

# CONTRIBUIÇÕES PARA ABORDAGEM MUNICIPAL DA PEGADA HÍDRICA: ESTUDO DE CASO NO LITORAL DE SÃO PAULO

---

BRUNA VIEIRA<sup>1</sup>  
WILSON SOUSA JUNIOR<sup>2</sup>

## Introdução

Os avanços na gestão da água exigem o conhecimento da disponibilidade e demanda de recursos hídricos, como subsídio para definir ações prioritárias para a conservação da água. Recursos hídricos são limitados e têm um papel importante no desenvolvimento econômico e social de uma região. Entre as discussões sobre o uso eficiente da água, surgiu em 2002 o conceito de Pegada Hídrica, uma ferramenta para a gestão de recursos hídricos que incentiva o uso responsável da água. É um indicador de uso de água doce que observa não apenas o uso direto de água por parte do consumidor ou do produtor, mas também o uso indireto de água, e pode ser considerado como um indicador global de apropriação de recursos hídricos (HOEKSTRA *et al.*, 2011).

A Pegada Hídrica pode ser azul, verde ou cinza (HOESKSTRA *et al.*, 2009). A azul refere-se ao uso consuntivo das águas superficiais e subterrâneas, enquanto que a verde se refere ao consumo da chamada água verde - a água da chuva que não é incorporada ao escoamento ou não recarrega as águas subterrâneas (HOEKSTRA *et al.*, 2011). A Pegada Hídrica cinza é um indicador do grau de poluição de água doce que pode ser associado com a etapa de um determinado processo. Ela é definida como o volume de água doce que é necessário para assimilar a carga de poluentes baseado nas concentrações naturais anteriores à ocorrência da liberação de efluentes dos padrões ambientais de qualidade da água existentes (HOEKSTRA *et al.*, 2011).

Uma região do Brasil que merece especial atenção quanto à oferta e qualidade hídrica é o Litoral Norte de São Paulo, que abrange os municípios de Ubatuba, Caraguatatuba, Ilhabela e São Sebastião, localizados entre a Serra do Mar e o Oceano Atlântico. A região é estratégica do ponto de vista da conservação do bioma da Mata Atlântica, mas a grande especulação imobiliária e o crescimento acelerado e desordenado causados pela procura turística são fatores que têm intensificado a degradação ambiental no local (Pereira *et al.*, 2009). Além disso, vários projetos de infraestrutura relacionados com a indústria de exploração de petróleo estão sendo instalados para operar nos próximos anos no Brasil,

---

1. Mestre em Ciências. Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA. E-mail: brunacosta88@gmail.com.

2. Professor do Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA. E-mail: wilson@ita.br.

especialmente no Litoral Norte de São Paulo. São projetos de novos portos, estradas, ferrovias e barragens, com porte suficiente para alterar a dinâmica social, econômica e ambiental de um país inteiro (Carmo *et al.*, 2012; Teixeira, 2013).

Os recenseamentos do IBGE mostraram um aumento expressivo do crescimento populacional no Litoral Norte nas décadas de 1970 a 1990 (Figura 1), com destaque para Caraguatatuba, cuja população cresceu 489,23% de 1970 a 2007 (LUCIARI, 1999; IBGE, 2012), cerca de cinco vezes a taxa de crescimento da população brasileira no mesmo período.

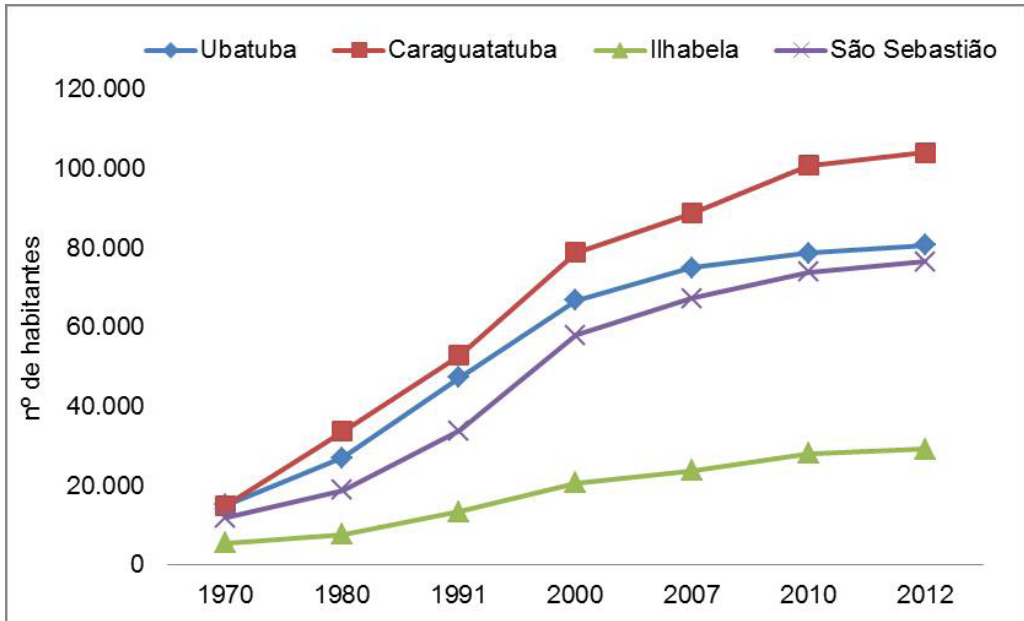


Figura 1: Crescimento populacional dos municípios do Litoral Norte de São Paulo. Fonte: Adaptado de IBGE (2012), elaborado pela autora.

Associado à ampliação da infraestrutura ligada ao Pré-Sal está um potencial *boom* populacional na região do Litoral Norte (TEIXEIRA, 2013), o que pode impactar direta e indiretamente a demanda de água, aumentando a pressão sobre os sistemas de abastecimento e saneamento básico do município. O forte crescimento urbano ocorrido na região, a partir dos anos 1970, não foi acompanhado da implantação da devida infraestrutura na área de saneamento.

Segundo um relatório elaborado pela SABESP sobre as projeções para a população residente e de uso ocasional dos quatro municípios do Litoral Norte, a população fixa de Caraguatatuba pode chegar a 154.040 habitantes em 2040, o que representa um aumento de 48% em relação à população de 2012. Além disso, a população de pico – população fixa somada à população que frequenta a cidade nos finais de semana e à população das temporadas de final de ano e carnaval – pode chegar próxima a meio milhão de pessoas em Caraguatatuba no ano de 2040 (SABESP, 2010).

O Relatório da Agência Nacional de Águas (ANA, 2011) aponta níveis críticos de quantidade e qualidade da água em função, principalmente, da alta demanda de água existente e a grande quantidade de carga orgânica lançada aos rios. Dessa forma, a dinamização do setor imobiliário em conjunto com o desenvolvimento das atividades de logística tende a aumentar a atratividade da região e induzir o crescimento da população, o que implica no aumento da Pegada Hídrica municipal.

Tendo em vista a existência de cenários futuros de restrição da oferta e degradação da qualidade da água, a situação tende a piorar, especialmente no município de Caraguatatuba que tem sofrido com os impactos da expansão urbana associada ao Pré-Sal. A utilização da Pegada Hídrica como instrumento para estimar a apropriação de recursos hídricos na região poderá apontar ações e iniciativas para mitigar os impactos existentes, em termos do provimento de água para a manutenção das atividades no futuro e, em última análise, promover a sustentabilidade no uso deste recurso natural. O presente estudo teve como objetivo realizar a avaliação completa da Pegada Hídrica do município de Caraguatatuba, São Paulo, no ano de 2012.

## Material e métodos

### Área de estudo

Caraguatatuba é a porta de entrada para o Litoral Norte Paulista, estando a apenas 182 km da capital. Com uma população de 104.150 habitantes, é o maior município do Litoral Norte ocupando aproximadamente 485,4 km<sup>2</sup> (IBGE, 2012). Vale ressaltar que, das quatro cidades que compõem o Litoral Norte, Caraguatatuba é a que possui menor porcentagem de remanescentes de vegetação natural com 73%, enquanto Ilhabela, São Sebastião e Ubatuba possuem média de 84% (SOS Mata Atlântica e INPE, 2009).

De acordo com o estudo de Pereira *et al.* (2009), que avalia o grau de impacto antropogênico no Litoral Norte utilizando técnicas de geoprocessamento e considerando as dimensões política, espacial, cultural, ecológica, econômica e social, o município é apontado como uma região que possui alto grau de efeito antropogênico. A localização do município no estado de São Paulo pode ser observada na Figura 2.

### Cálculo da Pegada Hídrica

A Pegada Hídrica total do município em 2012 foi calculada com base nos principais usos da água. A contabilidade foi feita pela soma da Pegada Hídrica do abastecimento urbano de água, da área de pastagem da Fazenda Serramar, maior fazenda na região que ocupa cerca de 9% da área total do município, da pecuária desenvolvida na Fazenda, e do esgoto produzido no município, conforme a equação:

$$PH_{\text{total}} \text{ (m}^3\text{/ano)} = PH_{\text{abastecimento urbano}} + PH_{\text{pastagem}} + PH_{\text{pecuária}} + PH_{\text{esgoto}}$$

(Equação 1)

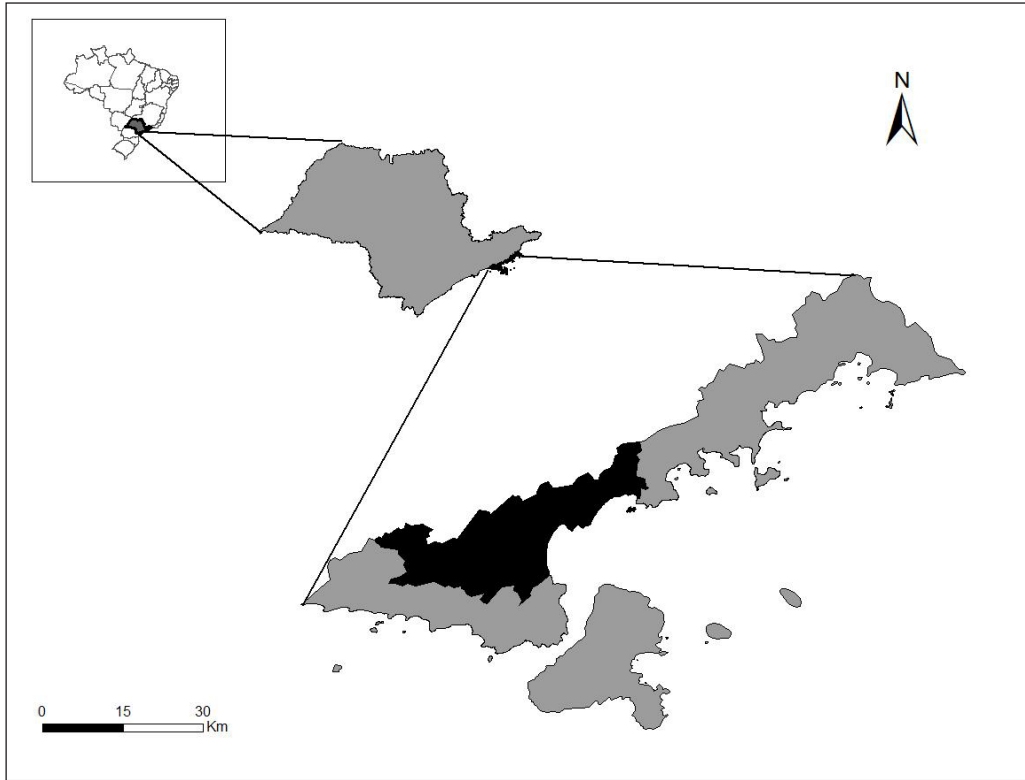


Figura 2: Localização do município de Caraguatatuba, SP apresentado em preto na figura (Fonte: elaborado pela autora).

Em que:

$PH_{total}$  = Pegada Hídrica total de Caraguatatuba;

$PH_{abastecimento\ urbano}$  = Pegada Hídrica do abastecimento urbano de água;

$PH_{pastagem}$  = Pegada Hídrica da área de pastagem da Fazenda Serramar;

$PH_{pecuária}$  = Pegada Hídrica da pecuária;

$PH_{esgoto}$  = Pegada Hídrica do esgoto produzido em Caraguatatuba.

### *Abastecimento urbano de água*

A Pegada Hídrica do abastecimento urbano de água foi calculada com base em dados fornecidos pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, que atende 98,3% da população urbana (BRASIL, 2012). Através de informações a respeito do volume micromedido – volume de água que é consumido nos estabelecimentos da cidade – durante o ano de 2012 foi possível estimar o volume de água azul consumido pelos setores doméstico, industrial e comercial do município.

Tendo em vista que o volume total de água utilizado no município é referente ao volume macromedido, ou seja, o volume produzido nas quatro Estações de Tratamento de Água para o abastecimento urbano, o volume micromedido estaria subestimando o montante final de água que foi fornecido para Caraguatatuba. Dessa forma, também foi considerado o índice de perdas do sistema de distribuição de água de 39,6% (Brasil, 2014), visando incorporar a água que é “perdida” ao longo da rede de distribuição antes mesmo de chegar aos estabelecimentos.

### *Área de pastagem da Fazenda Serramar*

A Pegada Hídrica da área de pastagem da Fazenda Serramar foi estimada através do cálculo do balanço hídrico do pasto plantado em 4.440 ha da propriedade. A evapotranspiração real foi calculada de maneira indireta pelo método do Balanço Hídrico Climatológico (ROLIM *et al.*, 1998) e toda a evapotranspiração encontrada foi classificada como água verde.

Os valores da evapotranspiração real do pasto foram estimados a partir dos dados de temperatura média mensal e precipitação total de Caraguatatuba obtidos junto ao Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE e ao Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas - CIIAGRO. Além desses dados, também foi utilizado como dado de entrada no modelo o valor de 100 mm para a Capacidade de Água Disponível (CAD) associado ao tipo de cultura plantada, de acordo com Sentelhas *et al.* (1999).

### *Pecuária*

A Pegada Hídrica da pecuária foi calculada com base nas informações do rebanho fornecidas pela gerência da Fazenda Serramar. Foram coletadas informações a respeito do tamanho do rebanho e seus diferentes estágios de desenvolvimento, sua alimentação diária e ingestão de suplemento. Assim que todos os dados foram compilados, calculou-se a Pegada Hídrica azul e verde da atividade. Nesse estudo, optou-se por não calcular a Pegada Hídrica cinza da pecuária por se tratar de uma fonte difusa de poluição, logo, de cálculo mais complexo, e pelo fato de não se dispor de informações suficientes sobre as características físicas e químicas do solo da Fazenda e da taxa de lixiviação dos poluentes associados ao esterco produzido.

Para o cálculo da água azul, foi estimado o peso médio do gado em cada estágio de desenvolvimento a fim de calcular a sua necessidade hídrica. Foi utilizada a Tabela 1, elaborada pela EMBRAPA e outras instituições, contendo os valores médios diários de consumo de água de bovinos.

**Tabela 1:** Rebanho da Fazenda por estágio de desenvolvimento, peso médio e demanda média de água em 2012

Categoria	Nº de cabeças	Peso médio (kg)	Consumo de água (L/cabeça/dia)
Matrizes	5.500	480	46
Bezerros	3.000	245	18
Recria	1.200	330	32
Engorda	1.500	450	46

Para o cálculo da água verde, foram coletadas informações a respeito da ingestão diária de silagem pelo rebanho. Segundo dados fornecidos pela gerência da Fazenda Serramar, as categorias de recria e engorda são alimentadas com 15 kg de silagem de milho/cabeça/dia durante o período de inverno, que compreende os meses de abril a setembro. A silagem utilizada para a alimentação do gado é produzida a partir do milho que é plantado na própria propriedade e cuja produtividade é de 30 t/ha. A partir dessas informações, foi feito o cálculo da quantidade de silagem necessária para alimentar o rebanho durante um ano e estimou-se a área total de milho que deveria ser plantada para suprir essa produção. Com um total de 7.290 t/ano de silagem ingerida e uma produtividade de 30 t/ha, estimou-se a necessidade de uma área de 243 ha.

A partir da estimativa da área plantada, foi feito o cálculo da água verde através do balanço hídrico dos 243 ha de milho através do método do Balanço Hídrico Climatológico (ROLIM *et al.*, 1998) utilizando os mesmos dados climatológicos que foram utilizados para o cálculo da evapotranspiração real da área de pastagem da Fazenda Serramar no capítulo anterior.

### Esgoto

A Pegada Hídrica cinza total do município foi dada pelo somatório da carga poluente tratada  $L_{\text{Trat}}$  e da carga poluente não tratada  $L_{\text{NTrat}}$  dividida pela diferença entre a concentração máxima aceitável  $c_{\text{max}}$  e a concentração natural  $c_{\text{nat}}$  do poluente selecionado (HOEKSTRA *et al.*, 2011), segundo a Equação 2.

$$PH_{\text{cinza municipal}} \text{ (m}^3\text{/ano)} = \frac{L_{\text{trat}} + L_{\text{N trat}}}{(C_{\text{max}} - C_{\text{nat}})} \quad \text{(Equação 2)}$$

Em que:

$L_{\text{Trat}}$  = Carga poluente tratada (mg/s);

$L_{\text{NTrat}}$  = Carga poluente não tratada (mg/s);

$c_{\text{max}}$  = Concentração máxima aceitável (mg/L);

$c_{\text{nat}}$  = Concentração natural do poluente selecionado (mg/L).

O volume de água necessário para assimilar a poluição gerada no município foi calculado considerando a parcela de esgoto que é tratada pela SABESP, a parcela de esgoto que recebe tratamento primário por fossas sépticas e a parcela de esgoto que é lançada nos corpos d'água sem nenhum tratamento (*in natura*). A carga potencial dos poluentes foi monitorada pela SABESP e os dados relativos à concentração de cada um deles foram disponibilizados no formato de planilhas Excel.

### *Esgoto tratado*

A estimativa da carga poluente gerada a partir das ETEs foi feita com base nas informações referentes à qualidade do efluente tratado nas quatro ETEs do município no ano de 2012. Os parâmetros selecionados para a geração de diferentes cenários de contaminação foram DBO<sub>5</sub>, Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal. A partir da escolha desses três parâmetros para a análise, foi feita a compilação dos dados e calculadas as médias das concentrações monitoradas, em mg/L, ao longo do ano para cada um dos parâmetros em cada uma das quatro estações. Em seguida, a concentração média de cada parâmetro foi multiplicada pela respectiva vazão de saída da sua ETE, em L/s. A carga poluente total da parcela tratada foi dada pelo somatório da carga poluente tratada das quatro estações de tratamento, conforme a Equação 3.

$$L_{\text{trat}} = \sum (c_{\text{trat}} \times Q_{\text{saída}}) \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

$L_{\text{trat}}$  = Carga poluente do esgoto tratado, em mg/s;

$c_{\text{trat}}$  = Concentração do parâmetro no esgoto tratado, em mg/L;

$Q_{\text{saída}}$  = Vazão de saída de cada estação de tratamento, em L/s.

Após a estimativa da carga poluente da parcela tratada do esgoto de Caraguatuba considerando DBO<sub>5</sub>, Fósforo e Nitrogênio Amoniacal, calculou-se a Pegada Hídrica cinza de cada um desses três parâmetros com base na concentração máxima permitida e na concentração natural de cada um deles. A partir da análise do resultado dessas pegadas hídricas cinzas optou-se pela escolha do parâmetro de referência como sendo aquele que demandava maior quantidade de água para assimilação e este parâmetro foi o único considerado para o cômputo da carga poluente da parcela de esgoto não tratada do município. O parâmetro selecionado foi a DBO<sub>5</sub>.

### *Esgoto não tratado*

Em relação à parcela de efluente não tratada, ou seja, aquela que é despejada *in natura* nos corpos hídricos, o cálculo da carga poluente foi feito com base em dados de caracterização do esgoto bruto que entra nas estações de tratamento. Conforme explicado no capítulo anterior, o parâmetro considerado para o cálculo da carga poluente do esgoto não tratado foi a DBO<sub>5</sub>. Inicialmente, foi calculada a média da concentração de

DBO<sub>5</sub> encontrada no esgoto bruto em cada uma das ETE em 2012, em mg/L, com base em dados monitorados e fornecidos pela SABESP. Em seguida, foi calculada a média das concentrações médias de DBO<sub>5</sub> nas quatro ETEs e esse valor foi utilizado como o valor de concentração de DBO<sub>5</sub> em um efluente padrão não tratado.

Para calcular o volume de esgoto não tratado que é lançado nos rios, foi utilizado o valor de consumo per capita de água do município e o percentual da população que não é atendida pela rede de esgotamento sanitário. Foi considerada uma taxa de retorno igual a 80% do volume distribuído de água, de acordo com Von Sperling (1996). A concentração de DBO<sub>5</sub> de um efluente bruto padrão encontrada após a análise dos dados fornecidos pela SABESP foi de 175,85 mg/L e esse valor foi multiplicado pelo volume estimado de esgoto não tratado. A carga poluente total da parcela não tratada foi dada pelo produto da concentração de poluentes no efluente padrão e a produção de esgoto pelos moradores do município que não são contemplados com a rede de tratamento sanitário, conforme a Equação 4.

$$L_{Ntrat} = 0,8 \times \text{cons } H_2O_{\text{per capita}} \times POP_{NAtend} \times c_{\text{padrao}} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

$L_{Ntrat}$  = Carga poluente do esgoto não tratado, em mg/s;

$\text{cons } H_2O_{\text{per capita}}$  = Consumo per capita de água no município, em L/hab.dia;

$POP_{NAtend}$  = População que não é atendida pela rede de esgotamento sanitário, em n<sup>o</sup> de habitantes;

$c_{\text{padrao}}$  = Concentração de DBO<sub>5</sub> de um efluente bruto padrão (175,85 mg/L).

Dentro da parcela de esgoto que não é tratada nas ETEs do município, existe uma fração que sofre tratamento por fossas sépticas, o que reduz a concentração de poluentes do efluente em comparação com o efluente que não recebe tratamento algum. Em função da indisponibilidade de informações a respeito do tratamento por fossas sépticas na região e após consultas feitas à técnicos do setor de saneamento no município, membros do Comitê de Bacias do Litoral Norte e membros das comunidades estudadas, arbitrou-se uma taxa de 50%, como representativa da parcela de esgoto não coletado no município, que recebe tratamento primário por fossas sépticas. Jordão e Pessoa (2009) destacaram a média de 35 a 65% de remoção de DBO<sub>5</sub> em tanques sépticos de câmaras em série e Metcalf e Eddy (2003) apresentaram resultados de experiências com tanques sépticos com eficiência na remoção de DBO entre 33 e 63%. Segundo Borges (2007), que avaliou a eficiência de remoção de DBO<sub>5</sub> em tanques sépticos existentes na cidade de Araguari-MG, o valor encontrado foi de 52%. Com base nesses estudos utilizou-se uma eficiência de remoção de DBO<sub>5</sub> igual a 50% para as fossas sépticas.

#### *Estimativa da Concentração Máxima Permitida do Poluente no Corpo D'Água*

No Litoral Norte de São Paulo, os trechos de rios acima da cota de 50 metros são enquadrados como Classe 1, e os trechos de rios abaixo dessa cota, como Classe 2 (Decreto Estadual n<sup>o</sup> 10.755 de 1977). Para a Classe 2, devem ser adotados os padrões



de qualidade da Resolução CONAMA n° 357 de 2005 (BRASIL, 2005). No caso deste estudo em Caraguatatuba, todos os corpos hídricos analisados enquadram-se na Classe 2, de maneira que os padrões de qualidade a serem mantidos no corpo receptor no que se refere à  $DBO_5$  seguiram as restrições dessa legislação. A concentração máxima admitida no corpo hídrico ( $c_{max}$ ) para a  $DBO_5$  foi de 5 mg/L, de acordo com Brasil (2005).

### *Estimativa da Concentração Natural no corpo hídrico de referência*

O levantamento da concentração natural de  $DBO_5$  de um corpo hídrico da região foi realizado por meio da seleção de um local com menor impacto antrópico. Para selecionar esse local, oito pontos de monitoramento da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) em Caraguatatuba foram analisados e escolheu-se aquele que apresentou os menores valores de concentração de  $DBO_5$ .

O corpo hídrico escolhido para delimitação de um valor de referência foi o Rio Claro, afluente do Rio Juqueriquerê. O ponto selecionado está localizado na captação da SABESP do Baixo Claro e é monitorado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) – ponto CARO 02800 (CETESB, 2013). O monitoramento foi realizado nos anos de 2007 a 2012, sendo uma medição a cada dois meses, o que totalizou seis medições anuais entre janeiro e novembro e os valores adotados como  $c_{nat}$  foram iguais às médias observadas para esse intervalo de 6 anos. A concentração natural considerada para a  $DBO_5$  foi de 2,36 mg/L.

## **Disponibilidade versus Demanda de água em Caraguatatuba**

A Pegada Hídrica “volumétrica” de um local não deve ser simplesmente comparada à Pegada Hídrica de outro local porque os custos de oportunidade e os impactos associados com cada uma das formas de consumo de água são diferentes. O “tamanho” da Pegada Hídrica por si só não é capaz de “contar toda a história” sobre os custos e benefícios associados ao uso da água. Assim, torna-se necessária a análise da Pegada Hídrica em seu contexto apropriado, tanto temporal quanto geográfico, através da comparação da disponibilidade e do consumo de água no município em 2012.

Com o intuito de realizar uma análise mensal da sustentabilidade da Pegada Hídrica do município, calculou-se um percentual mensal de participação na Pegada Hídrica total com base no consumo médio mensal de água registrado pela SABESP nos últimos 6 anos. Dessa forma, estimou-se a Pegada Hídrica mensal de acordo com o consumo médio mensal de água.

## **Resultados**

### *Pegada Hídrica do Abastecimento da População Urbana*

Por se tratar de consumo de água superficial, a Pegada Hídrica do abastecimento urbano foi classificada como água azul. Segundo os dados fornecidos pela SABESP, o

volume micromedido em Caraguatatuba em 2012 foi de 8.383.861 m<sup>3</sup> de água e, considerando o índice de perdas na rede de distribuição de 39,6%, a Pegada Hídrica do abastecimento urbano foi de 11.703.870 m<sup>3</sup> de água.

#### *Pegada Hídrica da área de Pastagem*

Devido ao fato da área de pastagem ser mantida apenas com água oriunda de precipitação natural, a água evapotranspirada foi classificada como água verde. Conforme já discutido, a produção agropecuária do município de Caraguatatuba se concentra nas atividades de pecuária extensiva da Fazenda Serramar, sendo esta, portanto, o lócus de contabilização da Pegada Hídrica no meio rural.

A evapotranspiração real da área de pastagem calculada por meio do Balanço Hídrico Climatológico, conforme Rolim *et al.* (1998), foi de 1.052,6 mm/ano. Considerando a área de 4.440 ha de pastagem da Fazenda, a Pegada Hídrica do pasto calculada foi de 46.735.440 m<sup>3</sup> de água por ano.

#### *Pegada Hídrica da pecuária*

Após a contabilização de toda a água necessária para o consumo de cada estágio de desenvolvimento do rebanho, a Pegada Hídrica azul encontrada foi de 151.256 m<sup>3</sup> de água no ano de 2012.

A evapotranspiração real da cultura de milho necessária para alimentar o rebanho da Fazenda no ano de 2012 foi igual a 1.052,6 mm. Tendo em vista que a área plantada de milho foi de 243 ha, fazendo-se as devidas conversões de unidades, a Pegada Hídrica verde da pecuária foi de 2.736.865,3 m<sup>3</sup> de água/ano.

A soma dos componentes azul e verde da Pegada Hídrica da pecuária foi de 2.888.122 m<sup>3</sup>/ano de água, sendo cerca de 95% representada pela água verde e 5% pela água azul.

#### *Pegada Hídrica Cinza*

O resultado do cálculo da Pegada Hídrica cinza do esgoto tratado mostrou que o parâmetro com maior o potencial de contaminação foi o DBO<sub>5</sub>, com uma Pegada Hídrica cinza de 216.606.129 m<sup>3</sup>/ano, sendo este, portanto, o parâmetro escolhido para o cálculo final. Em relação ao esgoto não tratado, considerando a parcela da população que não é atendida pela rede de esgotamento sanitário, foi possível estimar a carga poluente do esgoto bruto de Caraguatatuba. O valor calculado para o consumo *per capita* do município foi de 221 L/hab.dia, considerando a população de 104.150 habitantes no município no ano de 2012 e a demanda de água total anual de 8.383.861 m<sup>3</sup>. Considerando o índice de atendimento do sistema de esgotamento sanitário no município de 63,5%, a população não atendida foi estimada em 38.015 habitantes. A concentração média de um efluente bruto padrão no que se refere a DBO<sub>5</sub> foi de 175,85 mg/L em 2012.

O valor encontrado para a Pegada Hídrica cinza do esgoto não tratado foi de 81.701.689 m<sup>3</sup>/ano. Em relação à parcela de esgoto não tratado por ETE, mas que recebe tratamento primário com fossas sépticas, o valor encontrado foi de 40.850.845 m<sup>3</sup>/ano. Dessa forma, a Pegada Hídrica cinza do esgoto não tratado por ETE em Caraguatatuba foi igual a 122.552.534 m<sup>3</sup>/ano.

Assim, após a soma da Pegada Hídrica cinza do esgoto tratado com a do esgoto não tratado, a Pegada Hídrica cinza total do esgoto do município foi de 339.158.663 m<sup>3</sup>/ano.

### *Pegada Hídrica total*

Após a contabilização das pegadas hídricas azul, verde e cinza do município de Caraguatatuba em 2012, a Pegada Hídrica total encontrada foi de 400.486.095 m<sup>3</sup> de água/ano ou, aproximadamente, 400 Mm<sup>3</sup>/ano. Como pode ser observado na Figura 3, a maior contribuição da Pegada Hídrica municipal foi atribuída à água cinza, que representou 85% da pegada total. A Pegada Hídrica verde correspondeu a 12% da Pegada Hídrica total e o restante foi atribuído à água azul. O volume de água contabilizado para cada uma das três componentes da Pegada Hídrica e por atividade pode ser observado nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

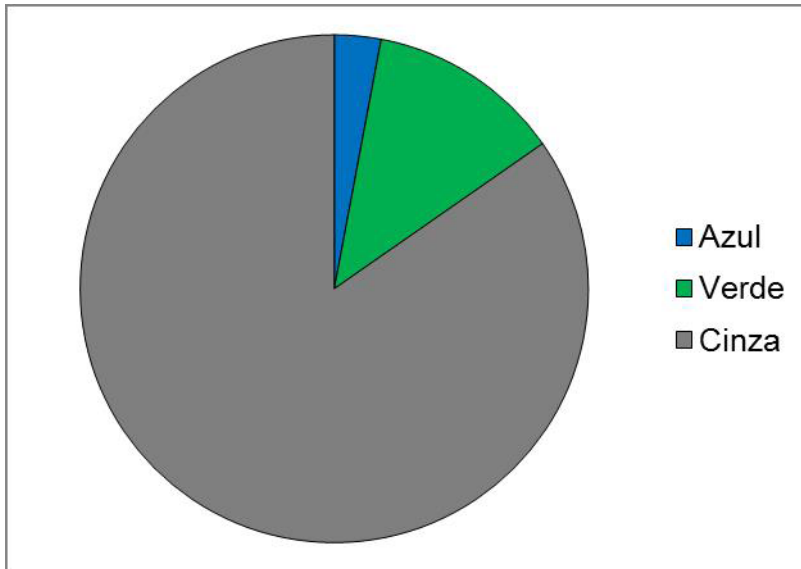
**Tabela 2: Pegada Hídrica de Caraguatatuba, em 2012, separada por componente**

<b>Componente</b>	<b>Pegada Hídrica (m<sup>3</sup>/ano)</b>
Azul	11.855.127
Verde	49.472.305
Cinza	339.158.663
Total	400.486.095

**Tabela 3: Pegada Hídrica de Caraguatatuba, em 2012, separada por atividade**

<b>Atividade</b>	<b>Pegada Hídrica (m<sup>3</sup>/ano)</b>
Abastecimento	11.703.870
Pastagem	46.735.440
Pecuária	2.888.122
Esgoto	339.158.663
Total	400.486.095

Em relação à Pegada Hídrica específica de cada atividade avaliada no município, o esgotamento sanitário foi o que apresentou a maior contribuição para a Pegada Hídrica total: 85%. As pegadas hídricas da Pastagem, Pecuária e Abastecimento foram iguais a 12%, 0,7% e 3% do total, respectivamente. O resultado da Pegada Hídrica calculada por atividade também pode ser observado na Tabela 3.



**Figura 3: Contribuição (%) dos diferentes componentes para a Pegada Hídrica total de Caraguatatuba em 2012**

De acordo com os resultados obtidos no trabalho, ficou evidente que a contaminação dos cursos d'água pelo esgoto sanitário representa a principal pressão exercida sobre os recursos hídricos de Caraguatatuba, tendo em vista o grande volume de água que seria necessário para assimilar essa poluição. Os rios que entremeiam as manchas urbanas do município são os mais afetados pelo despejo de esgoto e sofrem com a perda gradativa de qualidade de suas águas.

O percentual de atendimento da população pela rede coletora da SABESP é considerado um dos principais indicadores de qualidade da gestão do saneamento e melhorar seus valores torna-se um grande desafio para a gestão municipal. Isso ocorre em função, principalmente, do incremento populacional, da população flutuante que frequenta a região nos fins de semana e feriados e da ocorrência de ocupação desordenada em áreas irregulares, o que dificulta a implantação de sistemas públicos adequados de saneamento.

## Discussão

### *Pegada Hídrica total de municípios*

Um estudo pioneiro, recentemente desenvolvido pela equipe do Projeto *Huella de ciudades*, realizou a avaliação completa da Pegada Hídrica para três cidades andinas da América Latina: Quito, no Equador, Lima, no Peru e La Paz, na Bolívia. O projeto avaliou a pegada de carbono e a Pegada Hídrica dos governos municipais e das cidades em 2012 com o objetivo de promover medidas de mitigação e adaptação, através de iniciativas-

-piloto e planos de ação a redução da pegada municipal (PROYECTO HUELLA DE CIUDADES, 2014).

A metodologia utilizada para o cálculo da Pegada Hídrica dessas cidades foi a *Water Footprint Assessment* descrita em Hoekstra *et al.* (2011). O parâmetro de qualidade utilizado para o cálculo da Pegada Hídrica cinza também foi a  $DBO_5$ , sendo que as concentrações máximas permitidas para La Paz e Quito foram de 30 mg/L e 15 mg/L para Lima. É importante comentar que o limite de  $DBO_5$  considerado para Caraguatatuba foi de 5 mg/L, valor seis vezes inferior ao considerado para La Paz e Quito e três vezes inferior ao valor considerado para Lima. Conforme apontado por Empinotti *et al.* (2013), os países com legislação ambiental mais severa tendem a ser “penalizados” no cálculo da Pegada Hídrica, ou seja, muitas vezes um alto valor de Pegada Hídrica não indica maior consumo ou poluição hídrica, e sim maior restrição nas leis relativas ao despejo de poluentes na água.

As três cidades tiveram a água cinza como principal contribuinte da Pegada Hídrica total, representando mais de 95%. O setor residencial foi responsável por mais de 80% do consumo hídrico nas cidades, chegando a 96% em Lima (PROYECTO HUELLA DE CIUDADES, 2014).

A Pegada Hídrica total encontrada para Caraguatatuba foi quase o dobro da encontrada em La Paz e cerca de metade da Pegada Hídrica de Quito, com a ressalva de que a população de Caraguatatuba em 2012 era de 104.150 habitantes, enquanto que a população de La Paz era de 840.207 habitantes e a de Quito era de quase 2,3 milhões de habitantes. Em termos de Pegada Hídrica *per capita*, Lima com seus quase 8,5 milhões de habitantes apresentou um consumo de 751 m<sup>3</sup>/hab.ano, seguida por Quito, com 464 m<sup>3</sup>/hab.ano e La Paz, com 260 m<sup>3</sup>/hab.ano (PROYECTO HUELLA DE CIUDADES, 2014). Apesar de não apresentar uma Pegada Hídrica total tão alta quanto às de Quito e Lima, o município de Caraguatatuba teve a Pegada Hídrica *per capita* maior que todas as cidades andinas: 3.845,3 m<sup>3</sup>/hab.ano, considerando apenas a população fixa de 2012 (104.150 habitantes). Embora seja necessário analisar melhor o contexto – as cidades andinas estudadas possuem oferta hídrica restrita, o que se reflete no consumo de água pela população –, tais dados demonstram a possibilidade de redução do consumo de água azul e da geração de água cinza em Caraguatatuba, seja por meio de mudanças no comportamento dos munícipes, seja por meio da ampliação da infraestrutura de tratamento de efluentes.

A água cinza é muitas vezes negligenciada nos estudos de Pegada Hídrica de áreas geográficas em função da falta de dados sobre a quantidade de poluentes que são lançados nos corpos hídricos. Com isso, são pouquíssimos os trabalhos que abordam a contabilização da Pegada Hídrica cinza através de dados de esgotamento sanitário. Quase a totalidade dos estudos de Pegada Hídrica aborda a água cinza como sendo o volume de água necessário para assimilar a poluição gerada pelos fertilizantes e pesticidas aplicados nas culturas agrícolas (ALDAYA e HOEKSTRA, 2010; VAN OEL *et al.*, 2009).

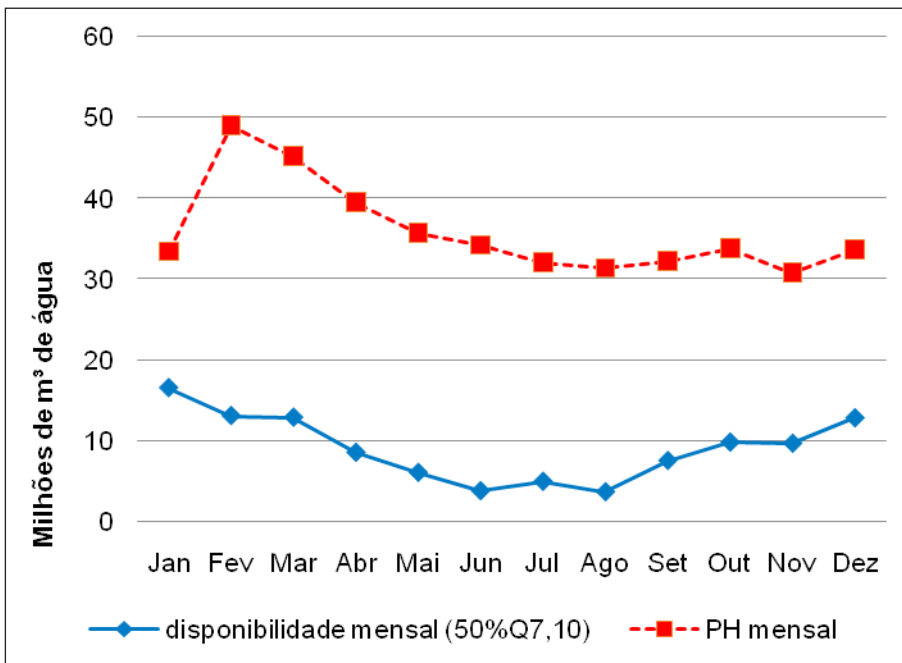
A Pegada Hídrica cinza é então calculada em função de um percentual de infiltração desses contaminantes no solo. A metodologia utilizada nesse estudo diferiu bastante dos demais trabalhos encontrados porque não incluiu a Pegada Hídrica de culturas agrícolas, devido à pequena participação que essa atividade tem para a geração de renda do

município, e contemplou a contabilização detalhada do volume de esgoto tratado e não tratado que é despejado nos rios da região.

### *Análise de sustentabilidade da Pegada Hídrica*

No estado de São Paulo, a disponibilidade hídrica superficial é representada pelo  $Q_{7,10}$  ou por vazões de regularização de uma bacia, quando ali existem estruturas hidráulicas para tal finalidade (CBHLN, 2013). Dessa forma, seguindo a orientação contida na deliberação CRH N° 62 de 04 de setembro de 2006, a oferta total disponível em uma dada bacia é representada por 50% do valor do  $Q_{7,10}$ . Assim sendo, para se efetuar um balanço hídrico completo deve-se computar todos os volumes captados em superfície e compará-los com os 50% do  $Q_{7,10}$ . Deste modo, a disponibilidade hídrica considerada neste estudo foi de 3,52 m<sup>3</sup>/s, equivalente a 50% do  $Q_{7,10}$  especificado de 7,04 m<sup>3</sup>/s (CBHLN, 2013).

A comparação do balanço entre a disponibilidade de água e a Pegada Hídrica correspondente a cada mês de 2012 pode ser observada na Figura 4.



**Figura 4: Análise comparativa entre a disponibilidade hídrica mensal e a Pegada Hídrica mensal de Caraguatatuba em 2012.**

De acordo com a Figura 4, a demanda total de água supera as vazões mínimas consideradas para o município, mostrando a situação de insustentabilidade da Pegada Hídrica do município em 2012. Se considerarmos o consumo de água e a poluição gerada com a quantidade de água disponível para o desenvolvimento das atividades e serviços

da população de Caraguatatuba, é possível perceber que o volume “retirado” de água é superior ao volume disponível. Essa análise enquadra Caraguatatuba num cenário bastante crítico em relação ao uso da água, especialmente nos períodos de alta temporada do turismo, quando a população da cidade aumenta consideravelmente.

A disponibilidade de água está diminuindo gradativamente, refletindo o aumento populacional e os altos valores da Taxa Geométrica de Crescimento Anual dos quatro municípios do Litoral Norte (CBHLN, 2013).

Portanto, a considerável abundância de água da região precisa ser observada com ressalvas: Primeiramente destaca-se a configuração do relevo do Litoral Norte, que condiciona o escoamento superficial em pequenas bacias hidrográficas independentes (e não sub-bacias), o que resulta em um tempo de permanência da água na bacia relativamente curto comparado às grandes bacias hidrográficas, de modo que a disponibilidade hídrica varia por bacia hidrográfica, e a criticidade hídrica é influenciada pela disponibilidade hídrica e a demanda de consumo da água em cada bacia.

Em segundo lugar, destaca-se a presença da população flutuante, de uso ocasional e de pico, que quando considerada reduz a disponibilidade hídrica *per capita*. Esses fatores somados à tendência de diminuição do volume *per capita* indicam um provável aumento de conflitos pelo uso da água (CBHLN, 2013).

#### *Opções de medidas para a redução da Pegada Hídrica*

Com base nos resultados obtidos, fica claro que o ponto crítico a ser trabalhado no município com o intuito de reduzir a Pegada Hídrica é justamente a questão do saneamento básico, especialmente o esgoto, visando diminuir a defasagem do sistema em relação ao aumento demográfico.

A principal medida a ser tomada para reduzir a Pegada Hídrica total do município, especialmente no que concerne à parcela de água cinza, é a ampliação da rede de atendimento do esgotamento sanitário, tendo em vista que esse é o ponto crítico que mais tende a comprometer a qualidade dos recursos hídricos na região. No entanto, para que essa ampliação da rede de esgoto e adequação do sistema de saneamento ao novo porte populacional do município possa funcionar efetivamente, algumas medidas devem ser tomadas previamente. Dentre elas, é possível citar algumas adaptadas de CBHLN (2013):

- Identificação das áreas que ainda não são contempladas com a rede coletora de esgotos, detectando os motivos pelos quais não são atendidas (área irregular, área de risco, comunidade isolada, etc);
- Realização de campanhas de conscientização e fiscalização para a ligação dos imóveis nas redes coletoras de esgoto;
- Realização do cadastramento para a regularização das captações alternativas.

Além dessas medidas voltadas à melhoria do sistema de esgoto municipal, é importante ter em mente que o desenvolvimento de uma gestão integrada de recursos hídricos

e a consequente redução das taxas de consumo e aumento da eficiência no uso da água só será possível com a ampliação do banco de dados da cidade. Por isso, outras medidas adaptadas de CBHLN (2013) também devem ser atendidas:

- Implantação de monitoramento fluviométrico nos principais rios da região visando conhecer a sua real vazão, uma vez que suas vazões são atualmente calculadas com base em valores teóricos;
- Fomento de ações que visem à diminuição das perdas no sistema de abastecimento de água;
- Incentivo ao cadastro de outorga pelo uso da água, no DAEE, com o intuito de verificar a demanda real de água da bacia.

O uso da Pegada Hídrica como ferramenta de auxílio à governança da água em nível nacional ou regional ainda é tímido, mas tende a ganhar força com a intensificação dos potenciais conflitos pelo uso da água no futuro. O aumento populacional somado ao aumento da produção agrícola para assegurar a segurança alimentar do planeta e as iminentes mudanças globais exigirão um esforço conjunto por parte de toda a sociedade global para que não haja um colapso na oferta de recursos hídricos.

Dessa forma, além de medidas governamentais que devem ser tomadas pela Prefeitura Municipal, pelos Comitês de Bacias Hidrográficas e pelos órgãos reguladores e fiscalizadores de água no município, é essencial que exista uma maior conscientização por parte da população em relação ao uso consciente e sustentável da água. Nesse quesito, a Pegada Hídrica como uma ferramenta pode ser bastante útil para destacar os principais pontos-chave a serem trabalhados na gestão integrada de recursos hídricos e alertar para as possíveis consequências do desperdício e mau uso da água.

## Considerações Finais

O Litoral Norte de São Paulo está passando por um período de intensas transformações sociais, econômicas e ambientais motivadas pela ampliação da infraestrutura associada à exploração do Pré-Sal. Além disso, a região enfrenta o desafio de aliar o desenvolvimento urbano e o consequente *boom* populacional à conservação do bioma Mata Atlântica e à preservação dos recursos naturais locais. Apesar de ser uma região reconhecida pela grande disponibilidade de água, o rápido aumento populacional e o mau uso desse recurso tem se tornado ameaças à manutenção da qualidade das águas nessa região costeira.

Os resultados deste trabalho apontaram para uma Pegada Hídrica total municipal de cerca de 400 Mm<sup>3</sup> de água/ano em 2012, sendo que a maior contribuição foi dada pela água cinza, que representou 85% da Pegada Hídrica total.

A água cinza traduziu o volume de água que seria necessário para assimilar todo o esgoto que é lançado nos rios da região, com ou sem tratamento prévio. Dessa forma, a alta participação da Pegada Hídrica cinza no cômputo total do consumo de água do município deixou claro que a maior pressão sobre os recursos hídricos locais advém da



defasagem do sistema de esgotamento sanitário em relação às demandas de uma população em contínuo crescimento.

A Pegada Hídrica total de Caraguatatuba em 2012 foi insustentável do ponto de vista ambiental porque superou em volume a disponibilidade de água da região. Neste caso, o passivo ambiental gerado por esta insustentabilidade é incorporado ao meio marinho, como externalidade. Esse dado alerta para o fato de que uma região até então considerada abundante de água pode vir a sofrer com problemas de racionamento e conflitos pelo uso da água caso esse recurso continue sendo encarado como inesgotável por grande parte da sociedade.

A separação da Pegada Hídrica em componentes possibilitou a identificação do alvo de melhorias na gestão, nesse caso, o sistema de esgoto da cidade. Essa ferramenta pode auxiliar tomadores de decisão e ser bastante útil para a implementação de medidas que visem o uso mais sustentável da água na região.

A comparação preliminar dos resultados deste trabalho com outras municipalidades, no caso Quito, Lima e La Paz, cujas conclusões exigiriam uma análise contextual mais elaborada, demonstram a possibilidade de redução do consumo de água azul e da geração de água cinza em Caraguatatuba, seja por meio de mudanças no comportamento dos munícipes, seja por meio da ampliação da infraestrutura de tratamento de efluentes, ambos passíveis de orientação por políticas públicas de domínio local.

## Referências Bibliográficas

ALDAYA, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The water needed for Italians to eat pasta and pizza. *Agricultural Systems*, v.103, n. 6, p. 351-360, July 2010.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2011**. Brasília: ANA, 2011. 112p: Il.

BORGES, K. L. O uso de tanques sépticos na cidade de Araguari-MG. In: EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO, 9, 2005, Guarulhos/SP. **Anais...** Uberlândia: ASSEMAE, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. CONAMA – Conselho Nacional do Meio-Ambiente, 2005.

BRASIL. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL - SNSA. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto - 2012**. Brasília/DF: MCIDADES/SNSA, 2014 164p.: il.

CARMO, R. L.; MARQUES, C.; MIRANDA, Z. A. I. Dinâmica demográfica, economia e ambiente na zona costeira de São Paulo. *Textos Nepo*, v. 63, jun. 2012.

CETESB (São Paulo). COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2012**. São Paulo: CETESB, 2013. 370 p.

- COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO LITORAL NORTE (CBHLN). **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Litoral Norte de São Paulo**, 2013. 149p.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Elaboração do Plano Diretor de saneamento básico dos municípios operados pela SABESP na bacia hidrográfica do Litoral Norte – UGRHI 3**. Relatório Parcial (RP2): Evolução populacional e de uso e ocupação do solo, Consórcio GERENTEC/Latin Consult, São Paulo, 2010.
- EMPINOTTI, V. L.; TADEU, N. D.; MARTINS, R. S. L. Análise crítica da Pegada Hídrica cinza na produção de celulose. **Ambiente e Água**, v. 8, n. 3, p. 166-177, dec. 2013.
- HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K., ALDAYA, M. M. and MEKONNEN, M. M. **Water Footprint Manual: State of the Art 2009**, Water Footprint Network, Enschede, the Netherlands, 2009.
- HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K., ALDAYA, M. M. and MEKONNEN, M. M. **The water footprint assessment manual: setting the global standard**. Earthscan, London, UK, 2011.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Anuário Estatístico do Brasil de 2010**. IBGE: Rio de Janeiro, 2012.
- JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 5 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009.
- LUCHIARI, M. T. D. P. **O lugar no mundo contemporâneo: turismo e urbanização em Ubatuba – SP**. Tese de Doutorado da UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas). Campinas/SO: 1999.
- METCALF & EDDY. Inc. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. 4 ed. New York, McGraw – Hill Books, 2003, 1815p.
- PEREIRA, F. R. S.; KAMPEL, M.; SOUTO, R. D.; POLETTE, M. Avaliação do impacto antropogênico no litoral norte de São Paulo utilizando técnicas de geoprocessamento. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 4223-4230, 2009.
- PROYECTO HUELLA DE CIUDADES. Proyecto “Huella de Carbono y Huella Hídrica entresciudades andinas: La Paz, Quito y Lima», 2014. **Informe de síntesis** - recuperado de [www.citiesfootprint.com](http://www.citiesfootprint.com)
- ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, p.133-137, 1998.
- SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R. **Meteorologia agrícola**. Piracicaba: ESALQ, 1999. 125p.
- SOS MATA ATLÂNTICA & INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica: Período 2005-2008**. Relatório Parcial. São Paulo, 2009. 156 p.

TEIXEIRA, L. R. **Megaprojetos no litoral norte paulista: o papel dos grandes empreendimentos de infraestrutura na transformação regional.** Tese (Doutorado em Ambiente e Sociedade). Campinas: NEPAM-IFCH, 2013.

VAN OEL, P. R.; MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The external water footprint of the Netherlands: geographically-explicit quantification and impact assessment. **Ecological Economics**, v. 69, n. 1, p. 82-92, 2009.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos – Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Belo Horizonte, UFMG, v. 2, 1996.

Submetido em: 11/06/2014

Aceito em: 19/02/2015

<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOC1145V1832015>



# CONTRIBUIÇÕES PARA ABORDAGEM MUNICIPAL DA PEGADA HÍDRICA: ESTUDO DE CASO NO LITORAL DE SÃO PAULO

---

BRUNA VIEIRA  
WILSON SOUSA JUNIOR

**Abstract:** The advances in water management require knowledge of the water resources availability and demand as a subsidy to define priority actions for the conservation of water. This study aimed to support the establishment of a municipal approach to the Water Footprint from the case study of Caraguatatuba with data of 2012. The water footprints considered were: a) the urban water system; b) the sewage production; c) livestock; and d) the rural water uses. The results showed a water footprint of about 400 Mm<sup>3</sup>/year, with the main contribution of 85 % from the grey water. This result showed that the increased pressure on local water resources comes from the gap of the sewage system in relation to the demands of a growing population. The study can contribute to the improvement of the Water Footprint methodology, enable comparative studies and subsidize water management policies in this socio-political niche.

**Keywords:** Water consumption, Caraguatatuba, Urban expansion.

**Resumo:** Os avanços na gestão da água exigem o conhecimento da situação dos recursos hídricos como subsídio para definição de ações prioritárias para a conservação da água. Este trabalho teve como objetivo subsidiar o estabelecimento de uma abordagem municipal para a Pegada Hídrica a partir do estudo de caso de Caraguatatuba, com dados de 2012. Foram consideradas as pegadas hídricas: a) do sistema de água urbana; b) da produção de esgoto; c) da pecuária; e d) da água utilizada no meio rural. A Pegada Hídrica encontrada foi de 400 Mm<sup>3</sup>/ano, com uma contribuição de 85% da água cinza. Esse resultado mostrou que a maior pressão sobre a água advém da defasagem do sistema de esgoto em relação às demandas de uma população crescente. O estudo pode contribuir para o aprimoramento da metodologia da Pegada Hídrica com este recorte, permitindo estudos comparativos e subsidiando políticas de gestão das águas neste nicho sócio-político.

**Palavras-chave:** Consumo hídrico, Caraguatatuba, Expansão urbana.

**Resumen:** Los avances en la gestión del agua requiere el conocimiento de la situación de los recursos hídricos como un subsidio para las acciones prioritarias para la conservación

del agua. Este estudio tuvo como objetivo apoyar el establecimiento de un abordaje municipal de la Huella Hídrica del estudio de caso de Caraguatatuba, con datos de 2012. Se consideraron las huellas hídricas de: a) el sistema urbano de agua; b) la producción de alcantarillado; c) el ganado; y d) el agua utilizada en las zonas rurales. Los resultados mostraron una huella hídrica de 400 Mm<sup>3</sup>/año, con la contribución de 85% de las aguas grises. Este resultado muestra que el aumento de la presión sobre los recursos hídricos locales proviene de la brecha de la red de saneamiento en relación con las demandas de una población creciente. El estudio puede contribuir a la mejora de la metodología de la huella hídrica, permitir estudios comparativos y subvencionar las políticas de gestión del agua en este nicho sócio-político.

**Palabras clave:** Consumo del agua, Caraguatatuba, Expansión urbana.

---