

II-331 – OTIMIZAÇÃO ECONÔMICA DO USO DE ESGOTOS SANITÁRIOS TRATADOS – UMA ANÁLISE DOS CUSTOS DE TRANSPORTE DA ÁGUA DE REÚSO

Monica Romano de Sá Nogueira⁽¹⁾

Engenheira Civil com ênfase em Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela Escola de Engenharia da UFRJ. M.Sc. em Engenharia de Produção/ Ambiental – Gestão Ambiental, Qualidade e Saúde & Segurança pela Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Engenheira de Projetos do Grupo Águas do Brasil

Endereço⁽¹⁾: Rua General Espírito Santo Cardoso, 284/203 bl. 01 - Tijuca – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 20.530-500 - Brasil - Tel: +55 (21) 2278-1374 - e-mail: monica.romano@grupoaguasdobrasil.com.br

RESUMO

Hoje, já são inúmeras as empresas de saneamento básico que desenvolvem estratégias que priorizam a conservação e o uso eficiente dos recursos hídricos em sua área de concessão, como alternativa à importação de água de outras áreas distantes. Neste processo todos são beneficiados. As prefeituras e indústrias reduzem seus custos com água, as companhias de saneamento comercializam um produto anteriormente desprezado, gerando receita e a população e o meio ambiente ganham com o fato de que cada litro de água de reúso utilizada significa um litro a mais de água potável economizada.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo apresentar um modelo de análise econômica desenvolvido para sistemas de uso do esgoto tratado, com foco principal nos custos relativos ao seu transporte. A flexibilidade e operacionalidade desse instrumento facilitam a efetiva abordagem dos custos envolvidos em iniciativas de reúso da água, ainda na fase de planejamento e de elaboração do respectivo projeto de engenharia. O modelo contempla um sistema de tratamento complementar para as estações de tratamento de esgotos, na procura do atendimento aos padrões de reúso, assim como os sistemas de transporte e reservação, incorporando em todas as etapas os respectivos custos de implantação, operação e manutenção. A concepção do modelo tem como objetivo demonstrar a viabilidade econômica de uma dada iniciativa de reúso, possibilitando-se, por exemplo, conhecer até que distância é economicamente viável transportar a água de reúso, de modo a disponibilizá-la à custos inferiores ao da água potável.

PALAVRAS-CHAVE: uso de esgotos, reúso de água, otimização econômica.

INTRODUÇÃO

Segundo SANTOS (2003), a escassez de água apresenta-se sob duplo aspecto: disponibilidade e uso pretendido. Independentemente do motivo, deve-se sempre projetar um uso sustentável dos recursos hídricos. Nesse contexto, o conceito de ‘substituição de fontes’ apresenta-se como a alternativa mais plausível para satisfazer demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico (HESPANHOL, 2001).

O reúso, alguns anos atrás tido como uma opção exótica ainda desnecessária, é hoje uma alternativa que não pode ser ignorada, notando-se distinção cada vez menor entre técnicas de tratamento de água versus técnicas de tratamento de esgotos. Uma definição bastante aceita para o termo de reúso da água é de MIERZWA (2005): “Uso de efluentes tratados para fins benéficos, tais como irrigação, uso industrial e fins urbanos não potáveis”.

As águas residuárias, quando bem tratadas e recicladas, são uma valiosa alternativa de uma nova fonte hídrica, possibilitando a redução da procura por novas retiradas dos corpos d'água. Além de preservar a água potável para atendimento das necessidades da população urbana e usos industriais mais nobres, o reúso permite uma maior otimização dos recursos hídricos disponíveis, ampliando a oferta de um produto cada vez mais escasso, notadamente em áreas com limitações de oferta de água. Neste sentido, os projetos de reúso da água residual podem também minimizar o estresse ambiental (WPCF, 1989).

Alguns cientistas (WPCF, 1989) consideram que o reúso de águas residuárias está inserido num assunto mais amplo e genérico de estudos, o da "minimização do uso de recursos naturais". Há ainda pesquisadores que incluem o reúso de água como parte de uma filosofia maior e ecologicamente correta, que é a do desenvolvimento sustentável. Sob a óptica do impacto ambiental, o reúso de águas residuárias atua de forma a mitigar a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, ao reduzir a demanda por água dos mananciais.

A utilização planejada de reúso em todo o mundo tem sido bastante incrementada nas últimas décadas, principalmente nos países desenvolvidos ou em desenvolvimento, como resposta à crescente escassez dos recursos hídricos disponíveis. Inúmeras cidades e regiões metropolitanas têm recorrido ao aproveitamento da água de reúso, obtida a partir da utilização dos efluentes das estações de tratamento de esgoto, para a complementação de suas demandas (BASTOS, 2003).

Trata-se de algo muito maior, o reúso planejado da água faz parte de um programa global, encabeçado pela Organização Mundial da Saúde, que pretende, com sua implementação, alcançar simultaneamente três importantes objetivos: a manutenção da integridade dos ecossistemas, o uso sustentável da água e a universalização dos serviços de saneamento, e como resultado final a promoção da melhoria da qualidade de vida e da saúde da população.

Entretanto, MANCUSO et al. (2003) destaca que a prática do reúso é um dos componentes do gerenciamento de águas e efluentes e não a principal meta a ser atingida. É uma ferramenta para a preservação dos recursos naturais e controle da poluição ambiental, sendo atualmente considerada prática obrigatória da gestão competente dos recursos hídricos e acima de tudo, imprescindível para a preservação da sua qualidade e quantidade necessárias à sobrevivência das futuras gerações, mas que deve sempre estar vinculada a outras medidas que busquem a prevenção da poluição e a racionalização do uso da água.

De maneira geral, o reúso consiste no aproveitamento de água previamente utilizada, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana. O reúso da água pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não planejadas (MANCUSO et al., 2003).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (1973), pode-se classificar, de acordo com o tipo de utilização, as seguintes formas de reúso:

- Reúso Indireto: Ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente à jusante, de forma diluída;
- Reúso Direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;
- Reciclagem Interna: é o reúso da água internamente às instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle de poluição.

Segundo LAVRADOR FILHO (1987), os termos “planejado” e “não planejado” referem-se ao fato do reúso ser resultante de uma ação consciente, subsequente à descarga do efluente, ou do reúso ser apenas um subproduto não intencional dessa descarga.

Dessa forma, o reúso planejado de água ocorre quando o reúso é resultado de uma ação humana consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser usado de forma direta ou indireta. O reúso planejado das águas pressupõe a existência de um sistema de tratamento de efluentes que atenda aos padrões de qualidade requeridos pelo novo uso que se deseja fazer da água. O reúso planejado pode ser denominado reúso intencional da água.

A Resolução N° 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), define o reúso de água como sendo apenas a utilização de água residuária, que é definida como sendo esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústria, agropecuária, tratados ou não (BRASIL, 2006). Tal Resolução estabelece cinco modalidades de reúso, definidos em seu artigo 3º:

“Art. 3º - O reúso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades:

- I - Reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;
- II - Reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- III - Reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
- IV - Reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais;
- V - Reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.” (BRASIL, 2006).

Para reúso não potável da água, a referida Resolução define ainda:

- Irrigação irrestrita: irrigação de qualquer cultivo, inclusive hidroponia e cultivos alimentícios consumidos crus.
- Irrigação restrita: irrigação, inclusive hidroponia, de qualquer cultivo não ingerido cru, incluindo cultivos alimentícios e não alimentícios, forrageiras, pastagens, árvores, cultivos usados em revegetação e recuperação de áreas degradadas.

Com relação ao reúso potável da água, dada a existência de uma grande quantidade de patógenos nos esgotos e a possibilidade da ocorrência de elementos tóxicos e/ou cancerígenos, classifica-se esta modalidade de reúso, principalmente o direto, como uma alternativa que está associada a riscos muito elevados. Mesmo em países desenvolvidos, tal prática não é de uso corrente, sendo sua implantação limitada a situações extremas. A OMS, levando em consideração aspectos de saúde pública, não recomenda este tipo de reúso, considerado de alto risco.

O trabalho em causa levará em consideração somente o reúso planejado, direto, não potável. Entre as várias aplicações do reúso para fins não potáveis serão consideradas para análise: a agrícola, a urbana e a industrial.

Embora o país ainda não possua legislação específica para definição da qualidade de água requerida para as diversas modalidades de reúso, é tecnicamente compreendida a necessidade de minimamente isentá-la da presença de organismos patogênicos. Diretrizes do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico – PROSAB indicam para usos urbanos irrestritos de esgotos sanitários tratados, a manutenção de concentração de Coliformes Termotolerantes inferior a 200 NMP/100mL e de no máximo 1 ovo de Helminto/L, o que impõe a obrigatoriedade da continuidade de tratamento de efluentes de processos secundários, por meio da filtração terciária e da desinfecção (FLORÊNCIO et al., 2006).

Ainda que satisfeitos os critérios de qualidade de água requeridos para a prática de uso de esgotos sanitários, deve o arranjo de um projeto de reúso ser equacionado e viabilizado não somente sob a ótica técnica, mas também sob a ótica econômica. Também de acordo com o PROSAB, apesar de caracterizar-se como uma óbvia solução para sustentabilidade das cidades, o uso de esgotos sanitários tratados sempre implicará, em algum momento da concepção do projeto, na definição de um arranjo factível para os sistemas de adução e distribuição da água de reúso, ou mesmo no cotejamento entre os custos de capital e de operação desta solução e o preço de venda de água potável praticado pela operadora do sistema de abastecimento de água local (MOTA et al., 2009).

Neste contexto é que tal trabalho tem como objetivo a apresentação de um modelo genérico para análise de viabilidade econômica do uso de esgotos sanitários tratados – Modelo OETAR (Modelo de Otimização Econômica do Transporte da Água de Reúso), cujas principais referências são os custos de capital para a implantação da infraestrutura física do arranjo do projeto, assim como seus respectivos custos de operação e de manutenção. Independente das dimensões e características próprias dos elementos que a constituam, a infraestrutura física prevista no modelo genérico sempre contempla uma unidade para o tratamento complementar dos esgotos – por meio da filtração terciária e da desinfecção, e as unidades de adução e de reservação dos esgotos sanitários tratados.

Entende-se que a formulação do modelo OETAR contribui para a obtenção de respostas mais imediatas em relação a dúvidas que cercam e permeiam a boa idéia de aproveitamento de esgotos sanitários tratados, a qual vai ao encontro do conceito do Uso Racional e da Conservação da Água, contribuindo para o efetivo emprego de práticas ambientalmente corretas e para a sustentabilidade das cidades.

MATERIAIS E MÉTODOS

O Modelo de Otimização Econômica do Transporte da Água de Reúso - modelo OETAR – é de caráter genérico; sua concepção contempla e agrega diversos aspectos técnicos e econômicos pertinentes às etapas de tratamento, transporte e reservação da água de reúso.

Desenvolvido em planilha eletrônica, o modelo genérico admite sua utilização para sistemas de reúso de diferentes capacidades e arranjos planialtimétricos, assim como permite ser complementado mediante a inserção de outros quesitos particulares ou complementares às etapas de tratamento, transporte e reservação da água de reúso.

O desenho do modelo OETAR prevê que parcela dos esgotos sanitários tratados segundo o nível secundário possa ser lançada em um corpo hídrico receptor, de acordo com a legislação ambiental vigente, e que parcela destes mesmos esgotos seja aproveitada para fim de reúso, permitindo que para um mesmo sistema de esgotamento sanitário, diferentes cenários de aproveitamento de águas de reúso, impostos pela variação do consumo exercido por potenciais usuários, possam ser economicamente avaliados.

Como anteriormente já comentado, o desenho do modelo OETAR contempla os custos do sistema genérico de reúso, envolvendo as unidades de tratamento terciário, adução e reservação dos esgotos, podendo estas últimas perfazerem uma ou mais unidades, dependendo do sistema de setorização proposto para a distribuição da água de reúso. O modelo OETAR não contempla a distribuição propriamente dita da água de reúso, tendo como premissa que o transporte da mesma seja efetuado via caminhão-tanque, desde a unidade de reservação até o usuário final. Portanto, o reservatório exerceria uma função modal no contexto do sistema de reúso, servindo como um centro de distribuição da água de reúso aos consumidores finais.

A possibilidade de variação dos valores dos dados de entrada do modelo OETAR lhe confere o caráter genérico e o torna passível de adaptação em função de particularidades e características físicas locais, da seguinte forma:

- População atendida pelo sistema de esgotamento sanitário (hab.);
- Vazão média de esgotos tratados (L/s);
- Porcentagem de efluente tratado disponibilizada para o reúso de acordo com as vazões de reúso demandadas por cada setor, agrícola, industrial e urbano (%); e
- Desnível geométrico entre a estação de tratamento de esgotos e o reservatório de água de reúso (m).

Por outro lado, o modelo OETAR já contempla a sugestão de valores para dados de entrada do modelo, mas que independem de particularidades e características físicas locais. Ainda assim, se necessário for, estes valores podem ser também alterados na planilha eletrônica. São eles:

- Média de consumo per capita de água (L/hab.dia);
- Taxa de retorno da água consumida (%);
- Taxa de filtração ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$);
- Tempo de lavagem (min.);
- Velocidade de lavagem dos filtros (m/s)
- Consumo de água de lavagem dos filtros (L/s);
- Formato dos reservatórios de água;
- Altura manométrica total (m);
- Percentual de acréscimo dado à potência calculada para as bombas;
- Peso específico do efluente (kg/m^3);
- Rendimento do conjunto motor-bomba (%);
- Dosagem de produto químico utilizado (kg/L).
- Número de funcionários contratados para a operacionalização dos mecanismos implantados para o reúso;
- Fator de potência exigido pela concessionária de energia elétrica.
- Taxa anual de juros utilizada no cálculo do fator de recuperação de capital (%);

- Tempo de retorno desejado para os investimentos necessários ao sistema de reúso (anos); e
- Benefício e Despesas Indiretas (BDI).

Os custos de capital e de operação e manutenção contemplados pelo modelo de avaliação econômica são constituídos por custos específicos associados às unidades de tratamento terciário, adução e reservação, da seguinte forma:

- Preço unitário do material de construção (R\$/m³) – preços indicados pelos Catálogos de Referência EMOP 2010 (Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro);
- Preço da energia elétrica (R\$/kWh);
- Preço unitário médio de produto químico utilizado, no caso do modelo, cloro (R\$/kg);
- Salário médio de um operador de estação de tratamento (R\$/mês);
- Curva teórica para o cálculo do custo do sistema de recalque (R\$); e
- Curva teórica para o cálculo do custo da tubulação com a ligação de pressão (R\$).

Para efeito de aplicação do modelo OETAR, este trabalho propõe um sistema hipotético de reúso que considera a distância de 10 km entre as unidades de tratamento terciário e de reservação e cenários que se diferenciam em relação a: população inserida no sistema de esgotamento sanitário; desnível geométrico entre as unidades de tratamento e de reservação; e a parcela de esgotos sanitários tratados efetivamente reusada. O modelo OETAR indica o custo resultante para cada um dos cenários propostos, tendo ainda como variável a distância de transporte percorrida por caminhões-pipa, desde a unidade de reservação até o usuário final. A avaliação econômica dos diferentes cenários tem como referência o custo da água distribuída pelo sistema público e coletivo, estimada em R\$10,25/m³, segundo informações coletadas junto à coordenação de faturamento da concessionária Águas de Niterói. Vale ressaltar que as tarifas praticadas por todas as concessionárias de água são relativas não só a água consumida, mas também ao esgoto coletado, o que não ocorre com a água de reúso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1: Custo de capital e custo anual obtidos em cada um dos cenários e respectivo custo do metro cúbico da água de reúso para um tempo de retorno do investimento de um ano.

Cenário	População (hab)	Extensão do Recalque ETE - Reservatório (km)	Desnível Geométrico (m)	Percentual de Reúso	Volume Anual de Reúso (m³/ano)	Custo de Capital (R\$/ano)	Custo Anual (R\$/ano)	Custo do m³ da Água de Reúso (R\$/m³)
1	10.000	10	60	49,42%	152.369,61	R\$ 172.754,25	R\$ 106.805,06	R\$ 1,83
2	10.000	10	10	49,42%	152.369,61	R\$ 171.694,01	R\$ 105.522,69	R\$ 1,82
3	10.000	10	60	99,81%	307.724,67	R\$ 297.744,92	R\$ 137.407,76	R\$ 1,41
4	10.000	10	10	99,81%	307.724,67	R\$ 295.838,21	R\$ 131.177,78	R\$ 1,39
5	50.000	10	60	50,00%	963.764,25	R\$ 640.804,96	R\$ 233.351,90	R\$ 0,91
6	50.000	10	10	50,00%	963.764,25	R\$ 635.951,47	R\$ 214.708,39	R\$ 0,88
7	50.000	10	60	99,95%	1.926.488,49	R\$ 921.806,36	R\$ 352.750,70	R\$ 0,66
8	50.000	10	10	99,95%	1.926.488,49	R\$ 913.451,09	R\$ 314.925,53	R\$ 0,64
9	100.000	10	60	99,99%	3.854.631,65	R\$ 1.593.008,73	R\$ 541.193,63	R\$ 0,55
10	100.000	10	10	99,99%	3.854.631,65	R\$ 1.578.011,35	R\$ 468.921,01	R\$ 0,53

Analisando os resultados obtidos com a aplicação do Modelo OETAR para os cenários hipotéticos propostos, apresentados de forma resumida na Tabela 1 acima, foi possível avaliá-los da seguinte forma:

1. O sistema de reúso da água com transporte por recalque demonstrou-se economicamente viável em todos os cenários analisados, possibilitando o alcance de grandes distâncias de transporte de água por caminhão-pipa, como mostra a Figura 1.

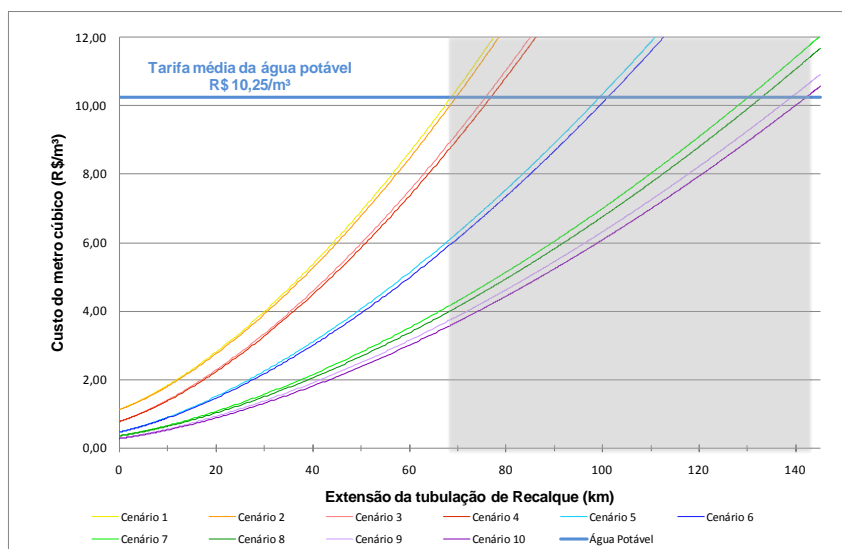


Figura 1: Custo da água de reúso em função da distância de recalque para todos os cenários avaliados.

2. O sistema de reúso da água com transporte por caminhão pipa, mesmo em distâncias menores até a equivalência de seu custo ao preço da água potável, também se demonstrou economicamente viável em todos os cenários analisados. As distâncias econômicas para o transporte por caminhão pipa da água de reúso ficaram entre 16,9 e 18,5 quilômetros, pior e melhor cenário, respectivamente, como demonstrado na Figura 2.

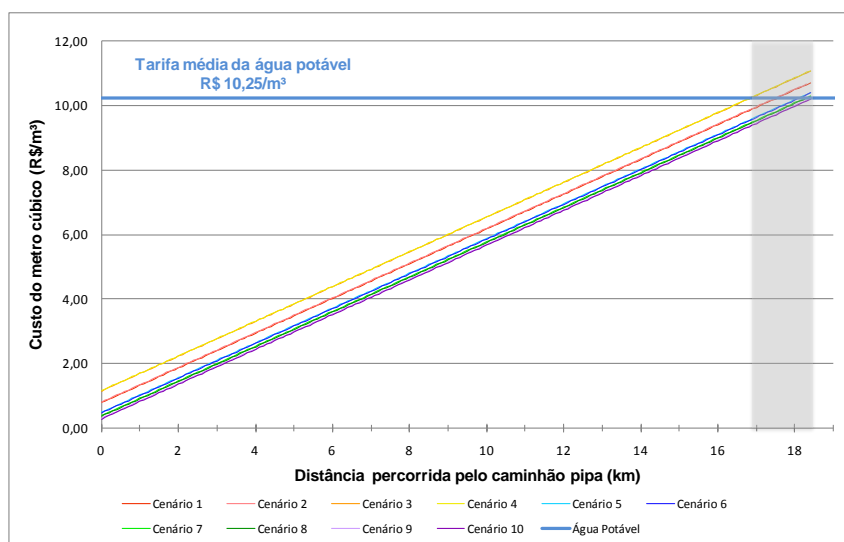


Figura 2: Custo da água de reúso em função da distância de transporte por caminhão pipa.

3. Uma vez que a aplicação combinada de ambos os mecanismos de transporte da água de reúso se traduziram em sistemas economicamente viáveis, é possível vislumbrar um cenário onde haja a atuação conjunta do transporte por recalque e por caminhão pipa para a efetiva viabilização da prática do uso dos esgotos tratados.

4. Os resultados demonstraram que as etapas de tratamento e reservação possuem pouca influência no custo do metro cúbico da água de reúso. Ou seja, o transporte é que de fato representa a maior parte do custo da água de reúso, devendo ser considerado como o principal fator numa avaliação de viabilidade econômica de um sistema de reúso da água.

5. Em cenários com o mesmo percentual de água destinada ao reúso e o mesmo desnível geométrico entre a estação de tratamento de esgotos e o reservatório de água de reúso, quanto maior o número de habitantes atendidos pelo sistema de coleta e tratamento de esgotos (oferta de efluentes), maior é a distância alcançada para um transporte da água de reúso economicamente viável, como demonstrado na Figura 3 para os cenários 3, 7 e 9.

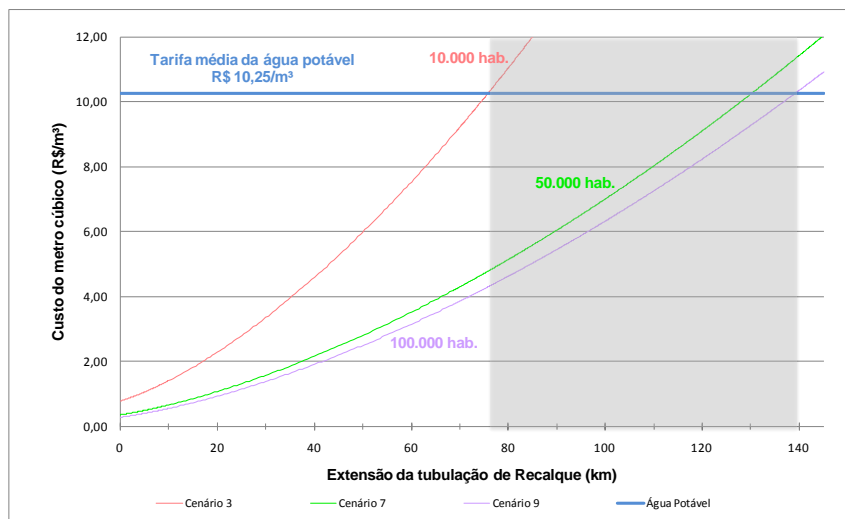


Figura 3: Custo da água de reúso em função da distância de recalque para cidades com o mesmo percentual de água destinada ao reúso, aproximadamente 100%, e mesmo desnível geométrico entre a estação de tratamento de esgotos e o reservatório de água de reúso, 60 metros.

6. Dentro de uma mesma faixa populacional (cenários 1 e 3: 10 mil habitantes e cenários 5 e 7: 50 mil habitantes), maiores percentuais de utilização de água de reúso (cenários 3 e 7), se traduzem em menor custo pelo metro cúbico desta água, como demonstrado na Figura 4.

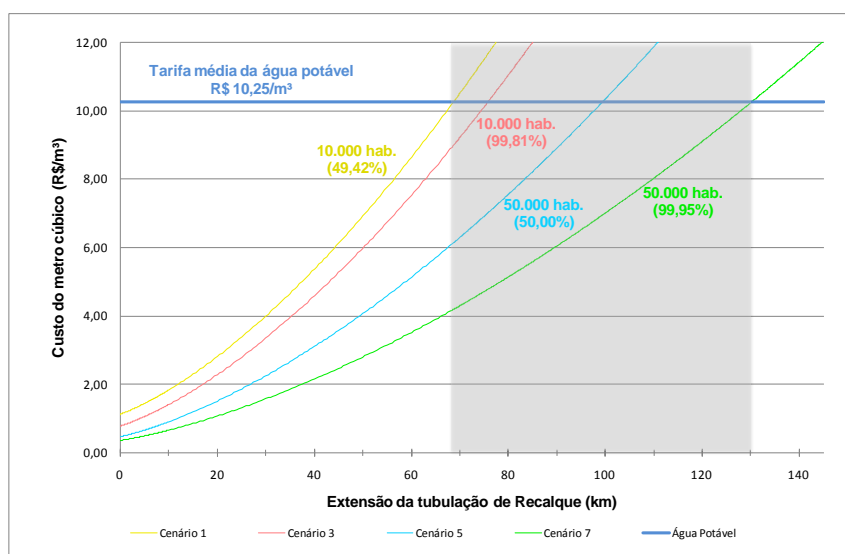


Figura 4: Custo da água de reúso em função da distância de recalque para cidades com o mesmo desnível geométrico entre a estação de tratamento de esgotos e o reservatório de água de reúso, 60 metros, e diferentes percentuais de utilização de água de reúso.

7. Consequentemente, maiores distâncias de transporte da água de reúso são justificáveis em cenários onde se combine a maior população de projeto (oferta de efluentes) ao maior percentual de água destinada ao reúso (demanda por esgotos tratados), como se pode também avaliar pela análise da Figura 4. Verifica-se que o melhor resultado foi alcançado no cenário 7, que possui o maior número de habitantes, juntamente com o maior percentual de água destinada ao reúso entre os cenários combinados na referida figura.

8. De maneira geral, quanto à distância de transporte da água de reúso, o presente trabalho considera que, quando os benefícios são maiores ou iguais aos custos totais, o sistema de reúso é considerado viável. No caso dos benefícios serem menores que os custos totais, pode-se procurar aumentar a distancia total percorrida pelos caminhos pipa, ou seja, identificar novos usuários e retornar à análise espacial e quantitativa, na intenção de identificar e avaliar a viabilidade de novas possibilidades de reúso (consumidores), que ampliem a demanda e

viabilizem a prática do reúso. Este retorno deve ser realizado até o momento em que o tomador de decisão perceba que os custos de transporte estão se tornando demasiadamente elevados e/ou tecnicamente desfavoráveis, pois isto inviabilizará, a partir do referido raio, as novas possibilidades de reúso da água.

9. Já com relação ao desnível geométrico, os cenários ímpares apresentam desnível geométrico de 60 m, correspondentes à altura do reservatório, 10 metros, acrescida de uma variação de cota de terreno de 50 m. Já os cenários pares apresentam desnível geométrico de somente 10 m, correspondentes apenas à altura do reservatório. Através da comparação desses respectivos cenários, independentemente da faixa populacional e do percentual de água destinada ao reúso, verifica-se que o desnível geométrico tem pouca influência nos Custos Totais da água de reúso, como também se pode perceber pela análise da Figura 1.

10. Com relação ao tempo de retorno do investimento foi feita uma análise para os cenários 1 e 10, valendo as seguintes considerações: início da comercialização da água de reúso um mês após os investimentos para implantação do sistema (Capex); taxa de juros anual de 12%; preço do metro cúbico da água de reúso igual a 80% do preço da menor tarifa da água potável, desconsiderando a taxa relativa aos esgotos, ou seja, R\$ 1,79/m³ de água de reúso (segundo informações coletadas junto à coordenação de faturamento da concessionária Águas de Niterói). Para o cenário 1 obteve-se o período de retorno de 14 meses e 13 dias, enquanto para o cenário 10 esse tempo foi ainda menor, 4 meses. Tais números evidenciam que mesmo nos cenários menos favoráveis, a prática do reúso da água é economicamente viável.

CONCLUSÕES

Em relação ao modelo de avaliação econômica OETAR, é importante destacar o atendimento aos objetivos inicialmente preconizados. Trata-se de um instrumento de fácil operacionalidade, apto a ser aplicado como ferramenta auxiliar quanto à decisão sobre a implantação de um sistema de uso dos esgotos sanitários tratados. A flexibilidade e operacionalidade desse instrumento facilitam a efetiva abordagem dos custos envolvidos na prática do reúso da água.

Cabe ressaltar ainda que, como uma ferramenta auxiliadora, o Modelo OETAR aborda a maioria dos custos relativos a um sistema de reúso da água, mas não todos. Como todo modelo, possui suas limitações. Sendo assim, o Modelo OETAR serve como balizador dos custos do reúso da água, existindo ainda uma série de outros fatores econômicos, sociais, tecnológicos e legais que deverão ser avaliados pelos usuários do Modelo de modo a identificar os benefícios e vantagens empresariais que justifiquem o investimento em um sistema de reúso da água.

Sendo assim, a sequência de cálculo desenvolvida para o Modelo OETAR, além de dar base à avaliação de viabilidade econômica para auxílio à decisão quanto ao reúso da água, também demonstrou, através da aplicação de cenários hipotéticos, que tal viabilidade é real.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BASTOS, R. K. X. (2003). *Utilização de Esgotos Sanitários em Irrigação e Piscicultura*. PROSAB 3 – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003.
2. BRASIL, Leis, etc. (2006). Resolução CNRH nº 54 de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes para a prática do reúso direto não potável de água e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 9 de março de 2006.
3. FLORÊNCIO, L., BASTOS, R. K. X., et al. (2006). Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários. PROSAB 4 – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico. Rio de Janeiro: ABES.
4. GONÇALVES, R. F. (2003). Desinfecção de Efluentes Sanitários. PROSAB 3. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003.
5. HESPANHOL, I. (2001), “Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos”. *Bahia Análise & Dados*, v. 13, n. Especial, pp. 411-437. Salvador, BA.
6. LAVRADOR FILHO, J. (1987), Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica de São Paulo da USP. São Paulo, SP, Brasil.
7. MANCUSO, P. C. S., SANTOS, H. F. (2003), Reúso de Água. São Paulo: Manole.

8. METCALF E EDDY, INC. (2003), Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4ª Edição. The McGraw-Hill Companies Inc.
9. MIERZVA, J. C., HESPANHOL, I. (2005), *Água na Indústria: uso racional e reúso*. São Paulo: Oficina de Textos.
10. MOTA, F. S. B., VON SPERLING, M., et al. (2009), Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. PROSAB 5. Rio de Janeiro: ABES.
11. SANTOS, H. F. (2003), "Custos dos sistemas de reúso de água". In: MANCUSO, P. C. S., SANTOS, H. F., *Reúso da Água*, capítulo 12. Barueri: Manole.
12. WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION (1973), "Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards", Technical report series, n. 517. Geneva.
13. WPCF - Water Pollution Control Federation (1989), "Water Reuse - Manual of Practice" - Second Edition. Alexandria – VA.