

Viabilidade Econômica de Estratégias de Conservação e Reuso de Água em Edificação Comercial de Grande Porte

Heleno Mariani Gonzalez
Universidade Federal do Espírito Santo
helenomariani@gmail.com

Ricardo Franci Gonçalves
Universidade Federal do Espírito Santo
rfg822@gmail.com

Rosane Hein de Campos
Universidade Federal do Espírito Santo
rosanehein@gmail.com

ABSTRACT

Since water scarcity is an arising problem in daily life, the adoption of technologies to produce water from alternative sources became an alternative. This article aims to assay the economic viability of the implementation of non-potable alternative sources in large commercial buildings. An investment evaluation was carried out in a deterministic manner and under risk conditions, with economic modeling of the water and sewage tariff. As results, all the scenarios studied were considered economically feasible. The evaluation under risk condition shows an underestimation of 8% of npv and irr when compared with the deterministic evaluation. The scenario more economically advantageous is the option that investment involving the three alternative sources of water with greater storage of water.

Keywords: Water Utilization; Alternative water sources; Economic Viability.

1. INTRODUÇÃO

A situação atual da água no mundo insere-se num contexto de crise sem precedentes em que sua comprovada escassez deriva de questões ambientais, sociais, demográficas, econômicas e políticas. Sua problemática envolve uma teia de situações demandantes de esforços em diferentes áreas de conhecimento (PAHL-WOSTL et al., 2008).

Nas cidades grande parte da água potável distribuída pelos sistemas coletivos é destinada para fins menos nobres, não necessitando ser potável. Em edificações de porte, estudos estimam que até 50% da água potável são destinadas para fins não potáveis (GUZZO, 2017). Segundo Gois et al., (2015), a gestão da água em edificações como shopping centers pode ser otimizada de acordo com a sua fonte e utilização, centrando-se em medidas que criam um melhor e mais eficiente uso das fontes potáveis e não potáveis.

Medidas acessíveis nas edificações podem possibilitar grande economia de água potável. Estima-se que 46% do consumo total de água podem vir de águas cinza produzidas na própria edificação. Nestas, os locais de grande produção de água cinza geralmente são cozinhas e principalmente banheiros que podem ser o destino de até 35% de toda a água não potável produzida (MOURAD et al., 2011).

Neste contexto, Weber et al., (2010) afirma que a gestão da água nas edificações (comerciais ou indústrias) consiste no aproveitamento das fontes existentes na própria edificação ou processos nela existentes, como aproveitamento de águas pluviais, de condensação e reuso de águas cinza. A água de chuva é aquela resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas e telhados onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais (HAFNER et al., 2007). As águas cinza são aquelas provenientes de chuveiros, lavatórios, pias, tanques e máquinas de lava-roupa (GONÇALVES et al., 2010). As águas de condensação são oriundas dos sistemas de refrigeração e desumidificação do ar (FROTA et al., 2001).

Além dos ganhos ambientais, as estratégias de conservação e reuso indicam redução de custos com serviços coletivos de água e esgotos (DISTEFANO et al., 2017). Shoppings como o Iguatemi em Fortaleza CE, Caxias Shopping e Rio Sul no Rio de Janeiro RJ e Shopping Vitória em Vitória são alguns dos exemplos de edificações que já atuam na conservação e reuso. No entanto, os ganhos econômicos ainda são pouco conhecidos e sua obtenção demanda investimento privado do proprietário da edificação.

A abordagem de avaliação econômica para investimentos em sistemas de reuso e conservação de água das edificações prevê o uso de ferramentas convencionais, como análise de fluxo de caixa descontado, valor presente líquido e taxa interna de retorno, baseados em parâmetros exógenos como mercados, políticas governamentais e mudanças climáticas. Os projetos atingem o desempenho esperado quando o cenário previsto é realizado. No entanto, nem sempre esses acontecem, sejam por fatores climáticos, políticos ou sociais, conferindo uma dinâmica não linear as variáveis que compõem os sistemas. (CARDIN et al., 2007).

As avaliações econômicas em conservação e reuso de água nas edificações pouco tratam das incertezas, possibilitando que riscos sociais, ambientais, tecnológicos e políticos não sejam captados. Em outras áreas correlatas, diversos estudos de avaliação de viabilidade econômica com incorporação dos riscos e incertezas vêm sendo realizados, como na implementação de mini usina hidrelétrica por Santos et al., (2014) e o desenvolvido por Deng et al., (2013) que incorporou incertezas e flexibilidade gerencial em projeto de captação de água em telhados verdes e pavimentos porosos.

3. METODOLOGIA

A metodologia proposta prevê três etapas para projetar e avaliar economicamente estratégias de conservação e reuso de água em edificação de porte. Antes porém, foi necessário definir os cenários de reuso e conservação em edificação de porte. A partir daí, foi realizada avaliação econômica determinística (tradicional) dos cenários estudados seguida de avaliação econômica sob condição de risco e por fim análise de sensibilidade. Uma etapa adicional para análise do ponto de inflexão de Fischer foi utilizada para permitir comparar os cenários estudados (BRUNI A, 2013).

O estudo baseou-se em pesquisa realizada no Shopping Center Vila Velha (SCVV), edificação comercial de porte com 70.397,98 m² de área e localizado no município de Vila Velha ES. Embora a edificação não possua sistema hidrosanitário segregado funcionando para fontes potáveis e não potáveis, tal situação foi adotada como premissa.

O estudo de cenários foi realizado com base na oferta e consumo de água potável e não potável da edificação, indicadores do balanço hídrico reconciliado e estudo da sazonalidade da precipitação

pluviométrica na edificação de acordo com Guzzo, (2017). Neste sentido, foram identificadas três fontes principais de água não potável na edificação, conforme **Tabela 1**.

Tabela 1; Volume e percentuais de representação

Estratégias	m ³ /ano	Representação
Reuso de Água Cinza	11.250,45	20%
Aproveitamento de água de condensação	3.488,62	6%
Aproveitamento de água de chuva	64.984,72	118%
Total da demanda de água não potável (DANP)	55.096,82	100%

Fonte: Guzzo, (2017).

Para conjugar as três possibilidades de fontes alternativas de água não potável (Tabela 1), foi utilizada planilha eletrônica no software Excel 2013. O intuito foi comparar as diferentes vazões de água não potável e os volumes necessários de armazenamento de água de chuva correspondentes de acordo com as precipitações pluviométricas. Desta forma, foram levantadas situações em que diferentes vazões permitem atingir diferentes percentuais de atendimento da demanda de água não potável da edificação

A partir da análise das vazões consideradas ficou nítido que adotar estratégia utilizando somente água de condensação não atende o conceito de economias de escala, conforme Pindyck & Rubinfeld, (1999). Por outro lado, o reuso da água cinza, além de contribuir para a minimização do esgoto produzido, é considerada fonte regular e constante de água não potável, diferentemente da água de chuva. Isso dá um caráter de previsibilidade e possibilidade de planejamento que justificam a sua utilização. A sazonalidade das precipitações pluviométricas na localidade da edificação foi decisiva na definição dos cenários e demandou cenários para água de chuva em que a capacidade de armazenamento varia de forma significativa para atender pequenas variações da DANP. Assim, foram definidos 5 cenários, sendo um apenas utilizando água cinza e os outros contando com armazenamento de água de chuva com capacidade de 30 a 900 m³. Os Cenários de reuso e conservação de água no SCVV estão descritos na **Tabela 2**.

Tabela 2: Cenários de reuso e conservação de água no SCVV.

Cenários	Vazão anual m ³	Vazão mensal m ³	Atendimento da DANP total	Reservatório de água
1- Reuso de água cinza (CI)	11.250,45	937,54	20%	-
2- Aproveitamento de água de chuva e condensação (CH+CO)	28.080,00	2.340,00	51%	30 m ³
3- Reuso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e condensação (CI+CH+CO 70%)	38.567,76	3.213,98	70%	45 m ³
4- Reuso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e condensação (CI+CH+CO 80%)	44.077,44	3.673,12	80%	450 m ³
5- Reuso de água cinza e aproveitamento de água de chuva e condensação (CI+CH+CO 90%)	49.587,12	4.132,26	90%	900 m ³

Quando somente se utiliza o reuso de água cinza, não há necessidade de armazenamento, pois a vazão é facilmente absorvida pela DANP. Entretanto, quando utilizada somente as vazões da água de chuva e da condensação o atendimento vai para 51%, indicando a instalação de reservatório padrão com capacidade de armazenar 30 m³ de água. Por outro lado, na utilização das vazões das três fontes, o atendimento da DANP está ligado a capacidade de armazenamento de água do sistema, fator que diferencia o investimento proposto. Para atendimento de 70% da DANP é necessário reservatório padrão de 45 m³. Já para atendimento de 80% da DANP são necessários reservatórios com capacidade

para armazenar 450 m³ de água. O atendimento de 90% da DANP implica na viabilização de reservatórios com capacidade de 900 m³.

No estudo foi testada também a possibilidade de atendimento de 100% da DANP, no entanto a área da edificação não atende à demanda, pois implicaria na instalação de reservatórios para armazenar 2.350,62 m³, não havendo possibilidade técnica para adoção de tal estratégia.

A avaliação econômica determinística foi realizada com base no orçamento dos investimentos em bens de capital necessários para que os sistemas iniciem sua operação, os custos necessários para funcionamento dos sistemas propostos, as receitas obtidas em cada cenário, os reajustes lineares adotados para projetar evolução das receitas e despesas, a definição da taxa mínima de atratividade, a montagem do fluxo de caixa descontado e o cálculo do valor presente líquido, taxa interna de retorno e prazo de retorno do investimento (PEREZ et al.,2007).

Os valores para investimentos em bens de capital foram levantados junto a empresas do setor de saneamento que atuam no reuso e conservação de água em edificações. A **Tabela 3** apresenta a síntese dos investimentos em bens de capital necessários para implementação de cada cenário.

Tabela 3: Investimentos em bens de capital nos cenários (valores em real R\$).

Descrição	Cenário 1 CI	Cenário 2 CH+CO	Cenário 3 CI+CH+CO 70%	Cenário 4 CI+CH+CO 80%	Cenário 5 CI+CH+CO 90%
A) Água de chuva					
Reservatórios (R\$)	0,00	27.300,00	27.300,00	273.000,00	546.000,00
Instalações (R\$)	0,00	3.000,00	3.000,00	30.000,00	60.000,00
Reservatório de 1º chuva para descarte (R\$)	0,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00
Filtros autolimpantes (R\$)	0,00	409.500,00	409.500,00	409.500,00	409.500,00
B) Água cinza					
Rede de Coleta (R\$)	49.735,97	0,00	49.735,97	49.735,97	49.735,97
Elevatória de Água Cinza Bruta (EACB) (R\$)	4.632,97	0,00	4.632,97	4.632,97	4.632,97
RAC, Wetland, Desinfecção (R\$)	140.000,00	0,00	140.000,00	140.000,00	140.000,00
Reservatório Inferior de Água de Reúso (RIAR) (R\$)	12.721,37	0,00	12.721,37	12.721,37	12.721,37
Reservatório Superior de Água de Reúso (RSAR) e Distribuição (R\$)	18.343,87	0,00	18.343,87	18.343,87	18.343,87
Total (R\$)	225.434,18	489.800,00	715.234,18	987.934,18	1.290.934,18

Os itens do investimento são resultados do somatório de vários subitens e alguns possuem tanto aquisição de bens (equipamentos e utensílios) como serviço. Nos itens referentes a (A) na tabela 3, Santana e Cozer (2016) apontam 4 (quatro) bacias de escoamento da água da cobertura da edificação estudada, com diferentes áreas de captação. O volume de captação para cada bacia permitiu dimensionar os bens de capital necessários para o aproveitamento da água de chuva.

Por sua vez nos itens referentes ao investimento (B) para água cinza foram levantados a partir de Valentina, M. D. (2017), que considerou a qualidade necessária do efluente tratado para reuso, características da água cinza bruta, condições climáticas da região e buscando a geração de menor custo para propor uma estação de tratamento de água cinza (ETAC). Foi adotada a associação em série de um reator anaeróbio compartimentado (RAC), um wetland construído subsuperficial de fluxo vertical (CW-FV) e desinfecção por cloração.

No cenário 1 (CI) não há previsão de investimentos para armazenamento e tratamento de água de chuva, configurando apenas o investimento para tratar água cinza. No cenário 2 (CH+CO) o investimento em reuso de água cinza é zero, pois não prevê tratamento de águas cinzas. Nos outros cenários, considera-se o investimento na estação de tratamento de águas cinzas para a mesma vazão ofertada pela edificação.

Os custos para funcionamento dos sistemas estão na **Tabela 4**. Cada item de custo em operações é resultado do somatório do orçamento detalhado realizado junto a empresas do setor para operar e manter funcionamento dos sistemas, incluindo manutenção programadas e inesperadas. Por sua vez a energia elétrica, considerado gasto significativo em sistemas coletivos de tratamento de água, como afirma LONGO et al., 2016, nos sistemas adotados neste estudo é reduzida e implica na utilização de poucos equipamentos, correspondendo a 2% dos custos totais. A depreciação foi calculada com base no valor dos investimentos realizados em cada cenário. Por apresentarem tempo de obsolescência e desgaste diferenciados, a depreciação foi calculada separadamente para cada item do investimento, utilizando valores referenciais disponíveis nos órgãos oficiais. Os gastos com administração contemplam as análises laboratoriais conforme normas técnicas, a gestão do lodo gerado, serviços de vigilância e outros gastos indiretos como despesas telefônicas, encargos e impostos MARTINS, E. (2010).

Tabela 4: Custos anuais referentes a cada cenário (valores em real R\$).

Descrição	Cenário 1 CI	Cenário 2 CH+CO	Cenário 3 CI+CH+CO 70%	Cenário 4 CI+CH+CO 80%	Cenário 5 CI+CH+CO 90%
Operação (R\$)	24.000,00	7.824,10	25.487,60	26.876,50	29.732,25
Energia Elétrica (R\$)	854,35	500,75	1.865,50	2.978,78	4.167,40
Depreciação (R\$)	7.271,70	2.200,00	13.271,70	15.348,50	18.144,24
Administração (R\$)	15.149,18	1.321,28	17.149,82	19.167,21	22.321,45
Totais (R\$)	47.275,23	11.846,13	57.774,62	64.370,99	74.365,34

Os reajustes dos custos foram calculados com base na evolução dos preços dos serviços nos sistemas coletivos. Análise das notas técnicas da agência de regulação do sistema coletivo que atende a edificação permitiu concluir que Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) responde por cerca de 75% da política de reajuste adotada pela agência, conforme nota técnica ARSP N° 03/2017.

As receitas foram geradas com a redução nos pagamentos do serviço de água e esgoto resultante do uso das vazões das fontes alternativas de água não potável. O valor do serviço de água que deixou de ser realizado entrou no fluxo de caixa como receita, considerado custo evitado (VALENTE, 2015).

A taxa mínima de atratividade foi calculada com base no custo de oportunidade, nas possibilidades e riscos de mercado e na liquidez. O índice calculado foi de 9,5% a.a. Os dados trabalhados permitiram a montagem de fluxos de caixas com projeção de resultados para 20 anos em todos os cenários, possibilitando o cálculo de valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e prazo de recuperação dos capitais para cada cenário.

No mesmo período utilizado na **Tabela 5**, o IPCA teve crescimento linear de 6,32%, com índices variando de 1,65% em alguns anos até 17,24% em outros anos segundo Boletim Focus do Banco Central do Brasil. Isso mostra que o IPCA evoluiu de forma análoga ao comportamento dos preços apresentado na **Tabela 5**, uma vez que nesta houve reajuste linear de 6,15%.

Tabela 5: Preços e reajuste de serviço de água e esgoto na região da edificação.

Ano Base	Preços água	Preços esgoto	Variação de preço água	Variação de preço de esgoto
2003	R\$ 3,77	R\$ 2,12	4%	4%
2004	R\$ 3,93	R\$ 2,21	5%	0%
2005	R\$ 4,14	R\$ 2,21	4%	4%
2006	R\$ 4,3	R\$ 2,3	5%	4%
2007	R\$ 4,5	R\$ 2,4	6%	6%
2008	R\$ 4,77	R\$ 2,55	4%	4%
2009	R\$ 4,98	R\$ 2,66	5%	5%
2010	R\$ 5,23	R\$ 2,79	9%	24%
2011	R\$ 5,69	R\$ 3,47	7%	29%
2012	R\$ 6,06	R\$ 4,48	6%	15%
2013	R\$ 6,42	R\$ 5,14	5%	32%
2014	R\$ 6,76	R\$ 6,76	11%	11%
2015	R\$ 7,48	R\$ 7,48	11%	11%
2016	R\$ 8,3	R\$ 8,3	4%	4%
2017	R\$ 8,65	R\$ 8,65	-	-

Fonte: Agência de Regulação de Serviços Públicos do Espírito Santo ARSP (2018).

Para mapeamento dos riscos inerentes aos investimentos, foram realizadas entrevistas no órgão de regulação do serviço local de água e esgoto, comparação com outros setores e análises da formação dos preços dos sistemas coletivos. Nesta etapa optou-se por trabalhar somente com os indicadores valor presente líquido e taxa interna de retorno. Na análise do risco foi realizada simulação em que a variável de risco foi modelada de acordo com o movimento browniano geométrico, permitindo a simulação de cenários aleatórios de acordo com o seu crescimento e volatilidade (BLACK, F.; SCHOLES, M. 1973).

Os cálculos do movimento do crescimento da variável (D) na planilha Excel foram realizados de acordo com a **Equação 1**.

$$D = x * \mu * \Delta t \quad (1)$$

Em que:

x : variável identificada (tarifas, consumo, câmbio e etc)

μ : crescimento médio linear da variável ao longo do tempo

Δt : variação do tempo

Para obter a volatilidade da variável, foi calculado o desvio padrão do logaritmo neperiano da variável atual em relação ao logaritmo neperiano da variável do período anterior em toda a série histórica. Assim, foi aplicada para cada ano da série histórica:

$$\Omega = \text{Ln}_x \div \text{Ln}_{x-1} \quad (2)$$

Em que:

Ω : volatilidade do ano corrente

Ln_x : logaritmo neperiano da variável no ano

Ln_{x-1} : logaritmo neperiano da variável do ano anterior

A volatilidade total é o desvio padrão da volatilidade encontrada no ano 1 até o ano n, de acordo com a série histórica. Com o crescimento e a volatilidade definidos, foi possível realizar simulação a

partir da função MBGconv da planilha eletrônica com 10.000 resultados para cada ano do fluxo de caixa, utilizando a fórmula Inv.norm (aleatório; média; desvio padrão).

A simulação permitiu chegar a novos indicadores, identificando os limites máximos e mínimos da simulação realizada. Esses limites foram utilizados para análise de sensibilidade com situações prováveis, otimista e pessimista. Por se tratar de cenários de investimento mutuamente excludentes foi calculado o ponto de inflexão de Fischer, que representa o retorno econômico incremental de investimentos comparados. A comparação foi realizada de dois em dois cenários, do cenário de menor para o de maior investimento (BRUNI A. 2013).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos cinco cenários apresentados na tabela 2 foram levantados dados dos investimentos, receitas, custos e respectivos reajustes lineares que permitiram a montagem de fluxos de caixas com projeção de resultados para 20 anos. A **Tabela 6** apresenta os valores presentes líquidos (VPLs), as taxas internam de retorno (TIRs) e os prazos de recuperação do capital para os cinco cenários estudados.

Tabela 6: Indicadores de viabilidade econômica (sem risco incorporado) nos cenários estudados

Descrição	Cenário 1 CI	Cenário 2 CH+CO	Cenário 3 CI+CH+CO 70%	Cenário 4 CI+CH+CO 80%	Cenário 5 CI+CH+CO 90%
VPL (R\$)	1.562.547,00	5.090.219,12	4.851.966,04	5.374.580,36	5.866.894,68
TIR (%)	61,34	89,69	58,86	50,06	44,17
PRC simples (anos)	1,82	1,24	2,91	2,26	2,59
PRC descontado (anos)	2,05	1,26	3,18	2,66	3,10

Os resultados indicam viabilidade econômica em todos os cenários. O VPL, que indica valores absolutos de remuneração do investimento, o cenário 5 (CI+CH+CO 90%) é o mais vantajoso. No entanto, ao analisar a TIR e ao PRC, o cenário 2 (CH+CO) é o que apresenta melhor viabilidade entre os analisados.

Ao mapear os riscos inerentes aos investimentos, percebe-se que o preço do serviço de água e esgoto influencia grande parte da cadeia de suprimentos e os stakeholders da gestão hídrica, afetando diretamente as receitas e os custos e os reajustes utilizados. Segundo Deng et al., (2013), variáveis que afetam diretamente todos os itens do investimento precisam ser incorporadas ao projeto como incerteza. O crescimento da variável calculada foi de 6,15% e a volatilidade encontrada de 2%.

Foram simulados 10.000 fluxos de caixas em cada cenário em que foi gerada igual quantidade de VPLs e TIRs, permitindo o cálculo das médias desses indicadores em cada cenário. Os resultados indicam que tanto VPL como TIR foram subestimados em 8% na avaliação sem condição de risco e estão demonstrados na **Tabela 7**.

Tabela 7: Indicadores da avaliação sem risco e sob condição de risco de mudanças nos preços.

Descrição	Cenário 1 CI	Cenário 2 CH+CO	Cenário 3 CI+CH+CO 70%	Cenário 4 CI+CH+CO 80%	Cenário 5 CI+CH+CO 90%
VPL sem condição de risco (R\$)	2.180.219,63	5.090.219,12	4.851.966,04	5.374.580,36	5.866.894,68
TIR sem condição de risco (%)	85,73	89,69	58,86	50,06	44,17
VPL sob condição de risco (R\$)	2.263.236,96	5.497.436,65	5.240.123,32	5.804.546,79	6.336.246,25
TIR sob condição de risco (%)	92,68	96,86	63,56	54,06	47,70
Diferença (%)	8%	8%	8%	8%	8%

As diferenças encontradas na **tabela 7** entre os indicadores obtidos mostram que a avaliação econômica sem a condição de risco não se diferencia de forma significativa das avaliações com inserção do risco. Os cenários mais e menos atraentes permanecem inalterados.

A baixa volatilidade do preço dos serviços de água e esgoto vai ao encontro da afirmação de Spiller et al., (2014) de que o desenvolvimento do setor é movido por variáveis lentas relacionadas a alterações climáticas e desenvolvimento urbano e não pela lógica do mercado; e de Zhang et al., (2017) cuja pesquisa mostra que política de aumento de preços dos serviços de água reduziu apenas de 3 a 5% a sua demanda. Ainda assim, foi realizada análise de sensibilidade como mostra a **Tabela 8**.

Tabela 8: Indicadores em cenários otimistas, provável e pessimista.

Descrição	Cenário 1 CI	Cenário 2 CH+CO	Cenário 3 CI+CH+CO 70%	Cenário 4 CI+CH+CO 80%	Cenário 5 CI+CH+CO 90%
VPL risco tarifário médio (R\$)	2.263,236,96	5.497.436,65	5.240.123,32	5.804.546,79	6.336.246,25
TIR risco tarifário médio (%)	92,68	96,86	63,56	54,06	47,70
VPL risco tarifário máximo (R\$)	2.582,870,04	5.950.359,43	5.753.967,33	6.137.896,45	6.789.954,56
TIR risco tarifário máximo (%)	96,33	101,47	67,98	59,34	52,08
VPL risco tarifário mínimo (R\$)	2.122.937,62	5.046.212,63	4.887.923,75	5.403.989,65	5.997.764,34
TIR risco tarifário mínimo (%)	88,35	91,76	59,03	49,98	44,56

Na análise de sensibilidade, os resultados reforçam a pouquíssima incidência de riscos, mesmo para aqueles tomadores de decisão mais conservadores e cautelosos. Se compararmos com taxa mínima de atratividade (9,5%), o investimento em qualquer cenário é atraente.

No entanto, esses resultados reforçam a contradição entre os VPLs e TIRs observados já na avaliação sem condição de risco. Embora o VPL indique que o cenário 5 como de maior retorno, a TIR indica o cenário 2 o mais vantajoso. Ou seja, há resultados conflitantes entre os indicadores para a tomada de decisão. Neste caso, o cálculo do ponto de inflexão de Fisher permitiu comparar os cenários, cujos resultados são apresentados na **Tabela 9**, indicando que o cenário 5 é superior.

Tabela 9: Fluxo de caixa e indicadores incrementais nas comparações entre cenários.

Descrição	VPL incremental	Ponto de inflexão de Fischer
Comparação entre cenário 1 e 2 – Incremento	R\$ 3.527.345,00	114%
Comparação entre cenário 2 e 3 – Incremento	R\$ -238.253,08	3%
Comparação entre cenário 3 e 4 – Incremento	R\$ 522.614,04	26%
Comparação entre cenário 4 e 5 – Incremento	R\$ 492.314,32	24%

Nota-se que a remuneração do incremento de investimento do cenário 3 em relação ao cenário 2 é de apenas 3%. Por isso o cenário 2 foi comparado com os outros que apresentam maior montante de investimento (3,4 e 5), conforme **Tabela 10**. Apesar do cenário 2 ser mais vantajoso que o cenário 3, o mesmo não acontece com o cenário 4 e 5. No entanto, os pontos de inflexão de Fischer de 14 e 18% respectivamente, mostram proximidade com a taxa mínima de atratividade 9,5%, indicando que as diferenças entre os montantes de investimentos pode pesar para a escolha do cenário 2 por parte do investidor.

Tabela 10: Fluxo de caixa e indicadores incrementais nas comparações entre cenários 2 e 4 e; 2 e 5.

Descrição	VPL incremental	Ponto de inflexão de Fischer
Comparação entre cenário 2 e 4 – Incremento	R\$ 284.381,00	14%
Comparação entre cenário 2 e 5 – Incremento	R\$ 776.675,00	18%

Segundo Zhang et al., (2017), além dos aspectos econômicos, a escolha da melhor opção de investimento deve levar em consideração também aspectos técnicos e conjunturais que permeiam a

sua natureza do investimento. Uma vez verificada a viabilidade econômica, é necessário levar em consideração as tecnologias adotadas, mudanças regulatórias no setor e contribuições sócio-ambientais.

5. CONCLUSÕES

Os resultados indicam que o cenário mais atrativo economicamente para o investimento em conservação e reuso de água da edificação estudada é o 5, composto pelo reuso das águas cinzas e o aproveitamento da água de chuva e condensação para atendimento de 90% da demanda de água não potável da edificação.

Em relação aos riscos analisados, conclui-se que são mínimos na análise determinística, subestimada em apenas 8% quando comparada com a análise de risco. Além disso, o investimento torna-se mais atrativo por não demandar esforço de comercialização e atuação em mercado. Por se tratar de edificação comercial, as contribuições sócio-ambientais do investimento poderão compor programas de comunicação e responsabilidade social do empreendimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio do CYTED – Programa Iberoamericano de Ciência y Tecnologia para El Desarrollo através da Rede URBENERE (Comunidades Urbanas Energeticamente Eficientes).

REFERÊNCIAS

AGENCIA DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DO ESPÍRITO SANTO. **Nota técnica dc/astet/arsp nº 03/2017**. Disponível em: https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Saneamento/Tarifas%20Saneamento/NOTA%20T%C3%89CNICA%20GET%20N%C2%BA%2003_2017.pdf

BLACK, F.; SCHOLLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **The Journal of Political Economy**, Vol. 81, No. 3 (May - Jun., 1973), pp. 637-654.

BRUNI, A. L. **Avaliação de Investimentos**. Série Finanças na Prática. Ed. Atlas, São Paulo, 2013.

CARDIN, M.; NEUFVILLE, R.; DAHLGREN, J. Extracting Value from Uncertainty: Proposed Methodology for Engineering Systems Design. **Water Research**. v 17 P. 668-682. 2007.

COZER A. D., SANTANA É. N. Reúso de água pluvial para fins não potáveis em edificação comercial. **Trabalho de conclusão de curso (Graduação)**. Departamento de engenharia ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. 2016.

DENG, Y.; CARDIN M. A.; BABOVIC V.; SANTHANAKRISHNAN D.; SCHMITTER P.; MESHGI A. Valuing flexibilities in the design of urban water management systems. **Water Research**. Vol. 47. P. 7162-7174. 2013.

DISTEFANO T., KELLY S. Are we in deep water? Water scarcity and its limits to economic growth. **Ecological Economics**. Vol. 142 p.130–147. 2017.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 5ª Edição. São Paulo: Nobel, 2001.

GOIS, E. H. B. de.; RIOS, C. A. S.; COSTANZI, R. N. Evaluation of water conservation and reuse: a case study of a shopping mall in southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, p. 263-271, 2015.



- GONÇALVES, R. F., SIMÕES, G. M. S. da., WANKE, R. Reúso de águas cinzas em edificações urbanas – estudo de caso em Vitória (ES) e Macaé (RJ). **Revista AIDIS**, v. 3, n. 1, p. 120-131, 2010.
- GUZZO, F. R. Estratégias de conservação de água potável com fontes alternativas para fins não potáveis. 2017. **Dissertação de Mestrado** (Mestrado em Engenharia Ambiental e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Espírito Santo), PPGES, Vitória, Espírito Santo, 2017.
- HAFNER, A. V. Conservação e reúso de água em edificações – experiências nacionais e internacionais. 2007. **Dissertação de Mestrado** (Mestrado em Ciências e Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- LONGO, S.; D'ANTONI, B. M.; BONGARDS, M.; CHAPARRO, A.; CRONRATH, A.; FATONE, F.; LEMA, J. M.; IGLESIAS, M. M.; SOARES, A.; HOSPIDO, A. Monitoring and diagnosis of energy consumption in wastewater treatment plants. A state of the art and proposals for improvement. **Applied Energy**, v. 179, p. 1251-1268, 2016.
- MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. São Paulo: Atlas, 2010.
- MOURAD K. A.; BERNDTSSON J. C.; BERNDTSSON R. Potential fresh water saving using greywater in toilet flushing in Syria. **Journal of Environmental Management** vol.92 p. 2447-2453. 2011.
- PAHL-WOSTL, C; TÀBARAB D; BOUWENC R; CRAPSC M; DEWULF A; MOSTERTD K; RIDDERA D; TAILLIEUC T. The importance of social learning and culture for sustainable water management. **Ecological Economics**, vol. 64, issue 3, 484-495. 2008
- PERES, F.C; GUIMARÃES, V A; CANZIANI, J. R. Programa Empreendedor: elaboração e análise de projetos. **SENAR**, Brasília, 2010.
- PINDYCK, R.S.; RUBINFELD, D.L. **Microeconomia**. São Paulo: Makron Books, 1999
- SANTOS L; SOARES I; MENDES C; FERREIRA P. Real Options versus Traditional Methods to assess Renewable Energy Projects. **Renewable Energy**. Vol. 68(C), pages 588-594. 2014.
- SPILLER M.A; JAN H.G; VREEBURG A; LEUSBROCK I; ZEEMAN G. Flexible design in water and wastewater engineering e Definitions, literature and decision guide. **Journal of Environmental Management**. v.149, p. 271 e 281, 2015.
- VALENTE, V. B. Análise de viabilidade econômica e escala mínima de uso do biogás de reatores anaeróbios em estações de tratamento de esgoto no Brasil. 2015. 198p. **Dissertação de Mestrado** Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- VALENTINA M. D. Estudo de viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de reúso de água cinza em um shopping Center. **Trabalho de conclusão de curso (Graduação)**. Departamento de engenharia ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. 2017.
- ZHANG B. FANG K.H.; BAERENKLAU K.A. Have Chinese water pricing reforms reduced urban residential water demand? **Water Resources Research**. 53(6), 5057 - 5069. 2017
- WEBER, C. C.; CYBIS, L. F.; BEAL, L. L. Conservação da água aplicada a uma indústria de papelão ondulado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 291-300, 2010.