

Reúso de águas cinzas em habitações populares no Estado de Minas Gerais, Brasil

Fernanda Maria Pedrosa dos Reis

Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix (CEUNIH), fernandapedrosareis@gmail.com

Thiago Valadares Bahia Costa

Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix (CEUNIH),
thiagobahia2010@gmail.com

Fabiana Alves

Docente do Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix (CEUNIH),
alves.bio@gmail.com

Resumo

O homem é responsável pela modificação do ambiente natural onde se estabelece para viver em comunidade. Para que se entendam as medidas necessárias a serem tomadas buscando a reversão deste problema, é preciso que exista uma mudança nos padrões de consumo e de produção de uma população. A reutilização da água é uma delas e proporciona benefícios como: a proteção dos recursos hídricos, diminuição da poluição dos mananciais, uso racional de águas potáveis, a atenuação de erosões do solo e controle de desertificações. A pesquisa que se apresenta tem o objetivo de simular um projeto de reúso de águas cinza, derivadas do chuveiro e lavatório, em uma residência de 67m², popular, com no máximo 4 habitantes dentro do estado de Minas Gerais. Elaborou-se o dimensionamento com auxílio do *software* Hydros. Para obter-se uma maior qualidade na reutilização da água, optou-se que o efluente deste sistema passasse por um processo de filtragem para sua posterior reutilização e realizou-se um comparativo da economia de água em relação ao sistema convencional. Após a análise dos resultados, verificou-se uma significativa economia do insumo nesta residência. Economia esta, que, provoca uma expressiva redução na poluição dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Águas cinzas. Reuso. Economia. Meio ambiente.

1 Introdução

As modificações ambientais provocadas pela ação antrópica alteram significativamente os ambientes naturais. A quantidade de recursos naturais eleva o risco de exposição a doenças e atuam negativamente na qualidade de vida da população (PHILIPPI JR. et al.,2005). Segundo os mesmos autores a análise potencial dos impactos decorrentes destas modificações pode ser feita sob o enfoque da mudança nos padrões de consumo e de produção da população, facilitando assim a compreensão dessa questão e das medidas necessárias para a reversão dos problemas ambientais instaurados.

Conforme a Declaração Universal dos Direitos da Água, publicada pela Organização das Nações Unidas (ONU,1992), a água é parte constituinte do patrimônio do planeta, sendo cada cidadão responsável por este recurso. Ainda relata que, para minimizar os riscos de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis a água deve ser utilizada com consciência e discernimento.

A situação de estresse hídrico atinge cerca de 40% da população mundial, nessas regiões a falta de água é frequente ilustrada por uma oferta anual inferior a 1700 metros cúbicos de água por habitante, limite mínimo considerado pela ONU.

O Brasil é a maior potência hídrica do planeta e já passou a viver, a partir de 2014, os primeiros grandes focos daquilo que pode ser a maior crise hídrica de sua história, pois possui sérios problemas de seca e gestão de recursos naturais (PENA, 2015).

A Lei nº 9433 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos estabelece parâmetros para manutenção dos recursos hídricos em qualidade e quantidade para a geração atual e para as futuras gerações (BRASIL, 1997).

A utilização de técnicas racionalizadoras pode contribuir para uma redução do consumo de água potável entre 30 e 40%. Algumas destas técnicas são: o uso de dispositivos economizadores em aparelhos, as fontes alternativas de suprimento (água da chuva, água do

mar dessalinizada) e o reúso de águas servidas (águas cinzas) para fins menos nobres (BAZZARELLA, 2005).

Ainda de acordo com o mesmo autor, o alcance a soluções ecológicas para o saneamento será possível, somente a partir de mudanças na maneira como os indivíduos pensam e agem com relação aos resíduos produzidos por eles. Portanto, são necessários estudos sobre o desenvolvimento de tecnologias para sistemas de reúso da água, assim como avaliação dos aspectos referentes às características quali-quantitativas de águas residuárias e ao desenvolvimento de inovações no tratamento.

Segundo Petry e Boeriu (2000), o avanço de novas tecnologias referentes ao manejo de recursos hídricos ainda é muito precário e de extrema importância.

O presente trabalho tem por finalidade analisar a possível economia hídrica e financeira gerada a partir da simulação de um sistema de reúso de águas cinzas, para residências populares com até quatro habitantes, em Minas Gerais, Brasil.

2 Referencial teórico

2.1 Disponibilidade da água

Rainho (1999), afirma que o cenário do novo século será ilustrado pela crise de falta de água e o homem precisa discutir o futuro da água e da vida. Ainda segundo o mesmo autor, a Terra é composta por um volume total de 1.386 milhões de quilômetros cúbicos de água que compreendem os oceanos, rios, lagos, geleiras, calotas polares, pântanos e alagados, dos quais, apenas 2,5% de água doce, fundamental para a sobrevivência, e o restante impróprio para o consumo.

Além disso, 68,9% da água doce estão na forma sólida, em geleiras, calotas polares e neves eternas. E as águas subterrâneas e de outros reservatórios perfazem 30,8%, as águas acessíveis ao consumo humano, encontrada em rios, lagos e alguns reservatórios subterrâneos, somam apenas 0,3%, ou 100 mil km³ (MACEDO, 2007).

2.2 Água e legislação

No Brasil, a Lei 9433 /1997 relata que a água é um recurso natural finito, que possui valor econômico, e deve ser mantida em qualidade e quantidade para a geração atual e futuras gerações (BRASIL,1997). O Artigo 19º, da referida Lei, demonstra a necessidade da racionalização no uso, como forma de reduzir os custos com a água. Então, de acordo com Macedo (2007), surge a necessidade do chamado reaproveitamento, ou reciclagem da água.

Segundo a Resolução nº54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) (BRASIL, 2005), o reuso de água, conforme princípios estabelecidos na Agenda 21, é uma alternativa para racionalizar e conservar este recurso. Esta alternativa promove a redução de efluente em corpos receptores, contribuindo para a redução dos custos de tratamento dos recursos hídricos para o abastecimento público e outros usos mais exigentes quanto à qualidade. O reuso pode ser definido como uso de água residuária ou água de qualidade inferior tratada ou não. O artigo 2º desta resolução define água residuária como esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não, de acordo com este artigo reuso de água compreende a utilização de águas residuárias e considera água de reuso a água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas.

A regulamentação da Lei nº 11.445/2007 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico foi feita três anos e meio depois através do Decreto Federal 7.217, de 21 de junho de 2010. De acordo com o Art 7º §4º deste decreto “Serão admitidas instalações hidráulicas prediais com objetivo de reúso de efluentes ou aproveitamento de água de chuva, desde que devidamente autorizadas pela autoridade competente”.

2.3 Conceito de reutilização de águas residuárias

A reutilização consiste no reaproveitamento de água, que já passou pela rede de esgoto e por uma estação de tratamento. Vários países, já estão utilizando esse tipo de reaproveitamento de água, em Israel, por exemplo, 70% do esgoto é reciclado para irrigação; e na Europa já existem cidades que reusam a água 14 vezes (VIGNOLI FILHO, 2000). No entanto, segundo

Macêdo (2007), para reutilização de água é necessário que a contaminação gerada na etapa anterior, ou no seu uso anterior, não interfira no uso posterior.

De acordo com FILHO, MANCUSO (2002) pode-se classificar o reuso em:

- Reuso indireto: ocorre quando o efluente proveniente de residências ou indústrias é descarregado nas águas superficiais e subterrâneas e utilizado novamente a jusante, de forma diluída;
- Reciclagem interna: é a reutilização da água internamente em instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Segundo WESTERHOFF (1984), citado por FILHO, MANCUSO (2002) o reuso da água pode ser classificado em duas grandes categorias: potável e não potável. O reuso de água potável pode ocorrer de duas formas: reuso potável direto quando o esgoto recebe tratamento avançado e é reutilizado posteriormente no sistema de água potável e reuso potável indireto: caso que o esgoto, após tratamento é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para a diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável. A categoria não potável divide-se em: reuso não potável para fins agrícolas; reuso não potável para fins industriais; reuso não potável para fins recreacionais e reuso não potável para fins domésticos.

Segundo Bernardi (2003), a reutilização de águas promove como vantagens: a garantia da sustentabilidade dos recursos hídricos, redução da poluição dos mananciais, uso racional de águas potáveis, diminuição de erosão do solo e controle de desertificações.

Além da necessidade de economia, a reciclagem e a reutilização aparecem como alternativas para o uso racional da água (BRANDIMARTE, 1999). Com a diminuição da disponibilidade de água, nos próximos anos, os sistemas de aperfeiçoamento do uso serão exigidos em diversos estabelecimentos. Os dois sistemas que provavelmente serão os mais utilizados são: aproveitamento de chuvas e reuso de água cinza (NOSE, 2008).

2.4 Consumo doméstico de água

De acordo com Hafner (2007) em estudos realizados no Brasil o consumo de água do chuveiro e da bacia sanitária são os pontos hidráulicos com maior consumo de água compreendendo 59% do consumo total. As pias de cozinha têm um consumo de 18%, as lavadoras de roupa 9%, os lavatórios (7%), os tanques (4%) e o consumo de jardim e lavagem de carros (3%).

Segundo Mascaró (2010) o consumo de água em domicílios é variável conforme clima, costumes e renda “per capita” das famílias. De acordo com o autor, quantitativamente, a grande concentração aparece no banheiro, 80% do total consumido.

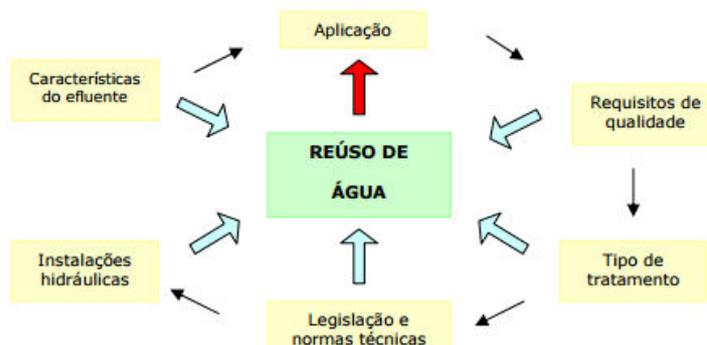
Segundo o mesmo autor, do ponto de vista da qualidade da água que precisamos, na realidade, só de 10 a 20% deve ser totalmente potabilizada (inodora, incolor, insípida e esterilizada); os 80 a 90% restantes podem ser de qualidade inferior. Isto questiona o abastecimento de água encanada potabilizada em origem nos casos de extrema dificuldade, sejam econômicas ou técnicas, e nos obrigando a reavaliar os sistemas para decidir sobre a sua estrutura ideal.

2.5 Sistema de reuso de águas residuárias

Os sistemas hidráulicos e sanitários do sistema de reuso de água residuárias têm a função de separar as águas já utilizadas pela atividade humana que servem para a reutilização e descartam os efluentes impróprios para o reuso. De maneira simplificada, considera-se como água adequada ao reuso o efluente de chuveiros, lavatórios, tanques, máquinas de lavar roupas e de banheiras, que são caracterizadas também como águas cinza (SILVA *et al.*, 2010).

Mendonça (2004) descreve os fatores que precisam ser atendidos para que se possa projetar um sistema de reuso de água cinza eficiente, conforme a Figura 1. O autor relata ainda que os fatores são verificados a partir da análise social, econômica e ambiental.

Figura 1 - Fatores para a implantação do reúso de água.



Fonte: Mendonça (2004).

May (2009), define os componentes que fazem parte do sistema de reúso de águas cinzas como:

- Coletores: tubulações sanitárias horizontais e verticais que transportam o efluente do chuveiro, do lavatório e da máquina de lavar roupas ao sistema de armazenamento, para posterior tratamento;
- Armazenamento: reservatórios destinados a armazenar a água cinza;
- Tratamento: o sistema de tratamento é definido de acordo com a qualidade da água coletada para o sistema de reúso e a sua destinação final.

Os níveis de tratamento do efluente destinado ao reúso, a segurança a ser adotada e o custo de implantação do sistema são estabelecidos levando – se em consideração a qualidade da água. O tipo de sistema de reúso adotado depende das características de cada localidade, como decisão política, profissionais envolvidos, características econômicas, sociais e culturais (BERNARDI, 2003).

De acordo com o manual do SINDUSCON (2005), após o tratamento das águas cinzas deve-se observar para cada fim (lavagem de pisos, descargas das bacias sanitárias e rega de jardins) as seguintes características: não deve apresentar odores desagradáveis; não deve conter componentes que agridam a vegetação ou estimulem o crescimento de parasitas; não deve ser áspera; não deve causar danos às superfícies; não deve apresentar riscos de doenças transmitidas por vírus ou bactérias; e não deve danificar os metais sanitários e máquinas.

2.6 Valor da água

Segundo a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA (2008) a perspectiva de escassez da água fez com que ela passasse a ter valor econômico, incitando a cobrança pelo uso dos recursos hídricos como instrumento regulatório. No Brasil, a cobrança pelo uso foi instituída pela Constituição Federal de 1988. Também podemos encontrar ali o reconhecimento da água como bem econômico de usos múltiplos, o reconhecimento da necessidade de incentivo à racionalização do uso da água e de geração de recursos financeiros para o financiamento dos programas dos Planos de Recursos Hídricos em cada bacia hidrográfica. A Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos é um dos instrumentos de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433/97, e tem como objetivos: dar ao usuário uma indicação do real valor da água; incentivar o uso racional da água; e obter recursos financeiros para recuperação das bacias hidrográficas do País;

A Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (Arsae-MG). Criada pela Lei Estadual nº 18.309/2009, tem por objetivo editar normas técnicas, econômicas e financeiras aos prestadores de serviço de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

3 Metodologia

A pesquisa em questão é caracterizada como uma pesquisa de natureza aplicada. Foi realizada uma simulação com a finalidade de projetar um sistema de reuso de água residuária para residências populares com até quatro habitantes no estado de Minas Gerais, Brasil, seguindo a classificação da SINAPI - CAIXA ECONOMICA FEDERAL (2015). Segundo o órgão, caracteriza-se um empreendimento de casas de padrão popular, projetos em que as unidades apresentem a tipologia mínima de: dois dormitórios, sala, cozinha, banheiro e área de serviço (podendo ser ou não coberta), com área útil mínima de 37,70 m² (excluindo-se a área de serviço).

Para a realização deste estudo, utilizou-se uma residência hipotética com 67 m² de área construída, disposta em: sala, cozinha, banheiro, área de serviço e dois dormitórios. Para efeito de cálculo para o volume das águas residuárias adotou-se um número de dois habitantes por dormitório de acordo com a NBR 5626 (ABNT, 1997).

O projeto para reutilização das águas residuárias derivadas do chuveiro elétrico com potência de 127 volts, utilizando tubulação de 25mmx1/2” e lavatório com o mesmo diâmetro de tubulação, foi realizado com o auxílio do software Hydros (AltoQi,BRASIL) levando em consideração as normas vigentes: NBR 8160 – Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução (ABNT, 1997); NBR 13969 – Tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar disposição final dos efluentes líquidos – Projeto construção e operação (ABNT, 1997) e NBR 5626 – Instalação predial de água fria (ABNT, 1997). Tanto o diâmetro das tubulações sanitárias quanto os diâmetros das tubulações hidráulicas foram definido de acordo com as normas vigentes.

Este software utiliza para o cálculo da vazão do sistema os seguintes itens: pressão inicial da tomada d’água considerando que se encontra a 3,60 m do nível da casa, as perdas de carga em cada trecho e em cada conexão hidráulica pertencente ao trajeto entre o reservatório de água fria localizado no piso da cobertura e a peça de utilização. O método de cálculo da perda de carga utilizado pelo programa é o Método universal.

O sistema de reúso proposto foi composto pelas seguintes etapas: coleta dos efluentes, tratamento do efluente, armazenamento primário, bombeamento da água destinada ao reúso, armazenamento secundário e alimentação dos pontos de uso.

Para análise da coleta dos efluentes, o dimensionamento da rede foi realizado com auxílio do software Hydros seguindo os parâmetros propostos pela NBR 8160 – Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução (ABNT, 1997).

O volume de água residuária coletado do chuveiro e lavatório foi calculado a partir da vazão de cada um destes pontos de utilização fornecida pelo programa em função do tempo de

utilização. Considerando-se um tempo de utilização do chuveiro de 16 minutos por banho por dia por pessoa de acordo com o estudo de hábito de consumo desenvolvido por Aoyoma, et al. 2007. Segundo o mesmo estudo uma pessoa gasta em média quatro minutos e meio para escovar os dentes com um tempo médio de dois minutos de acionamento da torneira com uma frequência diária média de 3 escovações. O tempo de utilização para os demais usos do lavatório foi desconsiderado, visto que, são dependentes dos variados hábitos domésticos dos moradores (SANTOS et al., 2003).

Para o tratamento do efluente considerou-se a utilização de um tanque séptico seguido de um filtro anaeróbio ambos dimensionados pelo Hydros seguido de filtração de areia e desinfecção com cloração com estimativa baseada na experiência de Bazzarella (2005) de 200 gramas de hipoclorito de cálcio mensal para uma vazão de 200 L/dia e inspeção semanal do clorador sua função básica consiste na inativação dos micro-organismos patogênicos, realizada por intermédio de agentes físicos e ou químicos.

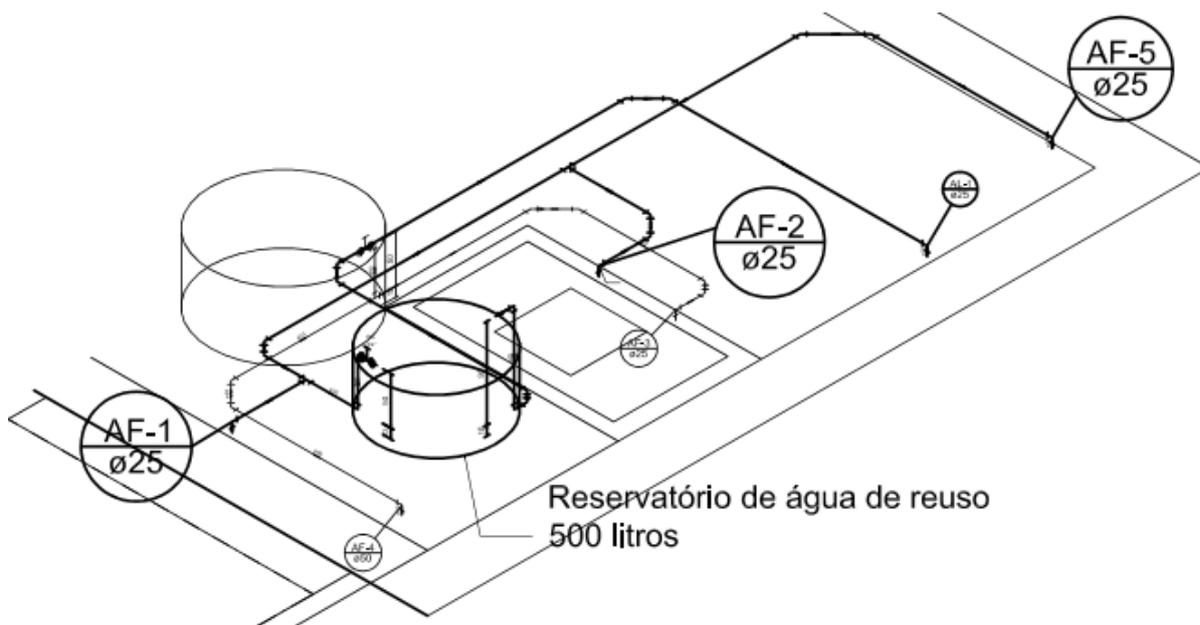
O efluente, após a filtragem, foi destinado a um reservatório inferior (armazenamento primário). A capacidade do reservatório para o armazenamento primário foi calculada de acordo com os volumes de águas residuárias coletadas. E o reservatório foi dimensionado com um ladrão ligado à rede pluvial, caso a capacidade máxima de armazenamento da cisterna seja alcançada.

Para o abastecimento dos pontos de utilização de água residuária (vaso sanitário com caixa acoplado de 6 litros e duas torneiras externas em ambientes distintos), foi considerado um reservatório superior, abastecido pelo reservatório inferior através de um sistema de bombeamento.

Para bombear a água do reservatório inferior para o reservatório superior à uma altura de 3,95 m, foi proposto uma bomba da marca THEBE (Thebe, Brasil) com as especificações mínimas adotadas pelo fabricante, BA – 12 NR , potência 1/3cv , Tubulação de sucção 3/4” , tubulação de recalque de 3/4”.

garagem é abastecida com água de reuso através da coluna AF5 e a bacia sanitária é abastecida com água de reuso através da coluna AF2. As demais colunas abastecem os pontos de utilização da residência hipotética com água potável.

Figura 3- Distribuição independente da água de reuso para os pontos de reuso



Fonte: Autores (2015).

O consumo de água nas torneiras externas, como pisos e jardins foi calculado seguindo os parâmetros propostos por Philippi (2006) que admitiu um consumo de 4L/m²/dia para lavagem de pisos com frequência estimada de 8 dias por mês.

Posterior ao dimensionamento de todo o sistema de reuso levantou-se os custos de implantação do mesmo. Os custos referentes aos materiais utilizados foram levantados a partir de pesquisa *online* (no período de agosto de 2015 a outubro de 2015) de acordo com os preços de insumos e mão de obra fornecida pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção civil (SINAP, julho 2015).

A economia financeira gerada após a implantação do sistema foi calculada com base na tabela 1 (Tarifas aplicáveis aos usuários) conforme art. 1º c/c os art. 2º e 3º da Resolução ARSAE-

MG 64/2015. De acordo com a NBR 15575 – Edificações Habitacionais (2013) o período de análise considerado será de 50 anos.

Tabela 1- Tabela tarifária da COPASA vigência 05/2015 à 04/2016.

TABELA TARIFÁRIA COPASA						
Vigência 05/2015 a 04/2016						
Classe de Consumo	Código Tarifário	Intervalo de Consumo m ³	Tarifas de Aplicação			
			05/2015 a 04/2016			
			ÁGUA	EDC	EDT	
			1	2	3	
Residencial Tarifa Social até 10 m ³	ResTS até 10 m ³	0 - 6	9,56	4,79	8,63	R\$/mês
		> 6 - 10	2,128	1,064	1,915	R\$/m ³
Residencial Tarifa Social maior que 10 m ³	ResTS > 10m ³	0 - 6	10,08	5,05	9,06	R\$/mês
		> 6 - 10	2,241	1,122	2,017	R\$/m ³
		> 10 - 15	4,903	2,451	4,412	R\$/m ³
		> 15 - 20	5,461	2,731	4,916	R\$/m ³
		> 20 - 40	5,487	2,744	4,939	R\$/m ³
		> 40	10,066	5,035	9,060	R\$/m ³
Residencial até 10 m ³	Res até 10 m ³	0 - 6	15,94	7,97	14,38	R\$/mês
		> 6 - 10	2,661	1,330	2,394	R\$/m ³
Residencial maior que 10 m ³	Res > 10m ³	0 - 6	16,80	8,40	15,10	R\$/mês
		> 6 - 10	2,801	1,401	2,520	R\$/m ³
		> 10 - 15	5,447	2,724	4,903	R\$/m ³
		> 15 - 20	5,461	2,731	4,916	R\$/m ³
		> 20 - 40	5,487	2,744	4,939	R\$/m ³
		> 40	10,066	5,035	9,060	R\$/m ³
Comercial	Com	0 - 6	25,79	12,90	23,23	R\$/mês
		> 6 - 10	4,299	2,150	3,871	R\$/m ³
		> 10 - 40	8,221	4,111	7,398	R\$/m ³
		> 40 - 100	8,288	4,142	7,459	R\$/m ³
		> 100	8,329	4,164	7,496	R\$/m ³
Industrial	Ind	0 - 6	27,37	13,69	24,64	R\$/mês
		> 6 - 10	4,562	2,281	4,107	R\$/m ³
		> 10 - 20	7,992	3,996	7,193	R\$/m ³
		> 20 - 40	8,017	4,009	7,215	R\$/m ³
		> 40 - 100	8,095	4,049	7,285	R\$/m ³
		> 100 - 600	8,316	4,157	7,484	R\$/m ³
		> 600	8,405	4,202	7,564	R\$/m ³
Pública	Pub	0 - 6	24,28	12,14	21,87	R\$/mês
		> 6 - 10	4,049	2,025	3,642	R\$/m ³
		> 10 - 20	6,982	3,490	6,283	R\$/m ³
		> 20 - 40	8,439	4,218	7,595	R\$/m ³
		> 40 - 100	8,546	4,274	7,693	R\$/m ³
		> 100 - 300	8,571	4,285	7,713	R\$/m ³
		> 300	8,644	4,323	7,780	R\$/m ³

EDC – esgotamento dinâmico com coleta; EDT – esgotamento dinâmico com coleta e tratamento

Fonte: Resolução ARSAE-MG 64/2015

4 Resultados e discussão

Após a análise do volume de água residuária coletada no sistema simulado, verificou-se que a vazão mensal final foi de 18,43m³. Sendo o volume de contribuição mensal do chuveiro de 11,52 m³ (Tabela 2) e do lavatório 6,91 m³ (Tabela 3).

A vazão considerada para o cálculo do volume de contribuição do chuveiro fornecida pelo *software* foi de 0,1 litros por segundo (L/s) e a vazão considerada para o cálculo do volume de contribuição do lavatório foi de 0,16 (L/s).

Os parâmetros analisados pelo programa para definição da vazão do chuveiro pelo processo de cálculo Universal foram: Nível geométrico da peça igual a 2,10 m, nível geométrico da Tomada d'água 3,60 m; pressão inicial de 0,0 m.c.a e diâmetro da tubulação de 25 milímetros. Os parâmetros analisados pelo programa para definição da vazão do lavatório pelo processo de cálculo Universal foram: Nível geométrico da peça igual a 0,60 m, nível geométrico da Tomada d'água 3,60 m; pressão inicial de 0,0 m.c.a e diâmetro de 25 milímetros.

Tabela 2 – Volume de contribuição do chuveiro.

Nº de pessoas	Nº de banho/pessoa/dia	Total de Banhos/dia	Tempo de banho (min)	Tempo de banho (s)	Vazão (L/s)	Volume de Contribuição (m ³ /dia)	Volume de Contribuição (m ³ /mês)	Volume de Contribuição (m ³ /ano)
4,00	1,00	4,00	16	960	0,10	0,38	11,52	140,16

Fonte: Autores (2015).

Tabela 3 – Volume de contribuição do lavatório.

Nº de pessoas	Nº de acionamentos para escovar os dentes	Tempo para escovar os dentes (s)	Vazão (L/s)	Volume de Contribuição (m ³ /dia)	Volume de Contribuição (m ³ /mês)	Volume de Contribuição (m ³ /ano)
4,00	12,00	120,00	0,16	0,23	6,91	84,10

Fonte: Autores (2015).

O sistema hidráulico e sanitário do sistema de reuso de água cinza adotado separam as águas que servem para reutilização das águas impróprias para o reuso garantindo a finalidade deste sistema. Considerou-se como água adequada ao reuso o efluente do chuveiro e do lavatório caracterizadas também como águas cinza (SILVA *et al.*, 2010).

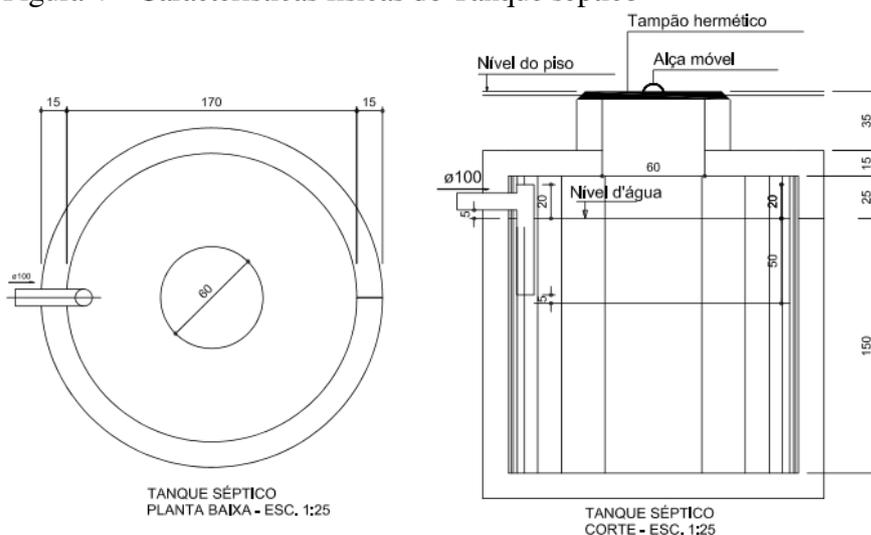
Após a análise dos volumes estimados verificou-se uma economia hídrica anual de 224,26 m³. Esta economia promove segundo Bernardi (2003), vantagens como: redução da poluição hídrica nos mananciais e garantia da sustentabilidade dos recursos hídricos.

Segundo a Resolução nº54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) (BRASIL, 2005), o sistema adotado é uma alternativa para racionalizar e conservar água potável. Esta alternativa promove a redução de efluente em corpos receptores, contribui para a redução dos custos de tratamento dos recursos hídricos para o abastecimento da população e demais usos mais exigentes quanto à qualidade.

Segundo Mascaró (2010), apenas cerca de 10 a 20% da água consumida diariamente deve ser potabilizada (inodora, incolor, insípida e esterilizada); os 80 a 90% restantes podem ser reciclados, justificando a reutilização de águas cinza proposta pelo estudo.

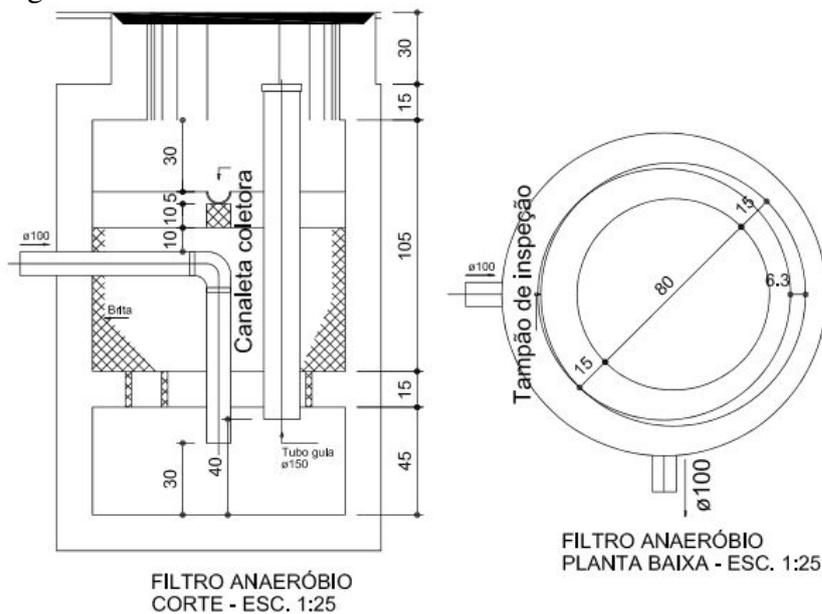
O volume total de contribuição dos dois pontos de coleta compreende o somatório dos volumes parciais de cada ponto sendo o volume hídrico de contribuição diário total igual a 0,61 m³. O sistema de tratamento foi dimensionado para tratar o volume diário de efluente coletado. O tanque séptico e o filtro anaeróbio foram dimensionados pelo *Hydros*. Para o cálculo das dimensões o programa levou em consideração o número de habitantes e a ocupação da edificação. As Figuras 4 e 5 representam as características físicas do tanque séptico e do filtro anaeróbio.

Figura 4 – Características físicas do Tanque séptico



Fonte: Autores (2015).

Figura 5 – Características físicas do filtro anaeróbio



Fonte: Autores (2015).

A vazão do filtro de areia deve ser superior a vazão diária estimada de água cinza, segundo Sella (2011), dessa forma foi considerada uma vazão de 1000 L/dia. O volume e a área superficial do filtro foram calculados seguindo os parâmetros propostos pelo mesmo autor e as considerações foram: taxa de aplicação igual a 100L/m²/dia e a altura da camada de areia definida de 0,7 m. A área superficial necessária de 10 m² através da divisão entre a vazão considerada para o cálculo e a taxa de aplicação. O filtro terá 2 m de largura e 5 de comprimento, composto na base do leito de areia por uma tubulação de drenagem envolvida por uma camada de brita 1 com 15 cm de espessura.

Posterior ao tratamento e ao bombeamento, o volume mensal de água residuária armazenada no reservatório superior permite acionar a bacia sanitária do sistema de reúso 3072 vezes por mês cerca de 100 vezes ao dia ou até mesmo lavar o piso da residência 69 vezes. Portanto é notório que o volume de água de reúso coletada poderá atender todos os pontos de utilização do sistema de reúso sem problemas.

O custo financeiro de implantação do sistema de reúso foi calculado conforme disposto na Tabela 4 e de acordo com os preços de insumos e mão de obra fornecida pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção civil (SINAP, julho 2015).

Tabela 4 – Custo de implantação do sistema

	MATERIAIS					MÃO DE OBRA		
	Descrição	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	R\$ TOTAL
Água fria – tubos e conexões	Registro de Gaveta c/ canopla cromada	pç	4,00	54,15	216,60	12,10	48,39	264,99
	Torneira externa com rosca – 25mm x ½”	pç	2,00	41,58	83,16	2,37	4,74	87,90
	Adaptador soldável curto c/ bolsa rosca para registro – 25mm x ¾”	pç	4,00	0,69	2,76	0,00	0,00	2,76
	Joelho soldável azul c/ bucha latão – 25mm ½”	pç	3,00	4,50	13,50	0,00	0,00	13,50
	Engate lexível pvc 25mm	pç	1,00	2,36	2,36	0,00	0,00	2,36
	Adaptador soldável com flange livre para caixa d’ água- 25mm x ¾”	pç	2,00	9,31	18,62	0,00	0,00	18,62
	Curva 45 soldável de 25mm	pç	12,00	2,24	26,88	0,00	0,00	26,88
	Tubo 25mm	m	26,58	2,50	66,45	0,00	0,00	66,45
Esgoto- tubos e conexões	Caixa de inspeção de esgoto sinfonada – CES 60 x 60cm	pç	2,00	266,70	533,40	35,59	71,18	604,58
	Tubo PVC ponta – bolsa 100mm	m	10,29	7,92	81,50	0,00	0,00	81,50
	Curva 45 soldável de 100 mm	pç	2,00	29,09	58,18	0,00	0,00	58,18
Equipamentos	Bomba THEBE monoestágio B – 12 P 1/3 cv 127 volts	pç	1,00	438,76	438,76	332,41	332,41	771,17
	Reservatório inferior 1.000 litros	pç	1,00	339,19	339,19	168,56	168,56	507,75
	Reservatório superior 500 litros	pç	1,00	194,74	194,74	152,69	152,69	347,43
	Válvula solenoide ¾” 220volts	pç	1,00	234,74	234,74	39,66	39,66	274,40
	Válvula de retenção horizontal de bronze, ¾”	pç	1,00	64,04	64,04	11,90	11,90	75,94
	Bóia automática inferior / superior	pç	2,00	46,90	93,80	15,86	31,73	125,53
	Válvula de retenção de bronze, pé com crivos, ¾”	pç	1,00	40,07	40,07	152,69	152,69	192,76
	Clorador de pastilha	pç	1,00	159,76	159,76	0,00	0,00	159,76
	Filtro de areia	pç	1,00	599,02	599,02	975,84	975,84	1.574,86
	Tanque Séptico + Filtro anaeróbico	pç	1,00	1.223,83	1.223,83	765,98	765,98	1.989,81
				Subtotal	4.491,36		Subtotal	7.247,11
				TOTAL				11.738,47

Além da economia hídrica o sistema de reúso de água cinza implantado gera uma economia financeira para o proprietário da residência. O somatório mensal dos volumes de água do chuveiro e lavatório totalizam 18,43 m³, portanto o total de água consumida em toda a residência é superior a esse valor. De acordo com as especificações da Copasa (Tabela1) o valor do m³ cobrado varia em função da Classe de consumo, do Intervalo de consumo, e se o esgotamento é Esgotamento dinâmico com coleta ou Esgotamento dinâmico com coleta e tratamento.

Considerando que toda água do sistema de reúso foi consumida e que a residência enquadra-se nos seguintes critérios: a classe de consumo como Residencial Tarifa social maior que 10 m³, Intervalo de Consumo entre 20 e 40 m³. Para um sistema de coleta sem tratamento, ou seja, esgotamento dinâmico de coleta, a economia financeira mensal seria de R\$ 150,48. Para um sistema de coleta com tratamento verificou-se uma economia mensal de R\$ 191,25. Porém, os custos com a manutenção do sistema diminuem a economia financeira. São gastos de R\$357,00 por ano com as pastilhas de hipoclorito de cálcio, para tratamento da água e R\$ 59,00 com a troca de 1m³ de areia média do filtro de areia.

O sistema de reúso proposto pelo presente trabalho possui um custo significativo de implantação e é dependente de algumas variáveis para a sua implantação. Uma destas variáveis é o espaço físico necessário para a implantação do sistema de tratamento (SELLA, 2011).

5 Considerações finais

Além da economia financeira, o sistema também promove uma redução da poluição hídrica nos mananciais e garante a sustentabilidade dos recursos hídricos. A economia financeira pode chegar a até 40% se comparada aos sistemas convencionais, constituindo-se também como excelente alternativa para famílias de baixa renda. Ao se implantar um sistema de reúso, deve-se esclarecer para todos os usuários da sua importância para o meio ambiente, sobre a economia gerada, os riscos que estão sujeitos e os cuidados a serem tomados, visando conscientizar e educar os beneficiários deste sistema.

Portanto, conclui-se que o sistema de reúso de águas cinzas se estabelece como um importante recurso para auxiliar, como alternativa tangível, no abastecimento de água destinada ao uso menos nobre, seja em períodos de escassez ou aumento de preços que tarifam este insumo.

Greywater's reuse on popular residence in Minas Gerais State - Brazil

Abstract

Man is responsible for the modification of the natural environment in which settles down to live in community. To understand the necessary steps to be taken looking for solve this problem, there must be a change in consumption and production of this population. The reuse of water provides benefits such as: protection of water resources, reducing pollution of water sources, rational use of drinking water, soil erosion mitigation and control of desertification. The present research aims to simulate a greywater reuse project, derived from the shower and sink in a 62m² popular residence, with a maximum of 4 people in the state of Minas Gerais - Brazil. The design was elaborated by values suggested by COPASA MG, using the Hydros software's resource. To obtain a higher quality reuse water, it was decided that the effluent of this system to pass through a filtering process for subsequent reuse and carried out a comparison of water savings compared to conventional system. After analyzing the results, there was a significant savings of input in this residence. This economy, which causes a significant reduction in pollution of water resources.

Keywords: Greywater. Reuse. Economy. Environment.

Referências

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos, Lei n° 9.433/97. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cobrancaearrecadacao/cobrancaearrecadacao.aspx>. Acesso em: 1 dez. 2015.

AOYAMA, E. S.; SOUZA, I. A. S.; FERRERO, W. B. Análise de consumo e desperdício de água em atividades diárias por alunos da UNICAMP. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v. 3, n. 2, 2007.

ARLINDO PHILIPPI JR.; **Saneamento, Saúde e Ambiente:** fundamentos para um desenvolvimento sustentável. São Paulo: Manole, 2005.

ARSAE – MG 03/2010 - AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS E ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Disponível em: <http://arsae.mg.gov.br/resolucoes-normativas/page/233-03-2010-condicoes-gerais>. Acesso em: 1 dez. 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13969. Tanques Sépticos – Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Líquidos – projeto, construção e operação**, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15575. Edificações Habitacionais**, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5626. Instalação predial de água fria**, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8160. Sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução**, 1997.

BAZZARELLA, B. B. Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações. 2005. 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória – Disponível em: <<http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/Bazzarela – BB – 2005.pdf>>

BERNARDI, Cristina Costa. **Reúso de água para irrigação**, 2003. Monografia (Pós graduação), Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada, Fundação Getúlio Vargas, BrasíliaDF.

BRANDIMARTE, A.L. **Crise da água – Modismo, futurologia ou uma questão atual? Ciência Hoje**, 1999.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos hídricos.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 26 nov. 2015.

BRASIL. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 26 de novembro de 2015

BRASIL. Resolução 54/2005. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=14>. Acesso em: 2 dez. 2015.

FILHO, D.B.; MANCUSO, P.C.S. **Conceito de reúso de água. In: águas doces no Brasil – Capital Ecológico, uso e conservação**. 2. ed. São Paulo: Escritura editora e Distribuidora de Livros Ltda, 2002.

GONÇALVES, R.F; **Programa de Pesquisa em Saneamento Básico Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Vitória, ES: ABES,, 2009.

HAFNER, A.V. **Conservação e Reuso de água em Edificações – Experiências Nacionais e Internacionais**. Dissertação (Pós Graduação de Engenharia) , Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – Brasil – 2007.

IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (MG), disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas/cobranca-pelo-uso-de-recursos-hidricos/1455-perguntas-frequentes-cobranca-pelo-uso-da-agua>>. Acesso em: 02/12/2015.

MACEDO, J. **Águas e Águas**. Belo Horizonte, 2007.

MASCARÓ, Juan Luis. **Sustentabilidade em urbanizações de pequeno porte**. Masquatro Ediora, 2010.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Título de Doutora em Engenharia, 2009.

MENDONÇA, P.A.O. **Reuso de água em edifícios públicos**. O caso da Escola politécnica. Salvador; 2004. Dissertação (Mestrado em gerenciamento e tecnologias ambientais no processo produtivo). Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2004.

NOSÉ, Daniel. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas em condomínio residenciais**. Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo 2008.

ONU, **Carta das Nações Unidas**, 1992, disponível em: < <http://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso em: 02/12/2015

PENA, Rodolfo F. Alves. "Escassez de água no Brasil"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/escassez-agua-no-brasil.htm>>. Acesso em: 26 nov. 2015.

PETRY.B.: BOERIU.P. **Environmental impact assessment. Water Quality Management Strategies for sustainable use of Water Resources**, 2000.

RAINHO, J.M. Planeta água, **Revista Educação**, v.26, n.221, p.48 – 64, 1999.

REBÊLO, M.M.P.S. **Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas**. Trabalho de conclusão de curso, 2011.

RESOLUÇÃO 64/2015 – Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e Esgoto sanitário do Estado de Minas gerais, 2015

RESOLUÇÃO nº 54c – **Conselho Nacional de recursos Hídricos**, 2005.

SANTOS, H.F; MANCUSO, P.C.S. **A escassez e o reuso da água em âmbito mundial**. In: Reuso de água. São Paulo: Editora Manole Ltda, 2003.

SEABRA, G.; MENDONÇA, I. **Educação Ambiental: responsabilidade para conservação da sociobiodiversidade**. João Pessoa, 2011.

SELLA, M.B. **Reuso de águas cinzas: avaliação da viabilidade da implantação do sistema em residências**. Universidade Federal do Rio grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

SETTI, Arnaldo Augusto. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**, EDIÇÃO – MULTIMÍDIA, Novembro/2001

SILVA, W.M; SOUZA, L.O; REO; L.H.A; ANJOS, T.C. **Avaliação da Reutilização de águas cinzas em edificações, construções verdes e sustentáveis**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, 2010.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, relatório custo por característica física, 2015. Disponível em: < [http://caixa.gov.br/Downloads/sinapi-
orcamentos-relatorio-por-caracteristica-
fisica/201509_Relatorio_Custo_por_Caracteristica_Fisica_009658_R1_2B_38C.pdf](http://caixa.gov.br/Downloads/sinapi-orcamentos-relatorio-por-caracteristica-fisica/201509_Relatorio_Custo_por_Caracteristica_Fisica_009658_R1_2B_38C.pdf) >. Acesso em: 5 nov. 2015.

SINDUSCON. **Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo. Prol editora Gráfica, 2005

Recebido em: 14/12/2015 - Aprovado em: 26/04/2018 - Disponibilizado em: 2/07/2018