

# INTEGRAÇÃO ESCOLA-EMPRESA NO APOIO AO TRABALHO DE GRADUAÇÃO: ESTUDO DE CASO DE REÚSO DE ÁGUA NA LAVAGEM DE ÔNIBUS

**Joseph Abi Ghosn<sup>1</sup>; André Luiz de Lima Reda<sup>2</sup>**

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Escola de Engenharia  
Rua da Consolação, 896, Prédio 6  
CEP 01302-907 – São Paulo – SP

<sup>1</sup> ghosn\_joseph@yahoo.com.br; <sup>2</sup> allreda@mackenzie.com.br

**Resumo:** *Com o crescimento populacional descontrolado, principalmente nos países ainda em baixo nível de desenvolvimento e com poucos recursos hídricos, a escassez de água vem constantemente aumentando. Isto se agrava, no Brasil, com a distribuição heterogênea de tal recurso natural, o descaso no seu uso e o posterior lançamento inadequado nos corpos hídricos, causando uma situação de estresse nos mananciais disponíveis. Torna-se, portanto, urgente e indispensável racionalizar o uso e preservar esses mananciais, com políticas e gestão efetivas que tornem compulsório tratar corretamente a água, esgotos e efluentes industriais, reutilizando-os sempre que possível. Classifica-se o reúso da água de diversas formas: direto ou indireto; planejado ou não; potável ou não. Reúso indireto vem do despejo em corpo hídrico, posterior captação e reutilização – processo mundialmente tradicional. Reúso direto, proposto e investigado aqui, envolve coleta do efluente, imediato tratamento e reutilização no próprio local da coleta (para uso potável ou não). Abrange desde utilização industrial até recarga de aquífero. Requer análise preliminar de viabilidade; senão, seu sistema pode tornar-se super-oneroso e ambientalmente danoso. Demonstra-se especialmente adequado à lavagem de ônibus (reúso direto não-potável). Este trabalho investiga a implementação do reúso da água em empresas de viação de ônibus na cidade de São Paulo, com um estudo de caso para uma delas.*

**Palavras-chave:** *Reúso de água, Reúso direto não-potável, Lavagem de ônibus, Economia de água, Tratamento de água*

## 1. INTRODUÇÃO

As águas servidas dos mais diversos tipos lançadas nos corpos hídricos, com seu conseqüente reúso, configuram o sistema de depuração mais antigo da Terra. Este tipo de reúso se classifica como “indireto”, ou seja, captação de água que sofreu autodepuração em algum corpo hídrico, após se ter prestado a uso e perda de qualidade e sofrido prévio lançamento. Assim, indústrias e empresas participam do reúso indireto desde que iniciam atividade: umas tratam a água, despejam-na em rios e represas e outras a captam e reutilizam. No entanto, a definição de reúso não se limita a apenas esse tipo – como explicado a seguir.

O fato de haver diversos aspectos a considerar no reúso, torna difícil sua classificação. Há autores que discordam sobre o momento de início do processo; outros, sobre quando que ele se encerra e alguns, ainda, nos dois âmbitos. Mancuso et al. (2003, p. 23) citam as seguintes diversificações de conceito, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (1973):

- Reúso indireto: a água já usada uma ou mais vezes, para uso doméstico ou industrial, é descarregada nos corpos hídricos superficiais ou subterrâneos e utilizada novamente a jusante, de forma diluída;
- Reúso direto: o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades tais como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;
- Reciclagem interna: o reúso da água internamente a instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Reúso indireto por processos diversos ocorre há muito, com tecnologia notória e bem desenvolvida. O reúso direto, porém, tem atraído interesse mais recente, aliado ao conceito de reciclagem interna – objeto de novos e múltiplos estudos (ver RODRIGUES, 2005). Este artigo enfoca a capacidade de economias gerarem, de forma vantajosa, meios internos de tratar a água para reúso próprio, como “fonte alternativa” à captação de manancial – idéia básica da política de gestão do Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, em 1958.

Reúso pode ser classificado, também, através de seu fim: potável e não-potável – o primeiro, com a água preparada para uso humano, requerendo mais qualidade, tratamento específico e rigoroso. Na indústria, o reúso direto, com baixa probabilidade de contato humano, geralmente não-potável, exige menor grau de qualidade – atende apenas a certas exigências para eventual contato sem prejuízo notável.

A adoção de sistema de reúso de água em empresa ou indústria, atualmente, costuma-se justificar técnica e economicamente quase exclusivamente para fins não-potáveis. Para atingir fins potáveis, deve-se atender a inúmeras exigências de órgãos reguladores, arcar com elevado custo de equipamento e mão-de-obra especializada e, geralmente, promover apenas ínfimo decréscimo na quantidade total de água comprada à concessionária (comparada à quantidade de água total fornecida à empresa). Para abastecimento público potável, diferentemente, o reúso também é inviável na maioria das cidades densas (MANCUSO et al., 2003). Frotas de ônibus, ligadas em parte aos ramos de indústria e serviços urbano, utilizam muita água – a maior parte para lavar veículos e peças. A implantação de sistema de reúso de água nelas exige construção de planta e compra de equipamento que propicie tratamento de água que a impeça de danificar a lataria ou outras partes do veículo.

Encontra-se no Brasil a maior reserva de água doce num único país. Porém, a distribuição dessa é heterogênea: a bacia amazônica contém a maior parte dessa água, sendo muito pouco povoada ou industrializada. Já no Estado de São Paulo ocorre a maior parte do consumo de água do País e o descaso com alguns dos mananciais aumenta o problema da falta de recursos hídricos limpos. Sua escassez na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) segue piorando pela demanda crescente devida ao aumento populacional, de qualidade de vida e na industrialização. Isto aponta para uma única solução, desafiando órgãos gerenciadores de águas: controlar sua escassez pela conscientização da população, levando ao seu bom trato (RODRIGUES, 2005, p.16; FIESP, 2004). Os problemas devidos à escassez do recurso hídrico só serão solucionados com a análise de cada problema; soluções adequadas; políticas e sistema de gestão efetivos e legislação única, que harmonize a administração de todos aspectos do uso e da preservação da água, soluções para os diversos problemas acarretados – incluindo reúso da água – assim, tal solução poderá obter apoio da sociedade e emprego.

Este artigo tem por objetivo analisar a viabilidade de um sistema de reúso da água em empresas de ônibus, investigando sua prática e características de projetos, através de uma revisão da literatura e um estudo de caso na cidade de São Paulo. Para tanto, traz primeiro uma pesquisa bibliográfica, técnica e científica, sobre os problemas da escassez da água, necessidade de sistemas de tratamento e sistemas de reúso.

O estudo de caso envolve uma viação de ônibus; seu sistema de reúso; componentes e a forma como foi implantado. Engloba a análise de viabilidade técnica. Enuncia, ao final,

conclusões sobre a adoção de sistemas de reúso de água em geral e em lavagem de ônibus, bem como benefícios e limites para a adoção de reúso de água em empresas de ônibus.

## **2. DISCUSSÃO**

No sentido de prevenir dificuldades relevantes no abastecimento, com o agravamento da escassez hídrica, o reúso direto em larga escala é necessária e urgente. Além do tratamento da água, envolve conscientização de populações, empresas e indústrias. Há algum tempo, leis e sistemas de gestão vêm sendo elaborados no mundo industrializado para regulamentar o reúso nas cidades. Países que o implantaram já sentem benefícios e desvantagens. Sua adoção mais ampla já se nota nos Estados Unidos (METCALF et al., 2006; BISTANY, 2006; HAMILTON, 2004; SMITH, 2003) e também na Europa (IKZ-FACHPLANNER, 2007) e Japão (MIERZWA, 2002), com legislação que regulamenta e coordena a implantação e a operação dos sistemas, desde o reúso indireto até o apoio ao direto e sua divulgação. Nos EUA, já é lugar comum, com as adaptações dos meios de tratamento e da malha estrutural urbana (elétrica, transportes, áreas residenciais, industriais, comerciais) para viabilizá-lo.

Portanto, não se deve iniciar revolução brusca para implantar sistemas de reúso da água sem prévios estudos de viabilidade – como ocorre em cidades, indústrias e empresas dos Estados Unidos (BISTANY, 2006). Requer-se capital, área física e capacidade técnica. Processos de tratamento devem ser instalados e mantidos corretamente, para que a água reutilizada preserve equipamentos e a saúde do trabalhador. De fato, projeto ou instalação incorretos podem causar efeitos danosos ao meio ambiente.

O reúso direto ainda não está sendo adotado em larga escala no Brasil. Exemplo pioneiro, porém, é a prática da Prefeitura Municipal de São Paulo, reutilizando água para lavagem de ruas. Um crescente número de empresas paulistanas vem aderindo à implantação de reúso da água e algumas que já reutilizam esgoto quase na totalidade (GHOSN, 2008). Porém, o incentivo ao reúso da água no País só pode crescer de forma saudável se órgãos públicos e empresas privadas se conscientizarem para preservar a água natural de boa qualidade para usos nobres (ex: água potável), economizando recursos hídricos e diminuindo emissões nocivas ao ambiente – por exemplo impactos da indústria metalúrgica, siderurgia e frotas de ônibus. Neste último caso, as empresas podem-se beneficiar especialmente do reúso direto, pois usam muita água para lavar veículos e peças. Além de a água ter um custo elevado, faz tempo que sofrem multas e interdições por falta de tratamento adequado de efluentes. O reúso direto da água possibilita, nelas, corte significativo de custos no longo prazo, reduz a emissão de efluentes líquidos e as contas com a água e evita sanções por órgãos públicos. Ademais, com conscientização sobre o benefício econômico decorrente dele, cada vez mais empresas irão disponibilizar condições técnicas, físicas e financeiras para adotá-lo. Ressalte-se aqui que, antes de aplicar o reúso, é necessário esgotar as alternativas de uso racional da água.

## **3. APRESENTAÇÃO DO CASO**

A primeira visita à Viação Santa Brígida, na Vila Jaguara, São Paulo, foi efetuada pelo primeiro autor em setembro de 2007. Diferindo da maioria das congêneres, ela atende integralmente aos requisitos mínimos estabelecidos pela SABESP para o pré-tratamento das águas servidas – pelo que foi escolhida para este estudo, que aborda a viabilidade econômica e técnica em geral do reúso. Outro estudo crítico da mesma empresa, diferente deste, foi efetuado por Morelli (2005), que priorizou aspectos relacionados ao tratamento químico da água para reúso. Desde o início, porém, notou-se a consciência ecológica da empresa, já na manutenção veicular contra a poluição atmosférica. Assim, destacou-se no mercado e foi sido premiada, por exemplo, com o Prêmio Máster Imobiliário de 1999, com título “Uma Solução

“Ecológica” (descrevendo seu sistema de reúso de água). Foi fundada em 1980 e desde então transporta passageiros na Região Metropolitana de São Paulo, fazendo parte do grupo que inclui a Auto Viação Urubupungá, a Viação Cidade de Caieiras e a Urubupungá Transporte e Turismo. Em 1998 construiu, na Vila Jaguara, sua garagem-sede – objeto deste estudo de caso.



Figura 1 – Movimentação veicular e localização do córrego

Ambos os sistemas existentes na garagem – o de reúso de água e o de manutenção de veículos – foram projetados em conjunto para promover eficiência e sustentabilidade. “Boxes Ecológicos”, que analisam e regulam a emissão de poluentes dos ônibus, verificação de motor de veículo e tratamento de combustível são exemplos de atividades assim introduzidas. Além disso, os funcionários seguem conduta orientada e controlada com rigor. Por exemplo, o treinamento de condutores para mitigar a poluição do ar e manter os ônibus melhor conservados. As equipes de limpeza são instruídas a economizar água na lavagem de pisos e se instalou torneiras com desligamento automático nos sanitários. Campanhas internas de preservação de recursos naturais e o programa 5S são aplicados há nove anos.

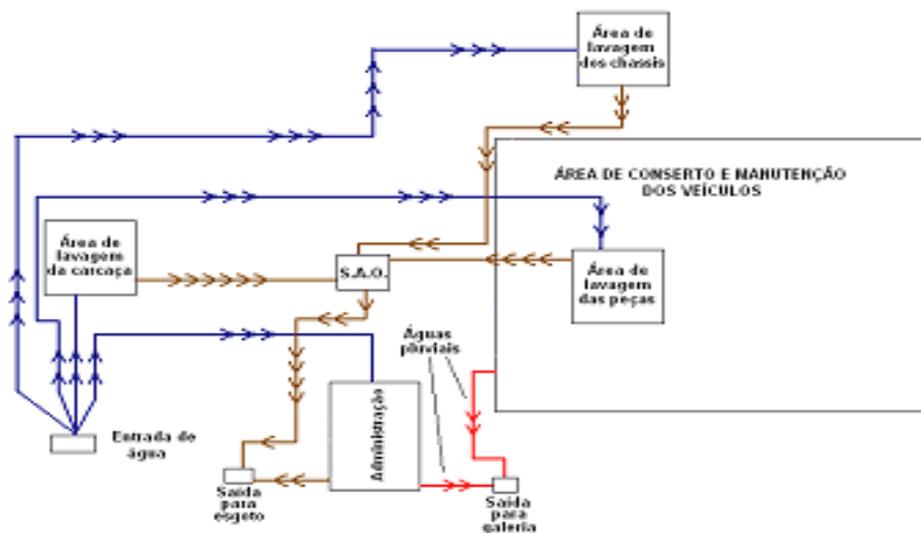
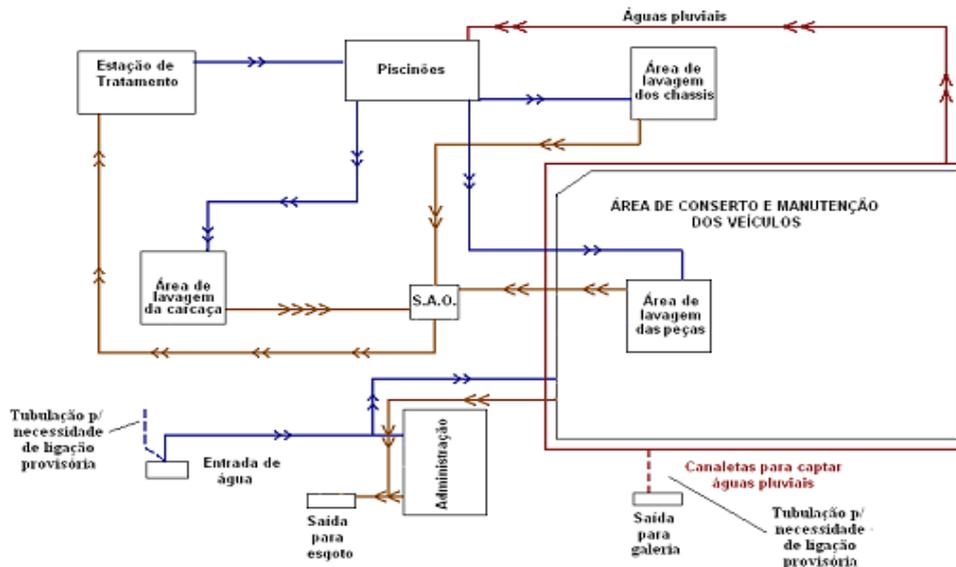


Figura 2 -- Situação simplificada inicial, antes da instalação do reúso  
 Figura 3 -- Situação simplificada após da instalação do sistema de reúso



Os fatores mais relevantes para a empresa ter implantado o sistema de reuso foram: o advento da escassez hídrica na metrópole paulistana; inovação; redução da despesa com água e melhoria da imagem pública. Essa implantação de garagem sustentável foi idéia tão inovadora que, à época, a CETESB não aplicou qualquer exigência específica para reuso em empresa ou indústria – ainda não havia! Esse sistema pioneiro influenciou, então, o setor de reuso, inspirando algumas cobranças ou controles atuais pelos órgãos reguladores.



Figura 4 – Primeiro autor em visita à Empresa, na área externa de lavagem de ônibus

O sistema pode processar até cerca de  $500\text{m}^3/\text{dia}$  – valor que justificou a implantação – de água com qualidade para uso industrial (classificação do uso que se faz na garagem). Implantou-se a princípio somente o tratamento comum em tais unidades (por exemplo, caixas separadoras de água e óleo), adicionando-se depois a inovação da estação de tratamento para reuso, a adequação do conjunto e dele ao projeto do imóvel. Montou-se assim a logística interna: os veículos transitam por cada etapa de manutenção com minimização de contornos, sem interferência pela presença do sistema de reuso. A fotografia na Figura 1 mostra também o córrego receptor dos efluentes, em caso do excesso de água tratada – presença determinante na escolha do local. A estação de tratamento (única instalação térrea do sistema de reuso), por ser pequena, pôde ser instalada onde não impedisse uma boa logística. Como o restante do sistema de reuso é subterrâneo, a frota trafega como se tal sistema não existisse – como segue.

Do serviço externo, o ônibus segue direto para o abastecimento e a lavagem externa, no pequeno prédio anexo ao grande edifício térreo (prédio da manutenção) ao centro na fotografia e dali para a manutenção. Denomina-se manutenção, pela ordem, o conjunto formado por conserto mecânico (eventual), lavagem de chassi (na metade ao fundo do prédio) e lavagem de peças (metade à frente do prédio). Depois dela, o veículo segue para o estacionamento.

Ao contar já com a logística instalada, nos moldes tradicionais, uma movimentação fácil e eficiente dos veículos e a unidade Separadora de Água e Óleo-SAO (primeira fase), a Viação Santa Brígida passou a implantar a segunda fase, com as tubulações hidráulicas da seguinte forma: o setor de lavagem externa, o de lavagem de peças (incluindo lavagem de pisos) e a área de lavagem dos chassis encaminham seus efluentes, independentemente, para SAO; tubulação específica capta o efluente da SAO e o conduz à estação de tratamento, donde a água tratada é enviada a reservatórios subterrâneos (capacidade: 200m<sup>3</sup>), que a armazenam até ser empregada nas lavagens. Na Figura 3 se vê melhor a disposição das tubulações e os outros componentes do sistema de tratamento e reúso. A Figura 2 permite compará-la com a dos sistemas tradicionais das garagens de ônibus, apenas com tratamento convencional, visando um efluente pronto para ser lançado ao curso d'água ou à rede de esgotos.

Além da água tratada, reservatórios subterrâneos armazenam águas de um poço artesiano disponível e água pluvial – utilizadas para suprir as perdas nos processos de lavagem e tratamento, como mananciais alternativos capazes de enviar água a todas as áreas de lavagem.

Das áreas de lavagem externa de veículos (como mostra a fotografia da Figura 4) e dos pisos internos onde são lavados, a água já utilizada é captada por uma circunvalação de canaletas (uma destas é mostrada na fotografia da Figura 5). Apenas certa parte escapa a essa captação: a “água de arraste” – que vai escorrendo da carcaça após a lavagem e evapora ou segue estilando do veículo rumo à próxima etapa de manutenção. Segundo a empresa, isto causa perda de cerca de 25% do volume potencial para reúso – repostada pelo poço artesiano e pela captação pluvial, pré-armazenadas nos reservatórios subterrâneos.

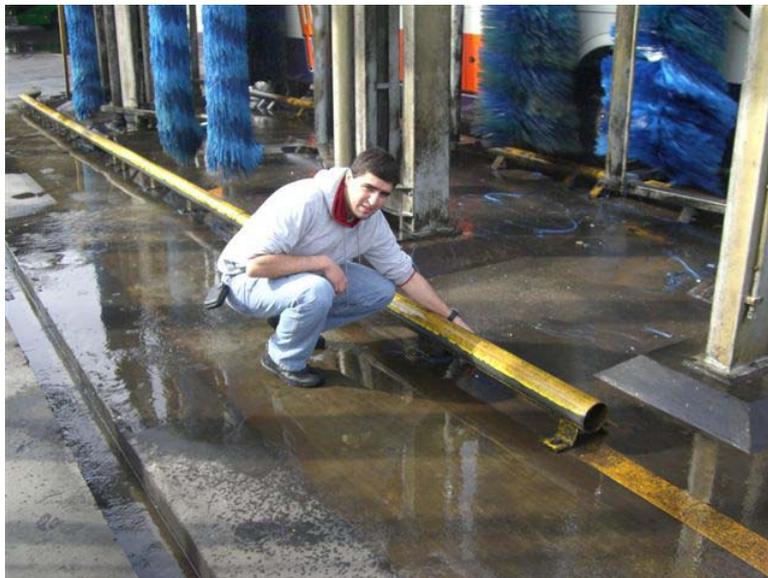


Figura 5 – O primeiro autor na área de lavagem de ônibus. À esquerda, uma das canaletas de coleta de águas de lavagem

A água subterrânea captada é duvidosa para a lavagem, podendo ser dura (ou seja, ter dificuldade em diluir sabão), conter substâncias ou pH nocivos ao veículo ou causar depósito de calcita nas máquinas de lavagem. Se estiver dura, é tratada com tecnologia específica e

levada aos reservatórios subterrâneos. Quanto às águas pluviais dos telhados das garagens, descem por tubulações embutidas nos pilares da cobertura e seguem para canaletas que circundam grande parte da área construída. Daí, são transportadas para os reservatórios. Toda chuva nos telhados é captada de forma similar. A parte que cai no piso, construído com leve inclinação em direção às canaletas, escoam naturalmente para elas. Só é utilizada quando seu pH não é muito baixo. Por exemplo, depois de uma grande estiagem em área industrial (ex: RMSP), a primeira água da chuva costuma ser ácida e exigir quantidade considerável de produtos químicos para ter qualidade aceitável, acarretando dosagem excessiva de soluções alcalinas e gasto desnecessário e danos ambientais (MAY, 2004). Assim, as primeiras águas de chuva após longa estiagem são usadas para lavar os reservatórios subterrâneos e descartadas logo a seguir. No cotejo entre o uso complementar de água subterrânea ou pluvial, a última leva vantagem, pois captar, bombear e tratar água de poço implica custos mais elevados.



Figura 6 – Efluente da lavagem de peças

Só se compra água da SABESP para o consumo humano, pois demanda melhor qualidade elevada. Foi para poupá-la e reduzir custos que se idealizou este sistema – melhor detalhado em Ghosn (2008). A maioria dos efluentes gerados pela lavagem externa das peças e dos pisos é altamente concentrada em óleos e graxas. De fato, a Figura 6 mostra o aspecto do efluente da lavagem de peças, com uma elevada carga de óleos e graxas à superfície do fluxo. Para separá-los do efluente tratado, evitando que causem dificuldades ao tratamento do esgoto público, efluentes de lavagem devem ser encaminhados à caixa separadora de água e óleo, SAO, que emprega um processo físico por gravidade (GHOSN, 2008) – mesmo naquelas sem reúso. Neste caso, uma única SAO foi instalada na fase anterior à implantação do reúso e permanece única. Atualmente, existe proposta, interna à empresa, para reaproveitá-la como dispositivo de convergência para três novas SAO, a serem instaladas após cada uma das três unidades de lavagem -- medida benéfica tanto para baratear o tratamento do efluente da SAO para reúso, quanto para permitir melhor tratamento e permitir eventuais lançamentos à rede coletora ou a algum corpo hídrico..

#### 4. RESULTADOS

É patente a eficácia do sistema de reúso estudado, produzindo os volume necessários de água tratada a custos vantajosos – além de ser automatizado, evitando gasto excessivo com mão-de-obra e funcionando só quando necessário. A Tabela 1 atesta essa eficácia, permitindo comparar qualidade do efluente proveniente da lavagem à da água tratada.

O preço pago pela economia no tratamento é um pH 5, aceitável mas não ideal: caso se quisesse atingir pH 7, a dosagem de reagentes deveria ser bem maior. Os outros valores são bastante satisfatórios: a cor da água diminuiu no mínimo 88%; a turbidez, 95%; os Sólidos Sedimentáveis (SSed) atingiram praticamente a marca nula e a concentração de óleos e graxas (OG) abaixou muito (96%, no mínimo) (MORELLI, 2005). Além desse acompanhamento tradicional de qualidade, a empresa plantou um jardim ao lado da estação, ou seja, um “bioanalisador da água de reúso”. É constantemente regado com água tratada e contém plantas – algumas flores – o que exigem água de boa qualidade para vicejarem. Ao se manter florido, indica que a qualidade da água de reúso tem sido boa.

Tabela 1 – Comparação entre efluente proveniente das lavagens e água para reúso

VARIÁVEIS	EFLUENTE BRUTO	ÁGUAS REUTILIZADAS
PH	6,50	5,00
Cor inicial (mg Pt / L)	> 500	entre 10 e 60
Turbidez inicial	entre 118 e 180	entre 1,5 e 6,0
SSed (mL / L)	entre 0,3 e 2,0	0
OG (mg / L)	entre 142 e 403	< 5

Fonte: Morelli (2005)

Quanto à viabilidade econômica do sistema de reúso, gerou evidente economia à empresa, ainda segundo a qual a amortização ocorreu em dois anos (GHOSN, 2008). O custo estimado dessa amortização, inicialmente para 8 anos, era R\$23.954,33/ano e caiu para somente R\$16.677,06/ano, na realidade (mormente pelo aproveitamento de itens estruturais já existente); a estimativa dos custos de operação era R\$63.800,00/ano, mas caiu para R\$59.000,00/ano; a manutenção foi estimada em R\$3.190,00/ano, que caiu para R\$2.950,00/ano – valores segundo Morelli (2005), que ainda avalia que o sistema reduziu de 70 a 80% os custos com água, correspondendo a uma economia de 200m<sup>3</sup>/dia. Obviamente, tal redução nos custos totais gera redução no custo unitário da água. A empresa informou que gasta cerca de R\$ 350,00/dia com o tratamento, resultando custo unitário médio de R\$0,70/m<sup>3</sup> de água tratada para reúso (GHOSN, 2008). Compare-se tal valor ao de venda de água de reúso pela SABESP, R\$1,60/m<sup>3</sup> (com a indústria local disposta a pagar até R\$1,80/m<sup>3</sup>) e ao valor da água potável da SABESP, R\$8,00/m<sup>3</sup> (segundo FURTADO, 2007). Portanto, mesmo sem considerar benefícios intangíveis (tais como reconhecimento público, ausência de sanções legais e impactos positivos sobre a sociedade à qual a empresa pertence), fica patente a notável viabilidade da adoção do reúso da água de processo na lavagem de ônibus

O primeiro autor foi informado pela empresa de que o custo total da implantação foi de aproximadamente 50 mil dólares, em 1998, incluindo projeto, obras civis e instalações. Lembra-se que já existiam alguns tanques e tubulações instalados, promovendo uma economia, comparada com se partir de investimento zero – situação esta não avaliada para comparação, segundo os representantes da empresa.

#### 5. CONCLUSÃO

O presente projeto de pesquisa permitiu ao acadêmico de Engenharia Civil, formando (primeiro autor), ter acesso a importantes fontes de informação na área do abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto industrial. Possibilitou-lhe, também, compartilhar de uma rara atuação espontânea de empresa privada no sentido de preservar a qualidade das águas naturais e urbanas. A interação com os funcionários no ambiente da empresa e a comunicação com a sua Administração viabilizaram melhor entendimento das restrições do Saneamento Básico e ao abastecimento industrial – dificuldades cada vez mais relevantes para a implantação, a operação e a manutenção dos agentes produtivos na RMSP; enfim, para esta importante área de atuação do engenheiro civil.

De todas as informações que se pode apurar na pesquisa bibliográfica e nas visitas à Empresa, passa-se à conclusões resumidas a seguir.

A escassez hídrica se acelera no Planeta, enquanto a poluição das águas não diminui significativamente, com conseqüências notáveis na forma de restrições ao abastecimento potável – principalmente em grandes centros urbanos.

Dentre propostas para resolver tal impasse, tais como uma urbanização melhor, o controle da poluição hídrica (com medidas rigorosas contra poluidores e com práticas conservacionistas) e o uso racional da água, tem sido crescente a indicação do reúso das águas servidas para fins diversos – principalmente o industrial.

A melhora nesse quadro deve-se iniciar por parte dos órgãos de governo e da administração mista, com medidas exemplares, infelizmente ainda raras no Brasil – tanto para controle do uso e poluição das águas pelos diversos agentes da sociedade, quanto por medidas de Estado no que toca ao saneamento básico. Forte esperança, porém, se levanta pela ação consciente de indústrias e empresas de grande ou médio porte, que vão aderindo à gestão ambientalmente correta e tendo uma crescente percepção da ecoeficiência. Este é o caso do estudo aqui relatado, em que a empresa Viação Santa Brígida implementa o reúso de água para a lavagem de seus veículos, aliado a pequenos reforços oriundos de captação pluvial e subterrânea – tudo isto sob política de racionalização do uso da água.

Dos tipos de reúso de águas servidas, o indireto já é objeto de legislação e difundido. Mas é o reúso direto que efetivamente diminui substancialmente a necessidade de captar água e a quantidade de efluentes lançados ao ambiente. Não obstante, sua implantação ainda não se disseminou. Para tanto, deve-se implementar gestões públicas e legislação específica baseadas em estudos técnicos e científicos que tracem coordenadas e demonstrem vantagens a empresas e indústrias.

As empresas de frota de ônibus são um exemplo de setor que pode e deve fazer bom uso de sistemas de reúso direto. A cidade de São Paulo, que detém uma das maiores frotas de ônibus do mundo (PMSP, 2007), precisa implantar tais sistemas em larga escala, com planejamento. Primeiro, contemplando o lay out e a logística da garagem, para permitir a implantação de tubulações e equipamentos de reúso sem atrapalhar o funcionamento eficiente. Segundo, escolhendo o tratamento com vistas à qualidade e à economia, ou seja, para obter a qualidade necessária para a lavagem, mas não onerosa a ponto de impedir a amortização do custo de implantação. Por fim, baseando o sistema em projeto que maximize a eficiência, com aproveitamento máximo da água reusada. Para tanto, um projeto de viabilidade deve ser montado, visando os âmbitos técnico, físico e econômico da proposta.

Recomenda-se, portanto, a ampliação dos estudos referentes a esse tipo de reúso e sua conseqüente divulgação. A implantação por uma única empresa, como a da Viação Santa Brígida, é importante demonstração de sucesso – mas, isolada, não irá acarretar melhoras significativas no quadro geral de escassez, nem impactar o mercado de forma suficiente para mudá-lo com a necessária rapidez. A adoção de reúso por empresas similares, porém, poderá

gerar tal melhora e também incentivar empresas de outros ramos a utilizarem o recurso hídrico desta forma mais sustentável.

Finalmente, conclui-se que o amplo leque de atividades, leituras e visitas do primeiro autor durante este projeto de pesquisa lhe possibilitaram não somente produzir um Trabalho de Graduação com conteúdo prático e útil para outros pesquisadores que queiram seguir com este assunto de pesquisa, mas também acrescentaram à sua formação um caráter de realismo e o contato com a indústria e a linha de produção, tão necessários à prática eficiente da profissão.

### ***Agradecimentos***

Os autores agradecem o fundamental apoio da Viação Santa Brígida, com o fornecimento de dados, as permissões de visitas e discussão de idéias.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BISTANY, A.S. Navigating the rising currents of U.S. Water reuse. **Water Environment and Technology**. Alexandria, Virginia, Estados Unidos. v. 18, n.5, p. 20-25. 2006.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conservação e reúso de água: Manual de Orientações para o Setor Industrial**. 2004. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/ambiente/reuso.pdf>>. Acesso em: 04/04/2007.

FURTADO, Marcelo. **Desmineralização de água: pesquisa nacional promete expandir uso de membrana**. Artigo científico. 2007. Disponível em: <<http://www.quimica.com.br/revista/qd442/desmineralizacao2.html>>. Acesso em: 06/01/2007.

GHOSN, J.A. **Estudo do reúso de água na lavagem de ônibus**. 2008. Dissertação (Graduação em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.

HAMILTON, R. Water, water everywhere. **Water Environment and Technology**. Alexandria, Virginia, Estados Unidos. v. 16, n.1, p. 35-39. 2004.

IKZ-FACHPLANNER. Hamburgo investe no reaproveitamento de água cinza. **Revista Hydro**. v. 1, n.5, p. 42-47. 2007.

MANCUSO, P.C.S.; BLUM, J.R.C.; BREGA FILHO, D.; DOS SANTOS, H.F.; EIGER, S.; FINK, D.R.; GRULL, D.; HESPANHOL, I.; JULIÃO DOS SANTOS, G.; NARDOCCI, A.C.; PADULA FILHO, H.; PAGANINI, W.S.; PHILIPPI JR., A. **Reúso de Água**. São Paulo: Ed. Manole Ltda., 2003.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

METCALF, R. e outros. Reuse it all. **Water Environment and Technology**. Alexandria, Virginia, Estados Unidos. v. 18, n.5, p. 38-43. 2006.

MIERZWA, J.C. **O Uso Racional e o Reúso como Ferramentas para o Gerenciamento de Águas e Efluentes na Indústria: Estudo de Caso da Kodak Brasileira.** 2002. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MORELLI, E.B. **Reúso de Água na Lavagem de Veículos.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

RODRIGUES, R.S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reúso no Brasil.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SMITH, D. Reuse the island way. **Water Environment and Technology.** v. 15, n.1, p.30-34. 2003.

### **SCHOOL-INDUSTRY INTEGRATION FOR UNDERGRADUATE RESEARCH PROJECT: CASE STUDY OF WATER RE-USE FOR BUS WASHING IN A TRANSPORT COMPANY**

**Abstract:** *With the increasingly growing world population, mainly on the countries still on a low level of human development, and considering the depleting water resources throughout the Globe, water scarcity is spreading world-wide. This heats Brazil particularly under the aspects of heterogeneity in the distribution of water resources; lack of rationality in use, and inadequate discharge into water bodies, so leading to a situation of stress of the water sources and shortages in water supply at some regions. It is therefore urgent and unavoidable that rational water use be implemented, allowing to reduce as much as possible water exploitation at such sources, with effective management policies that render compulsory that supply water and sewage become properly treated, as well as industrial effluent – and, as much as possible, become re-used. Re-use can be alternatively classified, as follows: direct or indirect; planed or not; drinkable or not. Indirect re-use is that following effluent disposal onto water bodies –the mixed being water abstracted, after its natural pathway in the water body, by another user downstream – a traditional, world-wide process. Direct re-use, investigated here, encompasses effluent collection, immediate treatment, then re-utilisation at the same system where it was collected (for drinking or non-drinking uses) – including uses ranging from industry supply towards underground water recharge – after preliminary viability analysis; otherwise, systems might become either economically or environmentally disadvantageous. Its application to bus washing has demonstrated specially adequate in such terms, as shown by the case-study conclusions about a bus-fleet company in São Paulo.*

**Key words:** *Water re-utilisation, non-drinkable indirect re-use, bus washing, water saving, water treatment*