



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## POTENCIALIDADES DO REUSO DA ÁGUA: ESTUDOS DE CASO NO SETOR SUCROALCOOLEIRO E UNIVERSITÁRIO

Gerson Araujo de Medeiros<sup>1</sup>; Osvaldo Oliveira de Carvalho Junior<sup>2</sup>; Gabrielly Boer Vaccari<sup>2</sup>

---

### RESUMO

O reuso da água vem ganhando destaque, ao longo das últimas décadas, como uma alternativa para o enfrentamento da escassez dos recursos hídricos pela sociedade contemporânea. O objetivo do presente trabalho é apresentar dois estudos de caso relacionados ao reuso da água no Estado de São Paulo, envolvendo o setor sucroalcooleiro e o universitário. Realizou-se um levantamento de informações sobre o reuso da água junto a Usina Colombo, no município de Ariranha, enfocando os projetos de recirculação de água no sistema produtivo e da estação de tratamento de efluentes. Na Faculdade de Tecnologia de Indaiatuba, em Indaiatuba, estimou-se a quantidade potencial de água gerada a partir da chuva e a demanda dessa instituição de ensino superior. Os resultados na Usina Colombo demonstraram uma economia de aproximadamente 42.700 m<sup>3</sup> mensais, pela recirculação no sistema de resfriamento e reuso da água, além do tratamento de 72.500 m<sup>3</sup> de efluentes líquidos por mês. O investimento na estação de tratamento de efluentes foi recuperado num intervalo de apenas cinco anos, além da usina economizar R\$ 115.200,00 ano/safra, deste a implantação do projeto. Na instituição de ensino superior esse investimento seria recuperado num período de aproximadamente 30 meses, demonstrando a viabilidade desse tipo de projeto.

**Palavras-chave:** recursos hídricos, gestão ambiental, sustentabilidade.

### POTENTIAL OF WATER REUSE: CASE STUDIES IN THE SUGARCANE AND UNIVERSITY SECTOR

#### ABSTRACT

The reuse of water has been gaining attention over the past decades, as an alternative to face scarcity of water resources by contemporary society. The purpose of this paper is to present two case studies related to the reuse of water in the state of São Paulo, involving the sugarcane sector and the university. We conducted a survey of information on water reuse at Colombo Sugarcane Plant, in the city of Ariranha, focusing on the recirculation of water projects in the productive system and treatment plant effluent. In the Faculdade de Tecnologia de Indaiatuba, in the county of Indaiatuba, estimated the potential amount of water generated from rain and demand for the higher education institution. The results showed Colombo Plant in a savings of approximately 42,700 m<sup>3</sup> per month, by recirculating the cooling system and water reuse, and treatment of 72,500 m<sup>3</sup> of wastewater per month. The investment in treatment plant effluent was recovered in a span of just five years, and the plant save R\$ 115,200.00 year/harvest, since the implementation of this project. In higher education institution that investment would be recovered within approximately 30 months, demonstrating the viability of this type of project.

**Keywords:** water resources; environmental management; sustainability.

---

Trabalho recebido em 10/01/2012 e aceito para publicação em 11/03/2011.

---

<sup>1</sup> Professor; Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (UNESP), Av. Três de Março, n. 511, Bairro Alto da Boa Vista, Sorocaba – SP, CEP 18087-180. E-mail: gerson@sorocaba.unesp.br

<sup>2</sup> Técnico em Processos Gerenciais. E-mail: osvaldocjr@hotmail.com; gabiboer@hotmail.com.

## 1. INTRODUÇÃO

O interesse crescente no reuso da água se fundamenta na questão da escassez dos recursos hídricos e nos custos crescentes da água potável tratada. Nesse sentido, tem-se observado uma proliferação de pesquisas e relatos apontando para as iniciativas bem sucedidas de reuso da água no setor industrial (WEBER et al., 2010; BORDONALLI, MENDES, 2009; BONA et al., 2008), agropecuário (LEAL et al., 2009; DAMASCENO et al., 2010; FONSECA et al., 2007; SANTOS et al., 2011) e urbano (NUNES, 2006; SILVA, 2007).

A água de reuso pode ser produzida dentro das Estações de Tratamento de Esgoto, em Estações de Tratamento de Efluentes Industriais ou captada a partir do escoamento em coberturas e telhados, durante eventos de chuva.

Hespanhol (2002) apresenta uma ampla gama de formas potenciais de reuso da água para fins urbanos, industriais, agrícolas e ambientais, como a recarga de aquíferos; além dos benefícios dessa prática para a saúde humana e a sua base legal. Esse autor destaca uma série de atividades domésticas, industriais e agrícolas que poderiam utilizar uma água não potável como: limpeza de pisos, pátios

ou galerias de águas pluviais; controle de poeira em terraplanagem e movimentos de terra; combate a incêndios; irrigação de parques, jardins públicos, gramados etc.; preparação e cura de concreto em canteiros de obra, e para compactação de solos; processos industriais e torres de resfriamento, entre outros.

Os benefícios proporcionados pelo reuso da água podem ser agrupados em ambientais, econômicos e sociais (FIESP, CIESP, ANA, 2004). Para o meio ambiente o reuso da água contribui para:

- redução do lançamento de efluentes industriais em cursos d'água;
- redução da captação de águas superficiais e subterrâneas;
- aumento da disponibilidade de água para usos mais exigentes, como abastecimento público, hospitalar, etc.

Podem ser citados os seguintes benefícios econômicos do reuso da água (FIESP, CIESP, ANA, 2004):

- conformidade ambiental em relação a padrões e normas ambientais estabelecidos, possibilitando melhor inserção dos produtos brasileiros nos mercados internacionais;
- mudanças nos padrões de produção e consumo;
- redução dos custos de produção;
- aumento da competitividade do setor;

- habilitação para receber incentivos e coeficientes redutores dos fatores da cobrança pelo uso da água.

Finalmente FIESP, CIESP, ANA (2004) apontam os benefícios sociais que são proporcionados pelo reuso da água, como os elencados por:

- ampliação da oportunidade de negócios para as empresas fornecedoras de serviços e equipamentos, e em toda a cadeia produtiva;
- ampliação na geração de empregos diretos e indiretos;
- melhoria da imagem do setor produtivo junto à sociedade, com reconhecimento de empresas socialmente responsáveis.

Segundo FIRJAN (2006) a primeira regulamentação que tratou de reuso de água no Brasil foi a norma técnica NBR-13.696, de setembro de 1997, na qual são definidas classes de água de reuso e seus respectivos padrões de qualidade.

Posteriormente, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), publicou a Resolução 54, em 2005, que estabelece os critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água (FIRJAN, 2006). Nessa resolução, em seu Artigo 3º, são definidas as cinco modalidades de reúso de água:

*Reuso para fins urbanos:* utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros

públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

*Reuso para fins agrícolas e florestais:* aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

*Reuso para fins ambientais:* utilização de água de reuso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

*Reuso para fins industriais:* utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais; e,

*Reuso na aquicultura:* utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

No segmento urbano estudos realizados sobre o reuso da água no setor serviços, notadamente no tocante ao setor educacional, são escassos, destacando-se Silva (2007).

Esse quadro tem sido dificultado pela falta de uma série de informações básicas de projeto, como o índice de consumo, custos envolvidos, demanda sazonal de água etc., o que dificulta uma melhor disseminação dessa abordagem de gestão da água. Já no segmento agrícola ele vem ganhando destaque, notadamente no setor sucroalcooleiro, um dos mais importantes do agronegócio brasileiro (ANA, FIESP, ÚNICA, 2009)

O setor sucroalcooleiro possui grande repercussão na economia nacional,

pois de acordo com a União da Indústria de Cana de Açúcar (UNICA) o país é o maior produtor e exportador de açúcar do mundo, e em relação ao etanol é o segundo colocado na produção mundial (UNICA, 2012).

A área de plantio de cana-de-açúcar está estimada em 8,4 milhões de hectares na safra de 2011/2012, cuja distribuição geográfica demonstra atualmente uma concentração na região Centro-Sul, composta pelos estados das regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste (CONAB, 2011). O estado de São Paulo concentra a maior área cultivada, a qual corresponde a 52,2% do total brasileiro, seguido de Minas Gerais, cuja área de plantio atinge 8,8% (CONAB, 2011).

Um dos principais insumos desse setor é a água, pelo seu uso em todas as etapas da cadeia produtiva, desde o cultivo da cana de açúcar até os processos industriais envolvidos na produção do açúcar e álcool.

O uso médio de uma usina com destilaria anexa, produzindo 50% de açúcar e 50% de etanol, pode atingir 22 m<sup>3</sup> por tonelada, sendo a maior porcentagem de uso no processo de resfriamento de água da fábrica (evaporador e cozedor) e no resfriamento da destilaria, podendo atingir de 62% a 71% do consumo total de água, segundo ANA, FIESP, UNICA (2009).

De acordo com a UNICA (2012), a utilização da água na produção é intensiva, mas a reutilização já alcança índices elevados, atingindo níveis de captação e lançamento muito eficientes. No período de 1990 a 1997 eram captados cerca de 5 m<sup>3</sup> por tonelada de cana processada; já em 2004 foi apurado um valor de 1,83 m<sup>3</sup> por tonelada de cana processada em algumas amostras do estado de São Paulo, sendo que atualmente esse valor está em torno de 1 m<sup>3</sup> por tonelada processada (UNICA, 2012).

Acrescente-se que São Paulo é um dos estados que mais tem enfrentado escassez de água, tanto em qualidade como em quantidade (ANA, FIRJAN, UNICA, 2009).

Desta forma, as usinas do setor sucroalcooleiro vêm aplicando em seus processos industriais formas de gestão para economizar e reutilizar a água, um recurso de extrema importância para o meio ambiente e para a existência humana (ANA, FIRJAN, UNICA, 2009).

Nesse aspecto, uma importante fonte de água doce no meio urbano e industrial provém da chuva captada nos telhados e pisos, pela sua qualidade superior em relação aos efluentes utilizados para reuso, apresentando-se como uma alternativa perante o quadro de escassez de recursos hídricos.

Outro importante aspecto relacionado ao uso de sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais é a redução das enchentes em áreas urbanas. Todavia, deve-se destacar que o uso de água da chuva necessita ser gerenciado quanto aos seus aspectos qualidade e quantidade.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho é avaliar a viabilidade do reuso da água, baseado em dois estudos de caso no estado de São Paulo, envolvendo o setor sucroalcooleiro e o universitário.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Reuso da água na Usina Colombo

Foi realizado um estudo de caso e uma pesquisa exploratória na Usina Colombo S/A, localizada no município de Ariranha – SP (Figura 1).



(a)



(b)

**Figura 1.** (a) Localização do município de Ariranha, no estado de São Paulo (Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:SaoPaulo\\_Municip\\_Ariranha.svg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:SaoPaulo_Municip_Ariranha.svg)) e (b) vista da Usina Colombo (Fonte: <http://www.acucarcaravelas.com.br/site/galeria/index.html>)

O Grupo empresarial Colombo é composto pelas empresas Usina Colombo S/A Açúcar e Álcool e Cia Agrícola Colombo, sendo responsável por uma produção média anual de duzentos milhões de litros de álcool.

Aplicou-se um questionário para levantar as informações da Usina relacionadas ao seu sistema de gestão dos recursos hídricos, particularmente a reutilização da água.

### 2.2. Reuso da água na Faculdade de Tecnologia de Indaiatuba (FATECID)

O presente trabalho foi desenvolvido com base na previsão das instalações FATECID, localizada em Indaiatuba, estado de São Paulo (Figura 2), para o ano de 2010.

IBGE (2012) estimou em Indaiatuba uma população de 201.619 habitantes, em 2010, o que correspondia a uma densidade populacional de 647,5 hab km<sup>-2</sup>. Esse município é um dos 68 que integram as bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, uma das regiões com maior escassez de água do Estado de São Paulo.

Por esse motivo, Indaiatuba está limitada quanto à disponibilidade de águas superficiais, e seus poucos mananciais abrangem terras pertencentes a outros municípios, trazendo dificuldades tanto para a utilização quanto para o controle e da poluição hídrica.

O município apresenta 100% da população urbana atendida pelo sistema de abastecimento de água, constituído por uma rede de distribuição de

aproximadamente 608 km, com 57.035 hidrômetros ativos (SAAE, 2012).

A Faculdade de Tecnologia de Indaiatuba oferecia, em 2010, sete cursos superiores de graduação, um curso de Extensão em Mainframe, voltado à terceira idade e dois cursos de pós graduação.

Essa pesquisa enfocou o aproveitamento de águas pluviais, desprezando-se as águas cinzas e as negras. O perfil da demanda de água dessa instituição foi estimado, pois não existiam registros do consumo de água da FATECID, até o ano de 2010, em virtude de acordo com a prefeitura local.

A viabilidade econômica do aproveitamento da água pluvial foi avaliada, inicialmente, por meio de três fatores: o índice pluviométrico do município; a área de coleta da água de chuva e a demanda prevista.



(a)



(b)

**Figura 2.** Localização do município de Indaiatuba, no estado de São Paulo (Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:SaoPaulo\\_Municip\\_Indaiatuba.svg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:SaoPaulo_Municip_Indaiatuba.svg)) e vista da Faculdade de Tecnologia de Indaiatuba (Fonte: <http://www.desenvolvimento.sp.gov.br/noticias/?ID=1631>)

Para esse fim arbitrou-se o volume do reservatório de água da chuva em 130 m<sup>3</sup>, baseado na estrutura de armazenamento já disponível na FATECID e nas condições para a sua expansão. Após essa consideração, fez-se uma simulação da variação mensal da quantidade de água de chuva armazenada, utilizando-se o método da simulação, descrito na norma NBR 15527 (ABNT, 2007), o qual tem sido recomendado e avaliado por outros autores, como Dorneles et al. (2010), Anecchini (2005) e Tomaz (2007).

O equacionamento básico do método da simulação, apresentado na NBR 15527 tem a seguinte forma (ABNT, 2007)

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (1)$$

$$Q_{(t)} = C \cdot P_{(t)} \cdot A \quad (2)$$

Sendo:  $0 \leq S_{(t)} \leq V$

Em que  $S_{(t)}$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$  (m<sup>3</sup>);  $S_{(t-1)}$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t-1$  (m<sup>3</sup>);  $Q_{(t)}$  é o volume de chuva no tempo  $t$  (m<sup>3</sup>);  $D_{(t)}$  é o consumo ou demanda no tempo  $t$  (m<sup>3</sup>);  $V$  é o volume do reservatório fixado (m<sup>3</sup>);  $C$  é o coeficiente de escoamento superficial (adimensional);  $P_{(t)}$  é a precipitação no tempo  $t$  (mm);  $A$  é a área de captação do telhado (m<sup>2</sup>).

Para este método, duas hipóteses devem ser feitas, o reservatório está cheio, no início da contagem do tempo  $t$ , e os

dados históricos são representativos para as condições futuras.

A área de cobertura de telhado da FATECID na época desse estudo, em 2010, correspondia a 500 m<sup>2</sup>.

Outras duas edificações estavam em construção, sendo concluídas em 2010. A primeira apresentava uma área de cobertura de 480 m<sup>2</sup> e segunda de 150 m<sup>2</sup>. Portanto, considerou-se uma área total de cobertura de 1.130 m<sup>2</sup>.

O tipo de cobertura das construções da FATEC de Indaiatuba era de telhas corrugadas de metal e fibrocimento, o que levou a seleção de um coeficiente de escoamento superficial de 0,80 (TOMAZ, 2003).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Reuso de água no setor sucroalcooleiro

Segundo dados do Grupo Colombo a média do consumo de água no sistema produtivo foi de 0,78 m<sup>3</sup> de água por tonelada de cana processada na safra 2009/2010, abaixo da estimativa média de 1 m<sup>3</sup> por tonelada de cana processada divulgada por ÚNICA (2012).

Uma estratégia de gestão ambiental da empresa para a redução do consumo de água foi a sua reutilização para resfriamento. Essa reutilização da água

empregada no processo industrial ocorre por meio de sua recirculação em circuito fechado, para elevar a eficiência da troca térmica, tanto na fabricação do açúcar como na do álcool.

Anteriormente a instalação das torres de resfriamento, a água utilizada para o arrefecimento era totalmente captada de mananciais superficiais, nas represas localizadas na área da própria Usina. Por esse motivo, na época de estiagem, o nível de água da represa apresentava um drástico rebaixamento.

Atualmente, a água utilizada é proveniente de poços subterrâneos, sendo que o maior volume captado é apenas para complementar o sistema de recirculação e repor as perdas por evaporação.

Antes da implantação desse sistema, no ano de 2002, a Usina consumia  $50 \text{ m}^3/\text{h}$ , ou cerca de  $1.200 \text{ m}^3$  diários, durante a safra. Após a implantação do processo de recirculação o consumo de água na indústria passou a aproximadamente  $2 \text{ m}^3$  por dia.

Outra estratégia voltada para a economia da água se dá pela fertirrigação. O volume de vinhaça utilizado na safra 2009/2010 alcançou  $2.494.186 \text{ m}^3$ , ou seja,  $0,498 \text{ m}^3$  por tonelada de cana processada (2009/2010). Além de fonte de nutrientes, a vinhaça fornece a água para a cultura.

O Grupo Colombo se destacou como uma das primeiras empresas no setor sucroalcooleiro a tratar a água residual resultante da sua atividade industrial, o que aconteceu no ano de 2002.

A implantação do projeto correspondeu ao investimento financeiro de aproximadamente R\$ 950.000,00, o qual foi recuperado em cinco anos.

O processo é capaz de tratar  $72.500 \text{ m}^3$  de águas residuárias ao mês, além de proporcionar uma redução de custo no transporte deste efluente que antes era lançado na lavoura.

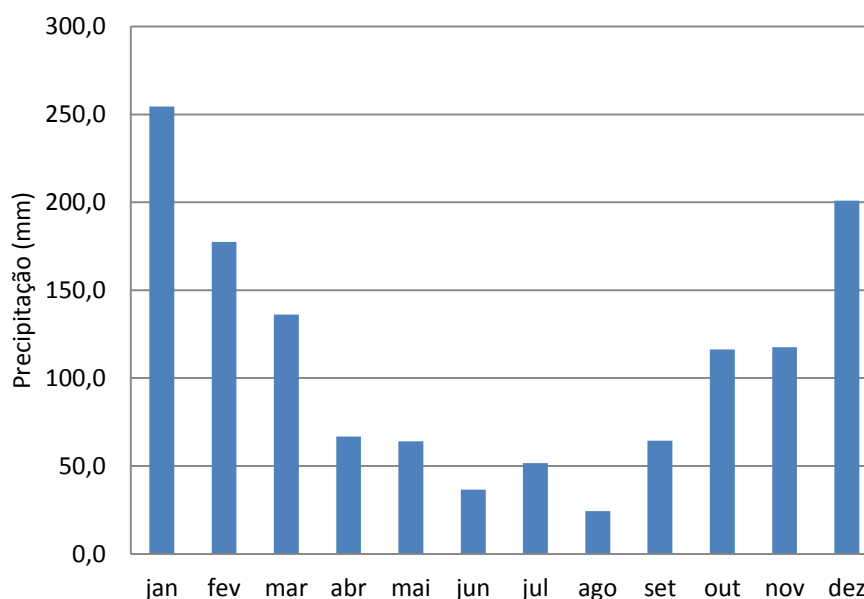
A água residuária tratada retorna para a empresa, podendo ser utilizada na irrigação do gramado e jardins, para outros fins não potáveis, como a lavagem de áreas externas e dos caminhões, ou ser descartada no córrego dos Limas, após verificado o atendimento aos padrões legais.

A estação ocupa aproximadamente  $24.000 \text{ m}^2$  de área, com uma capacidade para tratar  $150 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  de água residuária, sendo que no período de entressafra a eficiência média se reduz a  $40 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ .

### 3.2. Reuso de água no setor universitário

A Figura 3 apresenta a variação da precipitação média mensal do município de Indaiatuba (SAAE, 2012), abrangendo o período de 1988 a 2010.





**Figura 3.** Precipitação média mensal no município de Indaiatuba no período de 1988 a 2010.

(Fonte: [http://www.saae.sp.gov.br/saae\\_indice\\_pluviometrico.htm](http://www.saae.sp.gov.br/saae_indice_pluviometrico.htm))

Nesse período a precipitação média anual atingiu 1.285,4 mm. O mês de maior precipitação média corresponde a janeiro, quando se atinge 254,6 mm mês<sup>-1</sup>, enquanto agosto é aquele de menor ocorrência de chuvas, alcançando uma média de 24,4 mm mês<sup>-1</sup>.

Na simulação da variação mensal do volume armazenado no reservatório de água da chuva, estimou-se o indicador de consumo (IC) da FATECID, o qual expressa relação entre o volume de água consumido em determinado período e o número de agentes consumidores neste mesmo período. Esse indicador é muito variável em instituições do setor educacional brasileiro, podendo apresentar um mínimo de 0,5 L aluno<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e um

máximo de 50 L aluno<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, segundo revisão apresentada em Pedroso (2008).

Pedroso (2008) realizou um estudo do consumo de água junto a treze unidades da rede municipal de Campinas, no estado de São Paulo. Nesse estudo a autora verificou uma elevada amplitude dos valores de IC nas escolas avaliadas, os quais variaram de 8,5 L aluno<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> a 40,5 L aluno<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. Nas escolas de ensino médio, cuja idade dos alunos se enquadrava na faixa de 7 a 14 anos, o valor de IC variou de 8,5 a 19,0 L aluno<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

Feitas tais considerações, arbitrou-se o indicador de consumo de água de 8,0 L aluno<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para a FATECID, assumindo meses de 30 dias e desconsiderando os períodos de recesso escolar.

Baseando-se em informações fornecidas pela FATECID, no segundo semestre de 2009 haviam 713 alunos matriculados, 42 docentes e 26 pessoas do setor administrativo, totalizando 781 consumidores de água.

No primeiro semestre de 2010 ingressaram 240 alunos e, no mesmo período, se formaram cerca de 60 estudantes, o que acrescentou cerca de 180 consumidores de água na FATECID. Já no segundo semestre de 2010 foram acrescentados mais 160 consumidores, devido a expansão dos cursos oferecidos.

Considerando um aumento proporcional de docentes e funcionários, projetou-se uma população de 1.100 consumidores no segundo semestre de 2010, o que correspondeu a um consumo médio diário de  $8,8 \text{ m}^3$  de água na FATECID.

Pelas características da FATECID, voltada exclusivamente para atividades de ensino presencial e desprovida de laboratórios ou instalações que tenham demanda elevada de recursos hídricos, como restaurante ou lavanderia, assumiu-se que cerca de 50% do consumo total de água é destinado a usos não potáveis, como a descarga das bacias sanitárias e lavagem de áreas externas, correspondendo a aproximadamente  $4,4 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ , ou cerca de  $132 \text{ m}^3 \text{ mês}^{-1}$ .

A Tabela 1 apresenta os resultados da variação mensal do volume armazenado no reservatório de água da chuva, pelo método da simulação. Nessa tabela observa-se que no período de dezembro a abril o sistema de reuso da água atenderá a demanda da instituição de ensino avaliada.

No período de maio a novembro será necessária uma complementação ao sistema de reuso, a partir de uma fonte de suprimento externo para atender a demanda de água para fins não potáveis, totalizando  $446 \text{ m}^3$ .

TOMAZ (2007) levantou os custos envolvidos na construção de um reservatório para o armazenamento de água da chuva.

Em setembro de 2007 esse custo variou, em média, de R\$ 300,00 por  $\text{m}^3$  a R\$ 400,00 por  $\text{m}^3$ , incluindo o reservatório, os condutores verticais, a bomba e demais acessórios.

Considerando uma inflação do Índice de Preços da Construção Civil de aproximadamente 5% ao ano, no período de 2007 a 2010, atualizou-se esse valor para uma faixa de variação de R\$ 350,00 por  $\text{m}^3$  a R\$ 470,00 por  $\text{m}^3$ .

Para a construção de um reservatório de  $130 \text{ m}^3$  avaliou-se um custo entre R\$ 45.500,00 e R\$ 62.000,00.

**Tabela 1.** Simulação da variação mensal do volume de água de chuva armazenado para fins não potáveis na FATEC de Indaiatuba.

Meses	$P_{(t)}$	$D_{(t)}$	$A$	$Q_{(t)}$	$V$	$S_{(t-1)}$	$S_{(t)}$	$Ov$	$SE$
	mm	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Jan	252	132	1130	227,8	130	130	130	95,81	0
Fev	181	132	1130	163,6	130	130	130	31,62	0
Mar	132	132	1130	119,3	130	130	117,33	0	0
Abr	66	132	1130	59,7	130	117,3	44,99	0	0
Mai	66	132	1130	59,7	130	45,0	-27,35	0	27,35
Jun	37	132	1130	33,5	130	0	-98,55	0	98,55
Jul	49	132	1130	44,3	130	0	-87,7	0	87,7
Ago	25	132	1130	22,6	130	0	-109,4	0	109,4
Set	65	132	1130	58,8	130	0	-73,24	0	73,24
Out	118	132	1130	106,7	130	0	-25,33	0	25,33
Nov	119	132	1130	107,6	130	0	-24,42	0	24,42
Dez	202	132	1130	182,6	130	0	50,61	0	0
Total	1312	1584		1186,1				127,43	445,99

$P_{(t)}$  é a precipitação no mês  $t$  (mm);  $D_{(t)}$  é o consumo ou demanda no tempo  $t$  (m<sup>3</sup>);  $A$  é a área de captação do telhado (m<sup>2</sup>);  $Q_{(t)}$  é o volume de chuva no mês  $t$  (m<sup>3</sup>);  $V$  é o volume do reservatório fixado (m<sup>3</sup>);  $S_{(t-1)}$  é o volume de água no reservatório no mês  $t-1$  (m<sup>3</sup>);  $S_{(t)}$  é o volume de água no reservatório no mês  $t$  (m<sup>3</sup>);  $Ov$  é o volume de água da chuva que o reservatório não consegue armazenar por já estar completamente preenchido (m<sup>3</sup>); SE: volume do suprimento externo de água (m<sup>3</sup>).

Silva (2007) avaliou o custo de uma cisterna de 90 m<sup>3</sup>, construída em concreto armado, para armazenar água da chuva para fins de reuso numa indústria de fundição de metais não ferrosos, em Araras - SP. O valor total da obra atingiu cerca de R\$ 40.000,00, próximo da estimativa do presente estudo.

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Indaiatuba (SAAE) cobrava R\$ 20,92 por m<sup>3</sup> de água tratada, acima do limite de 81 m<sup>3</sup>, incluindo o afastamento do esgoto, para construções classificadas na categoria comercial.

Conseqüentemente, baseado na projeção de redução do consumo de água potável tratada de 1.138 m<sup>3</sup> por ano, estimou-se uma economia anual de aproximadamente R\$ 23.807,00, o que permitiria um retorno do investimento num prazo entre 23 e 30 meses, além dos benefícios ambientais, sociais e pedagógicos.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo avaliou dois projetos relacionados ao reuso da água. O primeiro, já implantado, relaciona-se a recirculação da água e tratamento de

efluentes numa usina de açúcar e álcool, cujo investimento atingiu R\$ 950.000,00, sendo recuperado em cinco anos. Já no setor educacional, uma avaliação realizada numa faculdade de tecnologia aponta para um investimento na ordem de R\$ 62.000,00 e recuperação do capital investido em menos de três anos, evidenciando a viabilidade desse tipo de projeto, alinhado com os princípios da sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527/2007: Água de Chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.
- ANA, FIESP, UNICA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA DE AÇÚCAR. **Manual de conservação e reuso de água na agroindústria sucroenergética.** Brasília: ANA, 2009.
- ANNECCHINI, K.P.V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES).** 2005. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- BONA, A.; GÖHRINGER, S.S.; AISSE, M.M. Uso do efluente sanitário na indústria cerâmica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos,** Porto Alegre, v.13, p.171-179, 2008.
- BORDONALLI, A.C.O.; MENDES, C.G.N. Reúso de água em indústria de reciclagem de plástico tipo PEAD. **Engenharia Sanitária e Ambiental,** Rio de Janeiro, v.14, n.2, p.235-244, 2009. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522009000200011&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522009000200011&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 20 dez. 2011.
- CONAB COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO **Acompanhamento da safra brasileira: cana de açúcar, terceiro levantamento, dezembro de 2011.** Brasília: Conab, 2011. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11\\_12\\_08\\_11\\_00\\_54\\_08.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_12_08_11_00_54_08.pdf)> Acesso em 5 dez 2012.
- DAMASCENO, L.M.O.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; GHEYI, H.R.. Cultivation of gerbera irrigated with treated domestic effluents. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v.14, n.6, p.582-588, 2010. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662010000600003&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000600003&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 20 dez. 2011.
- DORNELES, F.; TASSI, R.; GOLDENFUM, J.A. Avaliação das técnicas de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água de chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos,** Porto Alegre, v.15, p.59-68, 2010.
- FIESP, CIESP, ANA. FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS **Conservação e reuso de água:**

- manual de orientações para o setor industrial.** São Paulo: FIESP, 2004. v.1. 90p. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/acoesa/administrativas/cdoc/CatalogoPublicacoes\\_2004.asp](http://www.ana.gov.br/acoesa/administrativas/cdoc/CatalogoPublicacoes_2004.asp)> Acesso em 04 jan 2012.
- FIRJAN - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO **Manual de conservação e reuso da água na indústria.** Rio de Janeiro: DIM, 2006.
- FONSECA, A.F. et al. Agricultural use of treated sewage effluents: agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.64, n.2, p.194-209, 2007. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162007000200014&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162007000200014&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 20 dez. 2011.
- HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.7, n.4, p.75-95, 2002.
- IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Apresenta informações sobre os municípios do estado de São Paulo Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em 10 jan 2012
- LEAL, R.M.P. et al. Soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation. **Scientia Agricola** (Piracicaba, Braz.), Piracicaba, v.66, n.2, p.242-249, 2009. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162009000200014&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162009000200014&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 20 dez. 2011.
- NUNES, R.T.S. **Conservação da água em edifícios comerciais: potencial de uso racional e reuso em shopping center.** 2006. 144f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – COPPE, universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- SAAE SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO. Apresenta informações sobre o sistema de abastecimento de água e esgoto do município de Indaiatuba. Disponível em: <[http://www.saae.sp.gov.br/saae\\_tratamento.htm](http://www.saae.sp.gov.br/saae_tratamento.htm)> Acesso em 5 jan 2012
- SANTOS, E.S. et al. Avaliação da sustentabilidade ambiental do uso de esgoto doméstico tratado na piscicultura. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.16, n.1, p.45-54, 2011. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522011000100008&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522011000100008&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 20 dez. 2011.
- SILVA, G.S. **Aproveitamento de água de chuva em um prédio industrial e numa escola pública – estudo de caso.** 2007. 87f. Tese (Doutorado em Saneamento e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- UNICA UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA DE AÇÚCAR Apresenta informações sobre o setor sucroalcooleiro brasileiro. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/default.asp>> Acesso em 5 jan 2012.
- TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis: diretrizes básicas para um projeto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DA CHUVA, 6., Belo

Horizonte, 2007, **Anais**. Belo Horizonte: ABCMAC, 2007. 24p. Disponível em: <[http://www.abcmac.org.br/files/simposio/6simp\\_plinio\\_agua.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/6simp_plinio_agua.pdf)>, Acesso em 9 jan 2012.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo, SP: 2 ed. Editora Navegar, 2003. 180p.

WEBER, C.C.; CYBIS, L.F.; BEAL, L.L. Conservação da água aplicada a uma indústria de papelão ondulado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.15, n.3, p.291-300, 2010. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522010000300013&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522010000300013&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 20 dez. 2011.