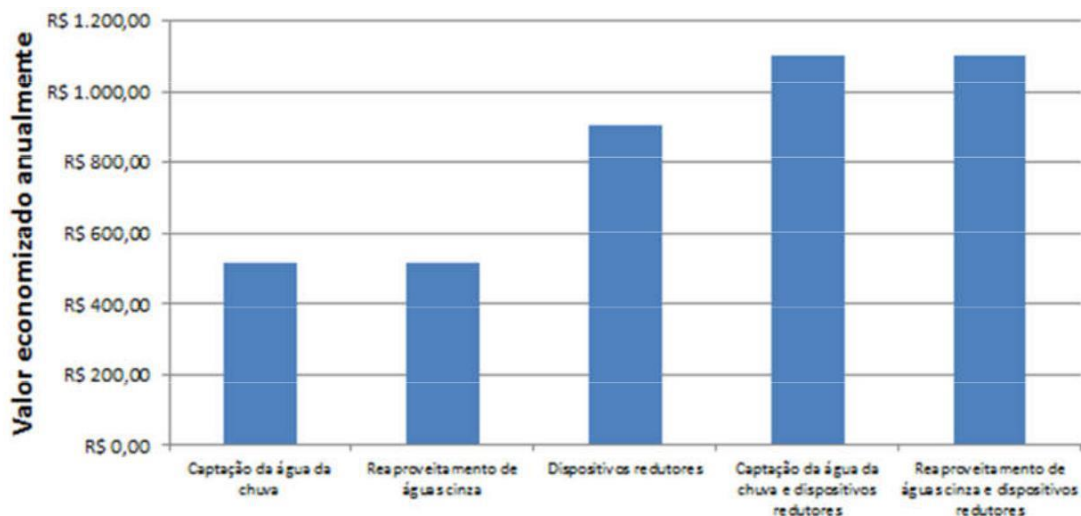
- cenários 4 e 5: Instalação do sistema de coleta da água chuva e de dispositivos hidráulicos econômicos e instalação do sistema de reaproveitamento das águas cinza e de dispositivos hidráulicos econômicos.

Dessa forma, tanto no cenário 4 quanto no cenário 5, a demanda mensal passa a ser de 6,73 m<sup>3</sup> de água tratada, correspondente apenas a água do chuveiro, lavagem de roupas e uso das demais torneiras, ou seja, 37,4% do consumo original de água, de 18 m<sup>3</sup>, com uma tarifa de R\$ 66,09, representando uma significativa redução de 58,13% na custo mensal.

Com as reduções no consumo da água para os cenários analisados, é possível obter a economia financeira gerada para diferentes períodos, simulando que o valor economizado anualmente fosse investido em um fundo de renda fixa com uma taxa semelhante a poupança atual, de 4,55% a.a.

A figura 21 apresenta o rendimento para o período de 1 ano com a instalação dos sistemas apresentados, de acordo com a equação 2. É possível identificar que os cenários 4 e 5 permitem maior economia seguido dos dispositivos poupadores. A adoção desses sistemas permite, de acordo com a metodologia adotada, uma economia anual de até R\$ 1101,12

Figura 21 - Simulação do potencial de economia para período de um (1) ano.



Fonte: do autor.

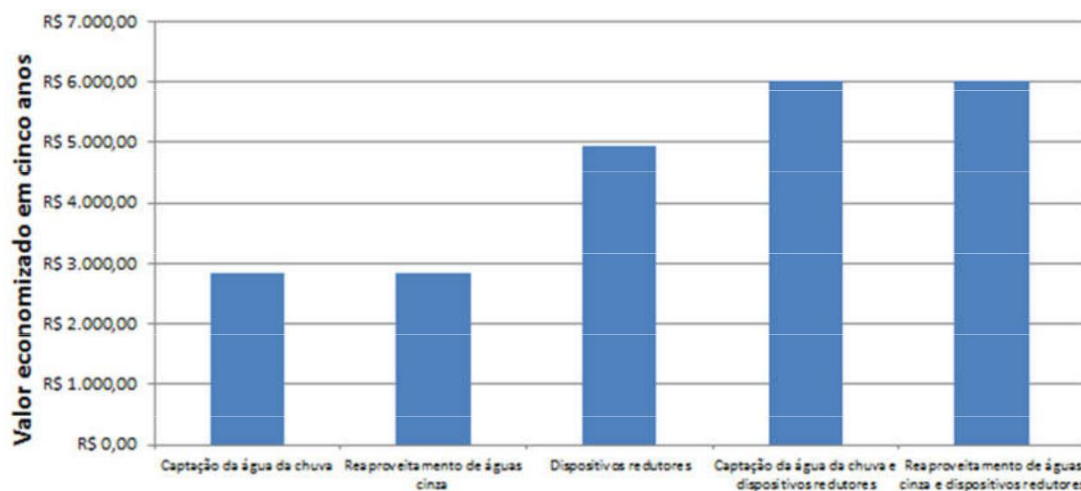
Já a utilização dos sistemas poupadores permite uma economia de 43,5% de água, traduzindo-se numa economia anual de R\$ 903,12. Do ponto de vista construtivo, a adoção desses sistemas implica na simples substituição dos aparelhos tradicionais pelos aparelhos mais modernos e econômicos.

Para a utilização dos sistemas de reúso, além da instalação de um sistema de água independente do sistema de água potável, ainda é necessário o tratamento, que de acordo com a ABNT (1997), na NBR 13969, envolve um filtro aeróbio (submerso ou lodo ativado por batelada), seguido de filtração em areia ou carvão e cloração, o que pode encarecer o sistema e tornar a captação da água da chuva mais simples e com maior potencial de economia financeira.

Por outro lado, há que se destacar que nesse estudo não foram contabilizados os custos de implantação dos sistemas. Para a utilização de água de chuva nas bacias sanitárias, para rega de jardins e lavagem de calçadas, não é necessário tratamento prévio, no entanto, existe a necessidade de dois sistemas de água fria na residência, pois as instalações devem ser completamente independentes.

Os resultados para cinco (5) anos são apresentados na figura 22, chegando rendimentos de R\$4945,65 para o cenário 3 e de R\$ 6029,93 para os cenários 4 e 5.

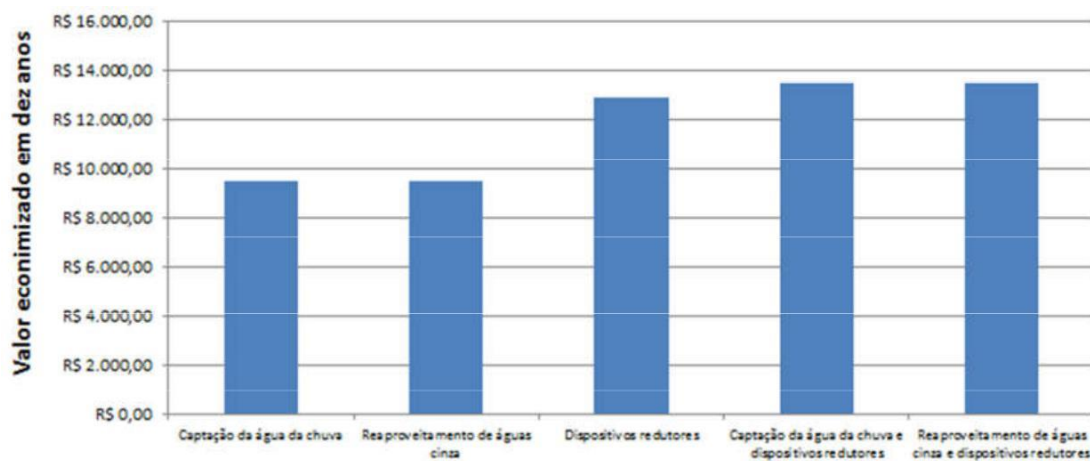
Figura 22: Simulação do potencial de economia para período de cinco (5) anos.



Fonte: do autor.

A figura 23 trás o rendimento previsto para o período de dez (10) anos, chegando a R\$ 11123,58 para o cenário 3 e a R\$ 13562,31 para os cenários 4 e 5.

Figura 23: Simulação do potencial de economia para período de dez (10) anos.



Fonte: do autor.

#### 4.5 Viabilidade do investimento

A análise do tempo de retorno dos investimentos considerou apenas a captação da água da chuva e os dispositivos hidráulicos econômicos.



O valor final estimado da instalação do sistema de captação da água da chuva foi de R\$ 4674,73. O tempo de *payback* descontado, considerando a redução mensal de R\$ 43,07, seria de aproximadamente 12 anos, tornando esse sistema um tanto inviável devido ao longo prazo para o retorno do investimento. Esse valor desconsidera o uso da bomba hidráulica, que terá custo com energia elétrica ao longo do tempo, aumentando ainda mais o tempo de retorno.

O valor final estimado para a instalação dos dispositivos hidráulicos poupadores, considerando apenas a diferença de preço entre os modelos tradicionais e os modelos econômicos, para a bacia sanitária e a máquina de lavar, e os 5 arejadores e os 2 redutores de vazão, é de R\$ 1175,52. Considerando a redução mensal de R\$ 75,26, sendo o tempo de retorno pela análise de *payback* descontado, de aproximadamente 17 meses.

Já no caso da instalação do sistema de captação da água da chuva com os dispositivos hidráulicos econômicos, o tempo de *payback* descontado é de aproximadamente 6 anos e 3 meses. Esse resultado é o que mostrou mais viável, devido a grande redução no volume de água consumido, reduzindo o tempo de retorno da instalação do sistema de captação da água da chuva em quase 5 anos.

As planilhas utilizadas para o cálculo do *payback* descontado dos sistemas citados acima estão presentes no apêndice B.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro do âmbito da sustentabilidade, um grande desafio é sensibilizar a população da necessidade de adotar atitudes que levam a economia dos recursos naturais não renováveis. Que além de ser benéfico para o meio ambiente, também pode representar vantagem econômica, reduzindo custos desnecessários.

A partir da proposição das alternativas de diminuição de consumo, conclui-se que os sistemas de coleta de água da chuva e reaproveitamento de águas cinza podem reduzir o volume consumido mensalmente de água em 25% e o custo em 27,3%, a adoção dos dispositivos poupadores podem reduzir o consumo em 43,5% e o custo mensal em 47,6 %. Os sistemas de coleta de água da chuva ou reaproveitamento de águas cinza, junto com os dispositivos poupadores pode reduzir o consumo em até 62,6% e o custo mensal em 58,13%

No que tange o retorno financeiro do investimento em renda fixa, verifica-se uma redução na tarifa de 58%, que, a uma taxa de juros de 4,55% a.a, em dez anos, pode resultar, no caso da instalação do sistema de captação da água da chuva e dos dispositivos hidráulicos econômicos, em R\$ 13562,31. Esse valor pode ser maior ainda, visto que a poupança não é sempre a melhor opção de investimento, pois sua taxa atual é relativamente baixa, existindo muitas opções melhores que poderiam render resultados ainda melhores, embora não tenham sido verificadas outras taxas de retorno.

A economia gerada pelos dispositivos poupadores é muito atrativa, considerando que a instalação dos arejadores, redutores de pressão e a opção por substituir as caixas de descargas comuns pelos modelos *dual flush*, podem representar muito pouco, comparado ao retorno financeiro obtido para longos períodos.

Comparando os cenários 4 e 5, onde os sistemas de reaproveitamento são utilizados com as soluções tecnológicas, com os cenários 1 e 2, em que são utilizados isolados, a implementação conjunta dos dispositivos hidráulicos econômicos representa 18% de redução no custo e 33,8% na redução do volume de água tratada necessário. Contudo, esse resultado deve ser visto com parcimônia, visto que a aplicação conjunta dessas estratégias pode ter maiores impactos em ambientes com volume de consumo maior, como no caso de indústrias.

Verifica-se o tempo que o investimento em um sistema de captação de água da chuva e a substituição dos aparelhos hidráulicos convencionais por modelos econômicos, tem o melhor tempo de retorno pela análise do *payback* descontado leva pra se pagar, de 6 anos e 3 meses, considerando a redução de 62,6% no volume de água consumido, portanto, essa solução uma é alternativa sustentável e relativamente rentável.

## 6 REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS, SINDUSCON SP. Conservação e reúso da água em edificações. São Paulo. 2005;

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA); SUPERINTENDÊNCIA DE PLANEJAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS (SPR). Projeto PROÁGUA Semárido. Atlas de obras prioritárias para a região semiárida. Superintendência de planejamento de recursos hídricos. Brasília. 2005.

*American Water Works Association, American Society of Civil Engineers e American Resources Association. Proceedings of Conservation. Las Vegas: AWWA, 1993. 12 a 16 de dezembro de 1993.*

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969 Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro. 1997

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527. Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisito. Rio de Janeiro 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15097. Aparelho sanitário de material cerâmico – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844. Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro. 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13713 Instalações hidráulicas prediais - Aparelhos automáticos acionados mecanicamente e com ciclo de fechamento automático - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10281, Torneiras - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro. 2001

BOAL, Diana Christova. EDEN, Robert E. MCFARLANE, Scott. Investigation into greywater reuse for urban residential properties. 1996.

CAMPOS, José Roberto. Tratamento de esgoto sanitário por processo anaeróbico e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro. Abes. 1999. 443 p.

CASA E CONSTRUÇÃO. Acabamento para válvula de descarga salvágua clássica cromado.. Disponível em:  
< <https://www.cec.com.br/metais-e-acessorios/acabamentos/valvula/acabamento-para-valvula-de-descarga-salvagua-classica-cromado?produto=1090858>>. Acesso 21 de agosto de 2018.

CHERNICHARO, C. A. L, et al. Pós tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Belo Horizonte. 2001.

FERNANDES, Vera Maria Cartanaet; FIORI, Simone; PIZZO, Henrique. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinza em edificações. Passo Fundo. 2004. 12 p.

DACACH, Nelson Gandur. Saneamento Básico. Editora EDC. 1990.

DIXON, Andy M. BUTLER, David.. FEWKES, Allan. Water saving potential of domestic water reuse systems using greywater and rainwater in combination. . 1999.

EACT. Greywater use around the home. Environment Australian capital territory government. 2006 6pp.

ECORACIONAL. Reúso de águas cinza traz economia de até 70%. AECweb. Disponível em:  
<[https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/reuso-de-aguas-cinzas-traz-economia-de-ate-70\\_22358\\_5926](https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/reuso-de-aguas-cinzas-traz-economia-de-ate-70_22358_5926)>. Acesso em agosto de 2018.

GOMES, Samyr Alves. Chuveiro Automático. Brasília. 2011.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. Urban Water. 1999.

HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. São Paulo. 2002.

INSTITUTO DE ÁGUAS DO PARANÁ (IAPAR). Médias históricas de precipitação – Guarapuava – Paraná. Disponível em:

< [http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias\\_Historicas/Guarapuava.htm](http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Guarapuava.htm)>. Acesso em agosto de 2018

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). Manual para aproveitamento emergencial de águas cinza do banho e da máquina de lavar. São Paulo. 2016. 32 p.

KUJAWA-ROELEVELD, K. AND ZEEMAN, G. Anaerobic treatment in decentralized and source-separation-based sanitation concepts, Reviews in Environmental Science and Bio/Technology. 2006.

MACINTYRE, Archbald Joseph. Instalações hidráulicas prediais e industriais. LTC. 4ª edição. 2014.

MAY, Simone. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água da chuva para consumo não potável em edificações. São Paulo. 2004. 189 p.

MOTTA, Silvio Romero F; SOUZA, Roberta; Alves, Antônio Henrique V. Proposta para classificação da eficiência do uso da água nas edificações residenciais. NUTAU. São Paulo, 2008.

OLIVEIRA, Lucia Helena de. et. al (2007). Levantamento do estado da arte: Água. São Paulo. Finep. 2007. 107 p.

OLIVEIRA, Alfredo Jefferson. BEZERRA, Marcelo de Matos. Medição individualizada de água: Momento e análises de exemplos no Rio de Janeiro. 2016. 18 p.

PROGRAMA DE PESQUISAS EM SANEAMENTO BÁSICO (PROSAB). Coordenador: GONÇALVES, Ricardo Franci. Uso Racional de água em edificações. Vitória. Abes. 2006. 352 p.

PROGRAMA DE USO RACIONAL DE ÁGUA (PURA)- Uso racional da água – USP. 1995.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA (PNCDA). Apresentação do programa. Brasília. Governo Federal. 2ª Edição.

SOARES, Alexandre Kepler Avaliação das perdas físicas de um setor da rede de abastecimento de água de campo grande-MS. via modelo inverso. (2004)

SANTOS, Daniel Costa. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. Curitiba. 2002. 12 p.

RAINDROPS, Group. Aproveitamento da Água da Chuva. Curitiba. Editora Organic Trading. 2002.

RAINDROPS. Group. Rainwater and you: 100 ways to use Rainwater. Sumida City - Tokyo Metropolitan Region. Makoto Murase (Org).Proceeding of the Tokyo International Rainwater Utilization Conference.1995,p.179

Texas Guide to Rainwater Harvesting. Austin, Texas. 1997, 2ª Edição.

THE UNITED NATIONS. The United Nations World Water Development Report 2015 Water for a sustainable world. Unesco. 2015.

TOMAZ, Plínio. Economia de água. Navegar 2001. 63 p.

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis. 2009.13 p.

UCHIDA, Cintia; OLIVEIRA, Lúcia H. As bacias sanitárias com sistema de descarga dual e a redução do consumo de água em edifício residencial multifamiliar. XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Florianópolis/SC. 2006.

VINCE. O que são bacias de duplo funcionamento e por que elas são importantes.

Disponível em:

< <https://apto.vc/blog/o-que-sao-bacias-de-duplo-acionamento-e-porque-elas-sao-importantes/>>. Acesso em agosto de 2018.



## APÊNDICE A

- Arejador completo articulado para torneira padrão deca, Fabrimar E Docol cromado. Preço: R\$ 24,99

Descrição do item:

Figura A1 – Arejador completo articulado para torneira padrão deca, Fabrimar E Docol cromado.



Fonte: Casa E construção (2018)

Quadro A1 – Descrição do arejador

Uso indicado	Torneiras
Tipo de material	Elastômetros e plásticos de engenharia
Diametro dos encaixes	M19, M20, M21 e M24
Peso (kg)	0,026

- Redutores de vazão

Ecosoli Preço: R\$ 24,78

Descrição do item:

Figura A2 – Redutor de vazão



Fonte: Ecosoli (2018)

Quadro A2: descrição do redutor de vazão

Uso indicado	Chuveiros e torneiras
Bitola	1/2"
Peso (kg)	0,026
Recomendações de uso	4 Litros/minuto – cor interna verde – Indicado para torneira de banheiro. Economia média de 75%. 6 Litros/minuto – cor interna azul – Indicado para torneiras de cozinhas. Economia média de 62%.

- Bacia Sanitária *dual flush*

Preço: R\$519,80

Figura A3 – Bacia sanitária dual flush



Quadro 3 – Descrição da bacia sanitária

Capacidade de acionamento da bacia	3/6 Litros
Dimensões	Altura: 74cm; Largura:38,5 cm; Profundidade: 65,5 cm
Tipo de acionamento da descarga	Duplo acionamento
Posição do acionamento da bacia	Botão Superior
Recomendações de uso	4 Litros/minuto – cor interna verde – Indicado para torneira de banheiro. Economia média de 75%. 6 Litros/minuto – cor interna azul – Indicado para torneiras de cozinhas. Economia média de 62%.

- Lavadora Turbo Economia Electrolux 10kg  
LTD11 Preço: R\$ 1299,00

Figura A4 – Lavadora de carregamento superior 10 Kg



Quadro A4 – Descrição da lavadora de carregamento frontal

Capacidade	10 Kg
Dimensões	Altura: 74cm; Largura:38,5 cm; Profundidade: 65,5 cm
Tipo de abertura	Superior
Peso	40 Kg
Dimensões	Altura: 101,5 cm; Largura 59,0 cm; Profundidade: 67, 6 cm

- Lavadora de Roupas Samsung WF106U4SA Branca com Display Digital, Eco Bubble e Programas de Lavagem - 10,1Kg,  
Preço: R\$ 2174,13

Figura A5 – Lavadora de carregamento frontal de 10 Kg



Capacidade	10,1 Kg
Dimensões	Altura: 74cm; Largura:38,5 cm; Profundidade: 65,5 cm
Tipo de abertura	Frontal
Peso	70 Kg
Dimensões	Altura: 85 cm; Largura 60 cm; Profundidade: 60 cm

Quadro Y: Orçamento do sistema de coleta de água da chuva

Composição	QTD	Valor unitário(R\$)	Descrição	TOTAL ITEM
SINAPI -89402	10	7,12	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA M FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	71,2
SINAPI -89798	3	8,56	TUBO PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 50 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM PRUMADA DE ESGOTO SANITÁRIO OU VENTILAÇÃO. AF_12/2014	25,68
SINAPI 73834/001	1	221,97	INSTALACAO DE CONJ.MOTO BOMBA SUBMERSIVEL ATE 10 CV	221,97
SINAPI -94673	7	7,68	CURVA 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA UN CR 7,68 GUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	53,76
SINAPI -94678	2	12,42	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 50 MM INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO	24,84
SINAPI -94688	1	8,93	TÊ, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	8,93
SINAPI -94489	2	24,06	REGISTRO DE ESFERA, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO.	48,12
SINAPI -94230	35	52,28	CALHA DE BEIRAL, SEMICIRCULAR DE PVC, DIAMETRO 125 MM, INCLUINDO CABEC M EIRAS, EMENDAS, BOCAIS, SUPORTES E VEDAÇÕES, EXCLUINDO CONDUTORES, INC	1829,8

Continuação do quadro Y –

Composição	QTD	Valor unitário(R\$)	Descrição	TOTAL ITEM
SBC - 006929	1	399	CAIXA D'AGUA EM POLIETILENO ATOXICO 500 LITROS	399
SBC - 52024	1	1703,8	CAIXA DE AGUA FIBRA-DE-VIDRO 2.000 LITROS	1703,8
104184	1	90	Separador de folhas	90
SBC -052026	1	197,63	CAIXA DE AGUA FIBROCIMENTO 250 LITROS	197,63
<b>TOTAL</b>		<b>4674,73</b>		

## APÊNDICE B

Figura A – Análise de payback descontado para o sistema de captação de água da chuva

<b>PAYBACK DESCONTADO</b>			
n	Valor	Descontado	Liquido
0	-4674,73	<b>-R\$ 4.674,73</b>	-4674,73
1	516,84	R\$ 494,35	<b>-R\$ 4.180,38</b>
2	516,84	R\$ 472,83	<b>-R\$ 3.707,55</b>
3	516,84	R\$ 452,26	<b>-R\$ 3.255,29</b>
4	516,84	R\$ 432,57	<b>-R\$ 2.822,72</b>
5	516,84	R\$ 413,75	<b>-R\$ 2.408,97</b>
6	516,84	R\$ 395,74	<b>-R\$ 2.013,23</b>
7	516,84	R\$ 378,52	<b>-R\$ 1.634,71</b>
8	516,84	R\$ 362,05	<b>-R\$ 1.272,67</b>
9	516,84	R\$ 346,29	<b>-R\$ 926,38</b>
10	516,84	R\$ 331,22	<b>-R\$ 595,16</b>
11	516,84	R\$ 316,80	<b>-R\$ 278,35</b>
12	516,84	R\$ 303,02	R\$ 24,67
Taxa =	4,55%		

Figura B – Análise de payback descontado para a substituição dos dispositivos hidráulicos econômicos

<b>PAYBACK DESCONTADO</b>			
n	Valor	Descontado	Liquido
0	-1175,22	<b>-R\$ 1.175,22</b>	-1175,22
1	903,12	R\$ 863,82	<b>-R\$ 311,40</b>
2	903,12	R\$ 826,22	R\$ 514,82
3	903,12	R\$ 790,27	R\$ 1.305,09
4	903,12	R\$ 755,87	R\$ 2.060,96
5	903,12	R\$ 722,98	R\$ 2.783,94
6	903,12	R\$ 691,51	R\$ 3.475,45
7	903,12	R\$ 661,42	R\$ 4.136,87
8	903,12	R\$ 632,63	R\$ 4.769,51
9	903,12	R\$ 605,10	R\$ 5.374,61
10	903,12	R\$ 578,77	R\$ 5.953,38
11	903,12	R\$ 553,58	R\$ 6.506,96
12	903,12	R\$ 529,49	R\$ 7.036,45
Taxa =	4,55%		



Figura C – Análise de payback descontado para a instalação do sistema de coleta de água da chuva e substituição dos dispositivos hidráulicos econômicos

<b>PAYBACK DESCONTADO</b>			
n	Valor	Descontado	Liquido
0	-5849,95	<b>-R\$ 5.849,95</b>	-5849,95
1	1101,12	R\$ 1.053,20	<b>-R\$ 4.796,75</b>
2	1101,12	R\$ 1.007,36	<b>-R\$ 3.789,39</b>
3	1101,12	R\$ 963,52	<b>-R\$ 2.825,86</b>
4	1101,12	R\$ 921,59	<b>-R\$ 1.904,27</b>
5	1101,12	R\$ 881,48	<b>-R\$ 1.022,79</b>
6	1101,12	R\$ 843,12	<b>-R\$ 179,66</b>
7	1101,12	R\$ 806,43	R\$ 626,76
8	1101,12	R\$ 771,33	R\$ 1.398,10
9	1101,12	R\$ 737,77	R\$ 2.135,86
10	1101,12	R\$ 705,66	R\$ 2.841,52
11	1101,12	R\$ 674,95	R\$ 3.516,47
12	1101,12	R\$ 645,57	R\$ 4.162,04
Taxa =	4,55%		