

Eixo Temático ET-08-002 - Recursos Hídricos

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO REUSO DE ÁGUAS CINZAS PARA USOS NÃO POTÁVEIS EM UM CONDOMÍNIO COM 100 RESIDÊNCIAS

Vitor Eustáquio Andrade Silva, Leandro Ribeiro Montes, Lineker Max Goulart Coelho

Universidade Federal de Viçosa, *Campus* de Rio Paranaíba, MG.

RESUMO

Atualmente o número de edificações que reaproveitam ou reutilizam a água de alguma forma está aumentando, tendo em vista o atual contexto de escassez hídrica que o Brasil tem atravessado. O presente trabalho tem como finalidade avaliar a viabilidade técnica e econômica de implantação e operação de um sistema de reuso de águas cinzas em um condomínio com 100 residências e estimativa populacional de 400 pessoas. Foram considerados os custos de implantação do sistema de tratamento, das tubulações de esgoto e de abastecimento bem como das instalações hidrossanitárias. Além disso, o estudo abrangeu a avaliação dos custos de operação e manutenção deste sistema de reuso de águas cinzas. Ressalta-se que este trabalho avaliou apenas as instalações que compõem a parte do sistema de reuso comum a todo o condomínio, não abrangendo as instalações internas das edificações. Todo o trabalho foi feito seguindo normas, pesquisas e trabalhos relacionados ao assunto em estudo. Foram inicialmente calculadas as estimativas de consumo de água para fins não potáveis e a sua disponibilidade com o objetivo de se obter a demanda e oferta do sistema de reuso. A partir da demanda requisitada, foi dimensionado o reservatório de armazenamento de água cinza para um dia de consumo e o reservatório de água de reuso para dois dias de consumo. Foi proposto o tratamento por flutuadores, filtros horizontais lentos e clorador. Após dimensionamento de todo o sistema, foram calculados os custos de implantação e manutenção deste. Os custos de implantação e de manutenção mensal do sistema condominial de reuso de águas cinzas por residência são de R\$ 143.000 e de R\$ 1.120, respectivamente. A partir destes resultados constatou-se que o tempo de retorno do investimento pode variar de 1 a 3 anos.

Palavras-chave: Reuso; Águas cinzas; Viabilidade econômica.

INTRODUÇÃO

De todos os recursos naturais existentes, um é de absoluta importância para nossa sobrevivência: a água. Com o passar dos anos, a utilização desse recurso se torna cada vez mais limitado devido ao mau uso e desperdício. Esse recurso que antes se pensava ser inesgotável, já está se tornando um problema em vários lugares.

O consumo de água residencial corresponde a mais da metade do consumo de água potável nas áreas urbanas. Nesse contexto, as fontes alternativas e o reuso de água nas residências são opções que despertam cada dia mais o interesse das pessoas, tendo em vista valores práticos e econômicos.

Atualmente o número de edificações que reaproveitam ou reutilizam a água de alguma forma está aumentando, tendo em vista o atual contexto de escassez hídrica que o Brasil tem atravessado. Essas edificações são equipadas com sistemas que aproveitam desde a água pluvial, até as chamadas “águas cinzas”, que é fruto do expurgo de chuveiros, lavatórios, lavadoras de roupas e tanques.

Analisando grandes centros, como São Paulo, Belo Horizonte e outras capitais brasileiras, observa-se a grande falta de água em alguns períodos do ano, e grandes enchentes em outros períodos. Ou seja, existe uma má gestão dos recursos hídricos para que a época de cheia compense a de seca. A opção de reaproveitamento em residências vem como uma “gestão individual” do recurso para que não falte água em nenhuma época do ano, investindo na implantação de reservatórios e miniestações de tratamentos.

O presente trabalho mostra o dimensionamento e implantação de um sistema de reúso e reaproveitamento de água cinza para uso não potável, estimando o possível tempo de retorno do investimento e apresentando as vantagens da implantação do sistema de coleta, armazenamento e tratamento.

OBJETIVO

OBJETIVO GERAL

Análise de viabilidade técnica e econômica de implantação de um sistema de reaproveitamento de águas cinzas para usos não potáveis em um condomínio residencial de classe alta dimensionada para suprir 400 moradores.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Dimensionar tubulações, reservatórios e estação de tratamento de águas cinzas;
- b) Realizar estimativa de consumo de água potável no condomínio;
- c) Estimativa dos custos de implantação e manutenção do sistema de reaproveitamento;
- d) Calcular o período de retorno do investimento do sistema de reaproveitamento.

METODOLOGIA

PROJETO MODELO

Para a realização do presente trabalho foram dimensionadas todas as tubulações, reservatórios e sistema de tratamento que compõem a parte comum a todo o condomínio, em seguida foi estimado o investimento do projeto e calculado seu período de retorno. Sendo assim, o estudo não abrange a análise das instalações hidrossanitárias internas a edificação apenas os sistemas comuns do condomínio.

Foi criado um projeto modelo com 100 lotes residenciais de 450 m² cada, pertencentes ao mesmo condomínio conforme pode ser visto na Figura 1. Sua função principal é poder estimar a metragem de tubulação presente no condomínio. A locação do sistema de tratamento do efluente deve ser construída na cota mais baixa do terreno e de preferência nas extremidades, aproveitando fatores gravitacionais e paisagismo.



Figura 1. Planta do condomínio modelo utilizado no estudo.

CÁLCULO DE VAZÕES

Considerando que cada residência possua em média 4 habitantes, resulta em uma população total para o condomínio de 400 habitantes, com média de consumo estimada de 200 L/hab.dia conforme NBR 9649:1986. Para o presente projeto, foi considerado que a vazão de início de plano seria igual à vazão de final de plano, devido ao fato do dimensionamento ser feito para a população máxima do condomínio, que será de 400 habitantes.

Os valores de vazão por trecho não devem ser inferiores a 1,5 l/s, portanto para a vazão de projeto adota-se o valor de $Q_{min} = 1.5$ l/s em trechos com vazão inferior ao mínimo, como recomendado pela NBR 9649:1986.

A Equação 1 foi utilizada para se determinar o consumo diário de água no condomínio. Para a área de lazer foi adotado segundo Tomaz (1999) o consumo de 1,5 L/m².dia considerando toda a área permeável do condomínio.

$$C_t = C \cdot hab + Alaz \cdot Q_{laz} \quad Eq. 1$$

Sendo: C_t = consumo diário (m³/dia); C = consumo por habitante (m³/hab.dia); hab = habitantes; $Alaz$ = área de lazer (m²); Q_{laz} = consumo da área de lazer (m³/m².dia).

Segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP, 2015), em média, 40% da água consumida é destinada ao uso não potável, de acordo com a Equação 2 o consumo diário de água para fins não potáveis é:

$$C_{np} = 0,40 \cdot C \cdot hab + Alaz \cdot Q_{laz} \quad Eq. 2$$

Sendo: C_{np} = consumo diário de água não potável (m^3); C = consumo por habitante ($m^3/hab.dia$); hab = habitantes; $Alaz$ = área de lazer (m^2); Q_{laz} = consumo da área de lazer ($m^3/m^2.dia$).

Considerando que o coeficiente de retorno, relação entre a quantidade de esgoto produzido pela quantidade de água consumida, conforme a NBR 9649:1986 é de 0,8, tem-se pela Equação 3, a produção diária de água cinza:

$$P = C \cdot hab \cdot CR \cdot Cap \quad Eq. 3$$

Sendo: P = produção diária de água cinza (m^3/dia); C = consumo por habitante ($m^3/hab.dia$); hab = habitantes; CR = coeficiente de retorno; Cap = consumo requerido de água potável em uma residência.

DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO DE ÁGUA CINZA

O dimensionamento da tubulação condominial de água cinza foi feito seguindo a NBR 9649:1986. A tubulação de água cinza será ramificada e dupla, portanto tem-se uma tubulação para cada lado da rua do condomínio, exceto nas regiões onde as residências estarão presentes apenas de um lado. A declividade adotada no projeto não pode ser inferior à mínima admissível pela NBR 9649/86, que pode ser calculada pela Equação 4:

$$I_{min} = 0,0055 Q_i^{-0,47} \quad Eq. 4$$

Sendo: I_{min} = inclinação mínima (m/m); Q_i = vazão a jusante do trecho (l/s).

O efluente por possuir materiais mais pesados que a água que podem sedimentar obstruindo a seção útil da tubulação. Para evitar essa sedimentação é necessário respeitar o valor mínimo de tensão trativa de 1 Pa(Pascal), sempre preocupando-se de não exceder o valor da velocidade crítica de 5 m/s de acordo com a NBR 9649/86.

SISTEMA DE TRATAMENTO

Primeiramente foi dimensionado um reservatório inicial para armazenar a água cinza com capacidade de armazenamento de 1 dia. Deste reservatório o efluente passa para um floculador onde é tratado e depois para um sistema de filtros lentes respeitando todas as especificações recomendadas em PROSAB (1999). Por fim a água é encaminhada a um reservatório de água de reuso tratada.

RESERVATÓRIOS INICIAL PARA ARMAZENAMENTO DA ÁGUA CINZA

No dimensionamento deste reservatório circular será considerado um volume equivalente a aproximadamente dois dias de consumo de água com destino não potável para o condomínio. Deve ser dimensionada uma tubulação de limpeza para o reservatório para períodos em que sua manutenção seja necessária. O tanque deve ter uma torneira de boia para que o tanque receba água para reuso apenas quando seu nível for inferior ao máximo.

BOMBEAMENTO DA ÁGUA PARA REUSO

Para dimensionar o sistema elevatório, deve-se primeiro fazer um estudo de campo, a fim de se obter todos os dados necessários para o correto funcionamento do sistema. Fatores como a vazão de serviço necessária, o diâmetro de recalque e sucção, altura manométrica de instalação e a potência necessária. Feito os estudos preliminares, pode-se iniciar o dimensionamento. Analisando esses parâmetros foram adotadas duas bombas de 3 cv, respeitando uma folga em cada uma delas para que não trabalhem em sobrecarga. O consumo elétrico mensal de cada bomba é de 806,40 kWh segundo a Rio Grande Energia (RGE 2015).

DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE REUSO

A NBR 12218:1994 determina que a velocidade máxima na tubulação de abastecimento seja de 3,5 m/s e a mínima de 0,6 m/s, o diâmetro mínimo da tubulação deve ser de 50 mm. A rede de abastecimento será dupla e do tipo ramificada, esta rede terá ramificações que levam a tubulação para a área de lazer do condomínio, onde serão implantados torneiras de reuso. Será considerado que o bombeamento da água para reuso funcionará apenas 12 horas por dia.

CUSTOS CONDOMINIAIS SEM SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS

Para avaliação do tempo de retorno de investimento, estimou-se primeiramente os custos condominiais de água e esgoto sem a adoção de sistema de reuso água cinza. Para o cálculo da conta de água será utilizado os valores adotados pela COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais). De acordo com os valores disponibilizados pela COPASA, pode-se fazer dois cenários de preço da água, sendo que o primeiro considera apenas o preço da água e o segundo abrange o preço da água a coleta e o tratamento do esgoto.

CUSTOS DO SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA CINZA

O custo de implantação do sistema de reuso de águas cinzas por residência pode ser definido pela Equação 5:

$$Custo = Ccol \quad Eq.5$$

Sendo: $Ccol$ = Custo de implantação de reservatórios, filtros, tubulações de uso comum do condomínio.

O custo de manutenção do sistema de reuso pode ser calculado pela Equação 6:

$$Customanu = Cmanu \quad Eq.6$$

Sendo: $Customanu$ = Custo de manutenção do sistema de reuso para uma residência; $Cmanu$ = Custo de manutenção total do sistema de reuso.

Outro custo de grande importância é o do preço da água e do tratamento de esgoto que pode ser calculado pela Equação 7:

$$Custo\acute{a}gua/esgoto = P\acute{a}gua.Cm^3 + Pesgoto.Cm^3 \quad Eq.7$$

Sendo: *Custo\acute{a}gua/esgoto* = Custo da \u00e1gua e do esgoto; *P\u00e1gua* = Pre\u00e7o da \u00e1gua; *Pesgoto* = Pre\u00e7o do esgoto; *Cm\u00b3* = Consumo em (m\u00b3).

Ressalta-se que os custos foram determinados com base nos valores de refer\u00eancia do SETOP (2014) e do SINAPI (2015). Ressalta-se que os valores de mercado dos flotores adequados a demanda do condom\u00ednio foram avaliados solicitando or\u00e7amentos a empresas do setor. Os custos relativos ao consumo de subst\u00e2ncias qu\u00edmicas foram obtidos por meio de consultas a empresas do setor.

TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

O tempo de retorno do investimento depende do valor da \u00e1gua e se o esgoto tamb\u00e9m \u00e9 cobrado. O tempo de retorno em anos pode ser calculado pela Equa\u00e7\u00e3o 8:

$$T = Custo / ((redcons.Custo\acute{a}gua/esgoto - Customanu).12) \quad Eq.8$$

Sendo: T = tempo de retorno (anos); *Custo* = Custo de implanta\u00e7\u00e3o do sistema de reuso para cada resid\u00eancia; *Custo\acute{a}gua/esgoto* = Custo da \u00e1gua e do esgoto; *Customanu* = Custo de manuten\u00e7\u00e3o do sistema de reuso para uma resid\u00eancia; %redcons = redu\u00e7\u00e3o do consumo de \u00e1gua pot\u00e1vel (m\u00b3)(valor referente a produ\u00e7\u00e3o de \u00e1gua cinza).

RESULTADOS E DISCUSS\u00c3O

CONSUMO DO CONDOM\u00cdNIO

Conforme a Equa\u00e7\u00e3o 1, o consumo di\u00e1rio (Ct) de \u00e1gua do condom\u00ednio \u00e9 de 86 m\u00b3. Por meio da equa\u00e7\u00e3o 2 obt\u00eam-se que o consumo de \u00e1gua para fins n\u00e3o pot\u00e1veis ser\u00e1 de 38 m\u00b3/dia o que equivale a aproximadamente 39,5% do consumo total do condom\u00ednio. De acordo com a Equa\u00e7\u00e3o 3 t\u00eam-se que a produ\u00e7\u00e3o de \u00e1gua cinza di\u00e1ria do condom\u00ednio seja de 38,4 m\u00b3.

DIMENSIONAMENTO DA TUBULA\u00c7\u00c3O DE \u00c1GUA CINZA

A tubula\u00e7\u00e3o foi dividida em trechos respeitando os par\u00e2metros exigidos pela NBR 9649:1986. O di\u00e2metro necess\u00e1rio para a tubula\u00e7\u00e3o de \u00e1gua cinza condominial foi de 100 mm. Para a determina\u00e7\u00e3o do di\u00e2metro da tubula\u00e7\u00e3o foi estimada uma inclina\u00e7\u00e3o no terreno que variou de trecho para trecho. Essa inclina\u00e7\u00e3o foi estimada com base em dados topogr\u00e1ficos do terreno. As Tabelas 1 e 2 mostram os resultados obtidos de di\u00e2metro por trecho e as verifica\u00e7\u00f5es de tens\u00e3o trativa e velocidade cr\u00edtica de acordo com recomenda\u00e7\u00f5es da NBR 9649:1986.

Tabela 1. Valores de diâmetro por trecho.

Trecho		T (L/s.m)	L (m)	Qmon (L/s)	Qtrec ho (L/s)	Qjus (L/s)	Qp (L/s)	φ (mm)	It	Imin	Ip
		In		In	In	In	In				
		Fi		Fi	Fi	Fi	Fi				
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	8	2E-04	148	0	0,032	0,032	1,5	100	0,1	0,01	0,1
		2E-04	-	0	0,032	0,032	1,5	100			
2	8	2E-04	148	0	0,032	0,032	1,5	100	0,1	0,01	0,1
		2E-04	-	0	0,032	0,032	1,5	100			
8	9	0	70	0,065	0	0,065	1,5	100	0,1	0,01	0,1
		0	-	0,065	0	0,065	1,5	100			
3	9	4E-04	148	0	0,065	0,065	1,5	100	0	0,01	0
		4E-04		0	0,065	0,065	1,5	100			
4	9	4E-04	148	0	0,065	0,065	1,5	100	0	0,01	0
		4E-04	-	0	0,065	0,065	1,5	100			
9	10	0	70	0,194	0	0,194	1,5	100	0,1	0,01	0,1
		0	-	0,194	0	0,194	1,5	100			
5	10	4E-04	148	0	0,065	0,065	1,5	100	0	0,01	0
		4E-04	-	0	0,065	0,065	1,5	100			
6	10	1E-04	218	0	0,032	0,032	1,5	100	0	0,01	0
		1E-04	-	0	0,032	0,032	1,5	100			
10	11	2E-04	97	0,194	0,019	0,213	1,5	100	0	0,01	0
		2E-04	-	0,194	0,019	0,213	1,5	100			
7	11	3E-04	50	0	0,013	0,013	1,5	100	0,1	0,01	0,1
		3E-04	-	0	0,013	0,013	1,5	100			
11	12	0	10	0,213	0	0,213	1,5	100	0,1	0,01	0,1
		0	-	0,213	0	0,213	1,5	100			

Sendo : T = taxa de contribuição linear; L = comprimento do trecho; Qmon = vazão de montante; Qtrec = vazão de trecho; Qjus = vazão de jusante; Qp = vazão de projeto; φ = diâmetro da tubulação; It = inclinação do terreno; Imin = inclinação mínima; Ip = inclinação de projeto.

Tabela 2. Tabela de verificação de tensão trativa e velocidade crítica.

Trecho	CT (m)	CC (m)	Prof (m)	Y/D	Rh (m)	Vf (m/s)	Vc (m/s)	σ (Pa)	
	Mon	Mon	Mon					-	
	Jus	Jus	Jus	-	-	-	-		
1	8	1000	999	1	0,225	0,013	1	2,2	6,72
		993	992	1	0,225	0,013	1	2,2	6,72
2	8	1000	999	1	0,225	0,013	1	2,2	6,72
		993	992	1	0,225	0,013	1	2,2	6,72
8	9	993	992	1	0,225	0,013	1	2,2	6,7
		989	988	1	0,225	0,013	1	2,2	6,7
3	9	995	994	1	0,25	0,015	0,9	2,3	5,88
		989	988	1	0,25	0,015	0,9	2,3	5,88
4	9	995	994	1	0,25	0,015	0,9	2,3	5,88
		989	988	1	0,25	0,015	0,9	2,3	5,88
9	10	989	988	1	0,225	0,013	1	2,2	6,7
		986	985	1	0,225	0,013	1	2,2	6,7
5	10	990	989	1	0,275	0,015	0,8	2,3	4,39
		986	985	1	0,275	0,015	0,8	2,3	4,39
6	10	993	992	1	0,25	0,015	0,9	2,3	5
		986	985	1	0,25	0,015	0,9	2,3	5
10	11	986	985	1	0,225	0,013	0,9	2,2	6,36
		981	980	1	0,225	0,013	0,9	2,2	6,36
7	11	985	984	1	0,2	0,012	1,1	2,09	9,68
		981	980	1	0,2	0,012	1,1	2,09	9,68
11	12	981	980	1	0,225	0,013	1	2,2	6,7
		981	980	1	0,225	0,013	1	2,2	6,7

Sendo: CT = cota do terreno; CC = cota do coletor; Prof = profundidade; Y/D = Lâmina líquida; Vf = velocidade final; Vc = velocidade crítica; σ = tensão trativa.

DIMENSIONAMENTO DO TANQUE DE RETENÇÃO

De acordo com a Equação 5 e adotando um tanque de 5 m de diâmetro e 2 m de altura obtêm-se que o volume útil é de aproximadamente 39,2 m³. O tanque será fechado e feito de concreto armado, com uma tampa de 60 cm de diâmetro, permitindo manutenção e limpeza quando necessário.

Segundo a Equação 6, o tempo de esvaziamento é de aproximadamente 43 minutos, adotando uma tubulação de limpeza de diâmetro de 100mm. O sistema de extravasão deve ter uma tubulação de diâmetro de 100 mm.

FLOTADOR POR AR DISSOLVIDO

Considerou-se um flotor básico, com 2 bombas dosadoras, sendo uma para o coagulante e outra para o floculante, além de um sistema de geração de microbolhas e um tanque para preparo de floculante com quadro de comando e capacidade de produção de 2 m³/h de água tratada custa R\$ 40,000,00. Ressalta-se que flotores consomem uma quantidade de energia relativamente pequena em torno de 0,25 kWh a cada m³ de água tratada.

FILTROS LENTOS

Os filtros horizontais lentos têm a capacidade de produção de 3 m³/m².dia, com isso é necessário aproximadamente 16,7 m² de filtros lentos para atender a demanda desejada. Serão construídos dois filtros lentos em paralelo, cada um com 6,5 m² de área, com altura útil de 1,3 metros e borda livre de 20 cm, a espessura da areia utilizada será de acordo com a apresentada na Tabela 7. Foi adotada uma camada de brita número 4 com espessura de 30 cm.

DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO PARA ÁGUA DE REUSO

Como o consumo diário é de 38 m³ de água o reservatório será dimensionado para a capacidade de 76 m³. Sendo assim, de acordo com a Equação 5, um reservatório circular de diâmetro de 7 m e altura de 2 m, com um volume de aproximadamente 77 m³. Feito o tratamento e armazenamento da água para reúso, esta segue com o auxílio de uma bomba para as caixas d'água de reúso. Este reservatório possui uma tubulação de limpeza que foi dimensionada de acordo com a Equação 6. Com isso a tubulação de limpeza terá diâmetro de 200 mm possibilitando seu esvaziamento em 21 minutos.

DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO CONDOMINIAL PARA REUSO

Como pode ser visto na Tabela 3, as velocidades da água para reúso na tubulação estão inferiores ao mínimo, isso se deve ao fato de que o diâmetro mínimo adotado da tubulação que abastece as residências será de 50 mm, entretanto, a NBR 12218:1994 prevê que o valor que deve ser respeitado é o de velocidade mínima. Os trechos das tubulações podem ser vistos no. Para o trecho 11-12 foi considerado um coeficiente com valor de 1,7 para a hora de maior consumo do condomínio.

Tabela 3. Dimensionamento de tubulação condominial de água de reúso.

Trecho		Demanda por trecho (m ³ /h)	Diâmetro (mm)	Velocidade (m/s)	Velocidade mínima (m/s)
1	8	0,27	50	0,038	0,6
2	8	0,27	50	0,038	0,6
8	9	0,54	50	0,076	0,6
3	9	0,27	50	0,038	0,6
4	9	0,27	50	0,038	0,6
9	10	1,6	50	0,23	0,6
5	10	0,27	50	0,038	0,6
6	10	0,27	50	0,038	0,6
10	11	2,56	50	0,36	0,6
7	11	0,11	50	0,016	0,6
11	12	3,17	50	0,446	0,6
11-12 para hora de maior consumo		5,38	50	0,757	0,6
Torneiras de reúso		0,1	17	0,122	0,6

CUSTO

Custo de implantação e manutenção. A Tabela 4 e 5 mostram os custos de implantação e manutenção. O custo das partes de uso comum do sistema obtidos são de R\$ 142.954,32, sendo o custo mensal de manutenção do sistema de R\$ 1119,48. Isso resulta em um custo de implantação e manutenção por residência igual a R\$1430,00 e R\$11,20 respectivamente. Ressalta-se que nestes custos por residência incluem-se apenas a implantação do sistema de reuso comum ao condomínio (sistema de tratamento e redes de esgotamento e de abastecimento de água de reuso condominiais) não sendo considerados os valores para as instalações internas das edificações.

Tabela 4. Custo de implantação do sistema de reuso de águas cinzas condominial.

Serviço	Fonte	Preço
Tubulação de água cinza	Sinapi	R\$ 27.600,67
Tanque de retenção	Sinapi/setop	R\$ 6.436,09
Flotador	Orçamento	R\$ 40.000,00
Filtros horizontais	Sinapi/setop	R\$ 18.601,27
Reservatório	Sinapi/setop	R\$ 8.316,27
Bomba	Setop	R\$ 1.976,96
Tubulação para reúso	Setop	R\$ 40.032,25
		R\$
	Total	142.963,51

Tabela 5. Custo de Manutenção do sistema de reuso de águas cinzas condominial.

Serviço	Fonte	Preço
Cloro granular	Orçamento	R\$ 118,35
Manutenção por m ³ tratado	Slezak e Sims(1984)	R\$ 102,00
Sulfato de alumínio	Orçamento	R\$ 408, 00
Consumo de energia elétrica	Cemig	R\$ 491,13
	TOTAL	R\$ 1.119,48

Custos condominiais sem sistema de reuso de águas cinzas. Apesar de a média nacional dos preços em 2013 ser de R\$ 2,62, os valores praticados hoje pelas concessionárias estão maiores que os de 2013. Para o cálculo da conta de água será utilizado os valores adotados pela COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais). De acordo com os valores disponibilizados pela COPASA, pode-se fazer dois cenários de preço da água, sendo que o primeiro considera apenas o preço da água e o segundo abrange o preço da água, a coleta e o tratamento do esgoto. A Tabela 6 demonstra os custos condominiais considerando o consumo de água estimado e os dois cenários propostos: primeiro considerando apenas o preço da água e o segundo

considerando o preço da água a coleta e o tratamento do esgoto do sistema de reúso de águas cinzas condominial 2 estimativas.

Tabela 6: Estimativas de custo do sistema de reúso de águas cinzas condominial.

	Preço água	Preço esgoto e tratamento	Total
ESTIMATIVA 1	13104	-	13104
ESTIMATIVA 2	13104	11784	24888

Tempo de retorno do investimento. Para determinar o tempo de retorno, utiliza-se a Equação 8 para as duas estimativas. A Tabela 7 mostra o tempo e retorno para os dois estudos.

Tabela 7. Tempo de retorno do investimento para o sistema condominial de reúso de água cinza.

	Custo sist.	%redcons.	Custo água	Manutenção	Tempo (anos)
ESTIMATIVA 1	143000	0,4	13104	1120	2,89
ESTIMATIVA 2	143000	0,4	24888	1120	1,35

Pode-se então considerar que o tempo de retorno do investimento está entre 1 e 3 anos, e que está diretamente relacionado ao custo da água. Quanto maior o preço da água menor será o período de retorno.

CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar, hipoteticamente, a viabilidade da implantação de um sistema de reúso de águas cinzas em um condomínio de classe alta com 100 residências. O padrão de classe alta foi escolhido devido ao fato de que quanto maior o consumo de água de reúso, maior a economia e menor o tempo de retorno. Foram avaliados fatores como consumo estimado de água potável, a porcentagem desta água para fins não potáveis, o custo de implantação e de manutenção deste sistema de reúso. Os resultados indicaram um tempo de retorno variando entre 1 e 3 anos. Ressalta-se que na análise de custos incluem-se apenas a implantação do sistema de reúso comum ao condomínio (sistema de tratamento e redes de esgotamento e de abastecimento de água de reúso condominiais). Sendo assim, recomenda-se realização de uma avaliação complementar que considere também os custos das instalações de reúso internas as edificações.

Salienta-se ainda que o trabalho tratou apenas dos custos diretos ao sistema de reúso, existindo ainda custos indiretos que não foram abordados resultariam em tempos de retorno inferiores. Com a redução do consumo de água proveniente das estações de tratamento de água, estas poderiam possuir um porte menor, gerando um custo menor, tanto de implantação, como de manutenção, bem como tubulações com diâmetros

menores, gerando economia. O mesmo vale para as estações de tratamento de esgoto que podem ter seu tamanho reduzido.

Além disso, tendo em vista que a água potável é um bem necessário a vida e que está cada vez mais escasso, não se deve apenas pensar no custo. Deve ser, portanto, investir em campanhas e políticas públicas que demonstrem as vantagens de projetos como este, caminhando assim rumo à sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1995.

ABNT - 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.

ANAEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tarifas Residenciais**. 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=493>>. Acesso em: 04 junho 2015.

BAZZARELLA, B.B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

COPASA (Minas Gerais). Tarifas em vigor. 2015. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=2469&sid=274&tpl=section>>. Acesso em: 18 junho 2015.

COSTA, R. H. P. G.; TELLES, D. D. Reúso da Água: Conceitos, Teorias e Práticas. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 408 p.

LEROY MERLIN. **Cloro Aditivado Mineral Brilliance™ 10 em 1**. 2015. Disponível em: <http://www.leroymerlin.com.br/cloro-aditivado-mineral-brilliance%E2%84%A2-10-em-1-5,5kg-hth_88529406?origin=f6d4b82f0c1e6d7103b155bd>. Acesso em: 10 maio 2015.

NATURALTEC. Flotação e Flotadores. Disponível em: <<http://www.naturaltec.com.br/Tratamento-Agua-Flotador.html>>. Acesso em: 28 maio 2015.

PROSAB (Org.). Ações do PROSAB no desenvolvimento de tecnologias para uso racional e reuso de água em edificações. 2006. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/rede5.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2015.

PROSAB (Org.). Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas. 1999. Disponível em: <[http://www.finep.gov.br/PROSAB/livros/aguas de abastecimento.pdf](http://www.finep.gov.br/PROSAB/livros/aguas_de_abastecimento.pdf)>. Acesso em: 10 maio 2015.

RIO GRANDE ENERGIA. **Simulador de Consumo**. Disponível em: <http://www.rgers.com.br/ServicosRGE/servicosonline/simuladorconsumo/calculo_consumo.asp>. Acesso em: 30 maio 2015.

SABESP (São Paulo). **Site SABESP**. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/Default.aspx>>. Acesso em: 05 abril 2015.

SELLA, M. B. **Reuso de águas cinzas: avaliação da viabilidade da implantação do sistema em residências**. Porto Alegre: Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011. (Monografia de Graduação).

SETOP (Minas Gerais) - Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas. Preço SETOP: Planilha Referencial de Preços Unitários para Obras de Edificação e Infraestrutura. Dezembro 2014.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Custos de composição sintéticos. Março 2015.

LOYD A. SLEZAK AND RONALD C. SIMIS **The Application and Effectiveness of Slow Filtration in the United States 1984**. Disponível em: <http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1060&context=bioeng_facpub>. Acesso em: 11 maio 2015.