

OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFÍCIOS. IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS E REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS CINZENTAS.

Optimizing water consumption in buildings. Implementation of Rainwater Harvesting and Greywater Reuse Systems.

CRISTINA SANTOS ⁽¹⁾, FRANCISCO TAVEIRA-PINTO ⁽²⁾, CHIA-YAU CHENG ⁽³⁾ e DIOGO LEITE ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Doutoranda, SHRH-DEC-FEUP,
Rua do Dr. Roberto Frias 4200-465 Porto, cristina.santos@fe.up.pt

⁽²⁾ Professor Catedrático, SHRH-DEC-FEUP,
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, fpinto@fe.up.pt

⁽³⁾ Professor Auxiliar Convidado, SHRH-DEC-FEUP,
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, cheng@fe.up.pt

⁽⁴⁾ Eng.º Civil, Diretor Técnico, SOPSEC, S.A.,
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, diogo.leite@sopsec.pt

Resumo

Para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos e a sua disponibilidade e qualidade para as gerações futuras, é necessário reduzir o consumo de água potável. Para tal, é necessário alterar os hábitos de consumo das populações, promover um uso eficiente e usar alternativas ao abastecimento de água potável, tais como o aproveitamento de águas pluviais e a reutilização de águas cinzentas.

O presente artigo apresenta um estudo sobre a implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reutilização de águas cinzentas em edifícios de diversas tipologias, baseado numa ferramenta de apoio à decisão desenvolvida neste âmbito, que determina o volume de reserva, analisa o desempenho do sistema em termos de consumo e poupança de água, calcula o custo de instalação e a poupança, e apresenta o período de retorno do investimento.

O estudo demonstra que os sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reutilização de águas cinzentas proporcionam uma redução significativa no volume de água potável, e que os edifícios de grandes dimensões apresentam baixos custos específicos e períodos de retorno mais baixos sendo, nestes casos, bons investimentos.

Palavras-chave: Uso racional da água, edifícios, ferramenta de apoio à decisão.

Abstract

In order to preserve and maintain water resources for future generations, some measures to reduce water consumption must be taken, such as encouraging changes on people's habits, implementation of efficient equipment and alternatives to potable water supply, including rainwater harvesting and greywater reuse systems.

This article presents a study on the implementation of rainwater harvesting and greywater reuse systems in different types of buildings, based on a developed decision support tool prepared to size the collection tank volume, analyze the performance in terms of potable and non-potable water consumption and calculate investment costs and the expected payback time.

This study shows that rainwater harvesting and greywater reuse systems promote a significant reduction on potable water consumption and are more profitable in large buildings comparing with smaller ones having lower non-potable water consumptions.

Keywords: Sustainable water consumption, buildings, decision support tool.

1. Introdução

Apesar da crescente consciencialização relativa aos problemas que afetam os recursos hídricos, a forma como a água é atualmente consumida não garante a sustentabilidade destes recursos. A crescente procura do consumo de água potável tem levado à sobre-exploração das captações, quer superficiais quer subterrâneas pondo em causa os ecossistemas que deles dependem. Como consequência, o stress hídrico e as restrições no abastecimento têm sido cada vez mais uma realidade em diversos países (European Environment Agency, 2009).

Os impactes resultantes das atividades humanas no ambiente têm afetado o ciclo da água ao longo do tempo. Nas áreas urbanas, os maiores problemas que se verificam são a redução na infiltração da água para recarga de aquíferos, devido a uma maior impermeabilização dos solos (levando ao aumento dos caudais de cheia), poluição das linhas de água devido à descarga de águas residuais, redução da evapotranspiração, e aumento do consumo de água potável (Naji e Lustig, 2006).

Para preservar e manter a qualidade e quantidade dos recursos hídricos para as gerações futuras, é necessário reduzir o consumo de água através do aumento da eficiência no seu uso, da promoção de medidas de poupança de água e da reutilização como recurso alternativo (Friedler *et al.*, 2005). Para tal, é necessário alterar os hábitos de consumo das populações, instalar equipamentos eficientes e alternativas ao abastecimento com água potável, tais como o aproveitamento de águas pluviais e a reutilização de águas cinzentas. Estas medidas trazem benefícios não apenas ambientais mas também económicos. A redução expectável no consumo de água que proporcionam será refletida na redução da fatura de água por parte do cliente e no custo das infraestruturas de tratamento de água e de águas residuais. Por outro lado, no futuro, seguindo esta tendência, os sistemas de abastecimento e drenagem poderão ser menores e de instalação e manutenção mais económica.

No entanto, alguma incerteza existente quanto ao desempenho de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reutilização de águas cinzentas, potenciais poupanças, custos de instalação e retorno do investimento são alguns dos obstáculos que ainda impedem a sua implementação generalizada. O presente artigo apresenta um estudo sobre a implementação destes sistemas em edifícios de diversas tipologias, através de uma simulação de operação diária por um período de 10 anos. O estudo é baseado numa ferramenta de apoio à decisão desenvolvida para dimensionar e analisar sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reutilização de águas cinzentas em edifícios – SAPRA – que avalia o desempenho do sistema em termos de consumo de água potável e não potável, executa o cálculo do volume de reserva e analisa a viabilidade económica, para diferentes configurações e diferentes períodos de simulação.

A análise efetuada pelo SAPRA é processada em dois módulos (Figura 1). O primeiro módulo calcula o volume de reserva recomendado e o desempenho do sistema em termos de volume de água consumida nos usos não potáveis e volumes de águas pluviais ou cinzentas utilizadas, quer para o volume de reserva recomendado pelo programa, quer para outro volume definido pelo utilizador. Este cálculo é feito de acordo com a localização do edifício (e respetivos valores de precipitação referentes ao local), número de ocupantes, dispositivos a abastecer com água não potável, área de recolha de águas pluviais e produção diária de águas cinzentas. Se o sistema em análise é de aproveitamento de águas pluviais, o programa usa o *Método do Máximo Aproveitamento* para dimensionar o volume de reserva (Mierzwa *et al.*, 2007). Este método fornece o mínimo volume de reserva a partir do qual não há aumento no volume de águas pluviais consumidas nos usos não potáveis definidos. Se o sistema for de reutilização de águas cinzentas ou misto, para garantir a qualidade das águas a reutilizar e uma vez que geralmente há uma produção constante de águas cinzentas para reutilizar, o programa recomenda como volume de reserva o volume máximo diário consumido nos usos não potáveis a abastecer.

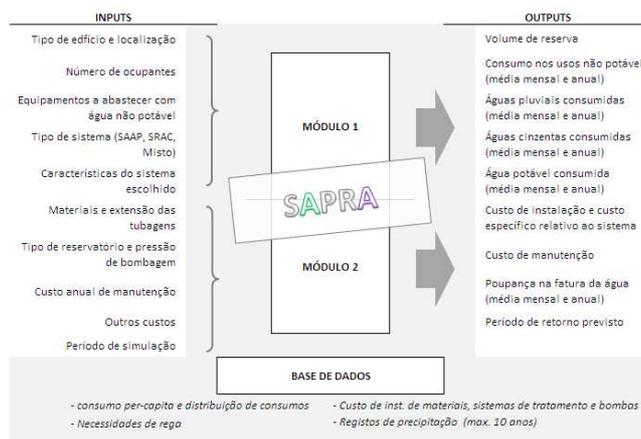


Figura 1. Representação esquemática da estrutura do SAPRA.

Esta condição está de acordo com a Norma Britânica relativa a sistemas de reutilização de águas cinzentas (BSI, 2010) e com a especificação alemã sobre estes sistemas (Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V., 2005). O utilizador pode, no entanto, aumentar o volume de reserva no caso de sistemas mistos (de águas pluviais e cinzentas) no caso da produção de águas cinzentas não ser suficiente para abastecer os usos não potáveis previstos (BSI, 2010).

O segundo módulo do SAPRA analisa a viabilidade económica do sistema em estudo, comparando o custo de instalação com a redução no custo da água potável proporcionada pelo sistema, resultando no período de retorno estimado para o investimento. Para este cálculo, o programa pede determinados inputs, tais como o tipo de material e extensão das tubagens de abastecimento de drenagem, a altura manométrica de bombagem, o tipo de reservatório a construir e outros custos previstos.

Para proceder aos cálculos de ambos os módulos, o programa conta com uma base de dados composta por diversos valores essenciais para a simulação do sistema, tais como valores diários de precipitação registados para cada distrito do país, por um período máximo de 10 anos, obtidos através da base de dados do Instituto Nacional da Água (INAG, 2010).

São também apresentados valores de consumo de água e distribuição interna dos consumos para moradias, edifícios multifamiliares de comércio e serviços, apresentados no Quadro 1. A base de dados apresenta ainda valores para necessidades de rega, tarifários de água para diversos municípios portugueses e custos de tubagens, bombas e equipamentos de tratamento.

A implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reutilização de águas cinzentas é uma medida importante para promover a sustentabilidade do consumo de água em meio urbano. No entanto, é importante analisar cuidadosamente diferentes configurações para estes sistemas, uma vez que acarretam significativos custos de instalação e nalguns casos podem não ser economicamente viáveis. Neste âmbito, uma ferramenta de apoio à decisão é essencial para analisar diferentes soluções e otimizá-las, apresentando os benefícios ambientais e económicos expectáveis.

Quadro 1. Captações e distribuição de consumos presentes na base de dados do SAPRA.

Captação (l/hab/dia)		Distribuição de consumos						
		Potável			Não potável			
Moradias	Edif. Multif	Moradias	Edif. Multif	Moradias	Edif. Multif	Moradias	Edif. Multif	
Seg	88	83	Chuveiros/Banheiras	31,0%	36,0%	Autoclismos	28,0%	30,0%
Ter	85	79	Lavatórios	10,0%	9,0%	Lavagens	5,0%	2,0%
Qua	84	81	Bidés	1,0%	1,0%	Rega	7,0%	-
Qui	106	83	Lava-loiças	5,0%	4,0%	Maq. roupa	8,0%	9,0%
Sex	102	79	Maq. loiça	2,0%	2,0%			
Sab	138	95						
Dom	114	88						
Captação (l/hab/dia)		Distribuição de consumos						
		Potável			Não potável			
Edif. Comércio	Edif. Serviços	Edif. Comércio	Edif. Serviços	Edif. Comércio	Edif. Serviços	Edif. Comércio	Edif. Serviços	
Mon	5,69	33	Lojas	43,0%	-	Torres de arref.	23,0%	31,0%
Tue	5,65	36,5	Chuveiros/Lavatórios	2,0%	17,0%	Autoclismos	16,8%	27,1%
Wed	5,58	37,6	Cantinas	-	5,7%	Urínóis	4,2%	12,6%
Thu	5,67	37,4				Rega	9,0%	6,0%
Fri	5,91	34				Lavagens	2,0%	0,6%
Sat	6,73	4						
Sun	6,3	3,9						

Neste estudo, foram estudados seis diferentes casos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reutilização de águas cinzentas através de uma simulação do SAPRA, com o objetivo de avaliar o seu desempenho e viabilidade. Os resultados obtidos podem contribuir para uma noção mais clara dos custos e benefícios inerentes a estes sistemas.

2. Casos de Estudo

Para se atingir os objetivos propostos neste estudo, foram analisados diversos casos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reutilização de águas cinzentas implementados em edifícios novos e existentes, com diferentes usos e dimensões. Segue-se uma breve descrição de cada um.

2.1. Moradia

A moradia analisada situa-se na cidade do Porto. Foi recentemente alvo de remodelação, no âmbito da qual os novos donos quiseram incluir um sistema de aproveitamento de águas pluviais para abastecer as sanitas, a máquina de lavar roupa e o sistema de rega (Figura 2).

A moradia terá quatro ocupantes e as águas pluviais serão recolhidas nas coberturas totalizando uma área de 130 m². As captações e a distribuição de consumos considerada foi a presente na base de dados do SAPRA para moradias (Quadro 1). Os valores de precipitação considerados e os tarifários de água foram os correspondentes à cidade do Porto. Devido à configuração da moradia e às infraestruturas existentes, optou-se por usar um sistema compacto de aproveitamento de águas pluviais composto por um reservatório pré-fabricado enterrado, um sistema de controlo que gere a bombagem e o abastecimento alternativo a partir da rede potável em períodos de precipitação baixa ou nula.

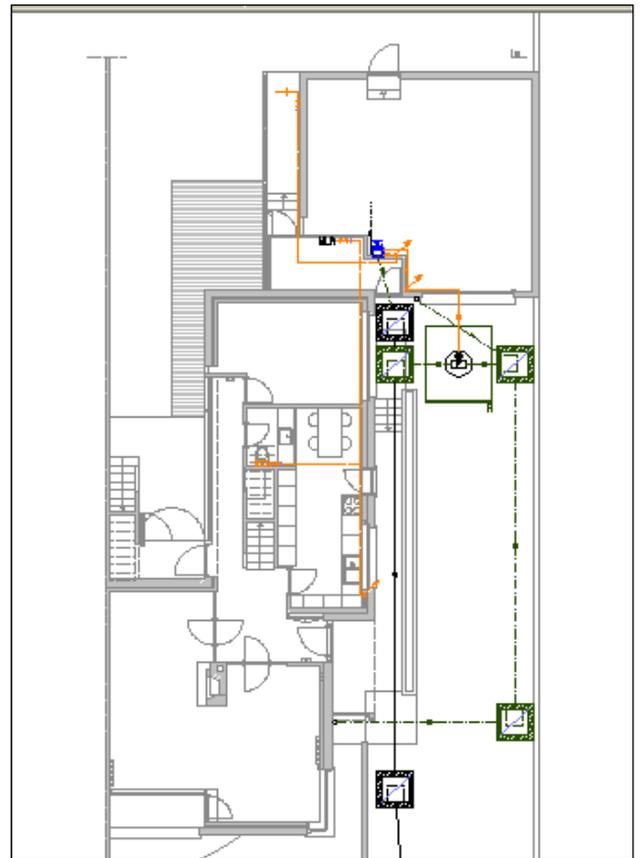


Figura 2. Implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais preconizado na moradia estudada.

2.2. Edifício multifamiliar

O edifício multifamiliar estudado (Figura 3) localiza-se também no Porto pelo que, neste caso, os valores de precipitação e os tarifários adotados foram também os referentes a esta cidade.

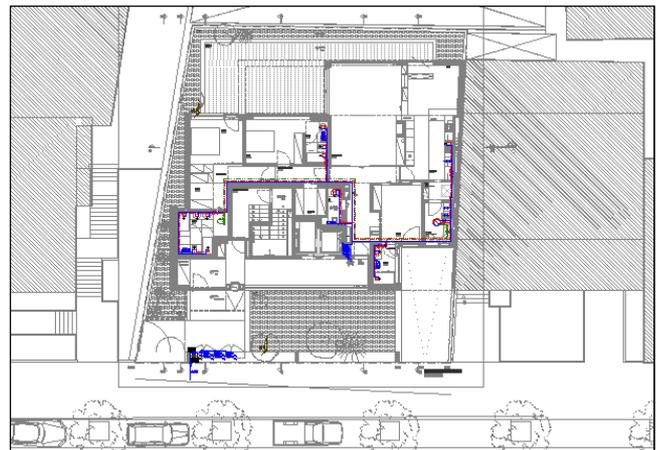


Figura 3. Edifício multifamiliar estudado.

Trata-se de um edifício recente, com seis pisos de habitação e três pisos semienterrados destinados a estacionamento. É constituído por seis apartamentos, sendo expectável uma ocupação de 30 habitantes. Também neste caso as captações e a distribuição de consumo usados foram os presentes na base de dados do SAPRA.

Neste caso, o objetivo foi estudar um sistema de reutilização de águas cinzentas para abastecer as sanitas do edifício e a rede de lavagem dos pavimentos nas áreas comuns.

Para tal, considerou-se a instalação de uma unidade de tratamento no piso -3, assim como a alteração no sistema de drenagem executado de forma a recolher apenas as águas produzidas nos lavatórios, banheiras e chuveiros.

2.3. Edifícios de comércio

Dois edifícios de comércio foram considerados neste estudo. O primeiro, localizado em Lisboa, trata-se do Centro Comercial Colombo (Figura 4), um edifício existente e um dos maiores centros comerciais da Europa. É constituído por três pisos comerciais e três pisos subterrâneos de estacionamento.



Figura 4. Centro Comercial Colombo – Lisboa.

No sentido de reduzir os elevados consumos de água que se verificam nas torres de arrefecimento, a gestão do edifício decidiu instalar um sistema de aproveitamento de águas pluviais. O número de ocupantes foi estimado com base no rácio de 1 ocupante por 2,5 m² de área de venda (Macintyre, 1996) resultando em 61622 ocupantes para uma área de venda de cerca de 154000 m².

A simulação e a avaliação económica deste sistema teve em conta a necessidade de alterar a rede de drenagem de águas pluviais existente e de construir um novo reservatório de armazenamento no piso térreo. Os valores de precipitação diária e os tarifários usados são os correspondentes à cidade de Lisboa.

O segundo edifício de comércio estudado foi o Centro Comercial 8^a Avenida, localizado em S. João da Madeira, (Figura 5). Tem uma área de venda de aproximadamente 23470 m² a que correspondem 9388 ocupantes.



Figura 5. Centro Comercial 8^a avenida – S. João da Madeira.

Trata-se de um edifício recente que já integra um sistema de aproveitamento de águas pluviais que abastece as sanitas, os urinóis e a rede de rega das floreiras. No entanto, a gestão do centro decidiu avaliar a viabilidade de complementar este sistema com reutilização de águas cinzentas, tornando-o num sistema misto, de modo a obter consumos de água potável ainda menores. Esta solução foi estudada através de uma simulação SAPRA para um período de 10 anos.

A análise de viabilidade económica teve em conta a aquisição e instalação de um sistema de tratamento de águas cinzentas, com um modelo compatível com o caudal produzido nos equipamentos produtores, assim como a necessidade de alteração da rede de drenagem existente. O tarifário e os valores de precipitação diária usados na análise foram os correspondentes ao distrito de Aveiro e à cidade de S. João da Madeira, respetivamente. Para os dois edifícios estudados, as captações diárias e a distribuição de consumos usados nos cálculos foram as fornecidas pelas equipas de gestão dos edifícios, tornando mais realista a análise realizada.

2.4. Hotel

O hotel estudado, The Yeatman Hotel, localiza-se em Vila Nova de Gaia. Prevendo elevados consumos de água, normalmente associados a hotéis de luxo como é o caso, no âmbito da construção do hotel os promotores solicitaram à equipa projetista a instalação de um sistema misto de aproveitamento de águas pluviais e reutilização de águas cinzentas para abastecer as sanitas e o sistema de rega do hotel, com cerca de 13500 m² de áreas verdes a regar (Figura 6).



Figura 6. The Yeatman Hotel.

O hotel tem 81 quartos e uma ocupação estimada de 122 hóspedes. O objetivo deste sistema é recolher as águas pluviais que precipitam em cerca de 1800 m² de coberturas e águas cinzentas produzidas numa parte do hotel, totalizando 25 chuveiros, 3 banheiras e 15 lavatórios. O sistema é composto por um reservatório de armazenamento de águas pluviais, um sistema de filtração e uma unidade de tratamento de águas cinzentas. A água tratada de ambas as origens é posteriormente armazenada num reservatório de água não potável, a partir do qual abastece as sanitas e o sistema de irrigação. A análise económica do sistema teve por base os tarifários em vigor no concelho de Vila Nova de Gaia e os valores de precipitação diária usados foram os correspondentes ao distrito do Porto.

Neste caso, as capitações sugeridas na base de dados do SAPRA não foram consideradas, tendo sido substituídos pela captação de 350 L/pessoa/dia recomendados na bibliografia (Macintyre, 1996) para o caso de hotéis.

2.5. Edifício de serviços

O edifício de serviços analisado é um centro de saúde localizado na ilha de S. Miguel, Açores. (Figura 7). Este centro de saúde terá um total de 740 ocupantes, incluindo utentes e funcionários. Para tornar este edifício mais sustentável em termos de consumo de água potável, foi incluído no projeto uma rede não potável de abastecimento às sanitas e urinóis. Para tal, considerou-se a recolha de águas pluviais precipitadas em cerca de 8400 m² de coberturas verdes, posteriormente armazenadas em reservatório enterrado.



Figura 7. Imagem 3D do sistema previsto.

Devido à impossibilidade de se obter um registo de precipitação diária para 10 anos na ilha de S. Miguel, neste caso a simulação SAPRA foi feita apenas para um período de 3 anos. Os tarifários de água e saneamento usados foram os que estavam em vigor, à data, no local.

3. Apresentação e Análise de Resultados

Os casos de estudo apresentados foram sujeitos a uma simulação diária de funcionamento feita com a ferramenta de apoio à decisão desenvolvida (SAPRA) de forma a avaliar o desempenho e os benefícios de cada sistema.

O período de simulação considerado foi de 10 anos para todos os casos, exceto o edifício de serviços pelos motivos explicados anteriormente.

O Quadro 2 apresenta os valores recomendados pelo programa para o volume de reserva de cada sistema. Verifica-se que em certos casos o volume recomendado não era exequível devido a restrições de espaço, tendo sido considerado um volume inferior.

No caso particular do Centro Comercial 8^a Avenida, as águas cinzentas tratadas serão armazenadas no reservatório de águas pluviais existente, pelo que o volume considerado foi superior ao recomendado pelo SAPRA.

Os resultados da análise de desempenho são valores anuais médios para o período de simulação considerado (10 anos na maioria dos casos) e sempre que foi assumido um volume de reserva diferente do recomendado pelo programa, todos os cálculos foram feitos considerando esse volume.

Quadro 2. Dimensionamento e análise de desempenho: resultados SAPRA.

Casos de estudo	Tipo de sistema	Vol. reserva		Desempenho			
		Resultado SAPRA (m ³)	Vol. assumido (m ³)	V _{NP} (m ³ /ano)	V _{AP} (m ³ /ano)	V _{AC} (m ³ /ano)	V _{Pot} (m ³ /ano)
Moradia	SAAP	50	4,5	85,3	42,2	-	42,7
Edif. Multif	SRAC	10	-	294,3	-	294,3	-
Edif. Comércio	Lisboa SAAP	500	150	92650,5	9596,3	-	83044,6
	S. João da Madeira SRAC	40	130,5	12765,3	4946,8	876	6934,9
Hotel	Misto	45	-	6334,6	941,7	1825	3564,8
Centro de saúde	SAAP	345	130	2857,3	2588,9	-	236,1

Legenda:

SAAP - Sistema de aproveitamento de águas pluviais

SRAC - Sistema de reutilização de águas cinzentas

V_{NP} - Consumo de água nos usos não potáveis a abastecer

V_{AP} - Volume de águas pluviais aproveitadas

V_{AC} - Volume de águas cinzentas reutilizadas

V_{Pot} - Água potável fornecida aos usos não potáveis

Os resultados apresentados no Quadro 2 revelam que é possível otimizar o consumo de água em edifícios, reduzindo consideravelmente a água potável usada em fins não potáveis como sanitas, urinóis, rega ou torres de arrefecimento. Verifica-se que mais de metade da água que anualmente é consumida nestes fins pode ser substituída por águas pluviais ou cinzentas tratadas. No entanto, no Centro Comercial Colombo apenas 10% do consumo de água nas torres de arrefecimento será substituído por águas pluviais o que é um resultado esperado, uma vez que se trata de um edifício de grandes dimensões e que o consumo total nestes equipamentos é muito elevado, como se pode verificar no Quadro 2. Apesar da poupança no consumo de água potável que estes sistemas proporcionam, a única forma de saber se são investimentos viáveis é fazendo uma análise económica. Para cada caso de estudo, foi usado o segundo módulo do SAPRA e os resultados são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3. Avaliação da viabilidade económica: resultados SAPRA.

Casos de estudo	Tipo de sistema	Viabilidade económica			
		Custo de instalação (€)	Custo específico (€/m ³)	Poupança (€/ano)	Retorno (anos)
Moradia	SAAP	9.778,00	231,00	57,50	204
Edif. Multif	SRAC	43.656,00	148,00	1.110,00	40
Edif. Comércio	Lisboa SAAP	109.010,00	11,36	20.361,00	5
	S. João da Madeira SRAC	57.023,00	9,79	2.463,00	23
Hotel	Misto	160.536,00	58,00	11.000,00	14
Centro de saúde	SAAP	85.225,00	32,92	5.485,00	15

Os custos de instalação são referentes ao acréscimo de custo resultante da implementação do sistema, em comparação com a execução de um sistema tradicional de abastecimento e drenagem. No caso dos edifícios existentes, refere-se ao custo de todos os trabalhos necessários para a execução do sistema. A poupança obtida corresponde à diferença entre o consumo global de água no edifício e o consumo global reduzido devido ao abastecimento de água não potável para determinados usos.

Os custos específicos correspondem ao quociente entre o custo de instalação e o volume de água não potável consumida.

Analisando o Quadro 3, verifica-se que os edifícios maiores têm menores custos específicos e períodos mais baixos de retorno do investimento. O Centro Comercial Colombo foi o caso de estudo com menor percentagem de consumo de água não potável nos usos previstos mas, em contrapartida é o caso com período de retorno mais baixo. Neste caso o custo de instalação é rapidamente compensado pelo volume de águas pluviais consumidas e a poupança no custo da água proporcionada pelo sistema.

Friedler e Alfiya (2010) referem que os custos específicos da reutilização de águas cinzentas em edifícios de serviços são menores que em moradias. Os custos específicos obtidos no âmbito deste estudo demonstram que o custo de recolher, tratar e abastecer água não potável é menor em edifícios de maiores dimensões, para sistemas de aproveitamento de águas pluviais e também sistemas mistos, uma vez que apresentam consumos não potáveis muito superiores aos verificados na moradia e no edifício multifamiliar.

Por outro lado, a moradia não apresenta um período de retorno razoável e é, de entre os casos apresentados, o menos rentável. Isto deve-se aos baixos consumos de água nos usos não potáveis definidos, de onde resulta uma poupança baixa, de apenas € 57,50 em média por ano. O edifício multifamiliar tem também um período de retorno muito longo, devido fundamentalmente ao elevado custo de instalação (para o qual o sistema de tratamento de águas cinzentas contribui significativamente).

No futuro, é possível que, com o aumento da instalação destes sistemas em edifícios e do número de produtores e fornecedores destes sistemas, a sua produção e aquisição se torne mais económica. Este facto pode contribuir para a redução do período de retorno dos casos de estudo apresentados, juntamente com o possível aumento no preço da água, uma vez que o preço atual não reflete os limites de disponibilidade dos recursos hídricos e o custo total de manutenção das infraestruturas existentes (Naji e Lustig, 2006).

O Centro Comercial 8ª Avenida em S. João da Madeira é um caso especial de implementação de um sistema de reutilização de águas cinzentas num edifício previamente equipado com um sistema de aproveitamento de águas pluviais. Como se pode verificar no Quadro 2, a maior porção de água não potável abastecida vem das águas pluviais, por isso, a poupança que resulta de adicionar as águas cinzentas tratadas não é significativa, apenas € 2.400,00 em média por ano. Isto resulta num período de retorno muito longo (23 anos), tendo em conta o elevado custo de instalação do sistema devido à unidade de tratamento e às alterações no sistema de drenagem.

Por outro lado, é expectável que a poupança mensal proporcionada por estes sistemas não seja constante, uma vez que o consumo de água nos usos não potáveis, a produção de águas cinzentas e a ocorrência de águas pluviais são variáveis ao longo do ano.

A simulação para o período de 10 anos feita pelo SAPRA permite o cálculo dos valores mensais, apresentado o valor médio para cada mês. Os valores de poupança média mensal para cada caso de estudo estão apresentados na Figura 8.

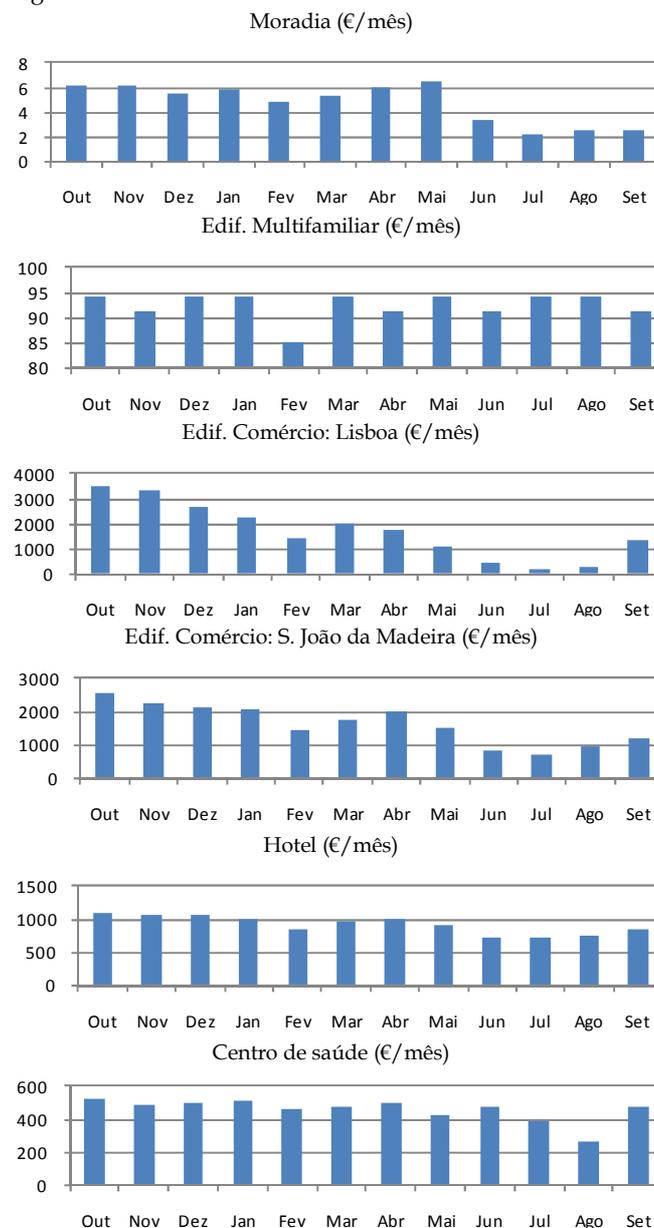


Figura 8. Valores médios de poupança mensal para cada caso de estudo.

Verifica-se que os sistemas de aproveitamento de águas pluviais apresentam um padrão de poupança mensal caracterizado pela redução nos meses de verão, altura em que o volume de águas recolhidas diminui consideravelmente. Esta situação é também verificada no sistema misto do Centro Comercial 8ª Avenida, uma vez que a maior parte da água não potável fornecida é pluvial. No centro de saúde da Ilha de S. Miguel a situação é diferente. Apesar de ser também o caso de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, o regime de precipitação nas ilhas dos Açores caracteriza-se por curtos períodos sem chuva, permitindo uma recolha de águas pluviais constante ao longo do ano, sendo menor, em média, no mês de agosto, resultando numa poupança menor neste mês.

Os sistemas de reutilização de águas cinzentas e os sistemas mistos apresentam um padrão de poupança mensal mais constante devido à produção contínua de águas cinzentas no edifício e ao consumo contínuo de água não potável nos usos previstos. Nestes casos, as maiores variações verificam-se quando os sistemas de rega são abastecidos pela água não potável.

4. Conclusões

A implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reutilização de águas cinzentas proporciona significativos benefícios, nomeadamente a redução no consumo de água potável e no volume de águas residuais produzidas e, no caso de sistemas de águas pluviais, contribui, em certa medida, para a diminuição do risco de cheias. Como se verifica nos casos de estudo apresentados, uma significativa parte do consumo de água em usos não potáveis pode ser efetuada por águas pluviais ou cinzentas tratadas. No entanto, é importante ter em conta que os sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reutilização de águas cinzentas acarretam custos de investimento adicionais, face aos sistemas tradicionais de abastecimento e drenagem.

Uma ferramenta de apoio à decisão como o SAPRA representa, neste âmbito, um papel importante no estudo e análise dos sistemas, fornecendo o volume de armazenamento e os custos e benefícios expectáveis para diferentes cenários, resultando no período de retorno previsto para cada um. Em certos casos não foi possível considerar o volume recomendado pelo programa para certos edifícios. Nesses casos a simulação baseou-se no volume assumido pelo utilizador tendo os sistemas, mesmo assim, apresentado um bom desempenho em termos de redução no consumo de água potável.

A moradia e o edifício multifamiliar apresentam períodos de retorno do investimento elevados, revelando que nestes casos os sistemas previstos não são rentáveis, apesar de contribuírem para uma maior sustentabilidade do uso da água em meio urbano. Por outro lado, os edifícios de grandes dimensões apresentam menores custos específicos e períodos de retorno mais baixos, o que revela que nestes casos estes sistemas são bons investimentos, proporcionando um elevada poupança que se irá manter ao longo do período de vida do sistema e do edifício.

O elevado período de retorno estimado para a moradia estudada e para o edifício multifamiliar pode, no entanto, ser menor se o custo de produção e aquisição destes sistemas diminuir, impulsionado por um crescente número de fabricantes e fornecedores e se o preço da água aumentar.

Para compensar o elevado investimento e encorajar a população a implementar estes sistemas nas suas habitações, o governo pode ter um papel fundamental através da criação de incentivos como reduções fiscais ou o financiamento de parte dos custos de instalação.

Referências

- BSI (2010). *Greywater systems - Part 1: Code of practice* (Vol. BS 8525-1:2010). UK: British Standards Institution.
- European Environment Agency. (2009). *EEA SIGNALS 2009, Key Environmental Issues Facing Europe*
- Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. (2005). *fbr - Information Sheet H 201, Greywater recycling - Planning fundamentals and operation information*. Darmstadt, Germany: 1st edition.
- Friedler, E., e Alfiya, Y. (2010). *Physicochemical treatment of office and public buildings greywater*. *Water Science and Technology*, 62(10), 2357-2363.
- Friedler, E., Kovalio, R., e Galil, N. I. (2005). *On-site greywater treatment and reuse in multi-storey buildings*. *Water Science & Technology*, 51(10), 187-194.
- INAG. (2010). *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos*. Disponível: <http://snirh.pt/> [Outubro 2010]
- Macintyre, A. J. (1996). *Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais* (3ª Edição ed.). Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora.
- Mierzwa, J. C., Hespanhol, I., Silva, M. C. C., e Rodrigues, L. B. (2007). *Águas pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado*. *Rega*, 4(1), 29-37.
- Naji, F., e Lustig, T. (2006). *On-site water recycling - a total water cycle management approach*. *Desalination*, 188(1-3), 195-202.