



Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Programa Interunidades



Mestrado

Engenharia Civil e Ambiental

SILAS VOLPON DE MELLO

**PROPOSTA DE MODELAGEM DA CAPACIDADE DE SUPORTE
HÍDRICA PARA O ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL**

Bauru
2017

SILAS VOLPON DE MELLO

Engenheiro Civil

**PROPOSTA DE MODELAGEM DA CAPACIDADE DE SUPORTE
HÍDRICA PARA O ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Bauru da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental. Área de Concentração: Saneamento Ambiental. Linha de Pesquisa: Infraestrutura Urbana e Regional

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Garcia Manzato

Coorientador: Profa. Dra. Ilza Machado Kaiser

Bauru, agosto de 2017



de Mello, Silas Volpon.
Proposta de modelagem da capacidade de suporte
hídrica para o estado de São Paulo, Brasil / Silas
Volpon de Mello, 2017
120 f.

Orientador: Gustavo Garcia Manzato

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2017

1. Modelagem Ambiental. 2. Análises Estocásticas
de Fronteira. 3. Regionalização de Vazões. I.
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia. II. Título.



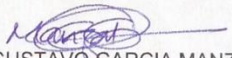
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru

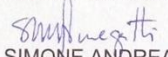


ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado de SILAS VOLPON DE MELLO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

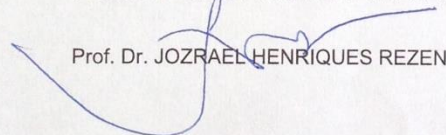
Aos 18 dias do mês de agosto do ano de 2017, às 14:00 horas, no(a) Anfiteatro da Seção Técnica de Pós-graduação da FEB, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. GUSTAVO GARCIA MANZATO - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Faculdade de Engenharia de Bauru, Profa. Dra. SIMONE ANDREA FUREGATTI do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Dr. JOZRAEL HENRIQUES REZENDE do(a) Departamento de Meio Ambiente e Recursos Hídricos / Faculdade de Tecnologia de Jahu, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de SILAS VOLPON DE MELLO, intitulada **PROPOSTA DE MODELAGEM DA CAPACIDADE DE SUPORTE HÍDRICA PARA O ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. GUSTAVO GARCIA MANZATO



Profa. Dra. SIMONE ANDREA FUREGATTI



Prof. Dr. JOZRAEL HENRIQUES REZENDE

OFEREÇO, HOMENAGEIO E DEDICO

Aos meus pais, Rosa e Telmo, por tudo o que fizeram por mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por conceder todas as oportunidades que desfrutei em minha vida.

Aos meus pais, Rosa Marie Volpon e Telmo de Mello Marques, por apoiar, incentivar e dar todo o suporte necessário para a realização dessa inestimável conquista.

À Bruna da Cruz Franco, pela paciência, amor, carinho e por ficar sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis.

Ao meu irmão, Murilo Volpon de Mello, por todo o companheirismo ímpar e sua eterna amizade.

Em especial, ao meu orientador Prof. Gustavo Garcia Manzato, por abrir as portas para o meu ingresso na Pós-Graduação, confiando e acreditando no meu trabalho. Por sua amizade, dedicação e paciência. Também, por proporcionar o meu progresso intelectual e acadêmico.

À Prof^a. Ilza Machado Kaiser, por aceitar fazer parte da co-orientação, por seus ensinamentos e pela ajuda indispensável à realização deste trabalho.

À Prof^a. Anna Silvia Palcheco Peixoto, pela sua ajuda e apoio em diversas etapas de elaboração desta pesquisa.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, particularmente ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Engenharia de Bauru, por proporcionar toda infraestrutura necessária e pela oportunidade de estudo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos colegas da Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, especialmente aos residentes do grupo de pesquisa em geotecnia dos solos tropicais, pelo agradável convívio durante a realização do estudo de mestrado.

E todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

“Heróis genuínos fazem-se desde dentro, na luta da alma pela verdade da existência. Antes de brilhar em ações espetaculares, têm de vencer a mentira interior e pagar, com a solidão moral extrema, o preço da sinceridade”

Olavo de Carvalho

Sumário

RESUMO	XI
ABSTRACT.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABELAS	XVI
ÍNDICE DE SIGLAS	XVII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA	3
2 ECOLOGIA, DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E INDICADORES DE ESTRESSE AMBIENTAL.....	4
2.1 BREVE HISTÓRIA DA ECOLOGIA E DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	4
2.2 CAPACIDADE DE SUPORTE E PEGADA ECOLÓGICA	7
2.2.1 <i>A Capacidade de Suporte e a Teoria do Capital Natural</i>	7
2.2.2 <i>Pegada Ecológica (Ecological Footprint)</i>	10
2.3 PEGADA HÍDRICA (<i>WATER FOOTPRINT</i>).....	12
2.4 ANÁLISES DE ENERGIA (<i>EMERGY</i>) E INDICADORES DE ESTRESSE AMBIENTAL DESENVOLVIDOS RECENTEMENTE	14
3 FERRAMENTAS EMPREGADAS	18
3.1 ANÁLISES ESTOCÁSTICAS DE FRONTEIRA.....	18
3.2 MÉTODOS DE REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES.....	20
3.2.1 <i>Método Regionalização de Vazões utilizado no estado de São Paulo</i>	21
3.2.2 <i>Nova proposta de Regionalização de Vazões para o estado de São Paulo. ...</i>	22
3.3 RELATÓRIOS DE SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO ..	24

4	METODOLOGIA.....	27
4.1	ANÁLISES ESTOCÁSTICAS DE FRONTEIRA APLICADAS À ENGENHARIA AMBIENTAL .	27
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	28
4.3	MATERIAIS EMPREGADOS	29
4.3.1	<i>Coleta de dados populacionais, da rede hídrica, de qualidade da água e vazão explotável.....</i>	<i>29</i>
4.3.2	<i>Coleta de dados de vazões $Q_{7,10}$; Q_{95}; Q_m através de métodos de regionalização de vazões.....</i>	<i>32</i>
4.3.3	<i>Estudo de Viabilidade do Cálculo de Regionalização de Vazões por aproximação dos Centroides Municipais.....</i>	<i>33</i>
4.4	MODELOS DESENVOLVIDOS	36
4.4.1	<i>Modelo Protótipo – Estudo de Viabilidade</i>	<i>37</i>
4.4.2	<i>Modelo Específico – Primeiro Cenário.....</i>	<i>38</i>
4.4.3	<i>Modelo Específico – Segundo Cenário</i>	<i>41</i>
4.4.4	<i>Modelo Específico – Terceiro Cenário</i>	<i>43</i>
4.5	SÍNTESE DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	44
5	RESULTADOS E ANÁLISES.....	45
5.1	MODELO PROTÓTIPO – ESTUDO DE VIABILIDADE.....	45
5.2	VIABILIDADE DO CÁLCULO DE REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES POR APROXIMAÇÃO DOS CENTROIDES MUNICIPAIS.....	47
5.3	RESULTADOS DOS CÁLCULOS DE VAZÕES OBTIDOS ATRAVÉS DA NOVA PROPOSTA DE REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES PARA O ESTADO DE SÃO PAULO.....	49
5.3.1	<i>Resultados do Cálculo de Regionalização de Vazões para as UGRHIs do estado de São Paulo.....</i>	<i>49</i>
5.3.2	<i>Resultados do Cálculo de Regionalização de Vazões para os Municípios do estado de São Paulo</i>	<i>53</i>
5.4	MODELO ESPECÍFICO - PRIMEIRO CENÁRIO	56
5.4.1	<i>CSH para as UGRHIs do estado de São Paulo.....</i>	<i>56</i>
5.4.2	<i>CSH para os municípios do estado de São Paulo</i>	<i>57</i>
5.5	MODELO ESPECÍFICO – SEGUNDO CENÁRIO	58
5.5.1	<i>CSH para as UGRHIs do estado de São Paulo.....</i>	<i>58</i>

5.5.2	<i>CSH para os municípios do estado de São Paulo</i>	59
5.6	MODELO ESPECÍFICO – TERCEIRO CENÁRIO	61
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	64
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
	APÊNDICES	78
	APÊNDICE A	79
	APÊNDICE B	80
	APÊNDICE C	99
	APÊNDICE D	101
	APÊNDICE E	103

Resumo

Este texto apresenta uma pesquisa que propõe um modelo para calcular a Capacidade de Suporte Hídrica (CSH) de regiões urbanizadas visando o Desenvolvimento Sustentável, principal objetivo da humanidade neste século. Utilizando as Análises Estocásticas de Fronteira como ferramenta de modelagem da capacidade de suporte, juntamente com o auxílio de um sistema de informações geográficas (SIG), foi criado um método para calcular a carga antrópica no meio ambiente, ou seja, calcular a intensidade de solicitação ou estresse sobre os recursos naturais que uma dada região exerce sobre seu meio. Um estudo exploratório foi elaborado para verificar a viabilidade desta proposta e posteriormente um modelo específico foi desenvolvido, utilizando variáveis de natureza hídrica, culminando no cálculo da CSH dos municípios e das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do estado de São Paulo. A disponibilidade hídrica superficial dos objetos de estudo, uma das variáveis hídricas que compõe o modelo, foi calculada de forma aproximada utilizando a nova proposta de regionalização de vazões para o estado de São Paulo, onde foi criado o primeiro banco de dados que agrega informações sobre as vazões Q_{95} , $Q_{7,10}$ e Q_m para todos os municípios do estado. Na sequência, foram simulados três cenários abordando possíveis construções do modelo CSH, dois deles consideraram diferentes formas de agrupamento dos parâmetros e o terceiro obteve as classificações de suporte hídrico para as UGRHIs a partir dos resultados dos municípios. O primeiro cenário apontou 5 UGRHIs e 213 municípios em potencial déficit hídrico e o segundo apontou 6 UGRHIs e 180 municípios nesta mesma situação. O terceiro cenário apontou 7 UGRHIs em potencial déficit no suprimento da demanda de água. A partir dos resultados, foram apontadas regiões que estão sob potencial estresse hídrico, ou seja, que não conseguem fornecer de maneira sustentável a quantidade de água requerida por seus habitantes. Essas regiões podem ser apontadas como as mais vulneráveis em períodos de seca. Assim, pretende-se disponibilizar um modelo para auxiliar na questão da preservação do meio ambiente nas escalas local e regional, considerando-se a disponibilidade de água.

Palavras-chave: Capacidade de Suporte Hídrica; Modelagem Ambiental; Análises Estocásticas de Fronteira; Regionalização de Vazões; Desenvolvimento Sustentável; Ecologia.

Abstract

This work presents a research project that proposes a model to calculate the Hydric Carrying Capacity (HCC) of urbanized areas aiming at the Sustainable Development, the main goal of humanity in this century. Using Stochastic Frontier Analysis (SFA) as a modeling technique for carrying capacity along with geographic information systems (GIS), a method to calculate the anthropic load in the environment was created. In other words, the idea was to calculate the stress intensity on the natural resources that a given region produces on its environment. An exploratory study was carried out to verify the feasibility of this proposal and later a specific model was developed. Using hydric variables, the model resulted in the determination of the HCC for the municipalities and for the Water Resources Management Units (UGRHI) of the State of São Paulo. The surface water availability of the objects of study, which is one of the hydric variables that compose the model, was calculated in an approximate way using the new proposal of regionalization of flows for the state of São Paulo. This resulted in the first database that aggregates information about the flows Q_{95} , $Q_{7,10}$ and Q_m for all municipalities in the state. Three scenarios were simulated, discussing possible constructions of the HCC model. Two of them considered different ways of grouping the parameters and the third one obtained the hydric support classifications for the UGRHIs from the results of the municipalities. The first scenario pointed out 5 UGRHIs and 213 municipalities in potential hydric deficit, while the second pointed to 6 UGRHIs and 180 municipalities in this same situation. The third scenario pointed out 7 UGRHIs in potential deficits in supplying water demand. From these results, regions that are under potential water stress were pointed out, that is, regions that cannot provide the amount of water required by their inhabitants in a sustainable way. These regions can be identified as the most vulnerable in periods of drought. Thus, the idea was to provide a model as an aid for the environment preservation at both local and regional scales, considering the availability of water.

Key words: Hydric Carrying Capacity; Environmental Modeling; Stochastic Frontier Analysis; Flows Regionalization; Sustainable Development; Ecology.

Índice de Figuras

FIGURA 1 - CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO MUNDIAL E SUAS PROJEÇÕES PARA O ANO DE 2100. FONTE: ADAPTADO DE UN (2013)	5
FIGURA 2 - CURVAS DE CRESCIMENTO POPULACIONAL BASEADAS NA TEORIA DE MALTHUS (VERHULST, 1838). (A) CRESCIMENTO SEM O FATOR LIMITANTE, (B) CRESCIMENTO COM O FATOR LIMITANTE APONTADO POR MALTHUS COMO A OFERTA DE COMIDA DISPONÍVEL.	8
FIGURA 3 - ILUSTRAÇÃO DA PEGADA ECOLÓGICA. FONTE: WACKERNAGEL E REES (1996)	11
FIGURA 4 - COMPARAÇÃO ENTRE PEGADAS ECOLÓGICAS DIFERENTES. FONTE: WACKERNAGEL E REES (1996)	11
FIGURA 5 - PEGADA ECOLÓGICA DOS PAÍSES NO MUNDO, PARA O ANO DE 2013. FONTE: ADAPTADO DE HTTP://WWW.FOOTPRINTNETWORK.ORG/CONTENT/DOCUMENTS/ECOLOGICAL_FOO TPRINT_NATIONS/INDEX.HTML	12
FIGURA 6 - FLUXOS DE ÁGUA VERDE E AZUL EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA. FONTE: LIMA (2010)	13
FIGURA 7 - COMPONENTES WFAZUL, WFERVERDE E WFCINZA DENTRO DO BALANÇO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA. FONTE:ADAPTADO DE HOEKSTRA ET AL.(2011) APUD RODRIGUES ET AL. (2011).	14
FIGURA 8 - DIAGRAMA EMERGÉTICO DE UM SISTEMA PRODUTIVO. FONTE: NAKAJIMA (2014)	16
FIGURA 9 – REGIÕES HIDROLOGICAMENTE HOMOGÊNEAS (21) SEGUNDO O MODELO DE LIAZI ET AL. (1988). FONTE: WOLFF (2013).	21
FIGURA 10 - REGIÕES HIDROLOGICAMENTE HOMOGÊNEAS (4) SEGUNDO O MODELO DE WOLFF ET AL. (2014). FONTE: WOLFF (2013)	23
FIGURA 11 - APLICATIVO COMPUTACIONAL PARA A UTILIZAÇÃO DA NOVA PROPOSTA DE REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES PARA O ESTADO DE SÃO PAULO. FONTE: WOLFF (2013)	24

FIGURA 12 - ÁREAS DE ESTUDO - ESTADO DE SÃO PAULO	28
FIGURA 13 – BASE GEOGRÁFICA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO	30
FIGURA 14 – DENSIDADE DEMOGRÁFICA DOS 645 MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO EM 2010. FONTE: ELABORADO PELO AUTOR A PARTIR DOS DADOS DO CENSO DE 2010 DO IBGE.....	31
FIGURA 15 – ESTUDO DOS PONTOS EXUTÓRIOS DAS BACIAS DAS UGRHIS DO ESTADO, PARA O CÁLCULO DA REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES	33
FIGURA 16 - APROXIMAÇÃO DOS PONTOS EXUTÓRIOS DAS MICROBACIAS MUNICIPAIS PELOS SEUS CENTROIDES	34
FIGURA 17 - ESTUDO DOS PONTOS EXUTÓRIOS DAS MICROBACIAS MUNICIPAIS, UGRHI TIETÊ-JACARÉ.	35
FIGURA 18 - ESTUDO DOS PONTOS EXUTÓRIOS DAS MICROBACIAS MUNICIPAIS, UGRHI TIETÊ-BATALHA.	35
FIGURA 19 – FLUXOGRAMA PARA A ELABORAÇÃO DO MODELO PROTÓTIPO	38
FIGURA 20 – NÍVEIS DE ESTRESSE OU EXCEDENTE AMBIENTAL (HAB/KM²) CALCULADOS PELO MODELO PROPOSTO.	40
FIGURA 21 – FLUXOGRAMA DO PRIMEIRO CENÁRIO UTILIZANDO AS VARIÁVEIS ADOTADAS.	41
FIGURA 22 - FLUXOGRAMA DO SEGUNDO CENÁRIO UTILIZANDO AS VARIÁVEIS ADOTADAS.	42
FIGURA 23 - FLUXOGRAMA DO TERCEIRO CENÁRIO.....	43
FIGURA 24 – RESULTADOS DO MODELO PROTÓTIPO PARA AS UGRHIS DE SP	46
FIGURA 25 – RESULTADOS DO MODELO PROTÓTIPO PARA OS MUNICÍPIOS DE SP	46
FIGURA 26 – NÚMERO DE MUNICÍPIOS POR FAIXAS DE ERROS OBTIDOS PELA APROXIMAÇÃO DE CENTROIDES	47
FIGURA 27 – COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DA VAZÃO Q_{7,10} PARA AS DUAS PROPOSTAS DE REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES	51
FIGURA 28 - COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DA VAZÃO Q₉₅ PARA AS DUAS PROPOSTAS DE REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES	51
FIGURA 29 - COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DA VAZÃO Q_M PARA AS DUAS PROPOSTAS DE REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES	52
FIGURA 30 - RESULTADOS DA ANÁLISE DA CAPACIDADE DE SUPORTE HÍDRICO, CONFORME O PRIMEIRO CENÁRIO, PARA AS UGRHIS DE SÃO PAULO	56

FIGURA 31 - RESULTADOS DA ANÁLISE DA CAPACIDADE DE SUPORTE HÍDRICO, CONFORME O PRIMEIRO CENÁRIO ADOTADO, PARA OS MUNICÍPIOS DE SÃO PAULO	57
FIGURA 32 - RESULTADOS DA ANÁLISE DA CAPACIDADE DE SUPORTE HÍDRICO, CONFORME O SEGUNDO CENÁRIO, PARA AS UGRHIS DE SÃO PAULO	58
FIGURA 33 - RESULTADOS DA ANÁLISE DA CAPACIDADE DE SUPORTE HÍDRICO, CONFORME O SEGUNDO CENÁRIO ADOTADO, PARA OS MUNICÍPIOS DE SÃO PAULO	59
FIGURA 34 - GRÁFICO DA COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS ENTRE OS DOIS CENÁRIOS ELABORADOS PARA OS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO	60
FIGURA 35 - RESULTADOS DA ANÁLISE DA CAPACIDADE DE SUPORTE HÍDRICO, CONFORME O TERCEIRO CENÁRIO, PARA AS UGRHIS DE SÃO PAULO.....	61
FIGURA 36 – ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA NAS UGRHIS DO ESTADO DE SÃO PAULO.	
 FONTE: DAEE/IPT/CPRM E SÃO PAULO (2005)	
 HTTP://WWW.DAEE.SP.GOV.BR/IMAGES/DOCUMENTOS/MAPA_AS.PDF (ACESSADO EM 13/07/2017).....	63

Índice de Tabelas

TABELA 1 - UNIDADES DE GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO E SEUS COMITÊS DE BACIA.....	25
TABELA 2 - ERROS MÉDIOS (%) OBTIDOS PELA APROXIMAÇÃO DOS CENTROIDES MUNICIPAIS.....	47
TABELA 3 – TABELA COMPARATIVA DE ERROS OBTIDOS PELOS MÉTODOS DE REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES DO ESTADO DE SÃO PAULO RELACIONADA COM VALORES PADRÕES (ADAPTADO DE WOLFF, 2013).	48
TABELA 4- ERROS MÉDIOS (%) OBTIDOS PELA APROXIMAÇÃO DOS CENTROIDES DAS UGRHIS.....	48
TABELA 5 – VALORES DA ANTERIORE E DA NOVA PROPOSTA REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES PARA AS UGRHIS DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	50
TABELA 6 - VALORES DE REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES PARA O ESTADO DE SÃO PAULO	52
TABELA 7 – COMPARAÇÃO DAS VAZÕES OBTIDAS PELOS MÉTODOS ANTERIOR E NOVO, PARA OS MUNICÍPIOS DA UGRHI-TJ	53
TABELA 8 - COMPARAÇÃO DAS VAZÕES OBTIDAS PELOS MÉTODOS ANTERIOR E NOVO, PARA OS MUNICÍPIOS DA UGRHI-TB	54
TABELA 9 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS ENTRE OS DOIS CENÁRIOS ELABORADOS PARA OS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO	60
TABELA 10 – COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DOS TRÊS CENÁRIOS ELABORADOS PARA AS UGRHIS DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	62

Índice de Siglas

CBH – Comitê Estadual de Bacia Hidrográfica

CSA – Capacidade de Suporte Ambiental

CSH – Capacidade de Suporte Hídrico

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo

IDEA-SP – Infraestrutura de Dados Espaciais e Ambientais do estado de São Paulo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ONU/UN – Organização das Nações Unidas

PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos

RM – Região Metropolitana

RSRH – Relatório de Situação dos Recursos Hídricos

SFA – *Stochastic Frontier Analysis* (Análises Estocásticas de Fronteira)

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SSRH – Secretaria Estadual de Saneamento e Recursos Hídricos do estado de São Paulo

UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

UNEP – United Nations Environment Programme (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente)

1 Introdução

Neste capítulo introdutório, são descritos os problemas que motivaram a realização desta pesquisa, bem como seus objetivos e uma descrição da estrutura do texto aqui apresentado.

1.1 Caracterização do Problema

Promover o desenvolvimento da humanidade aliado à preservação do meio ambiente é um dos principais desafios do século XXI (CALIJURI e CUNHA, 2013). Estudos recentes das Nações Unidas (UN, 2015) demonstram que 54% da população mundial vive em áreas urbanas e projetam que a população mundial urbana alcançará a marca de 66% até 2050. No Brasil, segundo dados do Censo de 2010, a população urbana chegou a 84,36%, totalizando 160 milhões de pessoas. Por sua vez, o estado de São Paulo possui um alto grau de urbanização. Segundo o IBGE, a estimativa da população urbana em 2016 chegou a 96,32% da população total do estado. Diante desses números, pode-se afirmar que mudanças significativas estão previstas para a população global, tanto em termos da quantidade de pessoas no mundo, como em termos de sua distribuição espacial.

Em princípio, por encontrarem melhores condições, as pessoas migram para as cidades esperando aprimorar a sua qualidade de vida (RODRÍGUEZ-POSE e KETTERER, 2012), uma vez que estes locais concentram a maioria das atividades econômicas e possuem as melhores redes de infraestrutura (transportes, telecomunicações, energia elétrica, saúde, educação, lazer, etc.). Por outro lado, esses centros compreendem atividades humanas com diversas interações sociais e ambientais promovendo uma enorme pressão nessas áreas (KOURTIT e NIJKAMP, 2013). Conforme Rodrigues da Silva *et al.* (2008), essas interações são consequências das relações espaciais, econômicas, políticas, sociais e demográficas existentes nas áreas urbanizadas. Com isso, observam-se inúmeros esforços em elaborar modelos capazes de representar as inter-relações presentes nessas estruturas multidimensionais e complexas. Essa não é uma preocupação recente. Na década de 1980

foi introduzindo o conceito de Desenvolvimento Sustentável, através do relatório “Nosso Futuro Comum”, o qual é definido como uma política de acolhimento das necessidades das populações atuais sem afetar a expectativa das gerações futuras em atenderem as suas devidas necessidades. A ideologia do Desenvolvimento Sustentável foi concretizada na conferência ECO-92 e incorporada em várias agendas mundiais, como a Agenda 21 das Nações Unidas visando promover o desenvolvimento sustentável e os direitos humanos. Desde então, esse conceito vem sendo discutido em todos os encontros internacionais que tratam do clima e do futuro do planeta, gerando diversos estudos, tecnologias e metodologias que buscam minimizar o impacto da atividade humana sobre a natureza.

Nesse sentido, diversas ferramentas de análise de impactos ambientais têm sido desenvolvidas para os mais variados fins e continuam sendo aprimoradas até hoje. Algumas se assemelham com as características do estudo aqui desenvolvido, nas quais as análises de Capacidade de Suporte, de Pegada Ecológica e as análises *Emergy* merecem destaque.

Conforme o entendimento e aprimoramento das metodologias que tratam de impactos ambientais avança, surgem novas ideias para contribuir na abordagem e modelagem dos problemas enunciados. Dessa forma, a pesquisa proposta nesse projeto tem por objetivo auxiliar nessa questão, incorporando a metodologia das Análises Estocásticas de Fronteira (SFA, do inglês: *Stochastic Frontier Analysis*) na esfera ambiental.

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é elaborar uma metodologia para o desenvolvimento de um indicador de suporte ambiental, afim de se verificar a intensidade de solicitação que uma dada população exerce sobre os recursos naturais existentes em seu meio físico. O foco dos estudos contidos nesta dissertação foi a questão hídrica do estado, abordando variáveis de natureza hídrica e direcionando os resultados para o desenvolvimento de um indicador de suporte hídrico, que recebeu o nome de Capacidade de Suporte Hídrica (CSH).

Os objetivos secundários se definem por desenvolver um banco de dados com os resultados do cálculo da disponibilidade hídrica superficial aproximada, para as 22 UGRHIs e os 645 Municípios do estado de São Paulo, utilizando-se para isso a nova proposta de regionalização de vazões para o estado, desenvolvida por Wolff *et al.* (2014).

1.3 Estrutura da Pesquisa

A presente pesquisa está estruturada na seguinte forma: no Capítulo 2 está apresentada a revisão bibliográfica sobre os temas que abarcam este estudo, que no caso engloba as áreas da Ecologia, do Desenvolvimento Sustentável e dos indicadores de estresse ambiental. Em seguida, no Capítulo 3, são discutidos os conceitos de Regionalização de Vazões e de Análises Estocásticas de Fronteira que promovem as bases para o método proposto nesta pesquisa.

No Capítulo 4 é apresentada a metodologia proposta, bem como a área de estudo, as etapas de obtenção, formatação e gerenciamento dos dados utilizados. Fechando o capítulo, são apresentados os modelos propostos para criar o indicador de suporte hídrico, chamado Capacidade de Suporte Hídrica (CSH) e a síntese das atividades desenvolvidas.

O Capítulo 5 apresenta os resultados e análises obtidos através do método proposto, seguido pelas conclusões e recomendações presentes no Capítulo 6.

Este trabalho entra em sua parte final com a disponibilização das referências bibliográficas. Nos Apêndices, estão relacionados os bancos de dados criados, na forma de tabelas, contendo informações sobre disponibilidade hídrica e tratamento de esgotos dos 645 municípios e 22 UGRHIs do estado de São Paulo. Também, estão contidas as planilhas de cálculo utilizadas em algumas etapas desse estudo.

2 Ecologia, Desenvolvimento Sustentável e Indicadores de Estresse Ambiental

Neste capítulo são abordados os temas da Ecologia e Desenvolvimento Sustentável, seguidos da apresentação do conceito de capacidade de suporte, dos modelos indicadores de estresse ambiental mais conhecidos e dos modelos desenvolvidos recentemente.

2.1 Breve História da Ecologia e do Desenvolvimento Sustentável

A partir do século XVIII, os avanços tecnológicos da humanidade culminaram nas revoluções industriais que aprimoraram o desenvolvimento da vida urbana e das cidades. Com a melhoria da qualidade de vida, a população humana, que era predominantemente rural, passou a migrar para as cidades e consequentemente foram acelerados o modo e a velocidade de exploração dos recursos naturais e de modificação do meio ambiente.

Em termos gerais, por volta de 1900 d.C. haviam 200 milhões de pessoas vivendo nas cidades, 15% da população mundial na época. Nos anos 2000 d.C. haviam cerca de 2,9 bilhões de pessoas vivendo nas cidades, cerca de 50% da população mundial (MCGRANAHAN *et al.*, 2006). Entretanto, mais especificamente, entre 1850 e 1950 a população mundial passou de 1,2 bilhão para 2,4 bilhões de pessoas, duplicando em um século (COHEN, 1995). Na sequência, de 1950 a 2000, a população mundial se multiplicou duas vezes e meia, e chegou à marca de 6 bilhões de pessoas. Em 2012, a população mundial ultrapassou a fronteira dos 7 bilhões de habitantes (UN, 2013; GERLAND *et al.*, 2014). A Figura 1 ilustra o crescimento populacional mundial e as projeções da ONU para o ano de 2100. São mostrados quatro cenários diferentes abordando quatro projeções de crescimento: médio, possíveis máximo e mínimo, e por último, crescimento com a fertilidade constante.

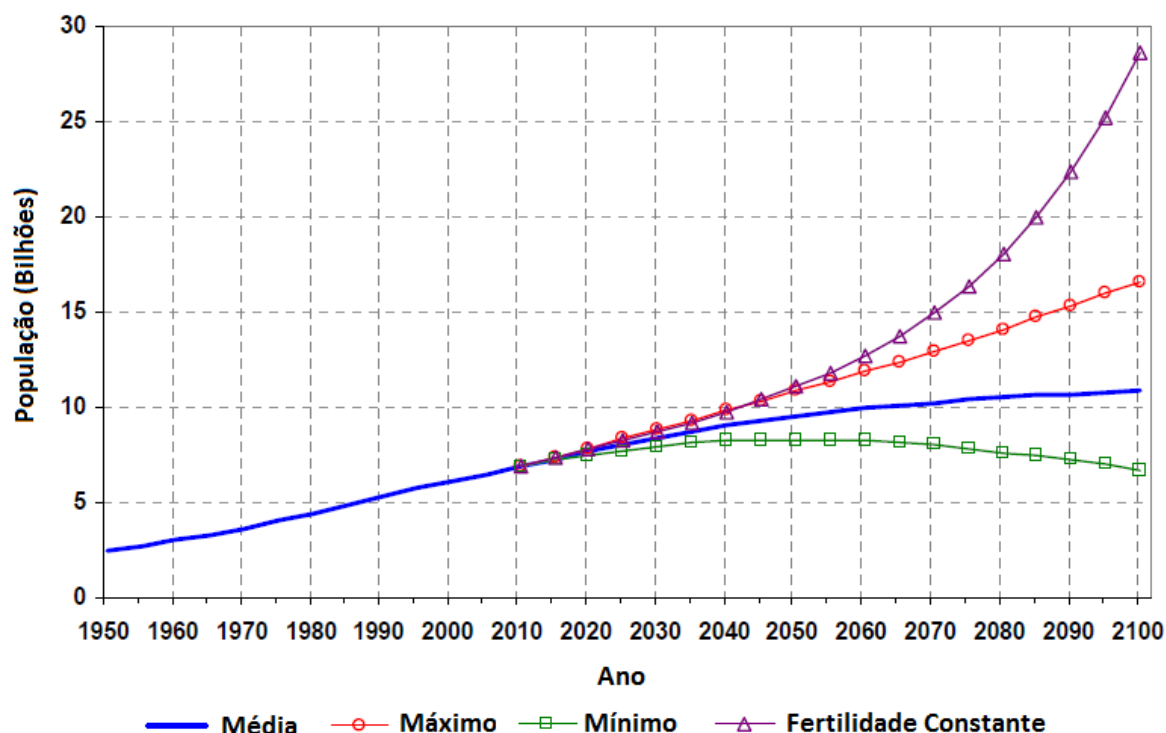


Figura 1 - Crescimento da População Mundial e suas Projeções para o ano de 2100.
Fonte: adaptado de UN (2013).

Segundo Hannah *et al.* (1994), 36% da área biologicamente produtiva da Terra está dominada pelo homem, outros 37% está parcialmente perturbada pela ação do homem, e somente 27% está intacta. Outro estudo parecido mostra que 83% da superfície terrestre está sobre influência direta do homem (SANDERSON *et al.*, 2002). Por exemplo, através do desmatamento e uso de combustíveis, o ser humano aumentou a quantidade de emissões de CO₂ na atmosfera em 30% em relação à era pré-industrial (VITOUSEK *et al.*, 1997).

Com aumento da área ocupada pelo homem e os desenvolvimentos urbano e econômico, a influência humana no planeta cresceu em taxas mais altas do que as de crescimento populacional (COHEN, 1997). As comunidades humanas sempre estiveram dependentes dos ecossistemas, tanto localmente como globalmente. Com o passar do tempo, essa dependência aumentou e, com a globalização de produtos e serviços, os impactos ambientais gerados pelas cidades têm influência global (WACKERNAGEL e REES, 1998).

Um dos primeiros autores a discutir o meio ambiente como fonte finita de recursos foi Ernst Haeckel. Influenciado pelas obras de Tomas Malthus e Charles Darwin, criou uma nova área da ciência chamada Ecologia.

“A Ecologia é a ciência referente à economia da natureza, ou seja, a investigação das relações dos animais tanto com seu ambiente orgânico quanto com seu ambiente inorgânico, incluindo suas relações amigáveis e não amigáveis com

aqueles animais e plantas com os quais vêm direta ou indiretamente a entrar em contato” (HAECKEL, 1868).

Haeckel (1868) dá uma visão pioneira sobre a utilização da natureza e seus recursos naturais, mostrando profunda preocupação com as consequências das intensas modificações que o homem faz no meio ambiente. Nos anos 1950, a Ecologia podia ser interpretada como *“a Ciência que estuda a estrutura e o funcionamento da Natureza, considerando que a humanidade é uma parte dela”* (ODUM, 1976).

Um século após a publicação dos trabalhos de Malthus, Darwin e Haeckel, a questão da preservação ambiental se torna uma preocupação permanente, marcado pelo acontecimento histórico da Conferência de Estocolmo, em 1972. Esse evento foi a primeira reunião mundial, organizada pela Organização das Nações Unidas (ONU) com cerca de 113 países, para traçar diretrizes de preservação do meio ambiente (DO LAGO, 2006). Nessa conferência, um estudo encomendado pelo Clube de Roma e desenvolvido por cientistas de diversas especialidades do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), sob a coordenação de Donella e Dennis Meadows foi apresentado. Intitulado *“The Limits to Growth”* (Os Limites do Crescimento), este estudo causou uma enorme polêmica e comoveu os presentes devido às suas previsões catastróficas de esgotamento e destruição dos recursos naturais.

O Relatório Meadows, como ficou também conhecido, alertava para a total escassez do meio ambiente devido à ação descontrolada do homem, sugerindo uma política de freada brusca do desenvolvimento econômico, da industrialização e a introdução de políticas de controle populacional denominada “desenvolvimento zero” (MEADOWS *et al.* 1972). O relatório apontou para a urgente necessidade de revisão dos conceitos e técnicas para a exploração do meio ambiente, colocando os recursos naturais da terra como finitos.

Vinte anos mais tarde, um novo estudo nomeado *“Our Common Future”* (Nosso Futuro Comum) foi apresentado na conferência ECO-92. Esse estudo se diferencia do Relatório Meadows pois possui um tom mais otimista para o futuro, colocando como possível os desenvolvimentos econômico e social aliados à Ecologia (DO LAGO, 2006).

Presidido pela Primeira Ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland, o relatório ficou conhecido como “Relatório Brundtland”. Suas conclusões sugerem que a humanidade tem condições de se desenvolver tecnologicamente e minimizar ao máximo os danos ambientais resultantes do uso e degradação dos recursos naturais. Surge então uma ideia de exploração aliada à consciência e preservação ambiental denominada de Desenvolvimento Sustentável, sendo definida como uma política de *“acolher as necessidades das populações*

contemporâneas sem afetar a expectativa das gerações futuras de conseguir atender às suas devidas necessidades” (Word Commission on Environment and Development, WCED, 1987). O relatório destaca que há uma capacidade máxima da biosfera em absorver os efeitos causados pelas atividades humanas e colocou a pobreza generalizada como um problema ambiental, sendo este um fator fundamental para a busca da sustentabilidade (BARBOSA, 2008).

A ideologia do desenvolvimento sustentável foi concretizada na Agenda 21, documento desenvolvido na conferência ECO-92 e incorporado pelas Nações Unidas (ONU), onde são estabelecidas diretrizes e ações para promover o desenvolvimento sustentável e os direitos humanos. Apesar de ter alguns pontos questionáveis, o relatório Brundtland começou a despertar no mundo a necessidade de se encontrar novas formas de desenvolvimento econômico sem causar a degradação dos recursos naturais e o meio ambiente. Atualmente o conceito de desenvolvimento sustentável ainda está em construção, sendo objeto de estudo de diversos autores, onde cada qual define o conceito segundo seu entendimento.

Satterthwaite *et al.* (2004), por exemplo, definem desenvolvimento sustentável como *“a resposta às necessidades humanas nas cidades com o mínimo ou nenhuma transferência dos custos da produção, consumo ou resíduos para outras pessoas ou ecossistemas, hoje e no futuro”*. Nesse sentido, o desenvolvimento sustentável é um processo de aprendizagem social de longo prazo, que por sua vez, é direcionado por políticas públicas orientadas por um plano de desenvolvimento nacional (BEZERRA e BURSZTYN, 2000).

No entanto, a necessidade de ação e interação de diversas entidades políticas, sociais e interesses privados colocam-se como um obstáculo para as políticas públicas alcançarem o desenvolvimento sustentável. Ao analisar as questões ecológicas, sociais e econômicas há uma crescente convicção de que esses fatores estão interligados sendo extremamente necessário um esforço internacional para serem solucionados simultaneamente. Essa é a ideia central do desenvolvimento sustentável (*United Nations Environment Programme - UNEP*, 2002).

2.2 Capacidade de Suporte e Pegada Ecológica

2.2.1 A Capacidade de Suporte e a Teoria do Capital Natural

Thomas Robert Malthus foi um dos pioneiros no estudo científico da demografia e do comportamento de populações biológicas, principalmente o ser humano. Suas teorias sobre o crescimento da população humana são consideradas os alicerces do conceito de

capacidade de suporte. Ao estudar o crescimento da população humana, Malthus concluiu e difundiu que três fatores são essenciais. Primeiro, existe um fator limitante para o crescimento, que no entendimento de Malthus foi a oferta de comida disponível, uma vez que sem comida o ser humano não vive. Segundo, a população humana é incrementada geometricamente e, por último, a produção de comida cresce linearmente (SEIDL e TISDELL, 1999).

Quatro anos após a morte de Malthus, em 1838, um matemático belga chamado Pierre François Verhulst desenvolveu a primeira equação logística de crescimento populacional, ilustrada na Figura 2, como uma potencial solução para o dilema do crescimento exponencial de Malthus. Um século depois, essa equação foi introduzida na área da Biologia pelo biólogo americano Raymond Pearl como um modelo simples para calcular a auto-regulação de populações (KINGSLAND, 1995; GABRIEL *et al.*, 2005).

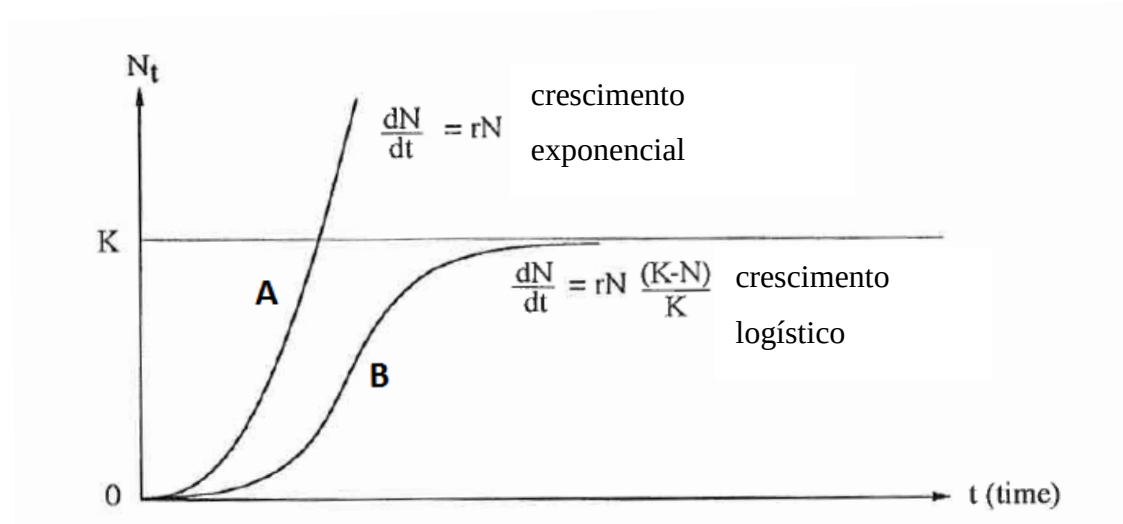


Figura 2 - Curvas de crescimento populacional baseadas na teoria de Malthus (adaptado de Verhulst, 1838). (A) crescimento sem o fator limitante, (B) crescimento com o fator limitante apontado por Malthus como a oferta de comida disponível.

Ao introduzir a ideia de que os recursos naturais da Terra não são infinitos, o Desenvolvimento Sustentável retomou alguns conceitos Malthusianos como o da capacidade de suporte. Segundo Catton (1986), “a capacidade de suporte do meio ambiente é a máxima carga permanentemente suportada”. A capacidade de suporte é usualmente definida como a máxima população, de uma dada espécie, que pode ser suportada por um dado habitat sem que haja prejuízos na produtividade desse habitat (REES e WACKERNAGEL, 1996).

Alguns autores alegam que o ser humano pode ser capaz de aumentar continuamente a capacidade de suporte humana do meio através da evolução tecnológica, de importação de recursos e eliminando espécies de animais (DALY, 1986). No entanto,

apesar das conquistas tecnológicas e econômicas, a humanidade permanece em um estado de “dependência obrigatória” da produtividade e suporte da Ecosfera (REES, 1990).

A relação entre a humanidade e o resto da Ecosfera é similar a qualquer outra espécie do planeta. Dependemos de energia e matérias primas retiradas da natureza e todos os artefatos extraídos acabam voltando em forma degradada para a Ecosfera na forma de lixo. O que nos diferencia das demais espécies é que somado ao metabolismo biológico, a raça humana possui o metabolismo industrial, o que significa que a industrialização requisita do meio ambiente fluxos contínuos de energia e matéria prima para sua produção e manutenção (STERRER, 1993).

Após inúmeras evidências sobre a contínua dependência dos processos ecológicos, muitos analistas reconsideraram a ideia de que os recursos naturais são “bens gratuitos da natureza”. A Ecologia econômica da atualidade visa preservar as espécies e os ecossistemas que produzem os fluxos de recursos necessários, sendo esses recursos chamados de “Capital Natural” e seus fluxos intitulados de “Receita Natural” (PEARCE *et al.*, 1989; VICTOR, 1991).

A teoria do Capital Natural providencia um valioso entendimento do significado de sustentabilidade, em que nenhum atalho para o desenvolvimento é sustentável se depender constantemente da redução do capital natural produtivo. A partir dessa perspectiva, uma sociedade pode ser dita economicamente sustentável se ela conseguir passar adiante um depósito suficiente de capital natural para as próximas gerações (SOLOW, 1986; PEARCE, 1994).

Nesse contexto, uma questão fundamental para a sustentabilidade ecológica é se os depósitos remanescentes de capital natural são adequados para providenciar os recursos consumidos, assimilar todo o lixo produzido pelas gerações presentes e futuras, enquanto simultaneamente proporcionar as funções gerais para a manutenção da vida na Ecosfera (REES, 1996).

Ao se tentar calcular a capacidade de suporte humana usando os princípios Malthusianos, vários questionamentos sobre a precisão e veracidade do método surgiram após expressivas discrepâncias em resultados de diferentes pesquisadores em análises muito parecidas. Por exemplo, Cohen (1998) estudou dezenas de publicações que pretenderam calcular a capacidade de suporte da Terra e encontrou resultados que variaram entre 1 bilhão e 1 trilhão de pessoas.

No entanto, alguns autores entendem que as análises de capacidade de suporte na natureza não são fixas, estáticas ou relações simplistas. Elas se relacionam com o nível

tecnológico da população, cultura, estrutura de produção e consumo, o estado das relações entre o meio físico e biótico que estão em constante mudança. Esses argumentos fazem com que a simples análise da capacidade de suporte humana seja somente um número sem significado, pois não considera fatores como a inovação humana e a evolução biológica (ARROW *et al.*, 1995).

Em contrapartida, uma análise quantitativa dos efeitos da atual intensidade da atividade humana sobre os recursos disponíveis na biosfera pode se fazer útil. Assim, a capacidade de suporte humana deixa de ser definida como a máxima população suportada e passa a ser a máxima carga antrópica que pode ser seguramente imposta pela população ao ambiente (CATTON, 1986).

A carga antrópica é claramente uma função que leva em conta não só a população, mas também o consumo médio per capita. Além do crescimento populacional, há o crescimento do consumo, conforme a tecnologia avança e o comércio se expande. Por exemplo, em 1790 um norte americano consumia 11.000 Kcal de energia por dia. Em meados de 1980 o consumo de energia per capita dos estados Unidos se multiplicou por 20, e um norte americano consumia 210.000 Kcal por dia (CATTON, 1986). Dessa forma, essas análises comprovam uma tendência de que a capacidade de suporte considerando a carga antrópica cresce em um ritmo muito maior do que as análises simples de crescimento populacional malthusianas (REES, 2002).

Até agora foi evidenciado que todos os seres humanos vivendo neste planeta possuem sua carga de impacto sobre a Terra pois todos consomem produtos e serviços oriundos da natureza. O impacto ecológico corresponde ao quanto o ser humano usufrui da natureza para viver. Em outras palavras, o quanto de capital natural uma pessoa, cidade ou sociedade requer para funcionar (WACKERNAGEL e REES, 1996).

2.2.2 Pegada Ecológica (*Ecological Footprint*)

A partir dos conceitos de capital natural, Rees e Wackernagel em 1994, propuseram uma abordagem diferente da capacidade de suporte, intitulada de Pegada Ecológica. Ao invés de perguntar o quanto de população uma certa região pode suportar, eles questionaram o problema tentando calcular a área produtiva total que é necessária para manter constantemente uma definida população, localizada em qualquer lugar da terra (REES 1992; WACKERNAGEL e REES, 1998).

O conceito de pegada ecológica, como ilustrado na Figura 3, representa o impacto das atividades humanas sobre a Terra. A pegada ecológica é uma tentativa de cálculo da

capacidade de suporte que leva em conta as interações biofísicas, baseada na economia e ecologia (MOFFATT, 2000).



Figura 3 - Ilustração da Pegada Ecológica. Fonte: Wackernagel e Rees (1996).

A pegada ecológica foi criada para representar o atual estado do consumo dos recursos biológicos e a carga de lixo gerada pelo homem, definindo uma área de ecossistema necessária para suprir as necessidades humanas em um determinado local e comparando com o total de área disponível (KITZES, 2009; NICCOLUCCI *et al.*, 2009).

Partindo do princípio de que os recursos naturais renováveis usam a energia solar para se regenerar, a pegada ecológica de uma determinada população pode ser representada pela área continuamente requerida para gerar a quantidade de energia de biomassa fotossintetizada e recursos naturais necessários para o consumo desta população, ilustrado na Figura 4 (REES, 2003; WACKERNAGEL e GALLI, 2007).



Figura 4 - Comparação entre Pegadas Ecológicas diferentes. Fonte: Wackernagel e Rees (1996).

A pegada ecológica é uma medida das demandas geradas pelas atividades do homem sobre a natureza. Ela mede o quanto de área, de terra ou água uma população humana necessita para produzir e consumir recursos e bens e absorver as emissões de dióxido de

carbono produzidas, levando em conta o fator tecnológico (*United Nations Environment Programme* - UNEP, 2012).

Considerando somente áreas bioprodutivas, áreas de extração de recursos e os resíduos gerados, o método da pegada ecológica analisa a demanda humana sobre a biosfera e a capacidade da biosfera de fornecer as demandas do homem (WACKERNAGEL *et al.*, 1999).

Galli *et al.* (2012) após analisarem a pegada ecológica pelo mundo, verificaram que em países economicamente desenvolvidos a pegada ecológica vem aumentando consideravelmente, enquanto, em países menos desenvolvidos, a pegada ecológica permanece estável ou tem diminuído. A Figura 5 compara o cálculo da pegada ecológica com as respectivas biocapacidades dos países do mundo, com dados do ano de 2013.

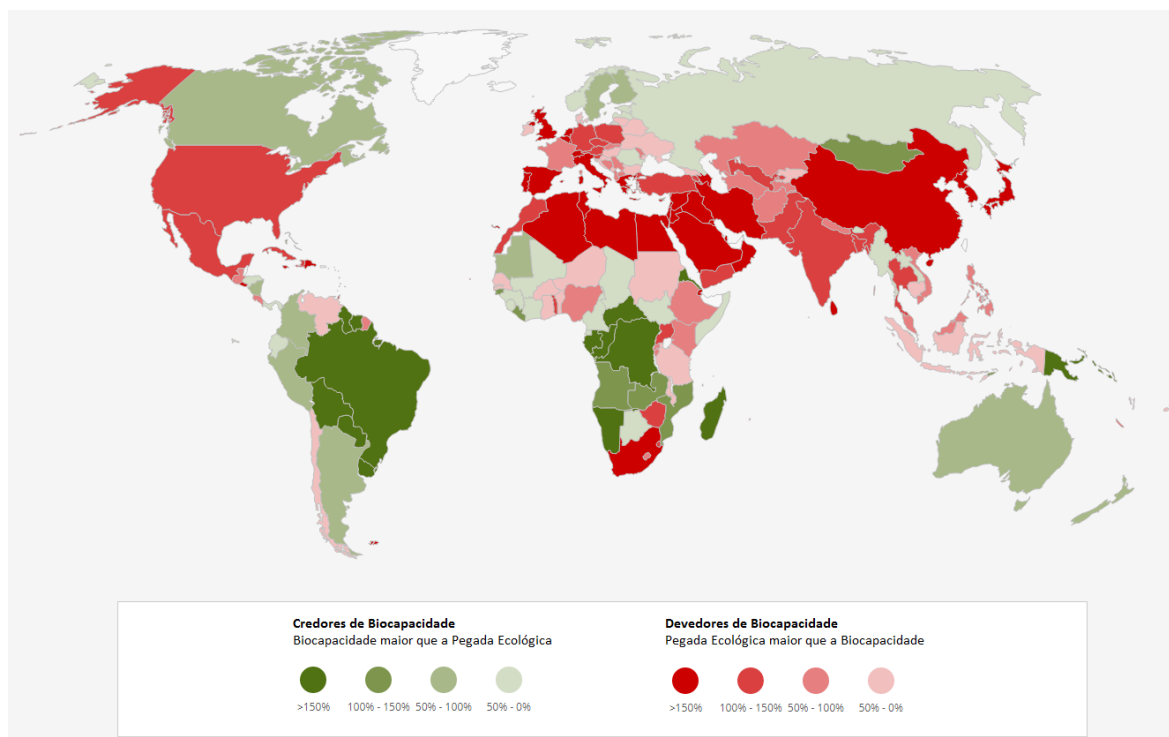


Figura 5 - Pegada Ecológica dos Países no Mundo, para o ano de 2013. Fonte: adaptado de http://www.footprintnetwork.org/content/documents/ecological_footprint_nations/index.html (acessado em 18/07/2017).

2.3 Pegada Hídrica (*Water Footprint*)

As correntes de água dentro do ciclo hidrológico podem ser consideradas em dois grupos: azul e verde. A água azul é proveniente de aquíferos, rios, lagos e reservatórios, ao passo que a água verde consiste na água contida na zona insaturada do solo e disponível para ser utilizada pelas árvores, plantas e vegetais (CHARTRES e VARMA, 2011). Em média, 35% da precipitação pluviométrica corresponde à água azul e 65% à água verde. A parcela

de água azul se movimenta na hidrosfera através do escoamento de rios e aquíferos, enquanto que a parcela de água verde atinge a atmosfera na forma de vapor d'água ou escoar na zona subsuperficial do solo (FALKENMARK e ROCKSTRÖM, 2010). A Figura 6 ilustra os fluxos de água verde e azul em uma bacia hidrográfica.

A mensuração do uso de água referente às parcelas de água azul e verde foi agregada ao conceito de Pegada Hídrica (em inglês, *Water Footprint* – WF), que pode ser definida como sendo um indicador de consumo e poluição de água doce, ocasionada pelas atividades humanas e econômicas (HOEKSTRA e HUNG, 2002; HOEKSTRA *et al.*, 2011). A Pegada Hídrica possui três componentes: a WFazul, WFverde e WFcinza.

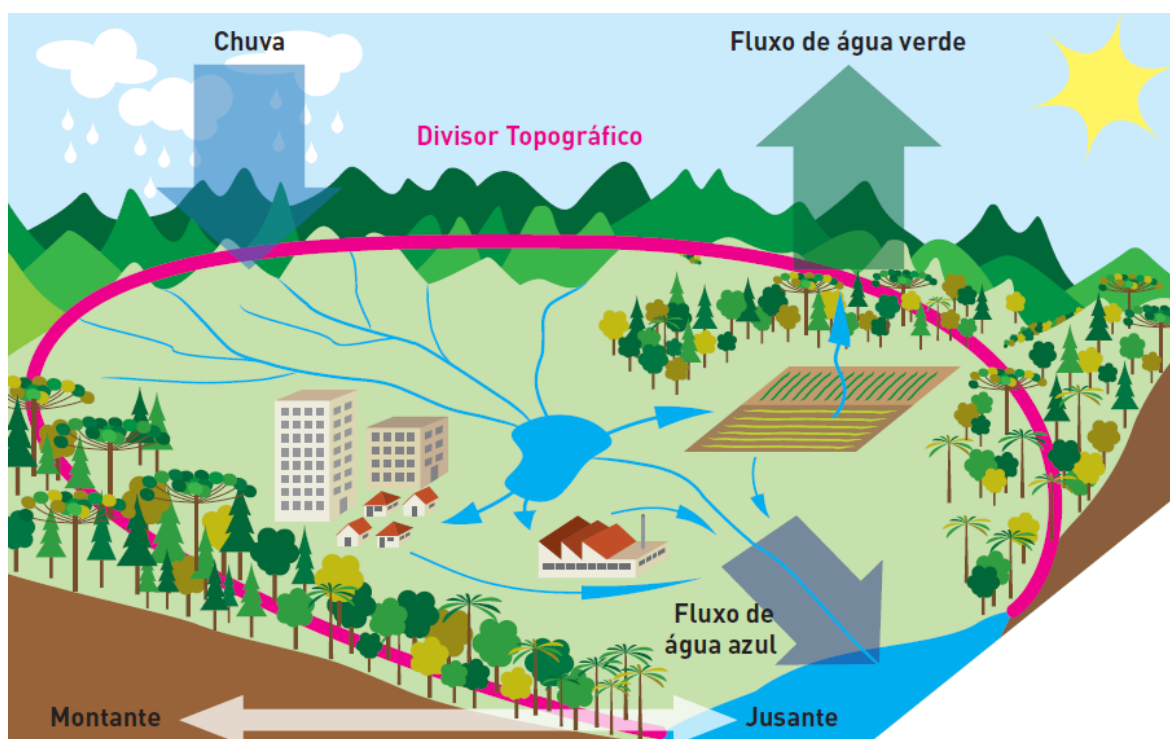


Figura 6 - Fluxos de Água verde e azul em uma bacia hidrográfica. Fonte: Lima (2010).

A WFazul é a parcela que representa o uso consuntivo da água de fontes superficiais e subterrâneas. A WFverde representa a parcela da precipitação que fica retida no solo e é consumida durante o processo de crescimento da vegetação. A WFcinza é a parcela que representa o volume de águas servidas ou residuárias, ou seja, águas que foram poluídas após seu uso em alguma atividade (CALIJURI e CUNHA, 2013). Com isso, pode-se medir os impactos ambientais advindos do consumo e poluição dos recursos hídricos através de um único indicador (HOEKSTRA *et al.*, 2011). A Figura 7 ilustra os componentes da WF dentro do balanço hídrico de uma bacia hidrográfica.

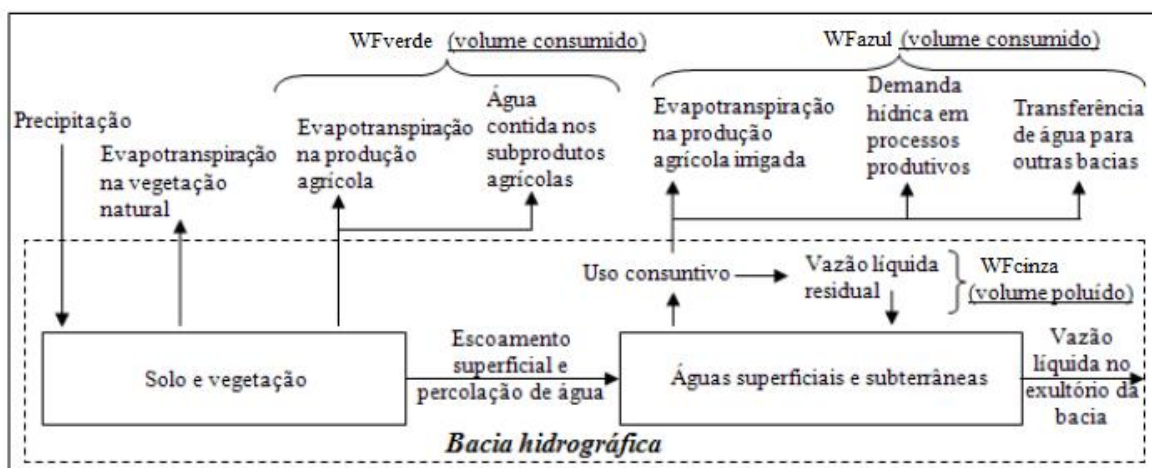


Figura 7 - Componentes WFazul, WFverde e Wfcinza dentro do balanço de uma bacia hidrográfica. Fonte: adaptado de Hoekstra et al.(2011) *apud* Rodrigues et al. (2011).

2.4 Análises de Energia (*Emergy*) e indicadores de estresse ambiental desenvolvidos recentemente

Paralelamente aos os conceitos de capacidade de suporte, foram desenvolvidos, em meados dos anos 1950, os conceitos de análises de fluxos de energia envolvida em um determinado ecossistema. A análise de energia é o processo para se determinar o quanto de energia é requerida, direta e indiretamente, para permitir que um sistema, geralmente econômico, produza um bem ou um serviço (SLESSER, 1974). A análise de energia também pode ser entendida como a quantificação do custo energético necessário para um ecossistema produzir um recurso, através dos serviços ecossistêmicos.

A motivação básica das análises de energia é quantificar a relação entre as atividades humanas e sua demanda por energia, mostrando que essas análises são tão úteis, do ponto de vista ecológico, quanto as análises econômicas convencionais. Nos anos 1990 com a questão ambiental ganhando força, as análises de energia, visando a queima de combustíveis, começaram a ser usadas como indicadores ambientais (BROWN e HERENDEEN, 1996). Tais análises conseguem calcular efeitos indiretos como, por exemplo, 86% de toda energia gasta para se produzir um automóvel é consumida fora da fábrica de montagem (BULLARD *et al.*, 1975).

H.T. Odum e E.P. Odum, dois irmãos que estudaram as análises de energia desde a década de 50, desenvolveram vasta literatura (ODUM, 1973, 1988, 1996; ODUM e ODUM, 2001) abordando a relação entre os fluxos energéticos, ecossistemas e ecologia. Uma de suas teorias explica como ecossistemas sobrevivem e se organizam em hierarquias energéticas de tal maneira a maximizarem sua geração de energia (ODUM, 1983). Consequentemente foram desenvolvidas teorias que abordavam os fluxos de energia e a qualidade da energia

com a conclusão da necessidade de utilizar um “denominador comum para fluxos de energia de tipos diferentes” (HALL, 1995).

Com esses conceitos, H.T. Odum desenvolveu um sistema de linguagem energético para as análises termodinâmicas de ecossistemas abertos (HAU e BAKSHI, 2004). Assim, Odum (1988, 1996) introduziu o conceito de *Emergy* e das análises de *Emergy*. Essas análises conseguem relacionar fatores naturais e econômicos, considerando os aspectos ambientais e antrópicos, representando-os em uma única e simples unidade (ZHAO *et al.*, 2005).

Emergia (em inglês: *Emergy*, escrito com “m”) é originalmente definido como “o montante de energia disponível que é direta ou indiretamente necessária para gerar um dado produto, fluxo ou estoque de energia ou matéria” (ODUM, 1996). Sua unidade de medida é o *emergy joule* (emJ) e seu objetivo é analisar um sistema “como um todo”, incluindo todos os dados relevantes, independentemente de sua natureza (BARNA e BENETTO, 2013).

As análises de *Emergia* caracterizam todos os produtos e serviços em equivalentes de energia solar. Em outras palavras, o quanto de energia é necessária para produzir um produto ou tarefa, sendo que os diferentes tipos de energia são transformados em energia solar, e esta, o único dado de entrada (HAU e BAKSHI, 2004). Elas também apresentam uma base energética para quantificação e valoração dos bens e serviços dos ecossistemas.

Ao abordar os fluxos energéticos dentro de um ecossistema, as análises de *emergia* são fundamentadas pelas leis da termodinâmica. A Primeira Lei da Termodinâmica é a Lei da Conservação de Energia estabelecendo que toda a forma de energia pode ser transformada, mas nunca pode ser criada ou destruída. A Segunda Lei da Termodinâmica, ou Lei da Entropia, regula a maneira que as transformações de energia podem ocorrer. Segundo essa lei, todo o processo de transformação de energia ocorre a partir de uma forma mais concentrada, ou de melhor qualidade, para uma forma mais dispersa, ou de menor qualidade (ODUM, 1988; CALIJURI e CUNHA, 2013). É impossível obter energia de melhor qualidade do que aquela disponível inicialmente, e conseqüentemente, nenhuma transformação de energia é 100% eficaz na natureza (BRAGA *et al.*, 2004)

Chen e Chen (2006) concluem: “baseado na segunda lei da termodinâmica, o conceito de *Emergy* é aplicado para avaliações ecológicas, contagem de recursos e estimativas de impactos ambientais”. Adota-se a energia solar, pois é fonte principal de energia em nosso planeta, convertendo as outras categorias de energia para se obter uma

unidade em comum através das operações matemáticas chamadas de transformação de energia.

Semelhante à Pegada Ecológica, o objetivo das análises *Emergy* é avaliar se determinada região consegue, através da relação de quantidade de energia recebida e utilizada, suprir a demanda de sua população por bens e serviços sem que ocorra o estresse do meio ambiente e a degradação ambiental. A Figura 8 ilustra o diagrama emergético genérico de um sistema produtivo.

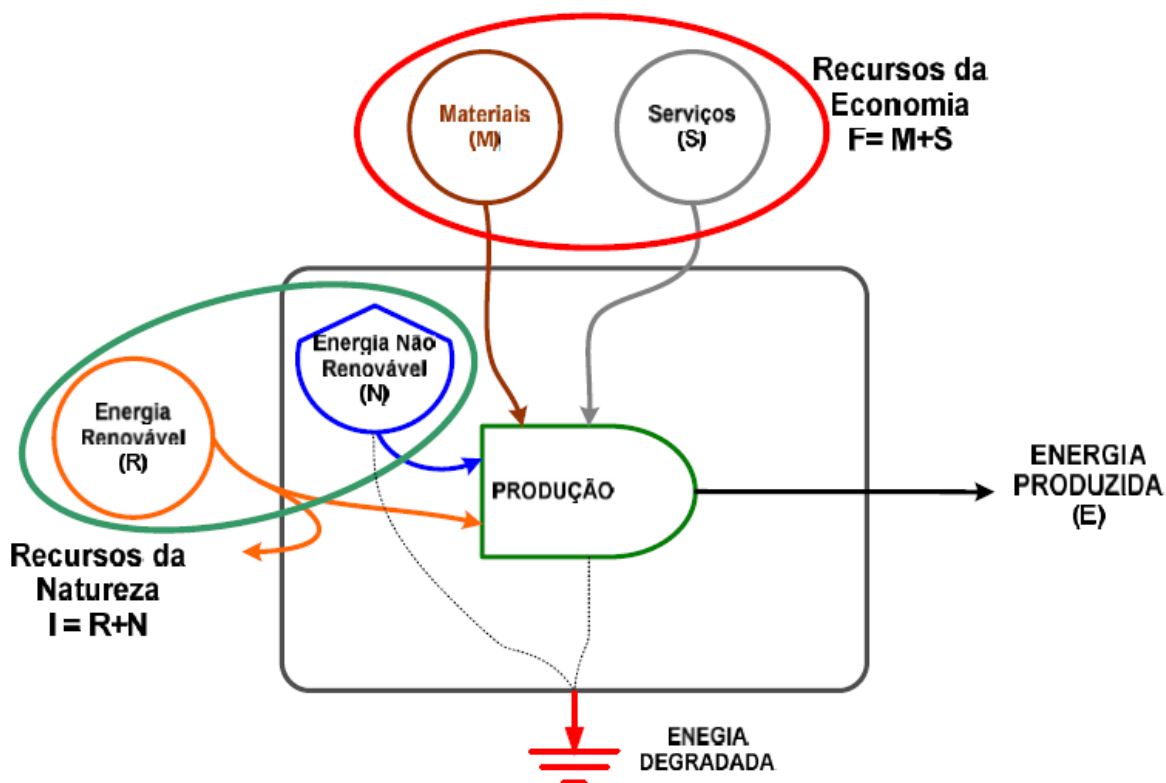


Figura 8 - Diagrama Emergético de um sistema produtivo. Fonte: Nakajima (2014).

Alguns estudos acerca dessa temática são encontrados na literatura. Hossaini e Hewage (2013) aplicaram as análises *Emergy* em províncias do Canadá, gerando mapas a partir de seus resultados para entender como o turismo pode afetar ecologicamente essas regiões. Lei *et al.* (2008) investigaram e caracterizaram a evolução do ambiente urbano e o desenvolvimento na cidade de Macao, China, através das análises *Emergy*. Foi concluído que a região de Macao absorve maior quantidade de *Emergy* do que o meio ambiente pode fornecer. Zhao *et al.* (2005) combinaram os cálculos de pegada ecológica com as análises *Emergy*, criando um método alternativo, analisando-o sobre a província de Gansu, China, e comparando-o com a pegada ecológica obtendo resultados parecidos. Nakajima e Ortega (2015) combinaram os métodos de capacidade de suporte com Pegada Ecológica e análises *Emergy*, de modo semelhante ao feito por Zhao *et al.* (2005). Os autores analisaram o

munícipio de Ibiúna, Brasil, e compararam com os métodos clássicos (capacidade de suporte e *Emergy*), conseguindo bons resultados. Concluíram que os combustíveis são responsáveis por mais da metade de todo o impacto ambiental sofrido pelo meio ambiente.

Seguindo na linha de estudos sobre modelagem ambiental, pretendeu-se desenvolver, na investigação proposta neste trabalho, formas de analisar os impactos ambientais resultantes dos processos de crescimento populacional e expansão urbana, oferecendo-se assim um mecanismo de sustentabilidade para o monitoramento desse processo. Em termos globais, estima-se que a presente investigação servirá para ampliar esses estudos, fornecendo recursos que poderão ser utilizados em políticas de planejamento e gerenciamento do uso do solo e dos recursos naturais em regiões de ocupação urbana. Inclui-se aqui a contribuição com novas metodologias para a avaliação das questões levantadas nesse projeto.

3 Ferramentas Empregadas

Neste capítulo serão abordados os dados e as ferramentas matemáticas que foram utilizados para realizar a pesquisa. Os tópicos abordados abarcam a modelagem econométrica utilizada para calcular a capacidade de suporte, bem como a metodologia de regionalização de vazões utilizada para obter a disponibilidade hídrica superficial dos objetos de estudo, que corresponde a uma das variáveis utilizadas no modelo proposto. Por fim, são abordadas as ferramentas governamentais de gerenciamento dos recursos hídricos que auxiliaram o desenvolvimento deste estudo.

3.1 Análises Estocásticas de Fronteira

Em geral, uma modelagem qualquer pode ser realizada através de dois tipos de modelos: os determinísticos e os estocásticos. Nos modelos determinísticos, os resultados são funções diretas dos dados de entrada, ou seja, seu comportamento é pré-determinado pelas variáveis independentes (*inputs*). No caso dos modelos estocásticos, os resultados não dependem somente dos dados de entrada pois componentes de comportamento aleatório estão inseridos nos seus cálculos. Ao considerar efeitos aleatórios ou randômicos, os modelos estocásticos avaliam, em seus cálculos, acontecimentos acidentais que interferem nos resultados e que não são previstos pelos modelos determinísticos.

O modelo estocástico de fronteira ou *Stochastic Frontier Analysis* (SFA) foi desenvolvido simultaneamente por Aigner *et al.* (1977) e Meeusen e van den Broeck (1977). Com raízes na Econometria, sua concepção foi calcular a eficiência de uma cadeia de produção ou de um sistema de produção. Posteriormente, foi aprimorado para o cálculo, também, de ineficiências dentro dessas cadeias (SCHMIDT e LOVELL, 1979; JONDROW *et al.*, 1982; BATTESE e COELLI, 1995).

Ao calcular eficiências e ineficiências de produção, o modelo consequentemente pode estimar a fronteira de custo (*cost frontier*) ou a fronteira produção (*production frontier*) de um bem. Ao utilizar a equação de fronteira de produção, o modelo calcula a máxima

produção possível (*output*) de um determinado bem, em função de suas variáveis de entrada (*input*) (KUMBHAKAR e LOVELL, 2000). Em casos específicos, como em Manzato *et al.* (2011), quando a fronteira de produção é atingida, obtém-se a capacidade de suporte do sistema. Em geral, o modelo estocástico de fronteira é aplicado utilizando-se a forma de Cobb-Douglas na base log (MEEUSEN E VAN DEN BROECK, 1977; COELLI *et al.*, 1999), expresso na equação (1).

$$\log y_i = \beta_0 + \sum_{i=1}^N (\beta_n + \log X_{ni}) + v_i - u_i \quad (1)$$

Onde:

y_i = Variável de Saída/Fronteira de produção (*output*)

X_{ni} = Variáveis de Entrada (*input*)

β_0 e β_n = Parâmetros estimados pelo modelo

v_i = termo de erro randômico

u_i = ineficiência técnica

Os modelos estocásticos de fronteira possuem suas raízes nas Análises Econômicas Fundamentais (EBA, do inglês: *Economic Base Analysis*), as quais consideram que as dinâmicas de mercado podem ser divididas em processos oriundos das indústrias básicas e não-básicas. As indústrias básicas são aquelas que possuem abrangência externa, importando e exportando produtos e serviços para outras regiões. Já as indústrias não-básicas concentram suas atividades a nível local. Estes princípios indicam que as atividades econômicas relacionam os recursos disponíveis com um ambiente produtivo, e ao mesmo tempo, necessitam um mínimo de abastecimento para continuar desempenhando suas atividades. (MANZATO, 2012).

As unidades de produção (fábricas, empresas, cidades, regiões, países, etc.) estão pressupostas a produzir de acordo com a tecnologia e os recursos disponíveis, e atingem a fronteira de produção quando produzem o máximo possível *output* para um dado conjunto de *inputs*. As ineficiências dessas cadeias de produção podem ocorrer por problemas estruturais, variações do mercado ou pouca experiência de gerenciamento e controle que acarretam em uma produção abaixo da máxima possível (MASTROMARCO, 2008). Com o passar dos anos esses modelos foram modificados para diversos fins, inclusive para aplicação em modelagens de capacidade de suporte em várias áreas de estudo.

Coelli *et al.* (1999) utilizaram a modelagem estocástica de fronteira de produção para investigar o nível de eficiência de algumas empresas de transporte aéreo, no período de 1977 a 1990, e chegaram à conclusão que empresas da Ásia/Oceania possuem eficiência maior do que as empresas da Europa/América do Norte.

Oum *et al.* (2008) aplicaram a modelagem estocástica de fronteira de custo para investigar o nível de eficiência de aeroportos ao redor do mundo, e concluíram que aeroportos gerenciados pela iniciativa privada tendem a ser mais eficientes dos administrados por cidades, estados ou departamentos aeroportuários.

Não foram encontradas pesquisas sobre a aplicação da SFA na área de modelagem ambiental, sinalizando que este trabalho inaugura um novo campo de estudos com a utilização da SFA para enfoque ecológico.

3.2 Métodos de Regionalização de Vazões

O domínio adequado do comportamento dos processos hidrológicos é um grande desafio para a área da hidrologia. A sua compreensão se dá, muitas vezes, no âmbito qualitativo, o que não proporciona o gerenciamento dos recursos hídricos de formas ambientalmente sustentáveis (TUCCI, 2002).

A dificuldade reside em se obter informações quantitativas de qualidade dos processos hidrológicos, que dependem da observação das variáveis hidrológicas ao longo do tempo. Para obter os dados hidrológicos são utilizados, por exemplo, pluviômetros numa bacia ou postos fluviométricos na seção de um rio. Os primeiros mensuram a incidência de precipitação, coletando amostras em alguns pontos da região ou espaço em análise e os seus resultados são denominados entrada do sistema. Os segundos mensuram a somatória espacial da saída, ou seja, quantifica o escoamento na bacia hidrográfica (TUCCI, 2002).

Nem todos os lugares de interesse ao gerenciamento dos recursos hídricos são abrangidos pela rede hidrométrica. Sempre existirão hiatos temporais e espaciais que, com base em metodologias de aproximação e transferências de informações, necessitam ser preenchidos. Nesse contexto, o termo regionalização é denominado como a transferência de informações hidrológicas entre locais com comportamentos semelhantes. Ou seja, a regionalização tem como objetivo lograr informações hidrológicas em regiões sem dados ou com poucos dados (TUCCI, 2009).

3.2.1 Método Regionalização de Vazões utilizado no estado de São Paulo

A Metodologia de Regionalização Hidrológica do estado de São Paulo (LIAZI *et al.*, 1988) foi elaborada levando em consideração três fatores: os totais anuais precipitados em 444 postos pluviométricos; as medidas de descargas mensais realizadas em 219 estações fluviométricas e as contagens históricas de vazões diárias de 88 postos fluviométricos. (WOLFF, 2013). Outro dado importante que compõe este modelo é a identificação das regiões hidrológicamente homogêneas (ou semelhantes), que nesse caso, o estado foi dividido em 21 regiões, ilustradas na Figura 9.

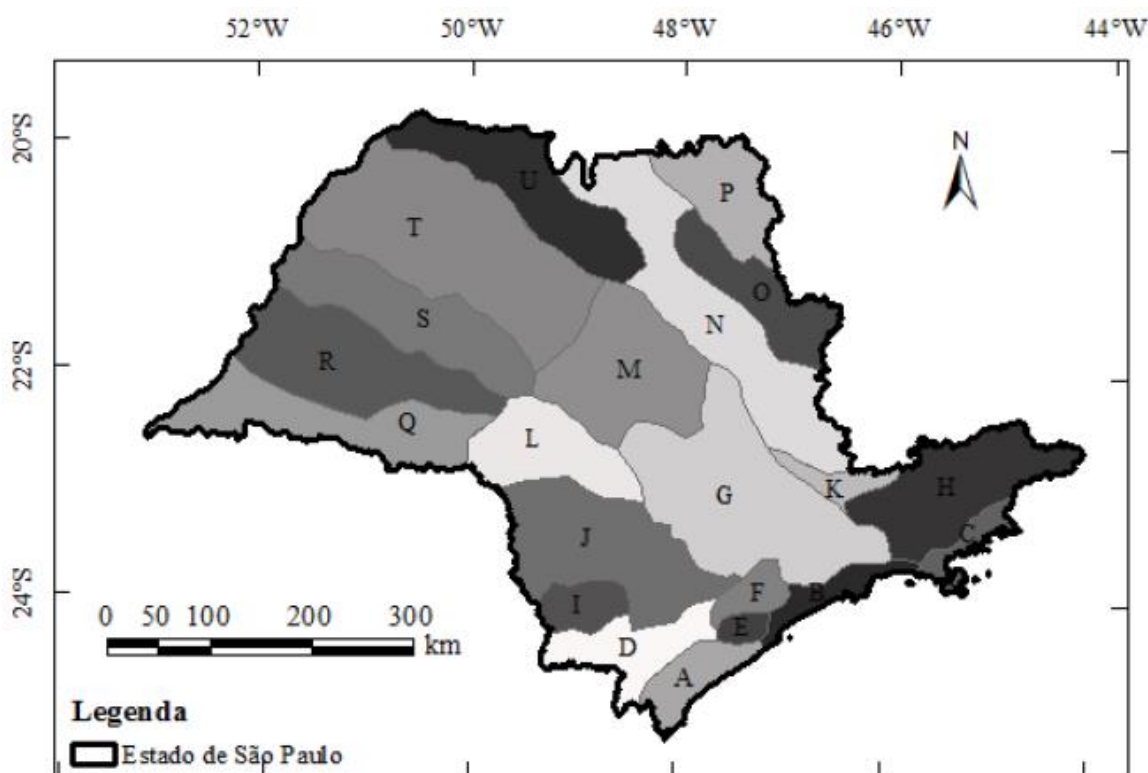


Figura 9 – Regiões Hidrológicamente Homogêneas (21) segundo o modelo de Liazzi *et al.* (1988). Fonte: Wolff (2013).

A metodologia consegue calcular a disponibilidade hídrica superficial para qualquer curso d'água do estado, realizada através de ponderações e simulações, mesmo em regiões onde existem poucos ou nenhum dado.

Algumas variáveis hidrológicas que o modelo estima são:

- Vazão média de longo período (Q_m),
- Vazão mínima de sete dias com período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$)
- Curva de Permanência de Vazões, a partir da qual determina-se vazão Q_{95} , correspondente à vazão mínima igualada ou superada em 95% do tempo.

Wolff *et al.* (2012 e 2014) avaliaram o nível de confiabilidade desse modelo, utilizando um índice de concordância. As análises demonstraram que, para vazões $Q_{7,10}$ e Q_m , a classificação do desempenho foi ótima, e, para Q_{95} , foi muito boa. Porém, fizeram algumas ressalvas quanto a limitações encontradas no modelo. Por exemplo, para estimativas mais precisas, é necessário inserir a precipitação média anual como um dos parâmetros de entrada, levando à necessidade de realizar um estudo da espacialização da pluviometria para a bacia estudada. Essa metodologia foi adotada pelo DAEE para estimativa de vazão e disponibilizada em seu site oficial nos seguintes endereços eletrônicos: <http://143,107,108,83/cgi-bin/regnet.exe?lig=podfp> ou http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&Itemid=1455:programa (acessados em 13/07/2017)

3.2.2 Nova proposta de Regionalização de Vazões para o estado de São Paulo.

Para fins de atualização, melhor confiabilidade e precisão, Wolff (2013) e Wolff *et al.* (2014) propuseram um novo modelo de regionalização de vazões para o estado de São Paulo. Utilizando uma base de dados atualizada, novos modelos matemáticos para interpolações de vazões e ferramentas computacionais modernas, este novo modelo apresentou índice de confiança um pouco maior que o seu antecessor, evidenciando o seu melhor desempenho.

Para elaborar o modelo, foram escolhidas 403 estações fluviométricas e pluviométricas que possuíam períodos de dados superiores a 15 anos, compreendidas entre os períodos de 1941 a 2006. Na intenção de se obter uma melhor precisão em seus cálculos, foram utilizadas 12 estações fluviométricas de estados vizinhos, localizadas nos estados de Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Paraná.

Algumas vantagens desse novo modelo são:

- Não é dependente da inserção de dados sobre a precipitação média anual para efetuar seus cálculos, mesmo para níveis de precisão mais exigentes.
- Conseguiu reduzir o estado de São Paulo em apenas 4 regiões hidrologicamente semelhantes, diferentemente do modelo anterior, que adota 21 regiões.
- Seus resultados dependem menos das regiões hidrologicamente semelhantes, facilitando e tornando os seus cálculos mais rápidos, além de ser uma vantagem para a investigações de regiões com poucos dados.

- O efeito da área, nos seus cálculos, também foi minimizado, indicando que o modelo pode ser utilizado para todos os tamanhos de bacias. Porém, foi ressaltado que há a necessidade de realizar estudos mais detalhados para comprovar essa hipótese.

A Figura 10 ilustra as divisões do estado de São Paulo em regiões hidrologicamente homogêneas (ou semelhantes), segundo a nova proposta de regionalização de vazões.

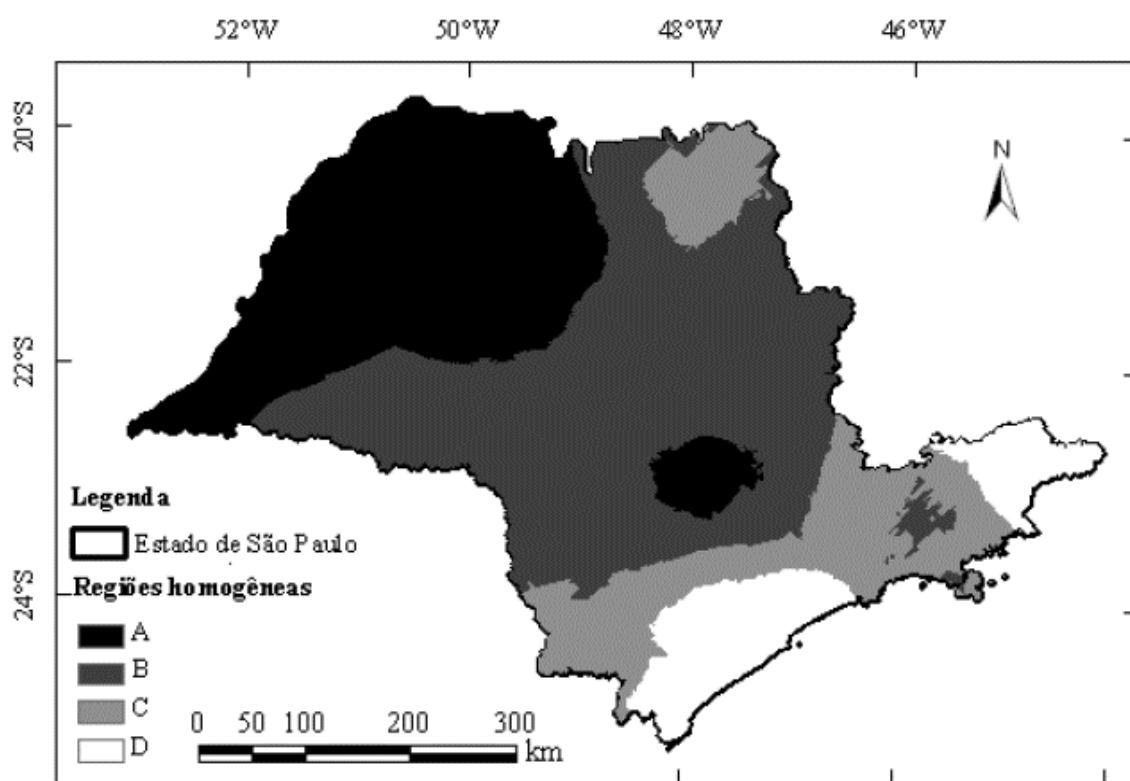


Figura 10 - Regiões Hidrologicamente Homogêneas (4) segundo o modelo de Wolff *et al.* (2014). Fonte: Wolff (2013).

Para utilizar o modelo e obter as vazões superficiais sobre alguma região, basta inserir sua área em km² e as coordenadas geográficas do ponto exutório em que se deseja conhecer as vazões da bacia em análise. O modelo foi desenvolvido na forma de um aplicativo computacional de fácil uso e está disponível no endereço <http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/wolff/rv/> (acessado em 13/07/2017) e ilustrado na Figura 11.

Proposta de Pós-Graduação

Engenharia de

Sistemas Agrícolas

Regionalização de Vazões

São Paulo

INÍCIO
CONTATO

Regionalização de Vazões

A regionalização hidrológica é uma técnica que permite transferir informação entre bacias hidrográficas semelhantes, a fim de calcular em sítios que não dispõe de dados, as variáveis hidrológicas de interesse; assim, a mesma caracteriza-se por ser uma ferramenta útil na gestão dos recursos hídricos, principalmente no que diz respeito ao terceiro instrumento da Lei 9433/97 (BRASIL, 1997), a outorga de direito de uso de recursos hídricos.

Esse modelo é produto da Dissertação de Mestrado, intitulado de "Avaliação e nova proposta de regionalização hidrológica para o Estado de São Paulo", feito pelo aluno Wagner Wolff com orientação do professor Sergio Nascimento Duarte, no programa de Engenharia de Sistemas Agrícolas da ESALQ/USP.

Dados de Entrada

Latitude:

Longitude:

Área (km²):

Calcular

[Início](#)
[Contato](#)

© Copyright 2013 | Regionalização de Vazões

Figura 11 - Aplicativo computacional para a utilização da nova proposta de regionalização de vazões para o estado de São Paulo. Fonte: Wolff (2013).

3.3 Relatórios de Situação dos Recursos Hídricos do estado de São Paulo

A gestão dos recursos hídricos no estado de São Paulo é realizada pelos Comitês Estaduais de Bacias Hidrográficas (CBH). Cada comitê é responsável por uma Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI), com a exceção do CBH dos rios Aguapeí e Peixe, que é responsável por duas UGRHIs. Dessa forma, há 22 UGRHIs e 21 comitês no estado de São Paulo. Os comitês são responsáveis por monitorar, gerenciar, pesquisar e emitir os relatórios de situação dos recursos hídricos e planos de bacia das UGRHIs do estado. A Tabela 1 exhibe as UGRHIs do estado e seus respectivos comitês.

Tabela 1 - Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do estado de São Paulo e seus Comitês de Bacia.

Id	Nome UGRHI	Sigla	Comitê Responsável	Área (km²)	População em 2010
1	Mantiqueira	SM	CBH-SM	677,82	64.743
2	Paraíba Do Sul	PS	CBH-PS	14419,29	1.994.369
3	Litoral Norte	LN	CBH-LN	1967,57	281.779
4	Pardo	PARDO	CBH-PARDO	9022,45	1.107.913
5	Piracicaba/Capivari/Jundiaí	PCJ	CBH-PCJ	14394,18	5.080.199
6	Alto Tietê	AT	CBH-AT	5935,77	19.220.697
7	Baixada Santista	BS	CBH-BS	2877,56	1.664.136
8	Sapucaí/Grande	SMG	CBH-SMG	9106,63	670.526
9	Mogi-Guaçu	MOGI	CBH-MOGI	15093,67	1.751.572
10	Médio Tietê/Sorocaba	SMT	CBH-SMT	11585,86	1.845.410
11	Ribeira Iguape/Litoral Sul	RB	CBH-RB	16872,93	365.189
12	Baixo Pardo/Grande	BPG	CBH-BPG	7279,55	333.045
13	Tietê/Jacaré	TJ	CBH-TJ	11787,29	1.480.575
14	Alto Paranapanema	ALPA	CBH-ALPA	22738,79	721.976
15	Turvo/Grande	TG	CBH-TG	16274,88	1.233.992
16	Tietê/Batalha	TB	CBH-TB	13161,68	511.841
17	Médio Paranapanema	MP	CBH-MP	16821,52	665.903
18	São José dos Dourados	SJD	CBH-SJD	6594,12	224.140
19	Baixo Tietê	BT	CBH-BT	15752,34	753.465
20	Aguapeí	AP-A	CBH-AP	13112,73	364.209
21	Peixe	AP-P	CBH-AP	10782,74	447.838
22	Pontal do Paranapanema	PP	CBH-PP	12389,16	478.682
Total estado de São Paulo		22	21	248.648,5	41.262.199

Nos relatórios de situação de cada UGRHI, emitidos pelos seus respectivos comitês, estão disponibilizados os seguintes dados, dentre outros:

- As características gerais da bacia, que consiste na descrição dos meios físicos, bióticos e socioeconômicos.
- Estudos sobre as dinâmicas demográficas e sociais.
- Características de Uso e Ocupação do Solo

- Dados sobre a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea, de abastecimento de água, esgotos sanitários, resíduos sólidos, qualidade das águas e poluição ambiental
- Avaliação da situação da bacia, com sugestões para o seu monitoramento e gerenciamento.

Apesar de existir uma certa padronização em sua concepção, cada comitê formula o seu respectivo relatório com enfoque nas características de sua UGRHI. Assim, algumas informações disponibilizadas em alguns relatórios de certos comitês não estão presentes em relatórios de outros comitês e vice-versa. Como exemplo dessa observação, pôde-se observar que somente alguns comitês providenciam os dados sobre as disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas no nível de descrição dos municípios.

A Política Estadual de Recursos Hídricos é regida pela Lei Estadual nº7663/91 (SÃO PAULO, 1991), que estabelece a todos os CBHs a obrigatoriedade anual da elaboração dos Relatórios de Situação dos Recursos Hídricos e dos Planos de Bacia para cada UGRHI. Além de elaborar os relatórios e planos, os CBHs são responsáveis pela aprovação e divulgação dos mesmos, através de deliberações dos comitês. Após a divulgação dos relatórios e planos de cada comitê, a Secretaria Estadual de Saneamento e Recursos Hídricos do estado de São Paulo (SSRH), elabora um relatório único e um plano único, agregando os estudos de cada UGRHI, para formar o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos (RSRH) e o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) (SÃO PAULO, 1994), que dão uma visão geral do que está acontecendo com as águas no estado inteiro.

Através do Relatório de Situação, foi possível extrair alguns dos dados utilizados neste estudo, como a disponibilidade hídrica superficial (pelo método de Liazi *et al.*, 1988), a disponibilidade hídrica subterrânea e a eficiência do tratamento de esgotos do ano de 2010, para as UGRHIs. Esses dados foram tabulados em uma planilha e depois importados para um programa SIG, formando uma base de dados geográficos contendo essas informações.

4 Metodologia

Este capítulo descreve a área de estudo, os materiais utilizados, bem como o método elaborado para desenvolver o indicador de suporte hídrico denominado Capacidade de Suporte Hídrica (CSH).

4.1 Análises Estocásticas de Fronteira aplicadas à Engenharia Ambiental

Com os conceitos propostos por Haeckel (1868) onde o autor define que a Ecologia pode ser entendida como a economia da natureza, Eugene P. Odum, uma das maiores autoridades no assunto, discute em seu livro Ecologia (*Basic Ecology*) a relação entre os campos da Economia e Ecologia. Para Odum (1988), a ecologia pode ser entendida como “o estudo do lugar onde se vive” e a economia como “o manejo da casa”, concluindo que a ecologia e a economia deveriam ser disciplinas companheiras.

Odum (1988) combate o ponto de vista de que os ecólogos e os economistas são adversários com visões contraditórias, e adota uma postura de fusão dessas duas áreas de estudo, em um esforço para eliminar as diferenças entre ambas. A partir dessa visão, surgiu a ideia proposta nesta pesquisa, onde pretende-se utilizar um modelo de análise econômica na área de modelagem ambiental, colaborando para a realização da ideia de Odum, na medida que empreende uma união da economia com a ecologia.

A ideia aqui desenvolvida se baseia na utilização do modelo estocástico de fronteira de produção (SFA), utilizado na Econometria, levando-o para a esfera Ambiental, com o propósito de se criar um método e um modelo para calcular a capacidade de suporte hídrica de uma área, cidade ou região. Em outras palavras, calcular o nível de estresse ou excedente hídrico ao qual esses locais estão submetidos.

Para conceber essa proposta, o modelo SFA foi alimentado por variáveis de entrada (*inputs*) denominadas variáveis ambientais ou ecológicas. Uma variável ambiental pode ser definida como uma variável que possa mensurar quantitativamente a oferta ou consumo de recursos naturais existentes no meio ambiente (CALIJURI e CUNHA, 2013).

Uma variável ambiental também pode ser aquela que representa qualitativamente o estado de conservação dos recursos naturais. Alguns exemplos de variáveis ambientais são: disponibilidade hídrica superficial e subterrânea, consumo de combustíveis e energia elétrica, produção e reciclagem de resíduos, índice e/ou eficiência do tratamento de esgotos, quantidade de emissão de CO₂, etc. A variável de saída (*output*) deverá ser uma variável que possa expressar o nível de suporte (ou estresse) do meio ambiente, como por exemplo, a densidade populacional, que foi empregada neste estudo (na unidade habitantes/km²). Assim, pode-se medir o quanto o meio ambiente suporta, ou o quanto é solicitado, em quantidade de habitantes por área. Os modelos ambientais que se assemelham com o estudo desenvolvido neste trabalho foram discutidos nos itens 2.2; 2.3 e 2.4.

4.2 Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi aplicado nos 645 municípios e 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do estado de São Paulo, caracterizando uma área de aproximadamente 248,650 km², conforme a Tabela 1 e a Figura 12. Está localizada, aproximadamente, entre as latitudes -19°75' e -25°30' e entre as longitudes -44°15' e -53°10'. Salvo algumas poucas regiões do território estadual, a topografia varia de 0 a 900 m de altitude.

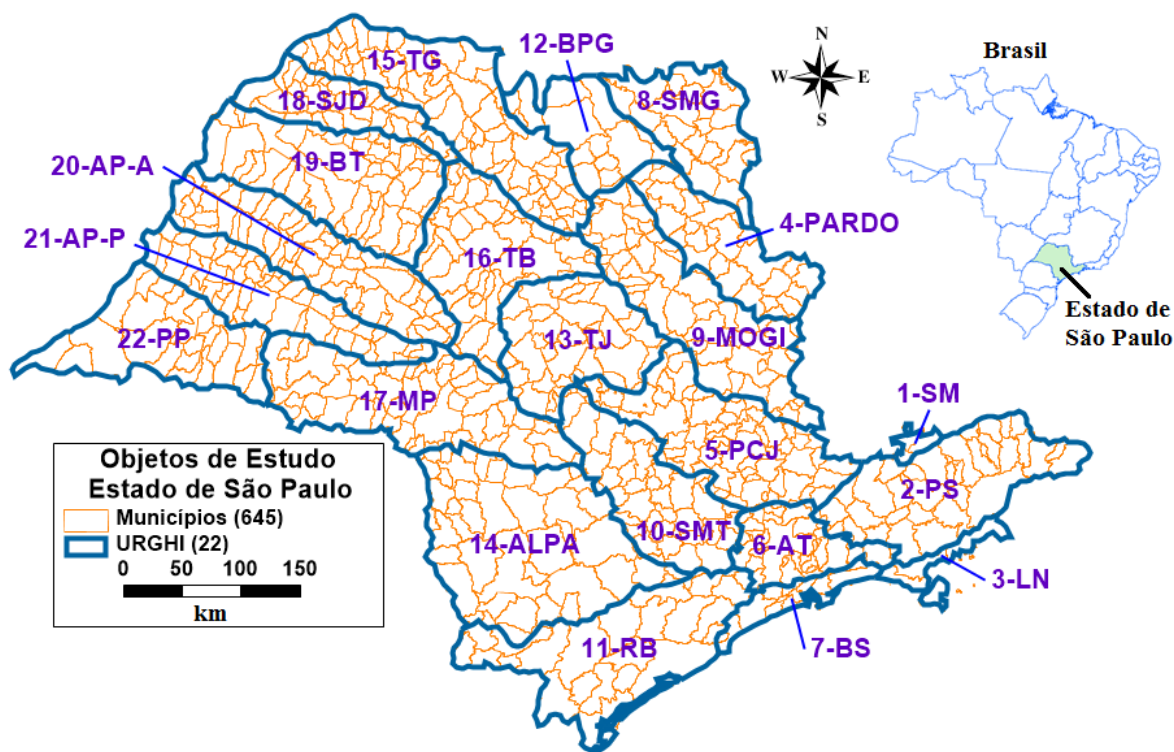


Figura 12 - Área de estudo - estado de São Paulo.

Estão entre os principais rios do estado de São Paulo: o rio Tietê, que percorre o estado de sudeste a noroeste; o rio Paraná, formado pelo deságue dos rios Grande e Paranaíba; e o rio Paranapanema, que faz a divisa entre os estados de São Paulo e Paraná. Predomina no estado o clima tropical, com cheias no verão e vazões reduzidas no inverno, ocasionando o período de estiagem. As estações úmidas e secas são bem definidas, praticamente, no estado inteiro, exceto para as regiões próximas à costa do mar, onde a estação seca é curta.

4.3 Materiais Empregados

A seguir são descritos os materiais utilizados nesta pesquisa, abordando os dados coletados e suas fontes. Para realizar as operações matemáticas oriundas da modelagem estocástica de fronteira (SFA), foi utilizado o software *nLogit* v5 desenvolvido pela empresa norte americana *Econometric Software, Inc.* Foi utilizado também, o software de Sistema de Informação Geográfico (SIG) *Maptitude* da *Caliper Corporation*, obtido através de uma licença educacional cedida pela empresa, onde foi possível manipular os dados e os resultados, bem como elaborar a exibição dos mesmos através de mapas temáticos.

4.3.1 Coleta de dados populacionais, da rede hídrica, de qualidade da água e vazão explotável

Na etapa inicial deste estudo, os dados populacionais do Censo de 2010 do IBGE foram coletados e tabulados. Da mesma forma, foram trabalhados os dados sobre o índice de tratamento de esgotos, do ano de 2010, de cada município, que neste estudo foi adotado como indicador da qualidade das águas, obtidos através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no endereço <http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/> (acessado em 13/07/2017) disponíveis também no Apêndice B deste trabalho. Para representar a qualidade das águas na escala das UGRHIs, foi utilizado o parâmetro que mede a eficiência do tratamento de esgotos, para o ano de 2010, coletado no Relatório de Situação dos Recursos Hídricos (SÃO PAULO, 2016), conforme já mencionado no item 3.3, e disponível no Apêndice A.

As divisões territoriais das UGRHIs e municípios, e a rede hídrica estadual, que consistem nas bases de dados geográficos utilizadas, foram coletadas através do órgão estadual de Infraestrutura de Dados Espaciais e Ambientais do estado de São Paulo (IDEA-SP) no endereço <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/> (acessado em 13/07/2017).

A base de dados geográficos da rede hídrica estadual, ilustrada na Figura 13, foi elaborada a partir de mapas do IBGE da década de 1970, em escala 1:50.000. Alguns pesquisadores, como por exemplo Castro (2008) e Rezende (2009), alertam para uma considerável diminuição da extensão da rede hídrica devido às atividades antrópicas dos últimos 40 anos, ocasionando perdas de algumas centenas de quilômetros dos corpos d'água. Assim, existe uma grande possibilidade dessa base geográfica da rede hídrica estadual não estar em conformidade com a realidade dos dias atuais. Uma atualização dessa base de dados é imprescindível para se realizar um melhor gerenciamento dos corpos d'água no estado.

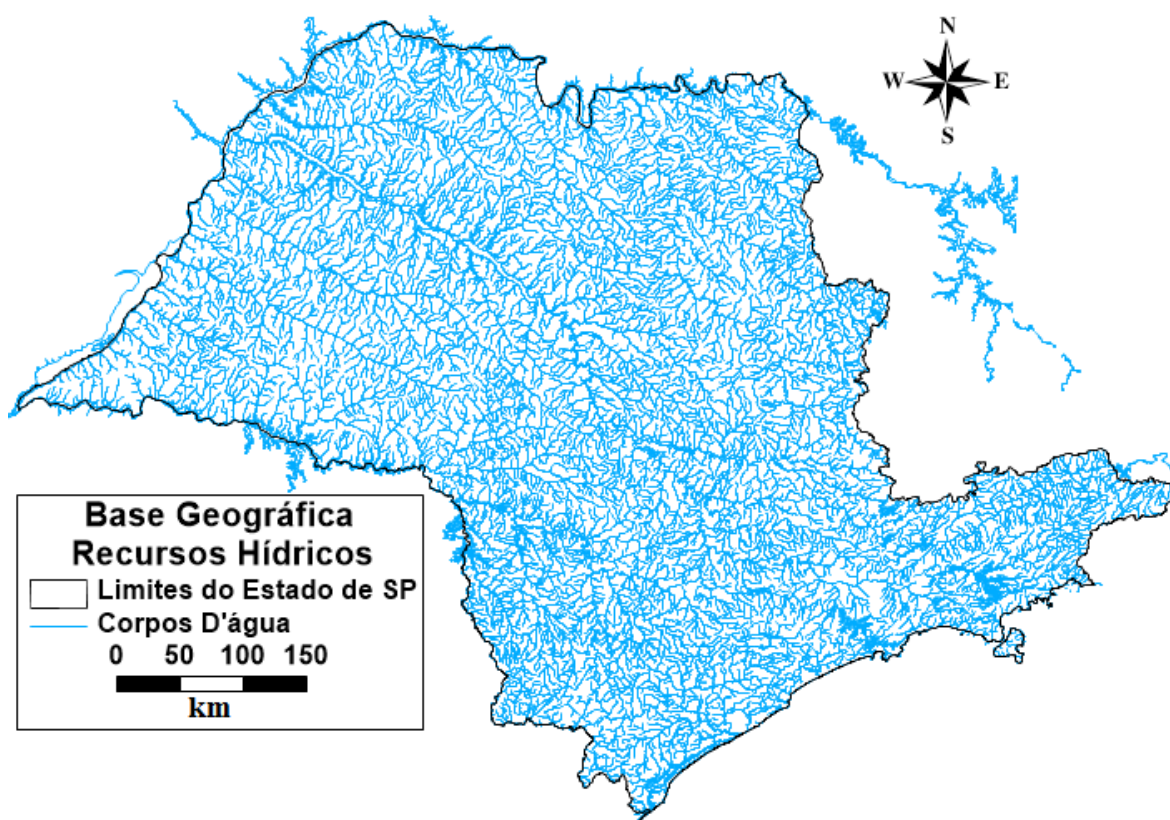


Figura 13 – Base Geográfica dos Recursos Hídricos do estado de São Paulo.

Com a posse das bases geográficas e dos dados populacionais foi possível calcular:

- A densidade populacional do ano de 2010 (hab/km²), que consiste na quantificação da distribuição espacial da população;
- A área (km²) dos objetos de estudo, que consiste na quantificação do tamanho do espaço físico em estudo;
- A densidade de drenagem (km/km²) dos objetos de estudo, que consiste na relação entre o comprimento dos corpos d'água e a área da bacia hidrográfica.

A Figura 14 ilustra o mapa da densidade populacional (ou demográfica) para o estado de São Paulo, segundo dados do Censo de 2010.

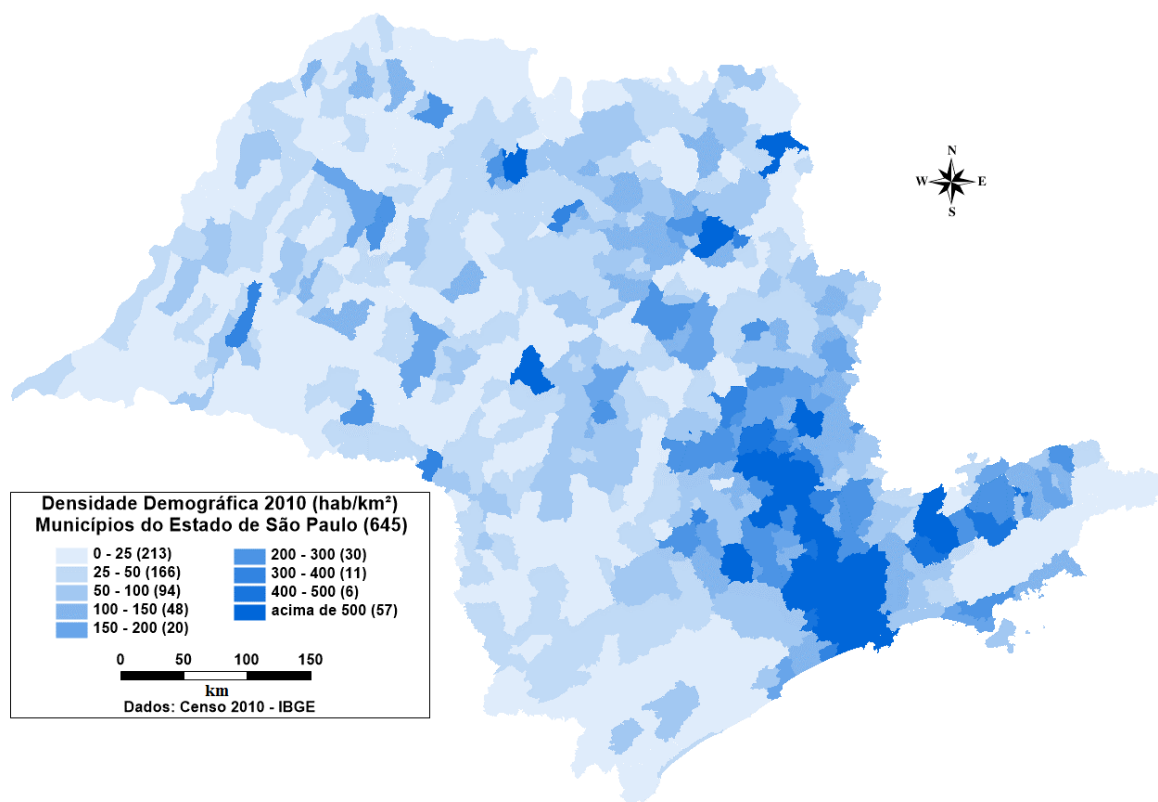


Figura 14 – Densidade Demográfica dos 645 Municípios do estado de São Paulo em 2010.

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados do censo de 2010 do IBGE.

Através do relatório de situação, foi obtido também a vazão explorável (Q_{ex}) para cada UGRHI. A vazão explorável é a vazão máxima permitida por outorga de retirada de água subterrânea e foi considerada como a disponibilidade hídrica subterrânea máxima. Posteriormente, ela foi somada à vazão superficial Q_{95} para a obtenção da disponibilidade hídrica total dos objetos de estudo.

No caso dos municípios, a vazão explorável foi calculada por aproximação, através de uma ferramenta de Agregação no ambiente SIG. Com os dados da Q_{ex} para cada UGRHI, a ferramenta computacional calcula a Q_{ex} para cada município através do uso de proporções de áreas entre uma UGRHI e os municípios (ou parte deles) contidos nessa UGRHI.

4.3.2 Coleta de dados de vazões $Q_{7,10}$; Q_{95} ; Q_m através de métodos de regionalização de vazões

Para a determinação da disponibilidade hídrica superficial, como por exemplo, as vazões $Q_{7,10}$; Q_{95} e Q_m dos municípios e UGRHIs do estado, foi utilizada a nova proposta de regionalização de vazões desenvolvida por Wolff (2013) e Wolff *et al.* (2014).

Para se obter os dados de vazões sobre o objeto desejado, basta inserir sua área em km^2 e as coordenadas geográficas referentes ao ponto por onde converge toda a descarga hídrica da bacia em estudo, como elucidado no item 3.2.2. No caso deste estudo os pontos em questão são os exutórios das UGRHIs.

Para a determinação da disponibilidade hídrica superficial, algumas simplificações foram necessárias em função da inviabilidade de tempo para a determinação das vazões por bacias hidrográficas quando da análise por município, uma vez que seria necessário analisar todos os cursos d'água que os compõem cada um dos 645 municípios do estado de São Paulo. Para a sistematização do estudo e determinação da disponibilidade hídrica superficial, adotou-se o critério de escolher somente um ponto exutório para cada UGRHI. No caso de haver mais de um, o ponto escolhido foi o que corresponde à maior área de drenagem. Tais aproximações permitem que um mesmo critério seja utilizado para todas as regiões estudadas.

Portanto, na intenção de obter as vazões para as 22 UGRHIs, foi necessário estudar e localizar os pontos exutórios das 22 bacias as quais elas pertencem. Deve-se observar que esse cálculo considera somente o escoamento de água gerado dentro de cada UGRHI, não sendo consideradas, portanto, as vazões de entrada provenientes de regiões à montante. A Figura 15 ilustra essa etapa e os cálculos completos estão disponíveis no Apêndice A deste trabalho.

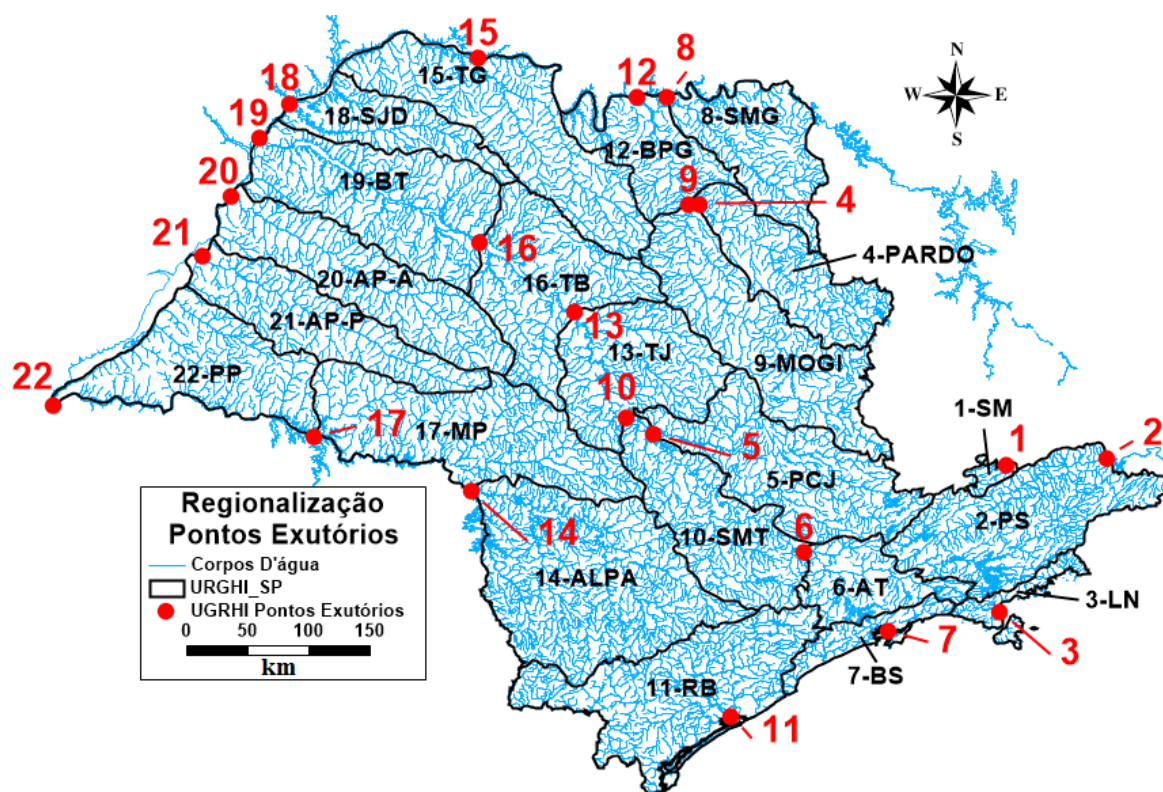


Figura 15 – Estudo dos pontos exutórios das Bacias das UGRHIs do estado, para o cálculo da regionalização de vazões.

4.3.3 Estudo de Viabilidade do Cálculo de Regionalização de Vazões por aproximação dos Centroides Municipais

No desenvolver deste estudo, surgiu a necessidade de calcular e tabular os dados sobre a disponibilidade hídrica superficial dos municípios do estado, de forma a disponibilizá-los em uma única fonte. Como não foi encontrado um banco de dados público que fornecesse essas informações, foi criado o primeiro banco de dados sobre disponibilidade hídrica, ainda que aproximada, de todos os 645 municípios do estado, disponível no Apêndice B deste trabalho.

Para aplicar a técnica de regionalização de vazão no formato padrão seria necessário estudar todas as microbacias pertencentes aos 645 municípios do estado e identificar os seus pontos exutórios. Tal procedimento seria impraticável nessa escala, devido ao tempo e recursos limitados, portanto optou-se por aproximar os pontos exutórios pelos centroides dos municípios. Afim de testar a viabilidade dessa aproximação, foram estudados 67 municípios (aproximadamente 10% do total). Nesses casos calculou-se a vazão usando o ponto exutório e o centroide comparando-se os resultados. A Figura 16 ilustra os pontos centroides dos municípios, calculados pela ferramenta SIG. Os cálculos completos estão disponíveis no Apêndice B deste trabalho.

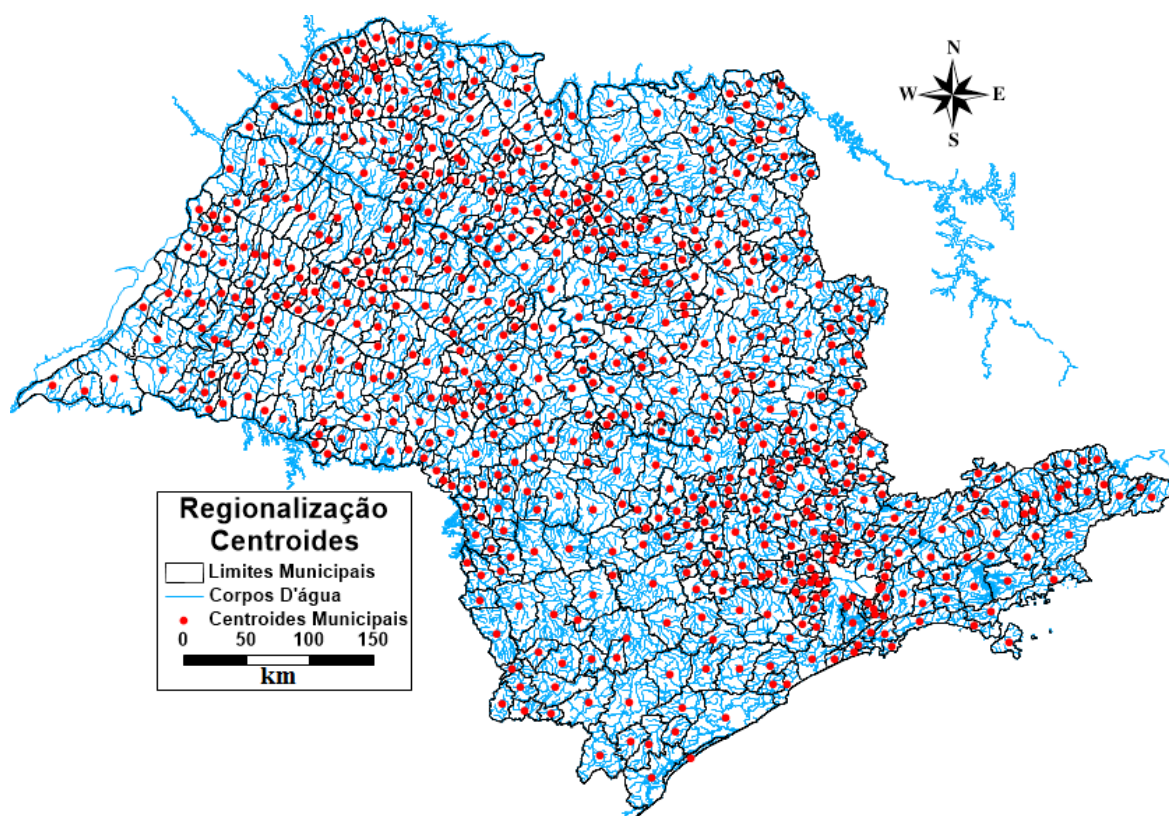


Figura 16 - Aproximação dos Pontos exutórios das microbacias municipais pelos seus centroides.

Reiterando a observação feita para as UGRHIs (item 4.3.2), o cálculo considera somente o escoamento de água gerado dentro de cada município, não sendo consideradas, portanto, as vazões de entrada provenientes de municípios à montante.

O teste para avaliar a viabilidade dessa aproximação consistiu em verificar o erro médio obtido através do cálculo de regionalização de vazões utilizando-se os centroides. Ou seja, o teste foi feito realizando uma análise dos resultados das vazões obtidas através dos pontos centroides, em contraste com as vazões obtidas de pontos exutórios dos 67 municípios, disponível no item 5.2, Apêndice C e Apêndice D. A Figura 17 e a Figura 18 ilustram o estudo dos pontos exutórios para os municípios das UGRHIs Tietê-Batalha e Tietê-Jacaré. Esses municípios foram escolhidos em função da disponibilidade de dados, uma vez que os comitês CBH-TB e CBH-TJ são os únicos que disponibilizam as vazões $Q_{7,10}$; Q_{95} e Q_m , em seus relatórios de situação, para todos os municípios que compõem suas UGRHIs. A partir desses dados foi possível compará-los com os resultados dos cálculos de vazões obtidos através da antiga e da nova proposta de regionalização de vazões (item 5.3).

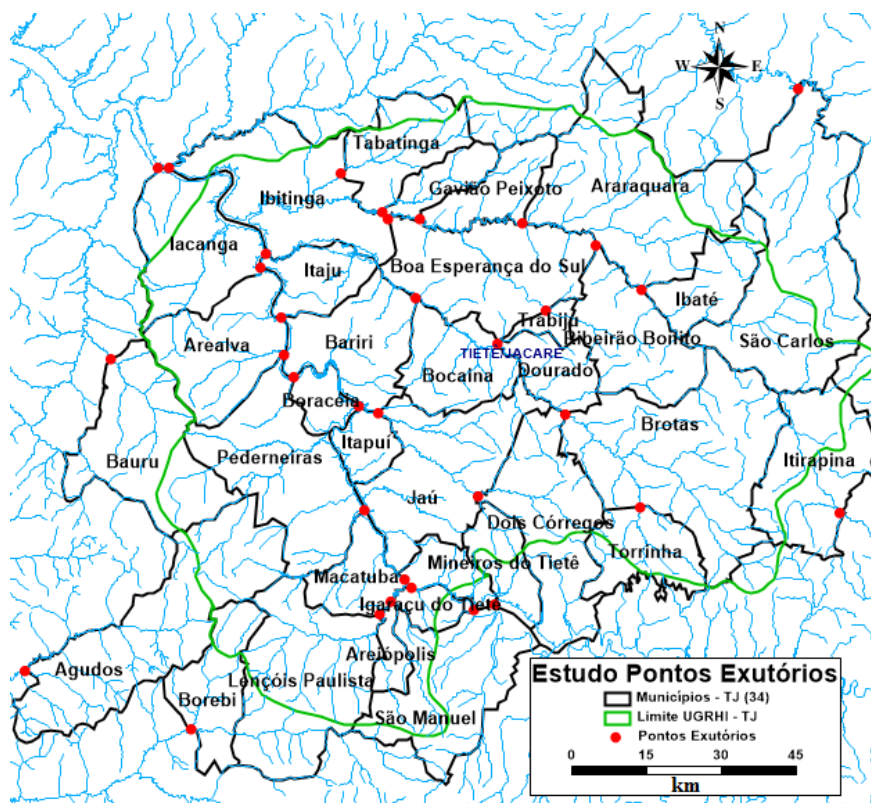


Figura 17 - Estudo dos Pontos exutórios das microbacias municipais, UGRHI Tietê-Jacaré.

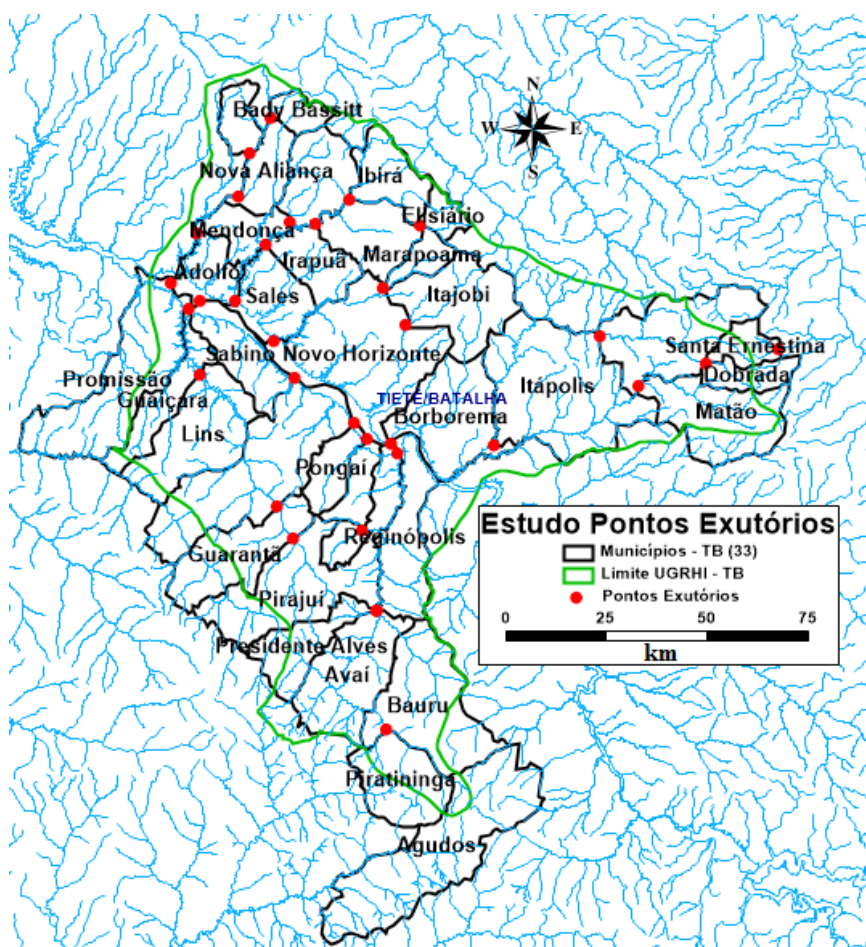


Figura 18 - Estudo dos Pontos exutórios das microbacias municipais, UGRHI Tietê-Batalha.

Primeiro, foi necessário calcular o erro de aproximação para cada município. Posteriormente se fez a soma de todos os erros e dividiu-se pela quantidade de municípios para obter o erro médio, afim de se verificar o nível de distorção da aproximação. Para fins de comparação sobre o erro obtido, essa mesma aproximação foi testada para as UGRHIs do estado.

As equações (2) e (3) elucidam as fórmulas para calcular o erro médio da aproximação.

$$Erro (\%) = \left| \frac{Vazão\ Centroide - Vazão\ Exutório}{Vazão\ Exutório} \right| * 100 \quad (2)$$

Em que:

Erro: Erro obtido da aproximação por centroide para um município (ou UGRHI) em análise

Vazão Centroide: Vazão calculada por aproximação pelo centroide do município (ou UGRHI) em análise

Vazão Exutório: Vazão calculada utilizando um ponto exutório da microbacia do município (ou da bacia da UGRHI) em análise

$$Erro\ Médio (\%) = \frac{\sum_{i=1}^N Erro\ (Município\ ou\ UGRHI)}{n} \quad (3)$$

Em que:

n: Número de municípios (ou UGRHIs) em análise

4.4 Modelos Desenvolvidos

O desenvolvimento dos modelos neste trabalho consistiu em elaborar um estudo de viabilidade através de um protótipo (item 4.4.1), seguido de outro estudo de viabilidade para a obtenção dos dados da disponibilidade hídrica superficial através do uso do novo método de regionalização de vazões, utilizando a aproximação dos pontos exutórios das microbacias municipais pelos seus centroides (item 4.3.3). Também foi obtida a disponibilidade hídrica superficial para as UGRHIs do estado (item 4.3.2).

Posteriormente, na intenção de explorar todas as possibilidades de construção, foram desenvolvidos três modelos específicos, abordando dados de natureza hídrica, que resultaram no cálculo da Capacidade de Suporte Hídrica (CSH). Os três modelos específicos desenvolvidos são diferentes entre si no que diz respeito à forma de como foram elaborados. Para cada modelo, a técnica de inserção de variáveis se modifica, gerando um cenário distinto para cada um. O primeiro cenário considera como uma de suas variáveis de entrada a soma das vazões Q_{95} e Q_{ex} . Já o segundo cenário considera as vazões Q_{95} e Q_{ex} como duas variáveis distintas e independentes. O terceiro modelo utiliza os resultados do cálculo da

CSH na escala dos municípios e, por meio de agregação de dados, calcula a CSH para as UGRHIs do estado.

Por fim é disponibilizada uma síntese das atividades desenvolvidas (item 4.5) para melhor entendimento das etapas de elaboração da metodologia proposta.

4.4.1 Modelo Protótipo – Estudo de Viabilidade

Para testar a aplicabilidade do método proposto, foi realizada uma análise exploratória do emprego da modelagem estocástica de fronteira de produção na determinação da capacidade de suporte hídrica (DE MELLO *et al.*, 2016). Essa análise consistiu em elaborar um modelo protótipo, utilizando como variável-teste de entrada (*input*) a densidade de drenagem (km/km²) dos objetos de estudo (municípios e UGRHIs) e como a variável de saída (*output*) a densidade populacional (hab/km²).

A densidade de drenagem foi escolhida para indicar a disponibilidade de corpos d'água para cada objeto de estudo, por ser uma variável de fácil obtenção. Porém, como comentado no item 4.3.1, a base geográfica dos corpos d'água está desatualizada e foi escolhida para ser uma variável-teste, não sendo utilizada nos demais modelos.

O desenvolvimento do modelo protótipo consistiu nas seguintes etapas:

1. Obtenção e inserção no ambiente SIG das bases de dados geográficas e populacionais;
2. Cálculo, através da ferramenta SIG, das variáveis densidade de drenagem e densidade populacional;
3. Realização do cálculo da fronteira de produção do protótipo, através do programa *nLogit*;
4. Cálculo da capacidade de suporte do protótipo e verificação dos resultados e do comportamento do modelo.

A Figura 19 ilustra o resumo do método proposto para a elaboração do protótipo.

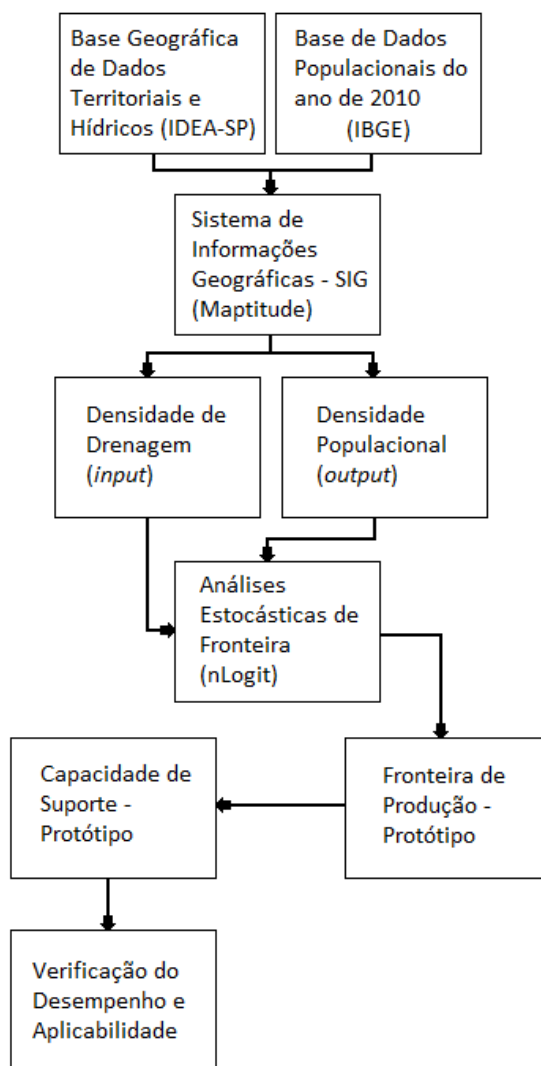


Figura 19 – Fluxograma para a elaboração do modelo protótipo.

4.4.2 Modelo Específico – Primeiro Cenário

O primeiro cenário do modelo específico foi elaborado utilizando como variáveis de entrada (*input*) a disponibilidade hídrica total e a qualidade das águas dos objetos de estudo. Na escala das UGRHIs a variável escolhida para representar a qualidade das águas foi a eficiência do tratamento de esgotos, e na escala municipal o índice de tratamento de esgotos, conforme descrito no item 4.3.1. A densidade populacional continuou como variável de saída (*output*) por ser de fácil compreensão na mensuração do nível de suporte (ou estresse) ambiental.

Uma observação se faz necessária no sentido de elucidar o critério adotado para a escolha da variável que representou a disponibilidade hídrica superficial neste estudo. O estado de São Paulo adota como disponibilidade hídrica superficial máxima para outorga de extração de águas o valor de 50% da vazão $Q_{7,10}$. Como a intenção desta modelagem de capacidade de suporte é analisar uma situação extrema, buscando uma conjuntura de máximo

suporte possível do meio ambiente, surgiu a necessidade de adotar um valor que represente a disponibilidade hídrica superficial máxima de uma forma que se aproxime mais da realidade encontrada nos corpos d'água.

Segundo Tucci (2002), a variável que representa a disponibilidade hídrica superficial máxima é a vazão média de longo período (Q_m) e consequentemente deveria ser utilizada na estimativa da máxima população suportada. Porém, como alertam Wolff *et al.* (2014), a nova metodologia de regionalização de vazões, utilizada neste estudo, é menos conservadora do que sua antecessora, resultando em cálculos de vazões um pouco maiores. Ou seja, por ser mais precisa, ela trabalha em menor grau de segurança no sentido da preservação dos recursos hídricos. Sob essa perspectiva, a vazão Q_{95} (e não a Q_m) foi adotada como disponibilidade hídrica superficial máxima, colocando o modelo de capacidade de suporte proposto em favor da conservação dos recursos hídricos.

Com a soma da Q_{95} e da Q_{ex} foi calculado a disponibilidade hídrica total adotada e utilizada para este estudo conforme a equação (4).

$$\begin{aligned} & \textit{Disponibilidade Hídrica Total} = \\ & \textit{Disp. Hídrica Superficial (Q95)} + \textit{Disp. Hídrica Subterrânea (Qex)} \end{aligned} \quad (4)$$

Após a inserção de variáveis no modelo, ele retorna o cálculo do valor máximo de solicitação suportado pelo meio ambiente (fronteira de produção), expresso neste estudo pela unidade habitantes/km². Em seguida, pode-se compará-lo com o valor da densidade populacional real da região em análise para se chegar ao valor da Capacidade de Suporte Hídrica (CSH), conforme a equação (5).

$$\textit{CSH} = \textit{Fronteira de Produção Hídrica} - \textit{Densidade Populacional Real} \quad (5)$$

Assim, o resultado da Capacidade de Suporte Hídrica (CSH) expressa o nível de estresse ou excedente hídrico que uma dada população exerce sobre uma região. Se o seu valor for negativo (fronteira de produção menor que a densidade populacional), estará indicado uma situação de estresse hídrico. Por outro lado, se o resultado da CSH for positivo (fronteira de produção maior que a densidade populacional), significará uma situação de excedente hídrico. A partir do modelo CSH, pode-se calcular a carga antrópica que uma região urbanizada impõe sobre o seu ecossistema e verificar se este suporta o nível de

consumo da população sem que ocorram degradações ao meio ambiente e dos recursos naturais.

Como por exemplo, podemos calcular o nível de estresse que cada região do estado de São Paulo está submetida, evidenciando as cidades que estão sobrecarregadas, onde poderão ser embasadas políticas públicas de controle ambiental, indicando prioridade sobre áreas com maior estresse do meio ambiente. Pretende-se então, detectar e considerar os possíveis níveis de estresse ou excedente ambiental que existem nas atividades de um ecossistema ao ser analisado sobre uma ótica da capacidade de suporte.

Para aferir o nível de estresse/excedente hídrico (ou ambiental) foi criada uma escala com base nos resultados obtidos. A escala é composta de duas divisões com três níveis cada. A primeira divisão ilustra os resultados negativos, indicando estresse ambiental, nos níveis pouco, intermediário e intenso. A segunda divisão, ilustra os resultados positivos, indicando excedente ambiental, nos níveis pouco, intermediário e maior. A Figura 20 ilustra a escala adotada para aferição da CSH em sua unidade habitantes/km².

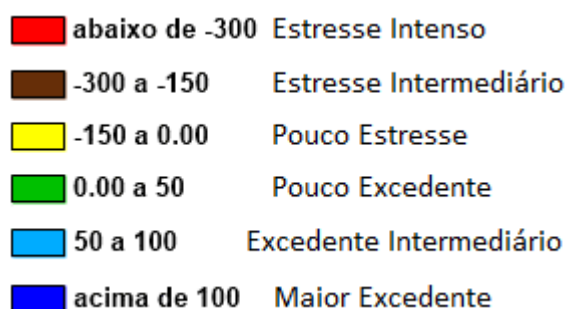


Figura 20 – Níveis de Estresse ou Excedente Ambiental (hab/km²) calculados pelo modelo proposto.

O desenvolvimento modelo específico do primeiro cenário consistiu nas seguintes etapas:

1. Inserção, na ferramenta SIG, dos dados geográficos territoriais e hídricos, dos dados populacionais, dos dados sobre tratamento de esgotos, dos dados sobre vazões explotáveis e os dados obtidos sobre disponibilidade hídrica superficial, através da nova proposta de regionalização de vazões;
2. Cálculo da disponibilidade hídrica total dos objetos de estudo ($Q_{ex} + Q_{95}$);
3. Inserção das variáveis no programa *nLogit* para o cálculo da fronteira de produção hídrica;
4. Com os resultados da fronteira de produção, realizou-se os cálculos para a obtenção dos valores da CSH;
5. Tratamento e exibição dos resultados através de mapas temáticos gerados no ambiente SIG.

A Figura 21 ilustra o fluxograma do método proposto, conforme o primeiro cenário do modelo específico.

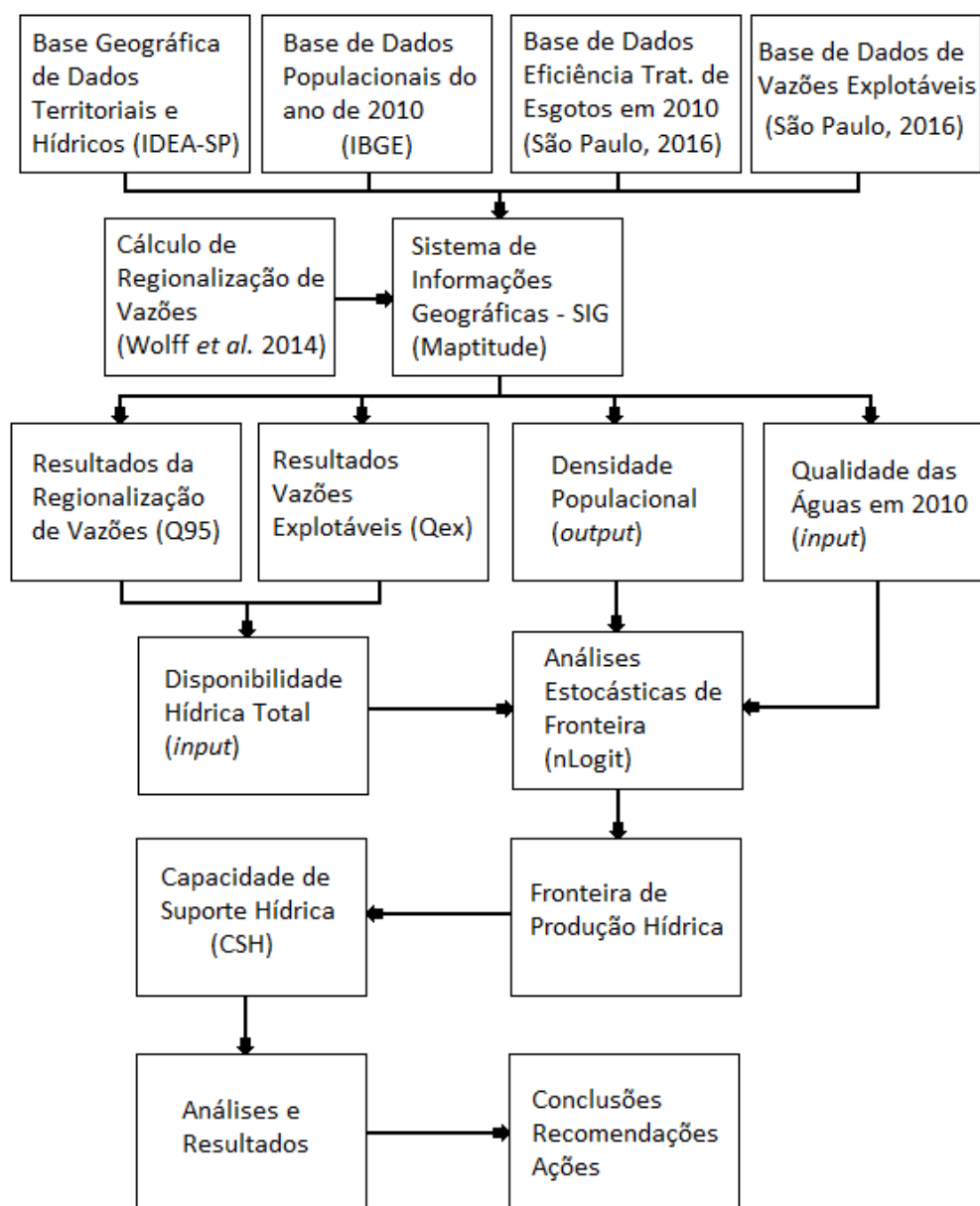


Figura 21 – Fluxograma do primeiro cenário utilizando as variáveis adotadas.

4.4.3 Modelo Específico – Segundo Cenário

O segundo cenário do modelo específico se diferencia na forma de como as variáveis foram inseridas para realizar o cálculo da fronteira de produção. Diferentemente do primeiro modelo, que adotou a soma das variáveis Q_{95} e Q_{ex} , este segundo cenário considerou essas variáveis de forma independente para efetuar seus cálculos.

As etapas de desenvolvimento do segundo cenário, consistiram em:

1. Utilização, através da ferramenta SIG, dos dados geográficos territoriais e hídricos, dos dados populacionais, dos dados sobre tratamento de esgotos, dos dados sobre

vazões explotáveis e os dados obtidos sobre disponibilidade hídrica superficial, através da nova proposta de regionalização de vazões;

2. Inserção das variáveis no programa *nLogit* para o cálculo da fronteira de produção hídrica (Q_{95} e Q_{ex} foram inseridas de maneira independente);
3. Com os resultados da fronteira de produção, realizou-se os cálculos para a obtenção dos valores da CSH;
4. Tratamento e exibição dos resultados através de mapas temáticos gerados no ambiente SIG.

A Figura 22 ilustra o fluxograma do método proposto, conforme o segundo cenário do modelo específico.

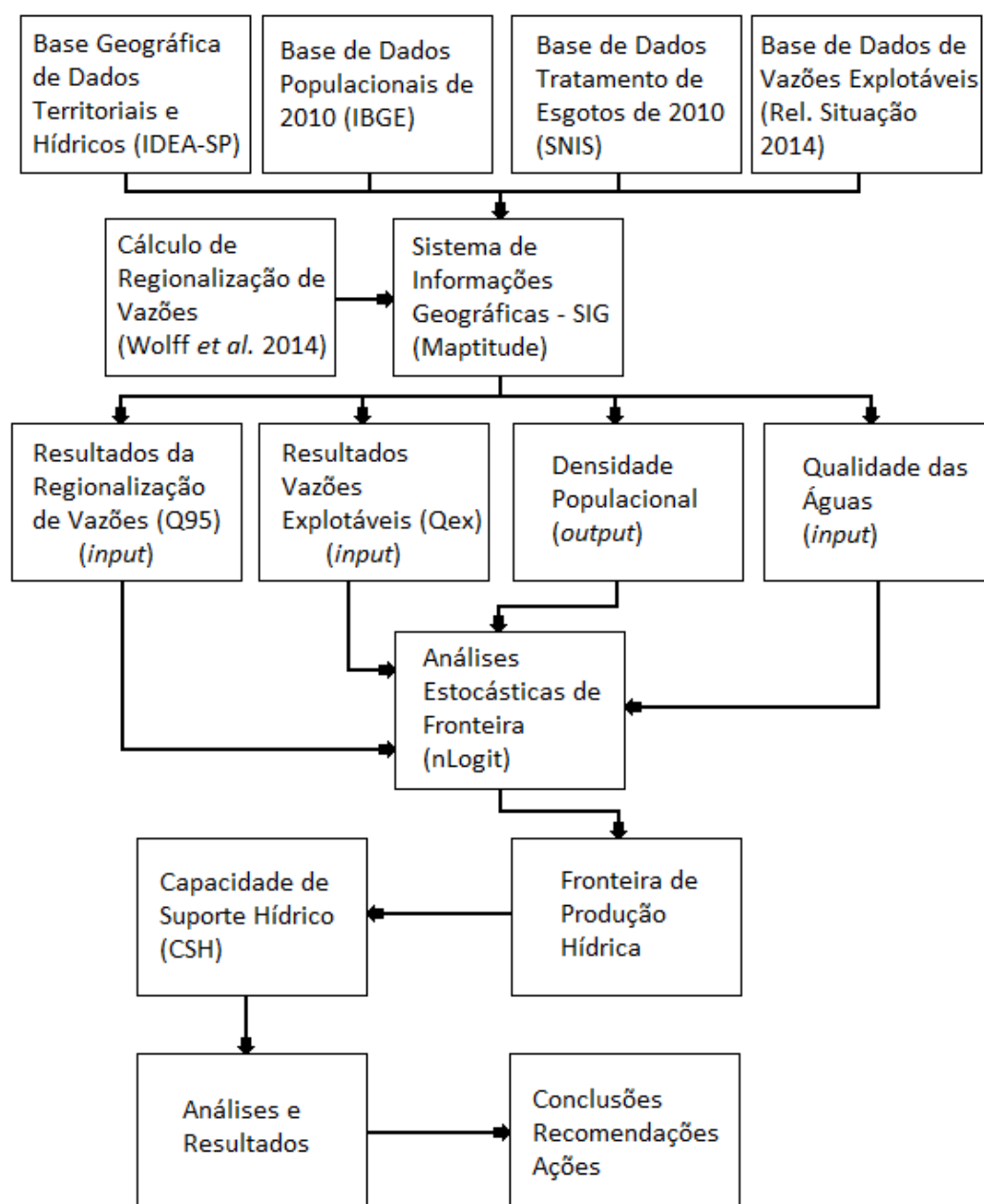


Figura 22 - Fluxograma do segundo cenário utilizando as variáveis adotadas.

4.4.4 Modelo Específico – Terceiro Cenário

O terceiro cenário do modelo específico se diferencia um pouco dos dois primeiros no sentido que procura calcular a CSH para um objeto de estudo maior (mais agregado), utilizando os resultados da CSH de objetos de estudo menores (mais desagregados), sem a necessidade de inserir variáveis no programa *nLogit* e realizar o cálculo da fronteira de produção. Para compor este terceiro cenário foram utilizados os resultados para os municípios, obtidos no primeiro cenário.

As etapas de desenvolvimento do terceiro cenário, consistiram em:

1. Inserção, no ambiente SIG, do resultado da CSH para os municípios;
2. Cálculo da população equivalente da fronteira de produção dos municípios, obtida através da multiplicação do valor da CSH pela área dos mesmos;
3. Soma da população equivalente dos municípios, para obter a população equivalente das UGRHIs;
4. Com o resultado da população equivalente para as UGRHIs, dividiu-se este resultado pela área das mesmas, obtendo-se o valor da CSH na escala das UGRHIs;
5. Tratamento e exibição dos resultados através de mapas temáticos gerados no ambiente SIG;

A Figura 23 ilustra o fluxograma do método proposto, conforme o terceiro cenário do modelo específico.

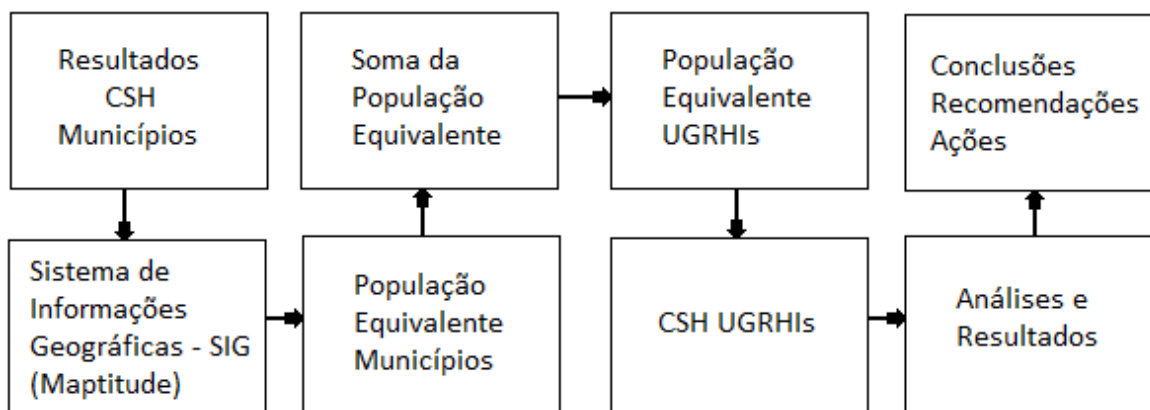


Figura 23 - Fluxograma do terceiro cenário.

4.5 Síntese das Atividades Desenvolvidas

Com o propósito de facilitar a compreensão das etapas envolvidas nesta pesquisa, é apresentada a seguir uma síntese das atividades desenvolvidas.

1. Obtenção e manipulação dos dados geográficos territoriais e hídricos, populacionais, tratamento de esgotos e vazões explotáveis.
2. Cálculo, por meio da nova proposta de regionalização de vazões, da disponibilidade hídrica superficial das 22 UGRHIs (ponto exutório) e 645 municípios (aproximação por centroide) do estado de São Paulo.
3. Ajuste e gerenciamento dos dados obtidos através de planilhas em Excel e do programa SIG *Maptitude*.
4. Elaboração do modelo Protótipo, utilizando uma variável-teste (densidade de drenagem), para aferição da viabilidade da metodologia proposta.
5. Verificação dos erros obtidos através do cálculo de regionalização de vazões por meio da aproximação dos pontos exutórios pelos centroides municipais, a fim de elucidar sua aplicabilidade.
6. Montagem de planilhas dos resultados obtidos do cálculo de vazões através da nova proposta de regionalização de vazões. Comparação destes resultados com os valores do método anterior.
7. Elaboração do modelo Específico, abordando o Primeiro Cenário, utilizando variáveis hídricas (Q_{95} , Q_{ex} e tratamento de esgotos), para se criar o indicador de Capacidade de Suporte Hídrica (CSH).
8. Elaboração do modelo Específico abordando o Segundo Cenário
9. Elaboração do modelo Específico abordando o Terceiro Cenário
10. Tratamento e exibição dos resultados da CSH através de mapas temáticos gerados no ambiente SIG. Conclusões, recomendações, ações.

5 Resultados e Análises

Este capítulo apresenta e descreve as análises dos resultados obtidos para o estudo de caso. Primeiro, são apresentados os resultados da análise exploratória referente ao estudo de viabilidade do modelo. Em seguida, são apresentados os resultados do estudo de viabilidade da aproximação dos centroides municipais no cálculo de regionalização de vazões para os municípios do estado. Na sequência, são apresentados os resultados do cálculo de regionalização de vazões. Por fim, são apresentados os resultados dos modelos específicos desenvolvidos, abordando a temática hídrica, resultando no cálculo da Capacidade de Suporte Hídrica (CSH) dos objetos de estudo.

5.1 Modelo Protótipo – Estudo de Viabilidade

Primeiro, a viabilidade do modelo e do método foi verificada utilizando a densidade de drenagem dos municípios e UGRHIs do estado, expressa em km/km^2 como variável-teste de entrada (*input*). A variável de saída (*output*) utilizada foi a densidade populacional (hab/km^2).

O resultado esperado é o cálculo da máxima densidade populacional suportada para um dado objeto de análise em função da oferta hídrica superficial representada pela densidade de drenagem. A determinação do déficit ou excedente se dá pela comparação entre a densidade populacional real com a capacidade de suporte calculada pelo modelo (ou seja, a densidade populacional estimada).

Foram realizadas duas análises distintas. Na primeira, o modelo foi explorado sobre as UGRHIs do estado de São Paulo e, posteriormente, a análise foi feita para os municípios do estado. A Figura 24 e a Figura 25 ilustram apenas os resultados qualitativos para essa primeira análise teste, uma vez que a intenção aqui é apenas avaliar a viabilidade, a aplicabilidade e a resposta do modelo sobre o conjunto de dados que se está trabalhando. O modelo se comportou conforme o esperado e apontou 5 UGRHIs e 196 municípios em

situação de déficit hídrico, lembrando novamente que estes resultados foram considerados apenas para verificação do desempenho e da aplicabilidade do modelo.

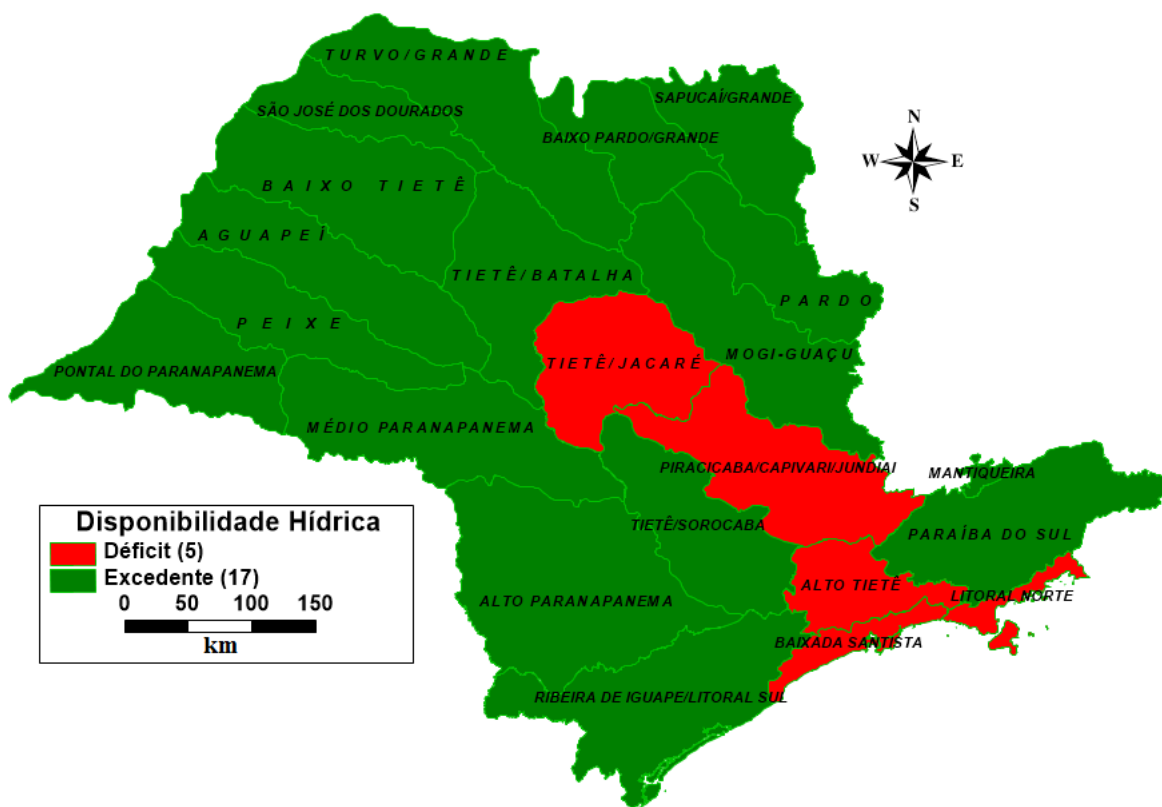


Figura 24 – Resultados do modelo protótipo para as UGRHIs de SP.

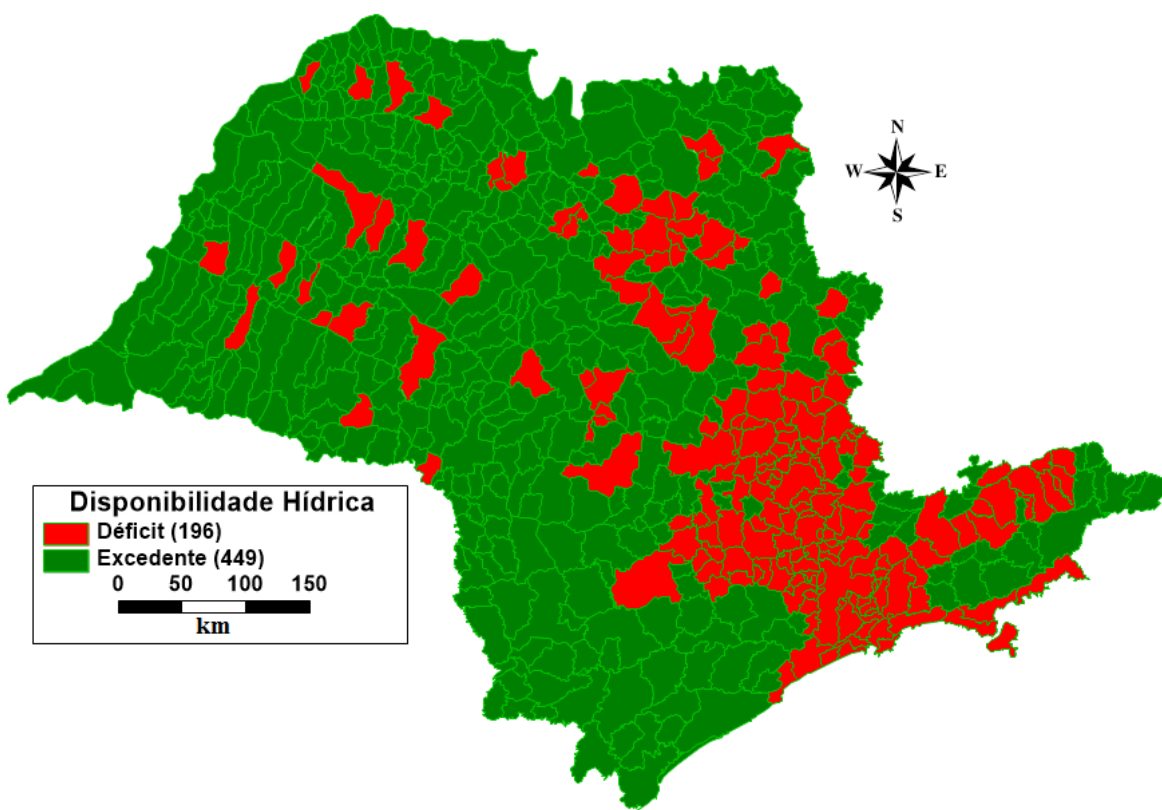


Figura 25 – Resultados do modelo protótipo para os municípios de SP.

5.2 Viabilidade do Cálculo de Regionalização de Vazões por aproximação dos Centroides Municipais

Conforme elucidado no item 4.3.3, alguns municípios foram escolhidos afim de testar a viabilidade da aproximação adotada para a obtenção das vazões $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_m para todos os municípios do estado de São Paulo.

Os 67 municípios pertencem às UGRHIs Tietê/Jacaré (34) e Tietê/Batalha (33). Para a primeira, o erro médio da aproximação ficou em 7,31% para a vazão $Q_{7,10}$; em 7,08% para a vazão Q_{95} ; e 5,75% para a vazão Q_m . Para a segunda o erro observado foi de 5,51% para a vazão $Q_{7,10}$; 5,06% para a vazão Q_{95} ; e 2,55% para a vazão Q_m . A Tabela 2 resume os resultados obtidos (para a análise completa ver Apêndice C e Apêndice D).

Tabela 2 - Erros Médios (%) obtidos pela aproximação dos centroides municipais.

Municípios da UGRHI	Erro $Q_{7,10}$	Erro Q_{95}	Erro Q_m
Tietê/Jacaré	7,31 %	7,08 %	5,75 %
Tietê/Batalha	5,51 %	5,06 %	2,55 %

A Figura 26 mostra a distribuição do erro cometido no cálculo de regionalização de vazões pela aproximação dos centroides, separando os 67 municípios estudados for faixas de erros.

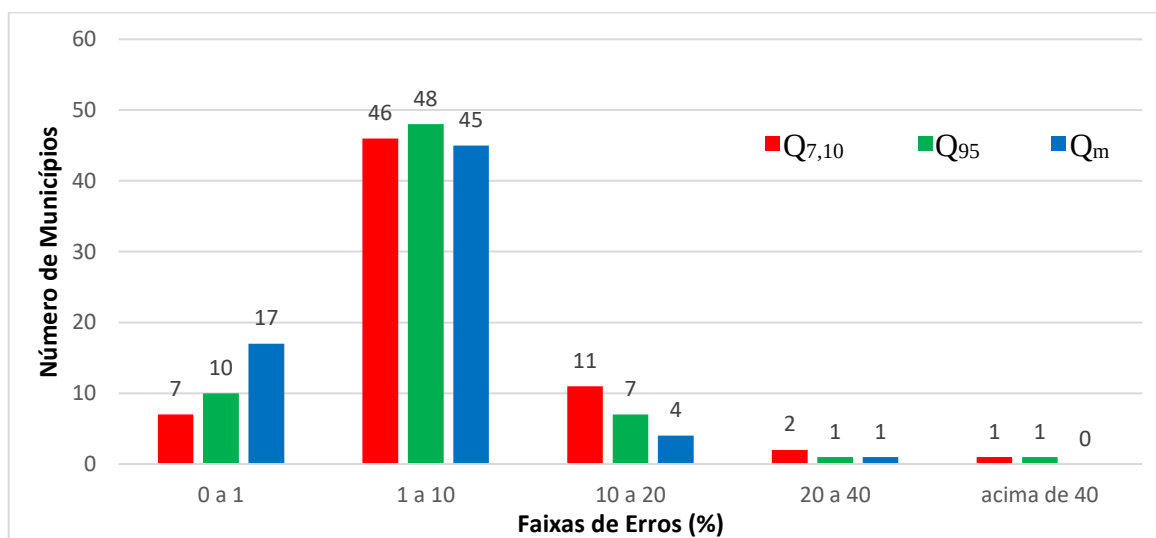


Figura 26 – Número de municípios por faixas de erros obtidos no cálculo de regionalização de vazões pela aproximação de centroides.

As análises sobre o erro cometido pela aproximação dos centroides apontaram 53, 58 e 62 municípios com erros de até 10% na aproximação, respectivamente, para as vazões $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_m . Para a pior situação, que foi encontrada na vazão $Q_{7,10}$ onde os erros foram

maiores, 79,1% dos municípios obtiveram erros menores que 10%. E para a melhor situação, encontrada na vazão Q_m , 25,4% os municípios obtiveram erros menores que 1%.

Os erros inerentes ao método de regionalização podem alcançar valores da ordem de 40 e 50 %. Por exemplo, Wolff *et al.* (2014) compararam os resultados de seu novo modelo de regionalização para o estado de SP, e também do anterior (Liazi *et al.*, 1988), com os valores padrões da estação fluviométrica de Iporanga. As diferenças, ou erros obtidos, estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Tabela comparativa de diferenças obtidas no cálculo de vazões superficiais pelos métodos de regionalização de vazões do estado de São Paulo e relacionada com valores padrões (adaptado de Wolff, 2013).

Análises	Q_m	Q_{90}	Q_{95}	$Q_{7,10}$
Wolff vs Padrão	20,3 %	9,3 %	8,2 %	10,8 %
Liazi vs Padrão	37,0 %	48,3 %	50,2 %	37,8 %
Wolff vs Liazi	41,8 %	38,9 %	38,9 %	35,5 %

Diante dessa margem de erros relativamente alta, ou seja, de até 50%, quando se trata de regionalização de vazões, os erros encontrados pela aproximação dos centroides municipais ficaram em uma escala significativamente menor, estando em uma margem razoável de aceitação. Ou seja, erros médios da ordem de 5 a 7,5% cometidos por um cálculo que já possui uma margem de erro de até 50% ficam minimizados pela ordem de grandeza do erro do método.

Essa pequena margem de erro tem relação com o tamanho da área analisada, uma vez que, quanto menor a área, a aproximação dos centroides tende a ser mais precisa pela proximidade deste com o ponto exutório. Por exemplo, para fins de comparação, foram analisados os resultados da aproximação por centroides para as UGRHIs do estado, que possuem área dezenas de vezes maior que os municípios, o que distancia muito os dois pontos analisados (exutório e centroide). Para esta análise, ilustrada na Tabela 4, o erro médio foi de 30,97% para a vazão $Q_{7,10}$; de 30,08% para a vazão Q_{95} e de 15,50% para a vazão Q_m (dados no Apêndice E).

Tabela 4- Erros Médios (%) obtidos pela aproximação dos centroides das UGRHIs.

	$Q_{7,10}$	Q_{95}	Q_m
UGRHIs - SP	30,97 %	30,08 %	15,50 %

A aproximação dos centroides municipais se tornou uma boa solução para economizar tempo, tornando viável o objetivo primário deste estudo. Porém, essa solução será analisada minuciosamente em um estudo subsequente.

5.3 Resultados dos Cálculos de Vazões Obtidos Através da Nova Proposta de Regionalização de Vazões para o estado de São Paulo

Este item exibe os resultados dos cálculos de disponibilidade hídrica superficial para as duas escalas de estudo (Municípios e UGRHIs), segundo a nova proposta de regionalização de vazões para o estado de São Paulo (WOLFF *et al.*, 2014). É necessário observar que os resultados foram obtidos de forma aproximada, conforme explicado nos itens 4.3.2 e 4.3.3.

Em primeiro lugar são exibidos os resultados para as UGRHIs do estado, as informações completas estão disponíveis no Apêndice A deste trabalho. Posteriormente são exibidos os resultados para alguns Municípios do estado, e os resultados completos estão disponíveis no Apêndice B deste trabalho.

5.3.1 Resultados do Cálculo de Regionalização de Vazões para as UGRHIs do estado de São Paulo

A Tabela 5 exibe os resultados dos cálculos de regionalização de vazões, adotando somente um ponto exutório para cada UGRHI do estado de São Paulo, conforme descrito no item 4.3.2. A Tabela 5 também compara os valores obtidos com os valores do método anterior. Os dados completos estão disponíveis no Apêndice A.

Tabela 5 – Valores da Anterior e da Nova Proposta Regionalização de Vazões para as UGRHIs do estado de São Paulo.

ID	Nome UGRHI	Apêndice A					
		Liazi <i>et al.</i> (1988)			Wolff <i>et al.</i> (2014)		
		Q _{7,10} (m ³ /s)	Q ₉₅ (m ³ /s)	Q _m (m ³ /s)	Q _{7,10} (m ³ /s)	Q ₉₅ (m ³ /s)	Q _m (m ³ /s)
1	Mantiqueira	7	10	22	6,58	8,73	18,24
2	Paraíba Do Sul	72	93	216	85,36	116,31	239,49
3	Litoral Norte	27	39	107	7,03	10,06	26,14
4	Pardo	30	44	139	55,01	72,38	150,37
5	Piracicaba/Capivari/Jundiaí	43	65	172	57,88	79,11	196,80
6	Alto Tietê	20	31	84	16,03	23,40	67,33
7	Baixada Santista	38	58	155	20,89	32,54	108,91
8	Sapucaí/Grande	28	46	146	35,15	51,53	153,89
9	Mogi-Guaçu	48	72	199	76,50	102,72	226,54
10	Tietê/Sorocaba	22	39	107	45,54	62,64	141,39
11	Ribeira De Iguape/Litoral Sul	162	229	526	147,69	197,94	404,14
12	Baixo Pardo/Grande	21	31	87	28,85	40,46	104,53
13	Tietê/Jacaré	40	50	97	43,11	58,14	129,31
14	Alto Paranapanema	84	114	255	75,61	102,55	237,39
15	Turvo/Grande	26	39	121	37,18	53,54	154,32
16	Tietê/Batalha	31	40	98	31,41	44,19	124,35
17	Médio Paranapanema	65	82	155	79,71	107,97	189,39
18	São José Dos Dourados	12	16	51	18,42	24,76	58,68
19	Baixo Tietê	27	36	113	39,24	52,11	127,68
20	Aguapeí	28	41	97	28,96	38,32	97,09
21	Peixe	29	38	82	37,66	27,99	91,94
22	Pontal Do Paranapanema	34	47	92	56,82	76,53	147,02
Total estado De São Paulo		894	1.260	3.121	1.030,6	1.383,9	3.194,9

A Figura 27 compara os resultados da vazão $Q_{7,10}$ para as duas propostas de regionalização.

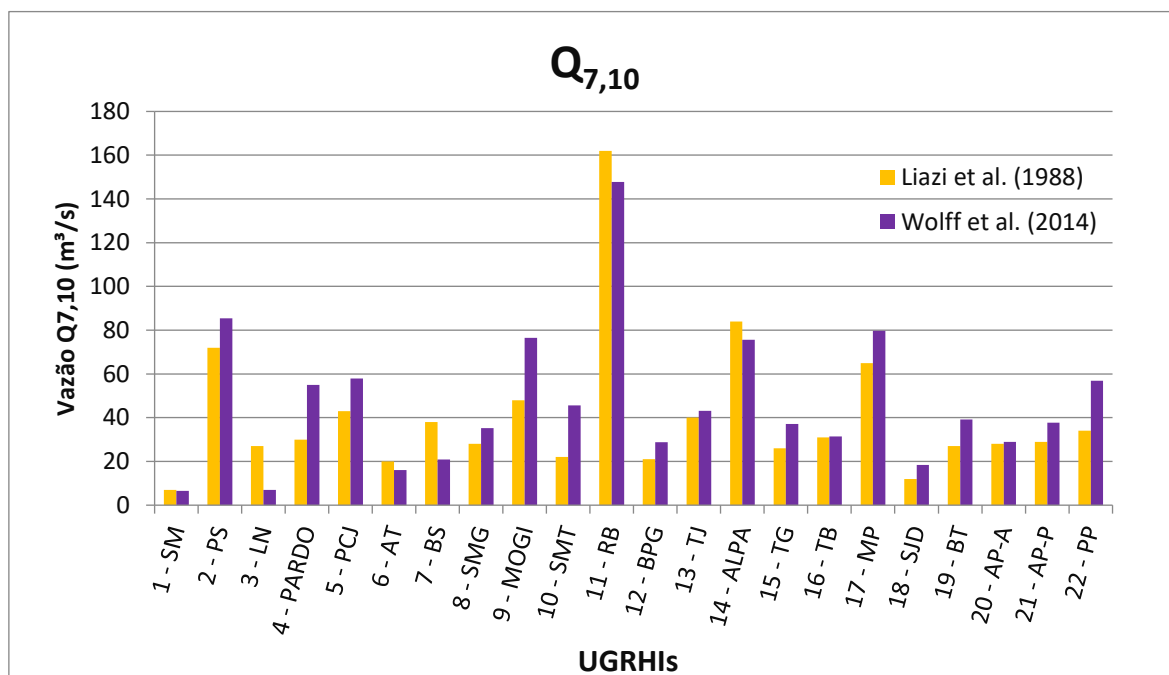


Figura 27 – Comparação entre os resultados da vazão $Q_{7,10}$ para as duas propostas de regionalização de vazões.

A Figura 28 compara os resultados da vazão Q_{95} para as duas propostas de regionalização.

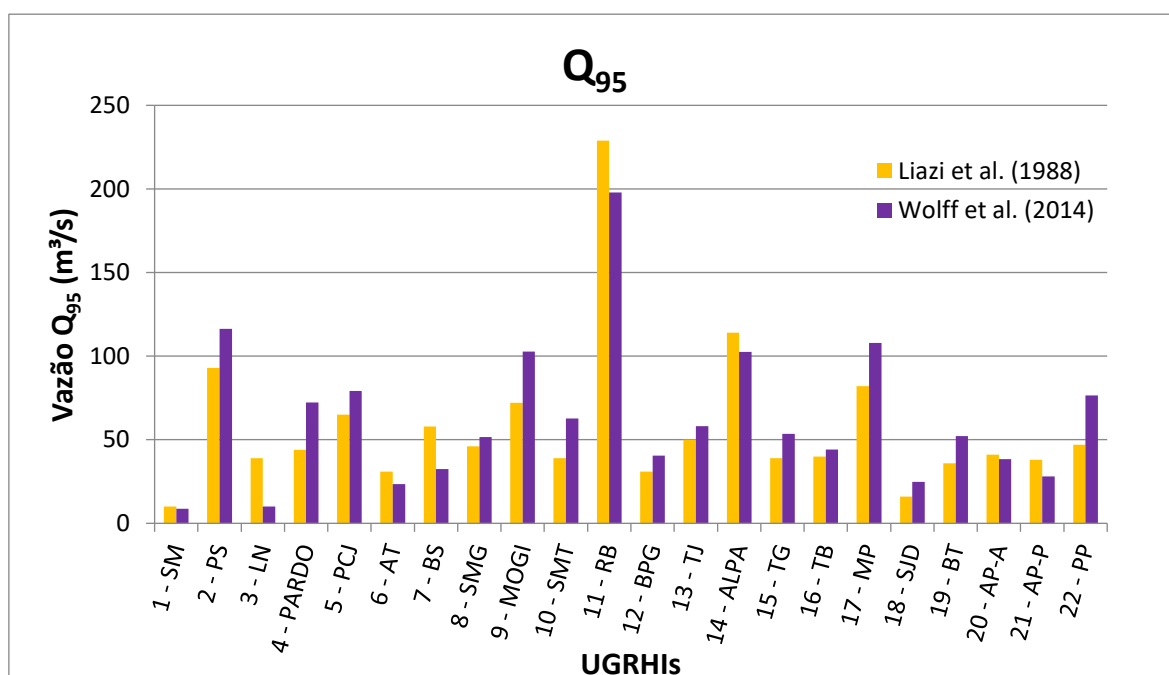


Figura 28 - Comparação entre os resultados da vazão Q_{95} para as duas propostas de regionalização de vazões.

A Figura 29 compara os resultados da vazão Q_m para as duas propostas de regionalização.

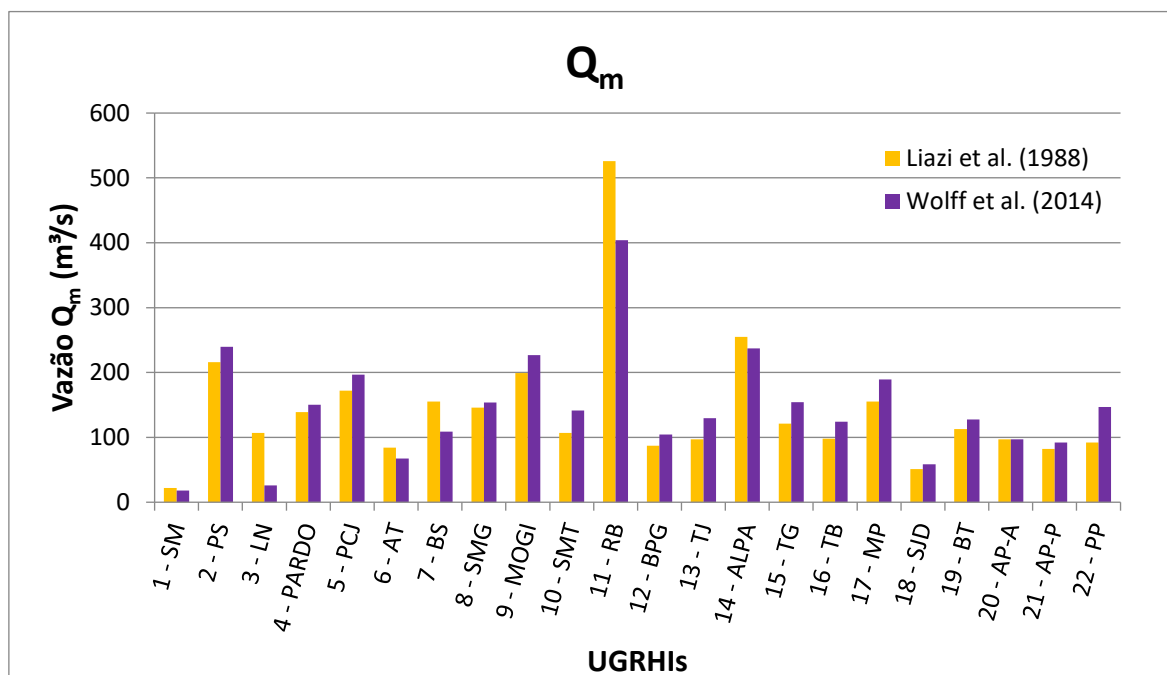


Figura 29 - Comparação entre os resultados da vazão Q_m para as duas propostas de regionalização de vazões.

As maiores diferenças entre as três vazões calculadas pelos dois modelos analisados aconteceram nas UGRHs: 3 - Litoral Norte, 7 - Baixada Santista, 9 - Mogi-Guaçu, 11 - Ribeira do Iguape/Litoral Sul, 17 - Médio Paranapanema e 22 - Ponta do Paranapanema. Em contrapartida as menores diferenças aconteceram nas UGRHs: 1- Mantiqueira, 16 - Tietê/Batalha e 20 - Aguapeí.

A Tabela 6 exhibe os resultados de regionalização para todo o estado de São Paulo, obtidos através da soma das vazões das UGRHs e dos municípios. Ela também compara esses resultados com os oficiais, que foram obtidos através da metodologia anterior de Liazzi *et al.* (1988).

Tabela 6 - Valores de Regionalização de Vazões para o estado de São Paulo.

Método	$Q_{7,10}$ (m³/s)	Q_{95} (m³/s)	Q_m (m³/s)
Relatório Situação 2016 - Apêndice A			
Liazzi <i>et al.</i> (1988)	894,00	1260,00	3121,00
Soma UGRHs - Apêndice A			
Wolff <i>et al.</i> (2014)	1030,63	1383,92	3194,94
Soma Municípios - Apêndice B			
Wolff <i>et al.</i> (2014)	997,52	1385,86	3455,22

5.3.2 Resultados do Cálculo de Regionalização de Vazões para os Municípios do estado de São Paulo

A Tabela 7 ilustra os resultados de vazões obtidas através da nova proposta de regionalização de vazões, adotando pontos exutórios e pontos centroides, conforme descrito no item 4.3.3, para os municípios da UGRHI Tietê-Jacaré. Ela também compara esses resultados com os oficiais, que foram obtidos através da metodologia anterior de Liazi *et al.* (1988).

Tabela 7 – Comparação das vazões obtidas pelos métodos anterior e novo para os municípios da UGRHI-TJ.

(continua)

Municípios UGRHI 13 Tietê-Jacaré Nome	Rel. 2014 CBH-TJ Liazi <i>et al.</i> (1988)			Ponto Exutório Wolff <i>et al.</i> (2014)			Centroide Wolff <i>et al.</i> (2014)		
	Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m
	(m ³ /s)			(m ³ /s)			(m ³ /s)		
Agudos	3,54	4,45	8,56	4,335	5,869	11,778	4,230	5,752	11,843
Araraquara	3,40	4,50	9,99	4,944	6,685	12,763	5,150	6,955	12,904
Arealva	1,72	2,15	4,17	2,172	2,930	6,122	2,055	2,776	5,949
Areiópolis	0,30	0,38	0,74	0,315	0,436	0,964	0,324	0,447	1,013
Bariri	1,49	1,86	3,63	1,854	2,503	5,275	2,032	2,740	5,790
Barra Bonita	0,46	0,61	1,32	0,555	0,767	1,696	0,612	0,840	1,879
Bauru	1,78	2,27	5,19	2,520	3,412	7,289	2,608	3,536	7,629
Boa Esp. do Sul	2,27	2,83	5,50	2,931	3,973	8,462	3,522	4,707	9,051
Bocaina	1,22	1,52	2,96	1,689	2,278	4,680	1,793	2,412	4,965
Boracéia	0,40	0,50	0,97	0,513	0,697	1,497	0,540	0,730	1,570
Borebi	1,32	1,65	3,15	1,519	2,066	4,268	1,500	2,044	4,262
Brotas	3,76	4,69	9,11	5,585	7,512	16,049	6,240	8,388	18,756
Dois Córregos	2,02	2,75	6,18	2,948	4,007	9,450	3,058	4,131	9,235
Dourado	0,70	0,88	1,70	1,097	1,460	2,819	1,074	1,438	2,879
Gavião Peixoto	0,83	1,03	2,00	0,958	1,307	2,887	1,055	1,433	2,960
Iacanga	1,72	2,16	4,44	1,671	2,229	5,137	2,040	2,755	5,975
Ibaté	0,99	1,27	2,58	1,494	2,018	3,882	1,462	1,974	4,017
Ibitinga	2,19	2,75	5,54	2,156	2,880	6,611	3,260	4,385	8,807
Igaraçu do Tietê	0,28	0,37	0,79	0,362	0,501	1,107	0,371	0,511	1,143
Itaju	0,76	0,95	1,85	1,000	1,349	2,795	1,030	1,387	2,853
Itapuí	0,48	0,60	1,15	0,639	0,865	1,891	0,632	0,859	1,927
Itirapina	1,79	2,48	5,70	2,396	3,186	8,324	2,511	3,355	8,479

(continuação)

Municípios UGRHI 13 Tietê-Jacaré	Rel. 2014 CBH-TJ Liazi <i>et al.</i> (1988)			Ponto Exutório Wolff <i>et al.</i> (2014)			Centroide Wolff <i>et al.</i> (2014)		
	Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m
Nome	(m ³ /s)			(m ³ /s)			(m ³ /s)		
Jaú	2,34	2,91	5,63	3,132	4,244	9,411	3,210	4,364	10,543
Lençóis Paulista	2,86	3,59	6,89	3,012	4,164	9,205	3,165	4,353	9,980
Macatuba	0,76	0,94	1,83	0,951	1,299	2,922	0,863	1,190	2,636
Mineiros do Tietê	0,52	0,76	1,81	0,895	1,222	2,814	0,965	1,313	2,953
Nova Europa	0,55	0,68	1,32	0,685	0,927	1,968	0,584	0,801	1,839
Pederneiras	2,46	3,09	5,98	3,188	4,316	9,225	3,164	4,297	9,268
Ribeirão Bonito	1,59	1,98	3,83	2,564	3,477	6,138	2,459	3,309	6,680
São Carlos	3,79	5,27	13,02	4,789	6,578	15,985	5,182	7,071	16,178
São Manuel	1,67	2,43	5,73	2,647	3,627	8,291	2,537	3,485	8,132
Tabatinga	1,19	1,49	3,02	1,570	2,118	4,540	1,509	2,053	4,471
Torrinha	1,02	1,37	3,05	1,564	2,094	4,756	1,537	2,066	4,801
Trabiju	0,30	0,39	0,74	0,354	0,468	0,861	0,349	0,463	0,862
SOMA	52,47	67,55	140,07	69,00	93,46	201,86	72,62	98,32	212,23

A Tabela 8 ilustra os resultados de vazões obtidas através da nova proposta de regionalização de vazões, adotando pontos exutórios e pontos centroides, conforme descrito no item 4.3.3, para os municípios da UGRHI Tietê-Batalha. Ela também compara esses resultados com os oficiais, que foram obtidos através da metodologia anterior de Liazi *et al.* (1988).

Tabela 8 - Comparação das vazões obtidas pelos métodos anterior e novo para os municípios da UGRHI-TB.

(continua)

Municípios UGRHI 16 Tietê-Batalha	Rel. 2014 CBH-TB Liazi <i>et al.</i> (1988)			Ponto Exutório Wolff <i>et al.</i> (2014)			Centroide Wolff <i>et al.</i> (2014)		
	Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m
Nome	(m ³ /s)			(m ³ /s)			(m ³ /s)		
Adolfo	0,49	0,63	1,55	0,566	0,784	2,031	0,647	0,888	2,218
Avaí	1,28	1,65	4,03	1,947	2,641	5,618	1,966	2,664	5,771
Bady Bassitt	0,27	0,34	0,83	0,334	0,465	1,271	0,332	0,462	1,284
Balbinos	0,21	0,28	0,68	0,323	0,439	0,919	0,322	0,437	0,925
Borborema	1,35	1,69	4,14	1,786	2,397	5,445	1,913	2,576	5,846
Cafelândia	2,12	2,79	6,81	3,009	4,110	9,653	2,891	3,944	9,350

(continuação)

Municípios UGRHI 16 Tietê-Batalha	Rel. 2014 CBH-TB Liazi <i>et al.</i> (1988)			Ponto Exutório Wolff <i>et al.</i> (2014)			Centroide Wolff <i>et al.</i> (2014)		
	Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m
Nome	(m ³ /s)			(m ³ /s)			(m ³ /s)		
Dobrada	0,44	0,62	1,64	0,611	0,833	1,822	0,642	0,871	1,809
Elisiário	0,21	0,27	0,66	0,202	0,296	1,003	0,197	0,291	1,006
Guaíçara	0,63	0,83	2,03	0,740	1,023	2,624	0,787	1,079	2,689
Guarantã	1,04	1,4	3,4	1,577	2,142	4,797	1,448	1,978	4,715
Ibirá	0,64	0,82	2,02	0,655	0,942	3,030	0,611	0,894	2,995
Irapuã	0,61	0,79	1,92	0,752	1,048	2,779	0,693	0,971	2,760
Itajobi	1,19	1,53	3,75	1,535	2,111	5,438	1,322	1,857	5,527
Itápolis	2,32	2,99	7,33	3,962	5,383	12,135	4,086	5,569	12,714
Jaci	0,32	0,42	1,02	0,416	0,582	1,638	0,432	0,602	1,651
Lins	1,34	1,75	4,28	1,699	2,334	5,789	1,719	2,355	5,796
Marapoama	0,27	0,35	0,86	0,296	0,417	1,200	0,261	0,376	1,221
Matão	1,43	1,86	4,26	2,182	2,978	6,545	2,269	3,076	6,360
Mendonça	0,45	0,58	1,42	0,535	0,747	2,036	0,559	0,778	2,134
Nova Aliança	0,51	0,66	1,62	0,596	0,844	2,446	0,588	0,831	2,488
Novo Horizonte	2,19	2,82	6,91	2,753	3,806	9,619	3,144	4,285	10,013
Pirajuí	1,89	2,51	6,09	2,853	3,873	8,498	2,891	3,925	8,498
Piratinunga	1,18	1,51	3,26	1,622	2,192	4,486	1,737	2,358	4,831
Pongaí	0,43	0,56	1,37	0,623	0,841	1,883	0,629	0,851	1,876
Potirendaba	0,8	1,03	2,52	0,918	1,287	3,790	0,895	1,270	3,901
Presidente Alves	0,68	0,89	2,18	1,034	1,402	2,983	1,043	1,412	3,051
Reginópolis	0,95	1,23	3,02	1,300	1,742	3,974	1,458	1,979	4,150
Sabino	0,74	0,95	2,34	0,846	1,170	3,009	0,934	1,284	3,172
Sales	0,72	0,92	2,27	0,991	1,360	3,342	0,885	1,232	3,218
Santa Ernestina	0,38	0,52	1,38	0,545	0,744	1,646	0,539	0,738	1,650
Taquaritinga	1,54	2,06	5,25	2,144	2,933	7,215	1,971	2,713	7,043
Uru	0,35	0,45	1,1	0,493	0,664	1,491	0,504	0,683	1,491
Urupês	0,77	1	2,44	0,844	1,191	3,577	0,823	1,174	3,612
SOMA	29,74	38,70	94,38	40,69	55,72	133,73	41,14	56,40	135,77

5.4 Modelo Específico - Primeiro Cenário

Conforme apresentado anteriormente (itens 4.3 e 4.4), este estudo utilizou somente variáveis do tipo hídrico, direcionando os resultados para a obtenção da Capacidade de Suporte Hídrica (CSH). Esses resultados caracterizam as regiões do estado que estão sob déficit ou excedente hídrico, ou seja, regiões onde ocorrem estresse ou excedente dos recursos hídricos. Os itens 5.4.1 e 5.4.2 exibem os resultados para o modelo específico, conforme o primeiro cenário adotado.

5.4.1 CSH para as UGRHIs do estado de São Paulo

A Figura 30 disponibiliza os resultados para as UGRHIs do estado, conforme a modelagem adotada para o primeiro cenário

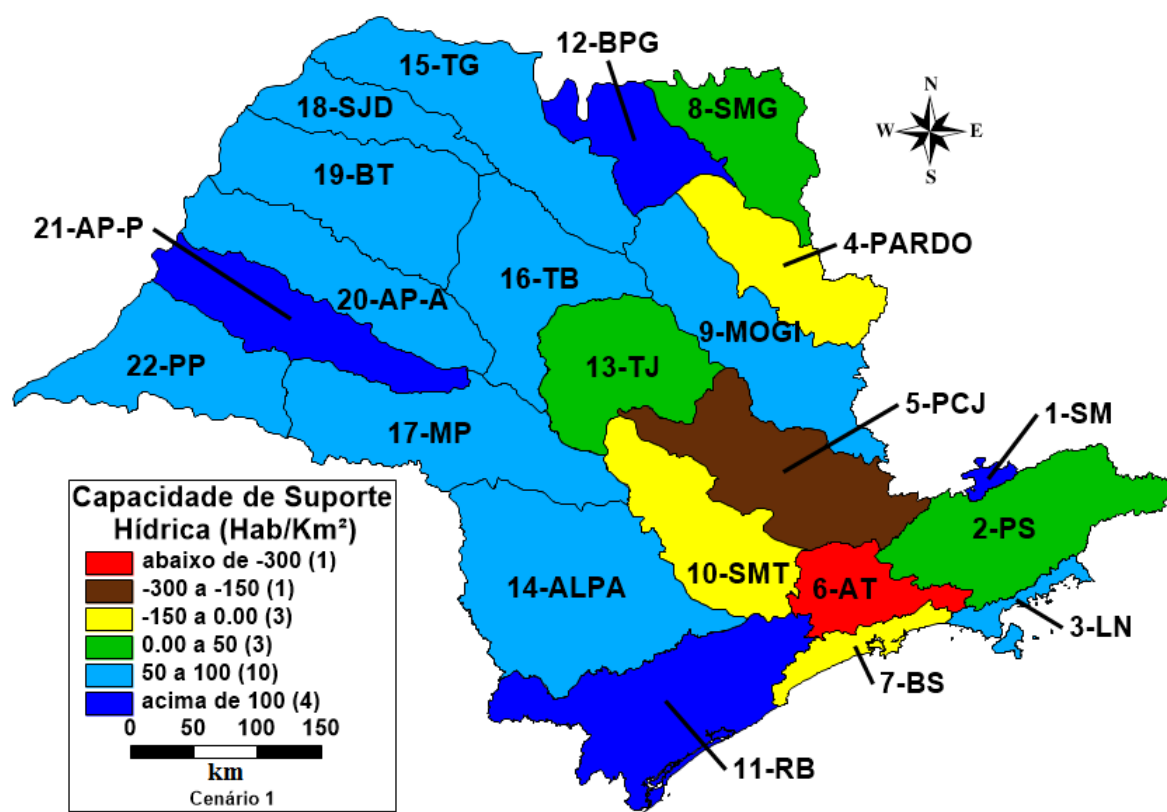


Figura 30 - Resultados da Análise da Capacidade de Suporte Hídrico, conforme o primeiro cenário, para as UGRHIs de São Paulo.

O modelo do primeiro cenário apontou cinco UGRHIs em déficit hídrico, diferenciando-as pelo seu nível de estresse. Três foram apontadas com um grau menor de estresse hídrico (até 150 hab/km²), são elas: Baixada Santista, Tietê/Sorocaba e Pardo. Em nível intermediário de estresse (de 150 a 300 hab/km²), foi apontada a UGRHI Piracicaba/Capivari/Jundiaí. Em maior grau de estresse (acima de 300 hab/km²), foi apontada a UGRHI Alto Tietê.

Em contrapartida, 17 UGRHs foram apontadas em situação de excedente hídrico, 3 com menor nível de excedente (em até 50 hab/km²), 10 com nível intermediário de excedente (entre 50 e 100 hab/km²), por último 4 foram apontadas com máximo nível de excedente (acima dos 100 hab/km²).

5.4.2 CSH para os municípios do estado de São Paulo

A Figura 31 disponibiliza os resultados obtidos para a análise da CSH sobre os municípios de São Paulo, conforme a modelagem adotada para o primeiro cenário.

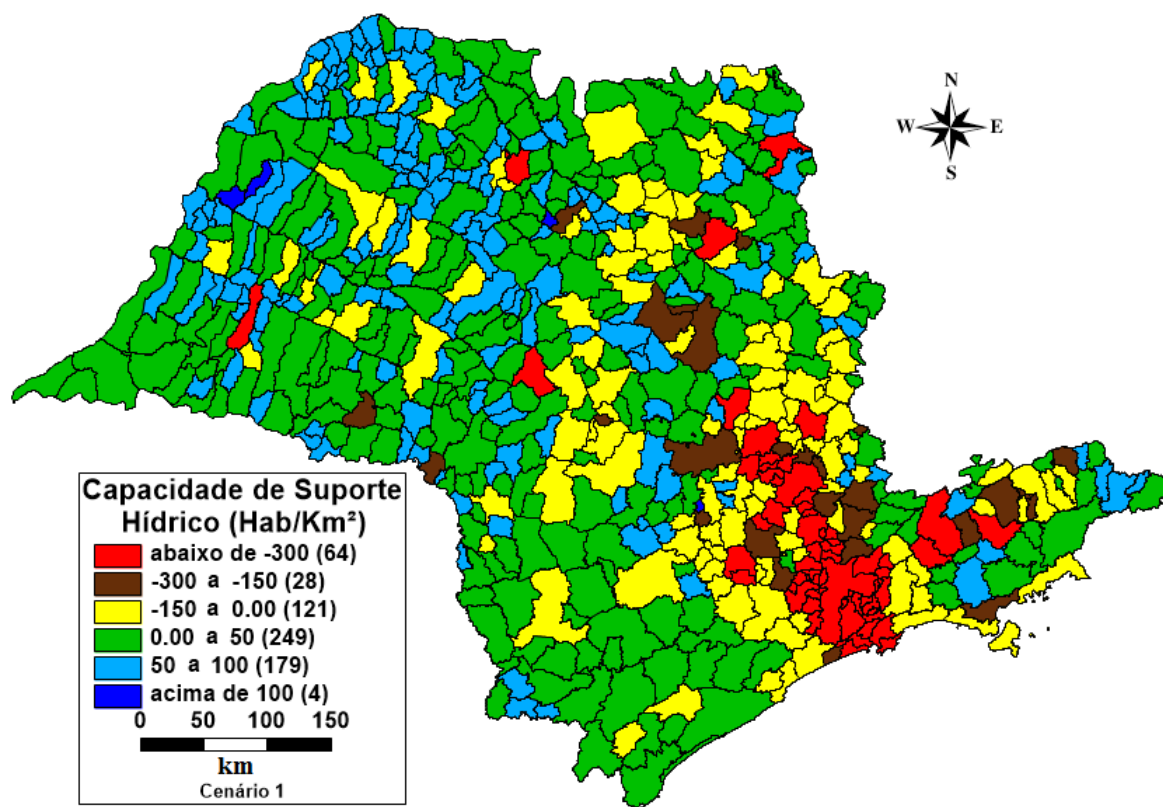


Figura 31 - Resultados da Análise da Capacidade de Suporte Hídrico, conforme o primeiro cenário adotado, para os Municípios de São Paulo.

O modelo do primeiro cenário apontou 213 municípios em situação de déficit hídrico, aproximadamente 33% de todos os municípios do estado. Em menor nível de estresse (de até 150 hab/km²) foram apontados 121 municípios. Em nível intermediário (entre 150 e 300 hab/km²) foram apontados 28 municípios. Em maior nível de estresse (acima de 300 hab/km²) foram apontados 64 municípios, entre eles estão algumas das maiores cidades do estado como Campinas, São Paulo, São José dos Campos, Sorocaba, Ribeirão Preto, São José do Rio Preto e Bauru.

Em contrapartida, 432 municípios foram apontados em situação de excedente hídrico, 67% do total. Em menor nível de excedente (de até 50 hab/km²) estão 249

municípios. Em nível intermediário de excedente (entre 50 e 100 hab/km²) foram identificados 179 municípios. Em maior nível de excedente (acima de 100 hab/km²) foram apontados apenas 4 municípios.

5.5 Modelo Específico – Segundo Cenário

Os itens 5.5.1 e 5.5.2 exibem os resultados para o modelo específico, conforme o segundo cenário adotado.

5.5.1 CSH para as UGRHIs do estado de São Paulo

A Figura 32 disponibiliza os resultados obtidos através da análise da CSH para as UGRHIs do estado, conforme a modelagem adotada para o segundo cenário.

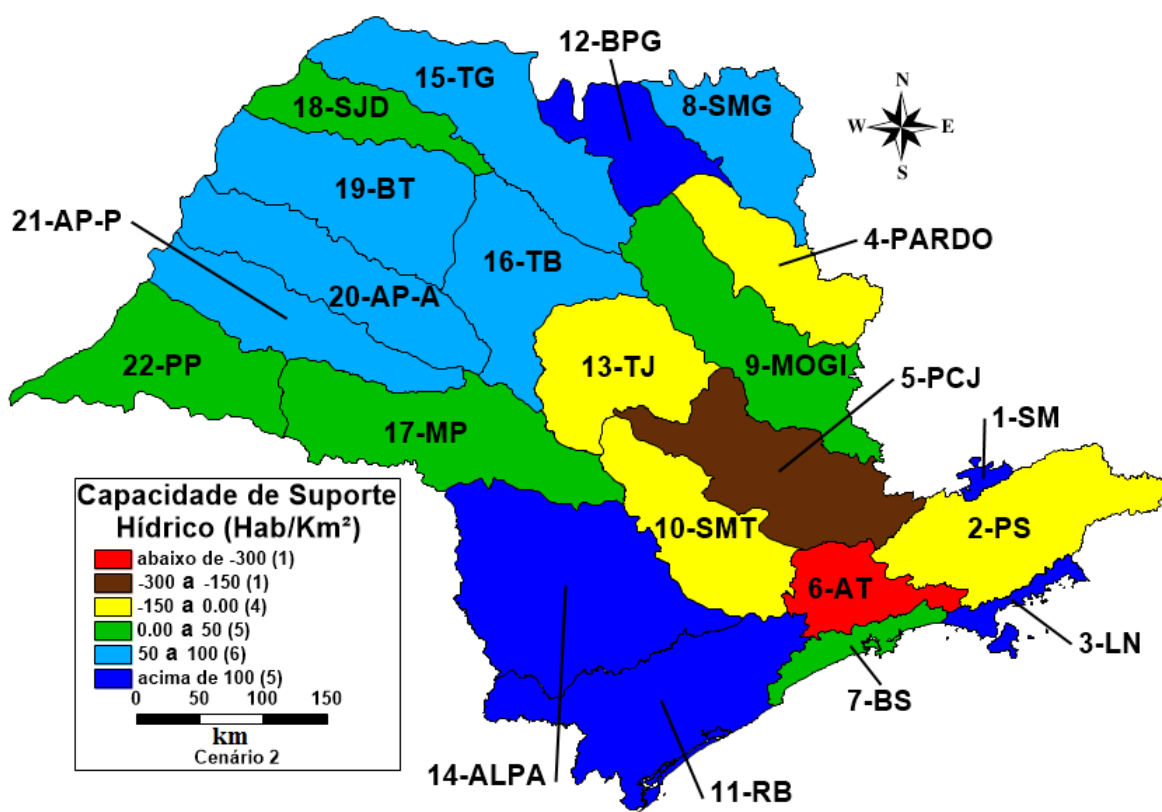


Figura 32 - Resultados da Análise da Capacidade de Suporte Hídrico, conforme o segundo cenário, para as UGRHIs de São Paulo.

O modelo do segundo cenário apontou seis UGRHIs em déficit hídrico. Quatro foram apontadas com um grau menor de estresse hídrico (de até 150 hab/km²), são elas: Pardo, Tietê-Jacaré, Tietê/Sorocaba e Paraíba do Sul. Em nível intermediário de estresse (de 150 a 300 hab/km²), foi apontada a UGRHI Piracicaba/Capivari/Jundiaí. Em maior grau de estresse (acima de 300 hab/km²), foi apontada a UGRHI Alto Tietê.

Em contrapartida, 16 UGRHIs foram apontadas em situação de excedente hídrico, cinco com menor nível de excedente (em até 50 hab/km²), seis com nível intermediário de excedente (entre 50 e 100 hab/km²), por último, cinco foram apontadas com máximo nível de excedente (acima dos 100 hab/km²).

5.5.2 CSH para os municípios do estado de São Paulo

A Figura 33 disponibiliza, conforme a modelagem adotada para o segundo cenário, os resultados obtidos através da análise da CSH para os municípios do estado.

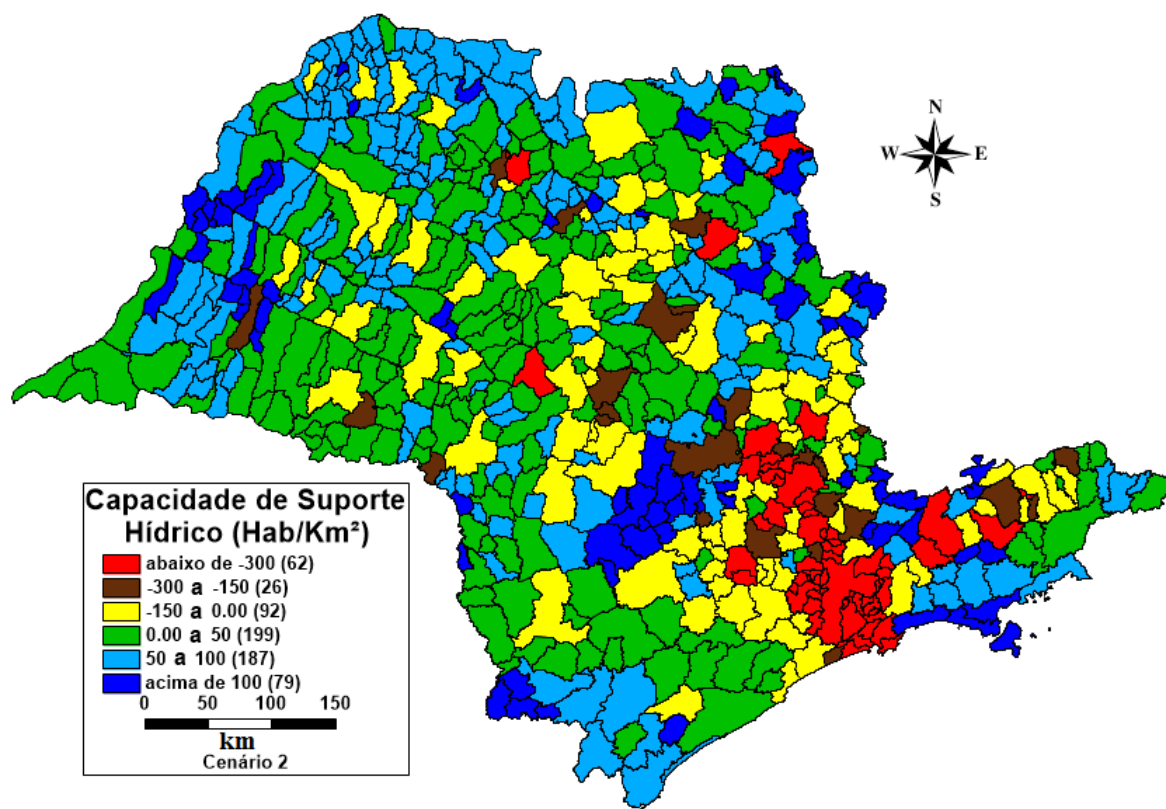


Figura 33 - Resultados da Análise da Capacidade de Suporte Hídrico, conforme o segundo cenário adotado, para os Municípios de São Paulo.

O modelo do segundo cenário apontou 180 municípios em situação de déficit hídrico, 28% do total. Em menor nível de estresse (de até 150 hab/km²) foram apontados 92 municípios. Em nível intermediário (entre 150 e 300 hab/km²) foram apontados 26 municípios. Em maior nível de estresse (acima de 300 hab/km²) foram apontados 62 municípios.

Em contrapartida, 465 municípios foram apontados em excedente hídrico, 72% do total. Em menor nível de excedente (de até 50 hab/km²) estão 199 municípios. Em nível intermediário de excedente (entre 50 e 100 hab/km²) foram identificados 187 municípios. Em maior nível de excedente (acima de 100 hab/km²) foram apontados 79 municípios.

A Tabela 9 ilustra e compara os resultados obtidos conforme os dois cenários elaborados para os municípios do estado.

Tabela 9 – Comparação dos resultados entre os dois cenários elaborados para os municípios do estado de São Paulo.

Cenário	Faixas da CSH (hab/km ²)					
	< -300	-300 a -150	-150 a 0	0 a 50	50 a 100	> 100
I	64	28	121	249	179	4
II	62	26	92	199	187	79

A Figura 34 ilustra a comparação da Tabela 9 por meio de um gráfico. O cenário I apontou um maior número de municípios em déficit e consequentemente o cenário II apontou mais municípios em situação de excedente hídrico. Destaque para a faixa de maior excedente (acima de 100 hab/km²) que no cenário I foi composta de apenas 4 municípios, enquanto para o cenário II foram apontados 79 municípios.

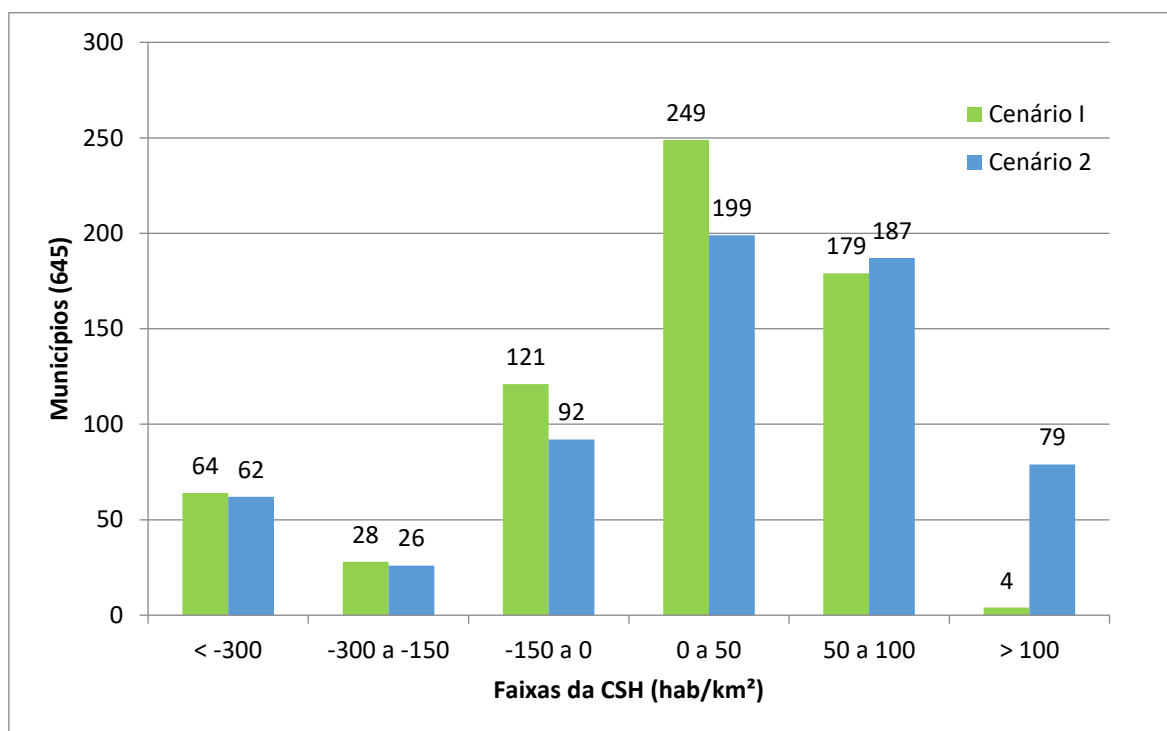


Figura 34 - Gráfico da comparação dos resultados entre os dois cenários elaborados para os municípios do estado de São Paulo.

5.6 Modelo Específico – Terceiro Cenário

Este item e a Figura 35 disponibilizam, conforme a modelagem adotada para o terceiro cenário, os resultados obtidos através da análise da CSH para as UGRHIs do estado.

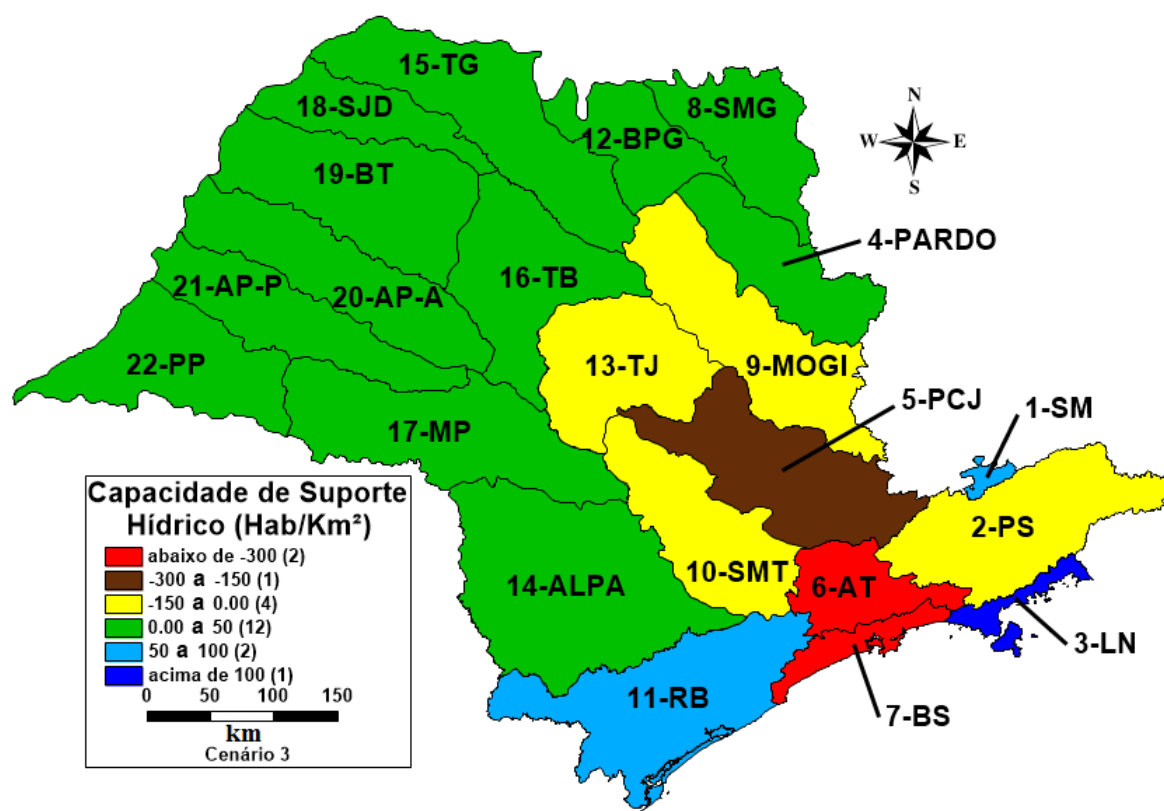


Figura 35 - Resultados da Análise da Capacidade de Suporte Hídrico, conforme o terceiro cenário, para as UGRHIs de São Paulo.

O modelo do terceiro cenário apontou sete UGRHIs em déficit hídrico. Quatro foram apontadas com um grau menor de estresse hídrico (de até 150 hab/km²), são elas: Mogi-Guaçu, Tietê-Jacaré, Tietê/Sorocaba e Paraíba do Sul. Em nível intermediário de estresse (de 150 a 300 hab/km²), foi apontada a UGRHI Piracicaba/Capivari/Jundiaí. Em maior grau de estresse (acima de 300 hab/km²), foram apontadas as UGRHIs Alto Tietê e Baixada Santista.

Em contrapartida, 15 UGRHIs foram apontadas em situação de excedente hídrico, sendo 12 com menor nível de excedente (em até 50 hab/km²), duas com nível intermediário de excedente (entre 50 e 100 hab/km²), por último, apenas uma foi apontada com máximo nível de excedente (acima dos 100 hab/km²). A Tabela 10 ilustra e compara os resultados para as UGRHIs obtidos pelos três cenários elaborados.

Tabela 10 – Comparação entre os resultados dos três cenários elaborados para as UGRHIs do estado de São Paulo.

Id	Nome UGRHI	Sigla	Cenário I	Cenário II	Cenário III
1	Mantiqueira	SM			
2	Paraíba Do Sul	PS			
3	Litoral Norte	LN			
4	Pardo	PARDO			
5	Piracicaba/Capivari/Jundiaí	PCJ			
6	Alto Tietê	AT			
7	Baixada Santista	BS			
8	Sapucaí/Grande	SMG			
9	Mogi-Guaçu	MOGI			
10	Médio Tietê/Sorocaba	SMT			
11	Ribeira Iguape/Litoral Sul	RB			
12	Baixo Pardo/Grande	BPG			
13	Tietê/Jacaré	TJ			
14	Alto Paranapanema	ALPA			
15	Turvo/Grande	TG			
16	Tietê/Batalha	TB			
17	Médio Paranapanema	MP			
18	São José dos Dourados	SJD			
19	Baixo Tietê	BT			
20	Aguapeí	AP-A			
21	Peixe	AP-P			
22	Pontal do Paranapanema	PP			

As únicas UGRHIs que obtiveram o mesmo nível de déficit hídrico nos três cenários elaborados foram Médio Tietê/Sorocaba, Alto Tietê e Piracicaba/Capivari/Jundiaí. Nenhuma UGRHI obteve o mesmo grau de excedente nos três cenários.

Para fazer uma comparação dos resultados deste estudo com dados oficiais, é ilustrado na Figura 36 um mapa de índice de utilização de água nas UGRHIs do estado, gerado a partir de dados do DAEE/DRH do ano de 2005.

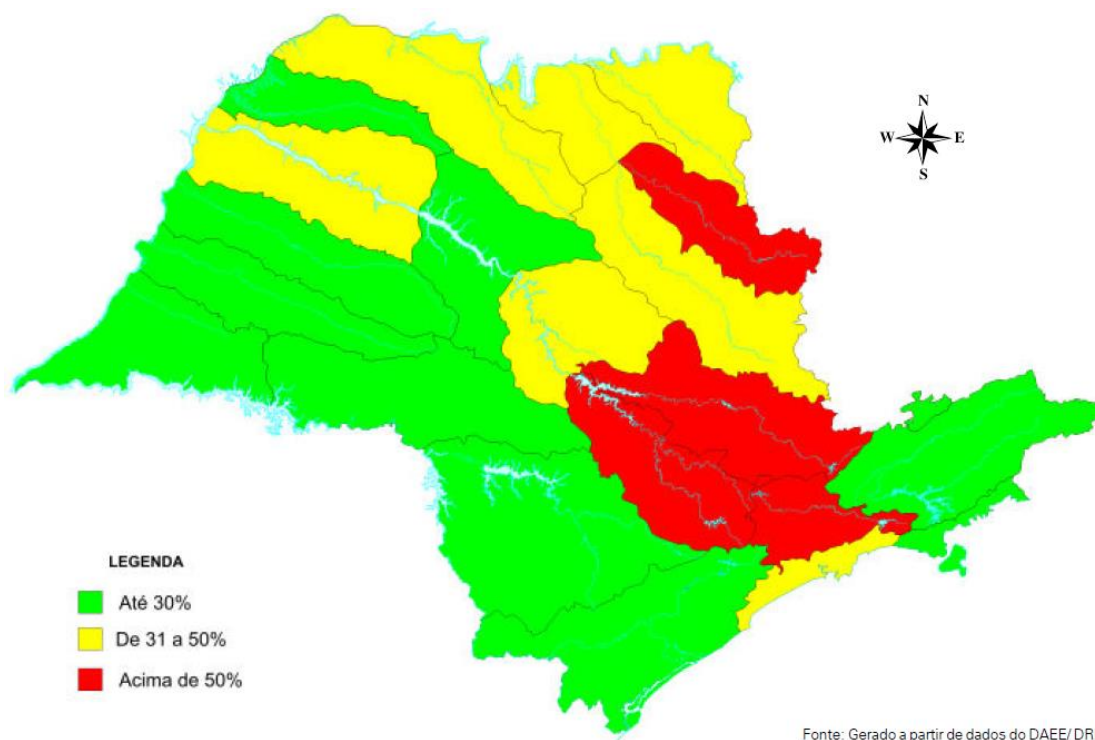


Figura 36 – Índice de utilização de água nas UGRHIs do estado de São Paulo.

Fonte: DAEE/IPT/CPRM e São Paulo (2005)

http://www.daee.sp.gov.br/images/documentos/MAPA_AS.pdf (acessado em 13/07/2017).

Comparando-se os resultados obtidos dos três cenários elaborados, o cenário I foi o que mais se aproximou da situação ilustrada na Figura 36, que representa os dados oficiais. O cenário III também apresentou um razoável nível de concordância e o cenário II se distanciou mais da situação ilustrada pelos órgãos DAEE/DRH.

6 Conclusões e Recomendações

O objetivo deste estudo foi investigar a possibilidade de criação de um modelo indicador de estresse ambiental, focado nos aspectos hídricos e baseado nas Análises Estocásticas de Fronteira (SFA). Um modelo protótipo foi desenvolvido na primeira etapa, para verificação da viabilidade da proposta. Na segunda etapa foi utilizado a nova proposta de regionalização de vazões para o estado de São Paulo, com o objetivo de quantificar a disponibilidade hídrica superficial dos municípios e UGRHIs do estado. Posteriormente, foram desenvolvidos três modelos específicos, abordando algumas possibilidades de construção do modelo.

Os dados geográficos da rede de drenagem do estado encontram-se desatualizados, conforme discutido no item 4.3.1, sendo necessário um estudo de atualização dessa base de dados. Com isso, a variável densidade de drenagem, obtida através da rede de drenagem, foi utilizada apenas no modelo protótipo, como uma variável teste, sendo descartada no desenvolvimento dos modelos específicos.

A aproximação adotada para o cálculo da regionalização de vazões das UGRHIs, onde somente foi considerado um ponto exutório por unidade (item 4.3.2), demonstrou bons resultados, na medida que ficaram dentro de uma escala aceitável de diferença, em comparação com os resultados oficiais.

A aproximação adotada para o cálculo da regionalização de vazões dos municípios do estado, onde foi considerado o ponto centroide para realizar os cálculos (item 4.3.3), se mostrou muito vantajosa, no que diz respeito à economia de tempo e aos pequenos erros obtidos, em comparação com valores de pontos exutórios. Por outro lado, essa mesma aproximação, se adotada para as UGRHIs, apresentou um nível de erro bem maior que dos municípios, portanto, não é recomendada a sua utilização para regiões com áreas muito maiores que a escala municipal.

Os resultados do cálculo de vazões superficiais para o estado de São Paulo como um todo (item 5.3), apresentaram um pequeno ganho nas vazões $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_m , quando comparados os resultados da nova proposta com os da proposta anterior de regionalização de vazões.

Os resultados do modelo protótipo foram satisfatórios e adequados ao que se esperava sobre o comportamento do modelo. Assim, foi concluído que haveria possibilidade de construir os modelos específicos.

Os resultados dos três cenários do modelo específico CSH evidenciam regiões do estado que estão submetidas ao estresse dos recursos hídricos, em seus níveis menor, intermediário e intenso. Essas regiões podem ser consideradas como as mais vulneráveis em períodos de seca, podendo ter prioridade nas políticas públicas de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. Em contrapartida foram apontadas regiões onde existe excedente hídrico, possuindo margem para a exploração das águas. Assim, pretende-se disponibilizar um modelo para auxiliar na questão da preservação do meio ambiente e dos recursos naturais nas escalas local e regional.

A partir dos alicerces construídos por este trabalho, pretende-se desenvolver em estudos subsequentes, um indicador de Capacidade de Suporte Ambiental (CSA), onde serão adicionadas algumas variáveis ecológicas, juntamente com as variáveis hídricas.

Referências Bibliográficas

AIGNER, D.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of Econometrics**, v. 6, p. 21-37, 1977.

ARROW, K.; BOLIN, B.; CONSTANZA, R. Economic Growth, carrying capacity and the environment. **Science**, v. 268, p. 520-521, 1995.

BATTESE, G. E.; COELLI, T.J. A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data. **Empirical Economics**, v. 20, p. 325-332, 1995.

BARBOSA, G. S. O Desafio do desenvolvimento sustentável. **Revista Visões**, v. 4, n.1, p. 1-11, 2008.

BARNA, L. T.; BENETTO, E. A conceptual framework and interpretation of emergy algebra. **Ecological Modeling**, v. 53, p. 290-298, 2013.

BRAGA, B. **Introdução à engenharia ambiental**. 2ª edição. São Paulo: Person Prentice Hall, 2005. 336 p.

BEZERRA, M. C. L.; BURSZTYN, M. **Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Sustentável**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis: Consórcio CDS/UNB/Abipti, 2000.

BROWN, M. T.; HERENDEEN, R.A. Embodied energy analysis and EMERGY analysis: a comparative view. **Ecological Economics**, v. 19, p. 219-235, 1996.

BULLARD, C.; HERENDEEN, R. The Energy Costs of Goods and Services. **Energy Policy**, v. 3, p. 268-278, 1975.

CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. **Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2013. 789 p.

CASTRO, L. I. S. Diagnóstico ambiental na sub-bacia do Ribeirão Pouso Alegre com a utilização de um sistema de informação geográfica. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Agrônomicas UNESP, Botucatu, 2008. 120 p.

CATTON, W. Carrying capacity and the limits to freedom. **XI World Congress of Sociology**, Social Ecology Session, v. 1, p. X1, 1986.

CHARTRES, C. J.; VARMA, S. **Out of water: from abundance to scarcity and how to solve the world's water problems**. New Jersey, FT Press, 2011. 256 p.

CHEN, B.; CHEN, G.Q. Ecological footprint accounting based on emergy – A case study of the Chinese society. **Ecological Modelling**, v. 198, p. 101-114, 2006.

COELLI, T.; PERELMAN, S.; ROMANO, E. Accounting for Environmental Influences in Stochastic Frontier Models: With Application to International Airlines. **Journal of Productivity Analysis**, v. 11, n. 3, p. 251-273, 1999.

COHEN, J. E. How many people can the earth support? **Bulletin of the American Academy of Arts and Sciences**, v. 51, n. 4, p. 25-39, 1998.

COHEN, J. E. Population, economics, environment and culture: an introduction to human carrying capacity. **Journal of Applied Ecology**, v. 34, n. 6, p. 1325-1333, 1997.

COHEN, J.E. Population Growth and Earth's Human Carrying Capacity. **Science**, v. 269, p. 341-346, 1995.

COSTANZA, R.; DALY, H. Natural capital and sustainable development. **Conservation Biology**, v.1, p. 37-46, 1992.

DALY, H. E. *et al.* Are We Consuming Too Much—for What? **Conservation Biology**, v. 21, n. 5, p. 1359-1362, 2007.

DALY, H. Comments on "Population growth and Economic Development". **Population and Development Review**, p. 583-585, 1986.

DE MELLO, S. V.; KAISER, I. M.; PEIXOTO, A. S. P.; MANZATO, G. G. Uma análise exploratória da capacidade de suporte ambiental em áreas urbanizadas. **7º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, PLURIS 2016**, Maceió, 2016.

DO LAGO, A. A. C. **Estocolmo, Rio, Johanesburgo: O Brasil e as Três conferências Ambientais das Nações Unidas**. Fundação Alexandre Gusmão e Instituto Rio Branco (IRBr), Ministério das Relações Exteriores, Setor de Administração Federal Sul, Brasília, 2006. 274 p.

FALKENMARK, M.; ROCKSTRÖM, J. Building water resilience in the face of global change: From a blue-only to a green-blue water approach to land-water management. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 136, n. 6, p. 606-610, 2010.

GABRIEL, J. P.; SAUCY, F.; BERSIER, L. F. Paradoxes in the logistic equation? **Ecological Modelling**, v. 185, n.1, p. 147-151, 2005.

GALLI, A.; KITZES, J.; WERMER, P.; WACKERNAGEL, M.; NICCOLUCCI, V.; TIEZZI, E. An Exploration of the Mathematics behind the Ecological Footprint. **International Journal of Ecodynamics**, v. 2, n. 4, p. 250-257, 2007.

GALLI, A.; KITZES, J.; NICCOLUCCI, V.; WACKERNAGEL, M.; WADA, Y.; MARCHETTINI, N. Assessing the global environmental consequences of economic growth through the ecological footprint: a focus on China and India. **Ecologic Indicators**, v. 17, p. 99-107, 2012.

GERLAND, P. *et al.* World population stabilization unlikely this century. **Science**, v. 346, n. 6206, p. 234-237, 2014.

HAECKEL, E. **Natural History of Creation**. Translated by E. Ray Lankester, Kegan Paul, Trench & Co., London, 1983, 3rd edition, v. 1, 1868. 352 p.

HALL, C. A. S. **Emergy Analysis**. In: C.A.S. Hall (Editor), *Maximum Power - The Ideas and Applications of H.T. Odum*, University Press of Colorado, Niwot, 1995. 393 p.

HANNAH, L.; LOSHE, D.; HUTCHINSON, C.; CARR, J. L.; LANKERANI, A. A Preliminary Inventory of Human Disturbance of World Ecosystems. **Ambio**, p. 246-250, 1994.

HAU, J. L.; BAKSHI, B. R. Promise and problems of emergy analysis. **Ecological Modelling**, v. 178, n. 1, p. 215-225, 2004.

HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. **Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade**. Value of water research report series, v. 11, Unesco-IHE, Delft: Institute for Water Education, 2002. 66 p.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. **The water footprint assessment manual: Setting the global standard**. Earthscan, London, 2011. 224 p.

HOSSAINI, N.; HEWAGE, K. Emergy accounting for regional studies: case study of Canada and its provinces. *J. Environ, Manage* v. 118, p. 177-185, 2013.

JONDROW, J.; I. MATEROV; K. LOVELL; P. SCHMIDT. "On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model," **Journal of Econometrics**, v. 19, p. 233-238, 1982.

KINGSLAND, S.E. **Modeling Nature**. The University of Chicago Press, 2nd Edition, Chicago, 1995. 315 p.

KITZES, J. *et al.* A research agenda for improving national Ecological Footprint accounts. **Ecological Economics**, v. 68, n.7, p. 1991-2007, 2009.

KUMBHAKAR, S.C.; LOVELL, C. A. K. **Stochastic frontier analysis**. Cambridge University Press, Cambridge UK, 2000. 343p.

KOURTIT, K.; NIJKAMP, P. In Praise of Megacities in a Global World. **Regional Science Policy and Practice**, v. 5, p. 167-182, 2013.

LEI, K.; WANG, Z.; TON, S. Holistic emergy analysis of Macao, **Ecology Engineering**, v. 32, p. 30-43, 2008.

LIAZI, A.; CONEJO, J. L.; PALOS, J. C. F.; CINTRA, P. S. Regionalização hidrológica no estado de São Paulo. **Revista Águas e Energia Elétrica**, v. 14, n.5, p. 4-10, 1988.

LIMA, W.D.P. **A silvicultura e a água: ciência, dogmas e desafios**. Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica, 2010. 64p.

MALTHUS, T.R. **An Essay on the Principle of Population** [1st ed. of 1798]. W. Pickering, London, 1986. 139p.

MANZATO, G. G., ARENTZE, T. A., TIMMERMANS, H. J., e ETTEMA, D. Spatial Attributes Mediating Regional Carrying Capacity for Office Firm Sectors: A Stochastic Frontier Approach. In **Transportation Research Board 90th Annual Meeting (No. 11-1811)**, 2011.

MANZATO, G.G. **Modeling Office Firm Dynamics in an Agent-Based Micro Simulation Framework**. Tese de Doutorado. Eindhoven University Press, Eindhoven, The Netherlands, 2012. 198 p.

MASTROMARCO, C. **Stochastic Frontier Models**. University of Salento, Department of Economics and Mathematics-Statistics, CIdE 2008, 2008. 49 p.

MCGRANAHAN, G; HAUGHTON, G. Urban ecologies. **Environment & Urbanization**, v. 18, n. 1, p. 3-8, 2006.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D.L.; RANDERS, J. *et al.* **The Limits to Growth**. Universe Books, New York, 1972. 205 p.

MEEUSEN, W.; VAN DEN BROECK, J. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. **International economic review**, p. 435-444, 1977.

MOFFATT, I. Ecological footprints and sustainable development. **Ecological Economics**, p. 359-362, 2000.

NAKAJIMA, E. S. **Políticas públicas do município de Ibiúna: a sustentabilidade medida pela avaliação emergética e a pegada ecológica**. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 2014. 222p.

NAKAJIMA, E.S.; ORTEGA, E. Carrying capacity using emergy and a new calculation of the ecological footprint. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 1200-1207, 2015.

NICCOLUCCI, V.; GALLI, A.; BASTIANONI, S. Deriving environmental management practices with the Ecological Footprint Analysis: a case study for the Abruzzo Region. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 122, p. 195-204, 2009.

ODUM, H. T. Energy, ecology and economics. **AMBIO** 2, p. 220-227, 1973.

ODUM, E. P. **Fundamentals of Ecology** (Fundamentos da ecologia). C.M.Baeta Neves (Trad.). 2 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1976. 595p.

ODUM, H. T. Maximum power and efficiency: A rebuttal. **Ecological Modelling**, v. 20, n. 1, p. 71-82, 1983.

ODUM, H. T. Self-Organization, transformity, and information. **Science** 263, p. 1243-1260, 1988.

ODUM, E. P. **Basic Ecology** (Ecologia). Tradução: Christopher J. Tribe. 1 ed, Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1988. 434 p.

ODUM, H. T. **Environmental Accounting. Emergy and Environmental Decision Making**. New York, Wiley & Sons, 1996. 384 p.

ODUM, H. T.; ODUM, E. P. **A Prosperous Way Down: Principles and Policies**. University Press of Colorado, Boulder, Colorado, 2001. 326p.

ODUM, H. T. Folio #2 Emergy of Global Processes. Handbook of Emergy Evaluation: A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios. Center for Environmental Policy, **Environmental Engineering Sciences**, BOX 116450. University of Florida, Gainesville, 2000.

ODUM, H. T.; YAN, J.; YU, C. Ownership forms matter for airport efficiency: A stochastic frontier investigation of worldwide airports. **Journal of Urban Economics**, v. 64, n.2, p. 422-435, 2008.

PEARCE, D. W.; MARKANDYA, A.; BARBIER, E. **Blueprint for a Green Economy**, London: Earthscan Publications, 1989. 192p.

PEARCE, D. Valuing the Environment: Past Practice, Future Prospect. **CSerge Working Paper PA 94-02**. London: University College Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, 1994.

REES, W. E. The ecology of sustainable development. **Ecologist**, v. 20, n. 1, p. 18-23, 1990.

REES, W. E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. **Environment and Urbanization**, v. 4, n. 2, p. 121-130, 1992.

REES, W. E.; WACKERNAGEL, M. Urban Ecological footprints: why cities cannot be sustainable and why they are a key to sustainability. **Environmental impact assessment review**, v. 16, n. 4-6, p. 223-248, 1996.

REES, W. E. Revisiting carrying capacity: Area-based indicators of sustainability. **Population and Environment**, p. 195-215, 1996.

REES, W. E. Carrying capacity and sustainability: Waking Malthus' ghost. Theme 'Introduction to Sustainable Development,' edited by Bell, David VJ and Cheung, Y. Annie, in **Encyclopedia of Life Support Systems**, 2002.

REES, W. E. Economic development and environmental protection: an ecological economics perspective. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 86, n. 1, p. 29-45, 2003.

REZENDE, J. H. **Análise fluviológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Jaú-SP**. Tese de Doutorado, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, UFSCar, São Carlos, 2009. 162 p.

RODRIGUES, D. B. B.; BRESSIANI, D. A.; OLIVEIRA, P. T. S. Incentivos para a Conservação do Solo e dos Recursos Hídricos a partir da Pegada Hídrica (Water Footprint). **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2011. 14 p.

RODRÍGUEZ-POSE, A.; KETTERER, T. D. Do local amenities affect the appeal of regions in Europe for migrants? **Journal of Regional Science**, v. 52, p. 535-561, 2012.

RODRIGUES DA SILVA, A. N.; COSTA, M. S.; MACEDO, M. H. Multiple Views of Sustainable Urban Mobility: The Case of Brazil. **Transport Policy**, v. 15, n. 6, p. 350-360, 2008.

SANDERSON, E. W.; JAITEH, M.; LEVY, M. A.; REDFORD, K. H.; WANNNEBO, A. V.; WOOLMER, G. The human footprint and the last of the wild. **Bioscience**, v. 52 n. 10, p. 891-904, 2002.

SÃO PAULO. Lei nº 7663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial do estado de São Paulo**, São Paulo, 31 dez. 1991.

SÃO PAULO. Lei nº 9034, de 27 de dezembro de 1994. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH, a ser implantando no período de 1994 e 1995, em conformidade com a Lei nº 7663, de 30 de dezembro de 1991. **Diário Oficial do estado de São Paulo**, São Paulo, 27 dez. 1994.

SÃO PAULO. Conselho Estadual de Recursos Hídricos DAEE/IG/IPT/CPRM, **Mapa de Águas Subterrâneas do estado de São Paulo**, Escala 1:1.000.000. Nota Explicativa, 2005.

SÃO PAULO. Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2015 – UGRHI 13**. (Ano Base 2014), p. 120, 2015.

SÃO PAULO. Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Batalha, **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2015 – UGRHI 16**. (Ano Base 2014), São Paulo, p. 66, 2015.

SÃO PAULO. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos, **Situação dos Recursos Hídricos no estado de São Paulo 2016** (Ano Base 2014), São Paulo, p. 27, 31, 76-78, 98, 99, 126-131, 153, 176-181, 184, 202, 220-222, 303. 2016.

SATTERTHWAITE, D.; MENEGAT, R.; ALMEIDA, G. Como as cidades podem contribuir para o Desenvolvimento Sustentável. In: MENEGAT, R. e ALMEIDA, G. **Desenvolvimento Sustentável e Gestão Ambiental nas Cidades, Estratégias a partir de Porto Alegre**. Porto Alegre. UFRGS Editora, 2004. 422 p.

SCHMIDT, P.; LOVELL, C. A. K. Estimating technical and allocative inefficiency relative to stochastic production and cost frontiers. **Journal of Econometrics**, v. 9, n. 3, p. 343-366, 1979.

SEIDL, I.; TISDELL, C. A. Carrying capacity reconsidered: from Malthus' population theory to cultural carrying capacity. **Ecological economics**, v. 31, n. 3, p. 395-408, 1999.

SLESSER, M. **Energy Analysis Workshop on Methodology and Conventions**. International Federation of Institutes of Advanced Study, IFIAS. Nobel House, Sturegatan 14, Box 5344, S-102 Stockholm, Sweden, v. 89. 1974.

STERRER, W. Human economics: A non-human perspective. **Ecological Economics**, v. 7. p. 183-202, 1993.

SOLOW, R. M. On the intergenerational allocation of natural resources. **Scandinavian Journal of Economics**, v. 88, n. 1, p. 141-149, 1986.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**. Porto Alegre, ABRH e Editora da Universidade/UFRGS, 2002. 256 p.

TUCCI, C. E. M. (2009) **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre, ABRH e Editora da Universidade/UFRGS, 2009. 944 p.

UNEP United Nations Environment Programme. **Past, Present and Future perspectives. Global Environment Outlook 3**. Earthscan Publications, London, 2002. 426p.

UNEP United Nations Environment Programme; GEAS, Global Environmental Alert Service. Environmental Planet, how many people? A review of earth's carrying capacity. **Environmental Development**, v. 4, p.114-135, 2012.

UNITED NATIONS Department of International Economic and Social Affairs, Long-Range **World Population Projections: Two Centuries of Population Growth 1950-2150**. United Nations, New York, 1992. 35 p.

UNITED NATIONS. **World Population Prospects: The 2012 Revision**. Population Division, Dept. of Economic and Social Affairs, United Nations; New York, NY, 2013.

UNITED NATIONS, **World Urbanization Prospects: The 2014 Revision** Department of Economic and Social Affairs, Population Division (ST/ESA/SER.A/366), 2015. 27 p.

VERHULST, P. F. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. correspondance mathématique et physique publiée par a. **Quetelet**, v. 10, p. 113-121, 1838.

VICTOR, P. A. Indicators of sustainable development: Some lessons form capital theory. **Ecological Economics**, v. 4, p.191-213, 1991.

VITOUSEK, P. M.; MOONEY, H. A.; LUBCHENKO, J.; MELILLO, J. M. Human Domination of Earth's Ecosystems. **Science**, v. 277, p. 494-499, 1997.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective. **Ecological Economics**, v. 20, p. 3-24, 1996.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. **Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth**. New Society Publishers. Gabriola Island, British Columbia, Canada, 1998. 160 p.

WACKERNAGEL, M. *et al.* National Natural Capital Accounting with the Ecological Footprint Concept. **Ecological Economics**, v. 29. Elsevier Science, Xalapa. p. 375-390, 1999.

WACKERNAGEL, M.; GALLI, A. An overview on ecological footprint and sustainable development: a chat with Mathis Wackernagel. **International Journal of Ecodynamics**, v. 2, n. 1, p. 1, 2007.

WCED World Commission on Environment and Development. **Our Common Future**. Oxford: Oxford University Press, 1987. 400p.

WOLFF, W.; DUARTE, S. N.; MINGOTI, R. Nova metodologia de regionalização de vazões, estudo de caso para o estado de São Paulo. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 4, p. 21-33, 2014.

WOLFF, W. **Avaliação e nova proposta de regionalização hidrológica para o estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 2013. 111 p.

WOLFF, W.; DUARTE, S. N.; MINGOTI, R.; Avaliação do Modelo de Regionalização Hidrológica do estado de São Paulo para o Cálculo da $Q_{7,10}$, Q_{90} , Q_{95} , Q_m . X - **Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola e XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola CLIA/CONBEA**, 2012.

ZHAO, S.; Li, W.; Li, Z. A modified method of ecological footprint calculation and its application. **Ecological Modeling**, v. 185, p. 65-75, 2005.

APÊNDICES

Apêndice A

Planilha de dados sobre esgotos, vazão explotável e do resultado do cálculo das vazões superficiais das UGRHIs do estado de São Paulo para as duas propostas de regionalização de vazões, a anterior (Liazi *et al.*, 1988) e a nova (Wolff *et al.*, 2014).

UGRHI		IBGE – IDEA-SP		Relatório de Situação 2016 (ano base 2014)					Nova Proposta - Wolff <i>et al.</i> (2014)				
		Dens. Pop 2010.	ÁREA	Liazi <i>et al.</i> (1988)			Q _{ex}	Efic. Trat. Esgotos 2010	1 Ponto Exutório (itens 4.3.2 e 5.3.1)				
ID	Nome			Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m			LAT	LONG	Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m
				(m³/s)							(m³/s)		
1	MANTIQUEIRA	95,52	677,82	7	10	22	3	3,2	-22.6309	-45.4890	6,58	8,73	18,24
2	PARAÍBA DO SUL	138,31	14419,29	72	93	216	21	42,3	-22.5180	-44.6939	85,36	116,31	239,49
3	LITORAL NORTE	143,21	1967,57	27	39	107	12	30,6	-23.7088	-45.4276	7,03	10,06	26,14
4	PARDO	122,80	9022,45	30	44	139	14	71,6	-20.9148	-48.0857	55,01	72,38	150,37
5	PIRACICABA/CAPIVARI/JUNDIAI	352,93	14394,18	43	65	172	22	39,1	-22.6180	-48.3184	57,88	79,11	196,80
6	ALTO TIETÊ	3238,11	5935,77	20	31	84	11	33,6	-23.3924	-47.0363	16,03	23,40	67,33
7	BAIXADA SANTISTA	578,32	2877,56	38	58	155	20	7,9	-23.9192	-46.3026	20,89	32,54	108,91
8	SAPUCAÍ/GRANDE	73,63	9106,63	28	46	146	18	73,8	-20.1431	-48.3946	35,15	51,53	153,89
9	MOGI-GUAÇU	116,05	15093,67	48	72	199	24	32,4	-20.9194	-48.1712	76,50	102,72	226,54
10	TIETÊ/SOROCABA	159,28	11585,86	22	39	107	17	58,7	-22.5142	-48.5386	45,54	62,64	141,39
11	IGUAPE/LITORAL SUL	21,64	16872,93	162	229	526	67	41,3	-24.6416	-47.5096	147,69	197,94	404,14
12	BAIXO PARDO/GRANDE	45,75	7279,55	21	31	87	10	58,5	-20.1567	-48.6316	28,85	40,46	104,53
13	TIETÊ/JACARÉ	125,61	11787,29	40	50	97	10	42,7	-21.7645	-49.0052	43,11	58,14	129,31
14	ALTO PARANAPANEMA	31,75	22738,79	84	114	255	30	61,9	-23.1276	-49.7319	75,61	102,55	237,39
15	TURVO/GRANDE	75,82	16274,88	26	39	121	13	65,0	-19.9448	-49.8989	37,18	53,54	154,32
16	TIETÊ/BATALHA	38,89	13161,68	31	40	98	9	63,7	-21.2948	-49.7932	31,41	44,19	124,35
17	MÉDIO PARANAPANEMA	39,59	16821,52	65	82	155	17	61,2	-22.7912	-51.0060	79,71	107,97	189,39
18	SÃO. JOSÉ DOS DOURADOS	33,99	6594,12	12	16	51	4	84,4	-20.3618	-51.3433	18,42	24,76	58,68
19	BAIXO TIETÊ	47,83	15752,34	27	36	113	9	65,0	-20.6220	-51.5679	39,24	52,11	127,68
20	AGUAPEÍ	27,78	13112,73	28	41	97	13	75,0	-21.0597	-51.7712	28,96	38,32	97,09
21	PEIXE	41,53	10782,74	29	38	82	9	37,6	-21.5151	-51.9723	37,66	27,99	91,94
22	PONTAL DO PARANAPANEMA	38,64	12389,16	34	47	92	13	78,0	-22.6572	-53.0915	56,82	76,53	147,02
TOTAL ESTADO DE SÃO PAULO		165,95	248648,5	894	1260	3121	366	62,51			1030,6	1383,9	3194,9

Apêndice B

Planilha de dados sobre esgotos, vazão explotável e vazões superficiais dos 645 municípios do estado de São Paulo utilizando-se a nova proposta de Regionalização de Vazões (Wolff *et al.*, 2014), aproximando o ponto exutório da rede hidrológica municipal pelo seu centroide (itens 4.3.2; 4.3.3 e 5.3.2). (* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área	Wolff <i>et al.</i> (2014)			Q _{ex}	Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)*
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m					
		Latitude	Longitude	(hab/km ²)	(km ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(10 ³ m ³ /ano)	(10 ³ m ³ /ano)	(%)	(hab/km ²)
1	Adamantina	-21.5768	-51.0567	81,96	412,38	1,205	1,635	3,953	0,393	1725,70	1030,80	59,73	-18,16
2	Adolfo	-21.2880	-49.6530	16,78	212,01	0,647	0,888	2,218	0,145	152,80	152,80	100,00	56,30
3	Aguai	-22.0497	-47.0400	67,50	476,26	1,561	2,272	6,170	0,757	4062,00	0,00	0,00	15,73
4	Agudos	-22.5714	-49.1087	35,62	969,31	4,230	5,752	11,843	0,918	1443,20	0,00	0,00	31,57
5	Alambari	-23.5486	-47.8691	30,62	159,49	0,490	0,685	1,971	0,234	102,90	102,90	100,00	44,82
6	Alfredo Marcondes	-21.9348	-51.3952	32,54	119,56	0,209	0,289	0,887	0,100	154,70	154,70	100,00	62,71
7	Altair	-20.5329	-49.0940	12,13	314,41	0,856	1,188	3,402	0,306	111,00	95,50	86,04	54,89
8	Altinópolis	-21.0176	-47.3862	16,74	932,45	3,502	5,035	17,026	1,639	753,00	753,00	100,00	27,32
9	Alto Alegre	-21.6125	-50.1919	12,82	319,90	0,870	1,190	2,996	0,285	152,60	152,60	100,00	53,52
10	Alumínio	-23.5327	-47.2811	199,93	84,23	0,353	0,483	1,081	0,124	403,30	0,00	0,00	-71,23
11	Alvinlândia	-22.4520	-49.7585	35,16	85,32	0,375	0,509	1,054	0,086	94,60	94,60	100,00	49,70
12	Americana	-22.7232	-47.2889	1579,04	133,40	0,437	0,640	1,934	0,204	11138,00	10733,64	96,37	-1501,62
13	Amparo	-22.6985	-46.7983	147,24	447,08	1,638	2,369	7,173	0,688	5033,00	323,00	6,42	-77,21
14	Américo Brasiliense	-21.7218	-48.0325	280,71	122,83	0,625	0,828	1,528	0,195	1679,44	0,00	0,00	-169,03
15	Américo de Campos	-20.2895	-49.7683	22,42	254,48	0,528	0,771	2,363	0,203	n/c**	n/c**	n/c**	90,79
16	Analândia	-22.1208	-47.6778	13,11	327,43	1,414	1,898	4,926	0,474	n/c**	n/c**	n/c**	75,83
17	Andradina	-20.8365	-51.3294	57,20	967,43	1,257	1,734	5,942	0,553	3128,00	1895,00	60,58	4,46
18	Angatuba	-23.4365	-48.4593	21,55	1030,48	1,120	1,726	15,835	1,360	573,90	573,90	100,00	32,76
19	Anhembi	-22.8000	-48.1747	7,65	738,99	2,001	2,787	9,138	1,090	180,30	0,00	0,00	70,19
20	Anhumas	-22.3618	-51.4278	11,64	321,15	0,984	1,367	3,080	0,337	133,40	133,40	100,00	52,16
21	Aparecida	-22.9140	-45.2372	286,74	122,08	0,796	1,068	2,072	0,178	n/c**	n/c**	n/c**	-180,85
22	Aparecida d'Oeste	-20.4788	-50.9216	24,81	179,36	0,293	0,434	1,413	0,109	170,90	170,90	100,00	62,19
23	Apiáí	-24.4215	-48.8189	25,76	977,80	5,975	8,060	17,015	2,662	412,80	0,00	0,00	33,31
24	Aramina	-20.1446	-47.8205	25,29	203,74	0,676	1,024	3,546	0,403	n/c**	n/c**	n/c**	76,81
25	Arandu	-23.1773	-49.0635	21,08	290,51	1,010	1,403	3,382	0,383	176,60	176,60	100,00	41,90
26	Arapeí	-22.6728	-44.4382	16,02	155,62	0,882	1,230	2,904	0,226	46,00	3,70	8,04	67,85
27	Araraquara	-21.7907	-48.1814	207,19	1007,10	5,150	6,955	12,904	1,073	17763,00	17763,00	100,00	-165,30
28	Araras	-22.3459	-47.3238	184,01	645,85	2,373	3,294	9,704	1,027	8921,00	8921,00	100,00	-134,42
29	Araçatuba	-23.4345	-47.0723	116,85	146,17	0,399	0,581	1,662	0,215	316,10	0,00	0,00	2,75
30	Araçatuba	-21.1137	-50.5742	155,00	1171,50	2,523	3,552	9,848	0,688	12745,13	12745,13	100,00	-105,17

(continua)

(continuação 2/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área	Wolff <i>et al.</i> (2014)			Q _{ex}	Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)**
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m					
		Latitude	Longitude	(hab/km ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(10 ³ m ³ /ano)	(10 ³ m ³ /ano)	(%)	(hab/km ²)
31	Araçoiaba da Serra	-23.5436	-47.6512	106,60	256,09	0,873	1,198	3,062	0,376	402,60	346,90	86,16	-40,53
32	Arco-Íris	-21.7660	-50.4306	7,27	264,97	0,830	1,124	2,564	0,263	49,40	49,40	100,00	60,20
33	Arealva	-22.0758	-48.9808	15,45	507,56	2,055	2,776	5,949	0,430	292,40	292,40	100,00	38,30
34	Areias	-22.6729	-44.7122	12,13	304,79	1,755	2,397	5,000	0,442	n/c**	n/c**	n/c**	72,58
35	Areiópolis	-22.6313	-48.6526	123,16	85,90	0,324	0,447	1,013	0,073	404,00	404,00	100,00	-35,17
36	Ariranha	-21.1852	-48.7790	64,23	133,07	0,309	0,429	1,459	0,106	462,00	0,00	0,00	68,94
37	Artur Nogueira	-22.5611	-47.1323	247,80	178,28	0,582	0,850	2,648	0,273	1878,17	0,00	0,00	-138,86
38	Arujá	-23.3857	-46.3188	779,13	96,14	0,340	0,507	1,610	0,158	1252,40	1214,80	97,00	-696,57
39	Aspásia	-20.1833	-50.7283	26,09	69,33	0,133	0,193	0,579	0,055	59,30	59,30	100,00	81,41
40	Assis	-22.6011	-50.4207	206,02	461,82	1,946	2,705	5,502	0,467	4703,20	4703,20	100,00	-152,11
41	Atibaia	-23.1232	-46.5870	264,03	479,50	1,237	1,845	5,897	0,733	3257,00	2485,00	76,30	-205,61
42	Auriflama	-20.6441	-50.5797	32,63	435,25	0,722	1,085	3,590	0,258	608,20	608,20	100,00	35,42
43	Avanhandava	-21.4600	-49.9476	33,37	338,94	0,938	1,291	3,269	0,194	439,20	439,20	100,00	32,86
44	Avaré	-23.0742	-48.8947	68,05	1218,73	3,860	5,374	14,384	1,381	3458,70	3458,70	100,00	-24,13
45	Avai	-22.1864	-49.3160	9,14	542,61	1,966	2,664	5,771	0,372	143,90	143,90	100,00	45,41
46	Bady Bassitt	-20.9310	-49.4378	132,49	110,22	0,332	0,462	1,284	0,076	680,80	680,80	100,00	-45,26
47	Balbinos	-21.8928	-49.3335	40,60	91,18	0,322	0,437	0,925	0,062	60,80	60,80	100,00	48,38
48	Bananal	-22.7335	-44.3344	16,54	618,22	2,691	4,101	12,452	0,889	320,50	320,50	100,00	31,13
49	Barbosa	-21.2903	-49.9219	32,01	205,95	0,514	0,715	1,918	0,118	550,00	550,00	100,00	45,45
50	Bariri	-22.0660	-48.7183	71,53	441,65	2,032	2,740	5,790	0,375	1939,00	1939,00	100,00	-17,36
51	Barra Bonita	-22.4791	-48.5413	234,29	150,44	0,612	0,840	1,879	0,150	2480,00	496,00	20,00	-148,60
52	Barra do Chapéu	-24.4439	-49.0850	12,91	406,06	2,118	2,906	6,553	1,610	32,50	0,00	0,00	61,76
53	Barra do Turvo	-24.8883	-48.4271	7,67	1008,15	6,186	8,499	19,785	3,982	86,10	84,10	97,68	29,59
54	Barretos	-20.5138	-48.6521	71,43	1569,34	6,498	8,932	21,324	2,103	8430,00	8430,00	100,00	-32,99
55	Barrinha	-21.2321	-48.0953	194,89	146,22	0,561	0,783	1,719	0,232	n/c**	n/c**	n/c**	-82,98
56	Barueri	-23.5052	-46.8763	3746,18	64,27	0,143	0,216	0,716	0,119	8554,20	2309,60	27,00	-3634,51
57	Barão de Antonina	-23.5830	-49.5716	20,25	153,85	0,616	0,861	1,970	0,200	58,40	0,00	0,00	90,38
58	Bastos	-21.9500	-50.7442	118,61	172,38	0,925	1,200	1,837	0,144	810,90	810,90	100,00	-50,57
59	Batatais	-20.8673	-47.5747	66,46	849,74	3,417	5,002	16,152	1,587	4720,00	0,00	0,00	0,96
60	Bauru	-22.2537	-49.1265	509,40	675,18	2,608	3,536	7,629	0,490	18082,00	0,00	0,00	-432,39
61	Bebedouro	-20.9405	-48.5104	109,54	685,02	2,576	3,488	8,368	0,850	4463,35	1472,90	33,00	-54,74
62	Bento de Abreu	-21.3314	-50.8620	8,84	302,36	0,892	1,214	2,909	0,271	114,20	114,20	100,00	57,38
63	Bernardino de Campos	-23.0303	-49.4915	43,95	245,18	1,010	1,373	2,819	0,293	444,50	444,50	100,00	20,24
64	Bertioga	-23.7597	-46.0299	97,05	490,92	2,011	2,934	8,530	3,364	801,60	801,60	100,00	-52,30
65	Bilac	-21.4272	-50.4793	44,53	158,27	0,427	0,587	1,445	0,105	n/c**	n/c**	n/c**	79,72
66	Birigui	-21.2617	-50.3509	204,32	532,13	1,128	1,583	4,362	0,304	8056,31	0,00	0,00	-109,69

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

(continuação 3/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área (km²)	Wolff et al. (2014)				Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS) (10³ m³/ano)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS) (10³ m³/ano)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS) (%)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)* (hab/km²)
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{ex}				
		Latitude	Longitude	(hab/km²)	(km²)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)				
67	Biritiba-Mirim	-23.6241	-46.0216	89,76	318,36	1,424	2,045	5,474	1,211	511,50	312,00	61,00	-33,76
68	Boa Esperança do Sul	-21.9347	-48.4635	19,70	692,80	3,522	4,707	9,051	0,588	576,00	0,00	0,00	51,83
69	Bocaina	-22.1049	-48.5296	29,64	366,42	1,793	2,412	4,965	0,311	496,70	496,70	100,00	26,55
70	Bofete	-23.1286	-48.2861	14,69	654,54	1,119	1,624	7,741	0,927	251,00	251,00	100,00	42,49
71	Boituva	-23.2875	-47.6744	193,93	249,13	0,831	1,142	2,980	0,366	1615,30	1308,40	81,00	-126,67
72	Bom Jesus dos Perdões	-23.1722	-46.4788	181,43	108,63	0,187	0,294	1,083	0,167	n/c**	n/c**	n/c**	-42,75
73	Bom Sucesso de Itararé	-24.3157	-49.1642	26,50	134,73	0,632	0,883	2,021	0,188	60,60	48,50	80,03	47,36
74	Boracéia	-22.1701	-48.7874	35,55	120,07	0,540	0,730	1,570	0,102	183,70	183,70	100,00	41,94
75	Borborema	-21.6104	-49.0719	26,20	554,55	1,913	2,576	5,846	0,379	n/c**	n/c**	n/c**	57,59
76	Borebi	-22.6797	-48.9919	6,56	349,64	1,500	2,044	4,262	0,339	98,40	0,00	0,00	82,26
77	Borá	-22.2439	-50.5018	6,80	118,47	0,555	0,739	1,313	0,099	31,80	31,80	100,00	70,54
78	Botucatu	-22.8627	-48.4684	85,72	1485,38	3,816	5,376	17,615	1,886	5738,10	5738,10	100,00	-42,66
79	Bragança Paulista	-22.9383	-46.5557	285,31	514,34	1,129	1,724	7,607	0,786	5650,60	0,00	0,00	-197,72
80	Braúna	-21.5528	-50.3393	25,67	195,59	0,547	0,748	1,836	0,169	210,00	210,00	100,00	49,79
81	Brejo Alegre	-21.1766	-50.2099	24,28	105,98	0,231	0,325	0,903	0,061	91,30	91,30	100,00	71,20
82	Brodowski	-21.0493	-47.6281	75,15	280,87	1,058	1,520	4,580	0,436	1190,40	1190,40	100,00	-13,70
83	Brotas	-22.2728	-48.0815	19,52	1105,40	6,240	8,388	18,756	0,938	1286,00	1286,00	100,00	20,71
84	Buri	-23.7518	-48.5754	15,49	1198,15	5,292	7,023	14,185	1,581	494,20	494,20	100,00	25,63
85	Buritama	-21.0489	-50.2008	47,06	327,63	0,657	0,938	2,777	0,187	1260,00	1260,00	100,00	24,33
86	Buritizal	-20.2091	-47.6927	15,19	266,85	0,930	1,385	4,600	0,527	174,10	174,10	100,00	46,64
87	Bálsamo	-20.7091	-49.5517	53,88	151,44	0,527	0,718	1,787	0,119	n/c**	n/c**	n/c**	64,07
88	Cabreúva	-23.3009	-47.0801	159,51	260,83	0,734	1,080	3,146	0,392	1163,50	1163,50	100,00	-93,14
89	Cabrália Paulista	-22.4888	-49.3728	18,14	240,57	1,060	1,433	2,883	0,243	n/c**	n/c**	n/c**	79,58
90	Cachoeira Paulista	-22.7021	-44.9916	104,28	288,55	1,204	1,688	4,185	0,420	1108,90	55,40	5,00	-25,05
91	Caconde	-21.5396	-46.6171	39,25	472,28	1,387	2,057	7,162	0,726	901,80	0,00	0,00	45,92
92	Cafelândia	-21.7308	-49.5485	17,98	923,59	2,891	3,944	9,350	0,679	1190,00	0,00	0,00	56,24
93	Caiburu	-21.9500	-51.2236	16,05	253,66	0,424	0,588	1,857	0,212	116,90	92,30	78,96	63,98
94	Caieiras	-23.3763	-46.7447	887,99	97,44	0,231	0,326	0,876	0,181	2479,90	0,00	0,00	-752,80
95	Caiuá	-21.7994	-51.9836	9,09	554,38	1,478	2,017	4,914	0,525	n/c**	n/c**	n/c**	78,19
96	Cajamar	-23.3504	-46.8718	488,98	131,12	0,381	0,552	1,534	0,238	1637,40	0,00	0,00	-369,12
97	Cajati	-24.7719	-48.1948	62,27	455,66	2,766	3,909	10,565	1,809	588,70	583,30	99,08	-16,29
98	Cajobi	-20.8736	-48.8391	54,93	177,82	0,380	0,551	1,889	0,142	1120,00	1120,00	100,00	26,50
99	Cajuru	-21.2757	-47.3101	35,30	662,02	1,757	2,527	13,041	1,027	975,90	975,90	100,00	16,96
100	Campina do Monte Alegre	-23.6064	-48.4424	29,97	185,75	0,445	0,630	2,523	0,245	153,40	153,40	100,00	46,47
101	Campinas	-22.8839	-47.0441	1355,48	796,85	2,527	3,700	10,971	1,218	54272,00	39155,00	72,15	-1306,18
102	Campo Limpo Paulista	-23.2179	-46.7600	932,10	79,47	0,405	0,574	1,303	0,121	1834,20	0,00	0,00	-808,13

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

(continuação 4/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área (km ²)	Wolff et al. (2014)			Q _{ex}	Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)*
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m					
		Latitude	Longitude	(hab/km ²)	(km ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(10 ³ m ³ /ano)	(10 ³ m ³ /ano)	(%)	(hab/km ²)
103	Campos Novos Paulista	-22.6104	-50.0096	9,34	486,18	2,178	2,968	6,032	0,491	n/c**	n/c**	n/c**	70,94
104	Campos do Jordão	-22.7015	-45.5331	165,02	289,59	2,708	3,603	7,562	1,270	1784.30	0.00	0,00	-91,84
105	Cananéia	-25.0188	-48.0085	9,78	1249,97	6,611	9,384	27,216	4,395	286.10	286.10	100,00	26,41
106	Canas	-22.7293	-45.0415	82,67	53,04	0,245	0,342	0,802	0,077	117.90	117.90	100,00	10,66
107	Canitar	-23.0186	-49.7916	75,70	57,72	0,205	0,279	0,626	0,058	n/c**	n/c**	n/c**	75,27
108	Capela do Alto	-23.4668	-47.7308	102,75	170,63	0,448	0,634	2,016	0,250	349.60	349.60	100,00	-26,55
109	Capivari	-22.9806	-47.4781	149,89	324,08	0,939	1,358	3,997	0,495	2275.00	524.00	23,03	-78,56
110	Capão Bonito	-24.0389	-48.2899	28,10	1643,62	8,562	11,421	25,858	2,196	1269.70	1269.70	100,00	8,21
111	Caraguatatuba	-23.6393	-45.4885	208,25	484,22	1,537	2,192	5,857	2,931	3529.70	3529.70	100,00	-160,92
112	Carapicuíba	-23.5491	-46.8423	10192,60	36,26	0,051	0,084	0,376	0,067	8938.40	3754.10	42,00	-10059,66
113	Cardoso	-20.0676	-49.9475	18,39	641,97	1,351	1,967	5,901	0,510	441.10	406.00	92,04	39,69
114	Casa Branca	-21.8003	-47.0878	32,66	866,82	2,797	4,056	10,027	1,359	2171.42	0.00	0,00	38,45
115	Castilho	-20.8985	-51.5700	16,83	1069,73	1,574	2,128	6,700	0,686	587.50	587.50	100,00	38,85
116	Catanduva	-21.1334	-48.9643	385,41	292,73	0,622	0,905	3,182	0,227	7081.60	0.00	0,00	-276,70
117	Catiguá	-21.0622	-49.0525	48,58	146,72	0,304	0,459	1,613	0,117	303.20	303.20	100,00	37,05
118	Caçapava	-23.1034	-45.7134	228,49	370,92	0,627	0,938	3,829	0,540	3160.60	3127.40	98,95	-162,15
119	Cedral	-20.9128	-49.2629	40,37	197,48	0,525	0,744	2,248	0,150	357.20	357.20	100,00	35,62
120	Cerqueira César	-23.0598	-49.1440	34,07	514,61	2,134	2,912	6,195	0,600	1300.00	1300.00	100,00	18,36
121	Cerquilha	-23.1869	-47.7567	309,80	127,88	0,350	0,491	1,433	0,188	1927.11	1059.91	55,00	-223,34
122	Cesário Lange	-23.2164	-47.9037	81,12	191,56	0,486	0,688	2,152	0,281	410.10	410.10	100,00	-6,78
123	Charqueada	-22.5297	-47.7466	85,76	175,90	0,641	0,864	2,628	0,269	524.60	489.30	93,27	-14,05
124	Chavantes	-23.0462	-49.7265	64,14	188,87	0,649	0,880	2,001	0,201	n/c**	n/c**	n/c**	45,92
125	Clementina	-21.5701	-50.4600	41,75	169,21	0,522	0,711	1,656	0,167	289.31	65.57	22,66	45,72
126	Colina	-20.7461	-48.5886	40,91	424,62	1,818	2,437	5,325	0,516	2868.00	2868.00	100,00	14,05
127	Colômbia	-20.2666	-48.7211	8,21	730,06	2,856	3,972	10,007	0,997	229.80	229.80	100,00	39,51
128	Conchal	-22.3691	-47.1422	136,85	184,35	0,674	0,962	2,897	0,293	n/c**	n/c**	n/c**	-31,16
129	Conchas	-22.9650	-48.0469	34,82	467,74	0,890	1,283	5,185	0,686	483.00	0.00	0,00	58,71
130	Cordeirópolis	-22.4792	-47.4144	152,63	138,12	0,496	0,683	1,994	0,211	464.00	0.00	0,00	-36,76
131	Coroados	-21.3754	-50.3034	21,11	248,08	0,620	0,857	2,189	0,142	195.30	195.30	100,00	52,62
132	Coronel Macedo	-23.6297	-49.3066	16,42	304,58	1,244	1,743	3,993	0,402	130.70	130.70	100,00	43,52
133	Corumbataí	-22.2359	-47.6108	13,78	281,23	1,246	1,641	4,136	0,432	186.00	186.00	100,00	46,72
134	Cosmorama	-20.4425	-49.7746	16,34	441,62	0,993	1,421	4,202	0,336	238.00	238.00	100,00	46,94
135	Cosmópolis	-22.6515	-47.1861	377,74	155,73	0,469	0,701	2,275	0,238	4235.00	0.00	0,00	-263,41
136	Cotia	-23.6746	-46.9604	619,58	324,66	1,692	2,398	5,930	0,608	3517.00	1512.30	43,00	-560,50
137	Cravinhos	-21.3397	-47.7444	101,83	311,20	1,156	1,634	4,539	0,488	1684.00	0.00	0,00	-10,17
138	Cristais Paulista	-20.3708	-47.4008	19,66	386,02	1,532	2,189	6,773	0,762	n/c**	n/c**	n/c**	64,17

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

(continuação 5/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área	Wolff <i>et al.</i> (2014)				Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)*
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{ex}				
		Latitude	Longitude	(hab/km²)	(km²)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(10³ m³/ano)	(10³ m³/ano)	(%)	(hab/km²)
139	Cruzeiro	-22.5514	-45.0059	251,52	306,30	2,508	2,810	5,607	0,446	2986,00	0,00	0,00	-169,92
140	Cruzália	-22.7374	-50.7695	15,26	149,06	0,752	1,009	1,758	0,151	79,40	79,40	100,00	55,56
141	Cubatão	-23.8652	-46.4081	829,78	143,07	0,983	1,523	5,088	0,967	2082,90	2082,90	100,00	-772,29
142	Cunha	-23.0526	-44.9420	15,49	1411,86	10,608	14,583	34,768	2,072	n/c**	n/c**	n/c**	36,94
143	Cássia dos Coqueiros	-21.2631	-47.1440	13,69	192,47	0,489	0,724	3,182	0,297	84,30	84,30	100,00	59,61
144	Cândido Mota	-22.8086	-50.4220	49,94	598,35	2,089	3,111	7,251	0,601	1450,00	1450,00	100,00	1,71
145	Cândido Rodrigues	-21.3422	-48.6285	37,58	71,00	0,217	0,299	0,827	0,052	110,80	110,80	100,00	60,31
146	Descalvado	-21.8810	-47.6541	41,09	755,82	2,938	4,070	10,950	1,202	2050,00	0,00	0,00	30,53
147	Diadema	-23.6969	-46.6112	12571,58	30,71	0,197	0,283	0,745	0,057	20495,00	2657,00	12,96	-12452,75
148	Dirce Reis	-20.4485	-50.6280	19,08	88,53	0,134	0,209	0,760	0,054	56,90	56,90	100,00	86,85
149	Divinolândia	-21.6614	-46.6975	50,27	222,96	0,660	0,974	3,340	0,344	327,60	291,50	88,98	18,87
150	Dobrada	-21.5157	-48.3574	52,88	150,12	0,642	0,871	1,809	0,168	382,47	0,00	0,00	58,34
151	Dois Córregos	-22.3957	-48.3406	39,02	634,57	3,058	4,131	9,235	0,706	1344,80	300,00	22,31	16,14
152	Dolcinópolis	-20.1163	-50.5281	26,71	78,47	0,178	0,250	0,652	0,063	89,40	89,40	100,00	74,33
153	Dourado	-22.1169	-48.3334	41,70	206,46	1,074	1,438	2,879	0,175	379,80	0,00	0,00	57,05
154	Dracena	-21.5567	-51.5840	88,44	489,14	1,058	1,445	3,872	0,432	2282,68	2214,20	97,00	-26,11
155	Duartina	-22.3928	-49.4131	46,14	265,53	1,129	1,528	3,129	0,265	448,00	0,00	0,00	49,80
156	Dumont	-21.2474	-47.9799	72,93	111,66	0,437	0,609	1,329	0,178	520,00	0,00	0,00	47,02
157	Echaporã	-22.4480	-50.2003	12,23	516,46	2,171	2,964	6,230	0,495	207,50	104,50	50,36	43,83
158	Eldorado	-24.4949	-48.2332	8,85	1654,38	10,155	14,020	32,345	6,565	237,40	222,20	93,60	23,81
159	Elias Fausto	-23.0704	-47.3704	77,74	202,91	0,637	0,917	2,578	0,305	480,30	480,30	100,00	-7,93
160	Elisiário	-21.1600	-49.0918	33,74	92,47	0,197	0,291	1,006	0,063	n/c**	n/c**	n/c**	115,19
161	Embaúba	-20.9525	-48.8480	29,02	83,48	0,181	0,259	0,895	0,067	92,50	92,50	100,00	70,93
162	Embu	-23.6511	-46.8521	3407,93	70,49	0,213	0,315	0,951	0,131	5078,50	2793,20	55,00	-3311,04
163	Embu-Guaçu	-23.8542	-46.8307	403,96	155,38	1,929	2,712	5,956	0,293	691,90	691,90	100,00	-349,22
164	Emilianópolis	-21.8011	-51.4721	13,47	224,27	0,433	0,596	1,722	0,187	106,40	106,40	100,00	65,31
165	Engenheiro Coelho	-22.4872	-47.1748	142,67	110,19	0,372	0,538	1,648	0,172	817,00	817,00	100,00	-61,75
166	Espírito Santo do Pinhal	-22.1922	-46.7934	107,47	389,95	1,493	2,175	6,430	0,618	1858,80	1858,80	100,00	-51,68
167	Espírito Santo do Turvo	-22.6695	-49.4326	21,93	193,56	0,902	1,216	2,383	0,196	145,40	145,40	100,00	45,21
168	Estiva Gerbi	-22.2361	-46.9424	133,60	75,18	0,293	0,421	1,254	0,120	388,15	0,00	0,00	-0,74
169	Estrela d'Oeste	-20.2657	-50.4113	27,56	297,87	0,598	0,867	2,558	0,214	339,00	339,00	100,00	44,62
170	Estrela do Norte	-22.4846	-51.6692	10,06	264,33	0,801	1,143	2,815	0,277	84,20	84,20	100,00	56,98
171	Euclides da Cunha Paulista	-22.5192	-52.5894	16,62	576,68	2,258	3,137	6,935	0,597	223,90	223,90	100,00	34,95
172	Fartura	-23.3895	-49.5195	35,53	431,13	1,715	2,357	5,138	0,565	527,60	527,60	100,00	19,59
173	Fernando Prestes	-21.3104	-48.6954	32,37	170,99	0,470	0,653	1,961	0,129	220,30	169,70	77,03	48,36
174	Fernandópolis	-20.2721	-50.2830	117,34	551,38	1,145	1,651	4,851	0,404	3479,40	3479,40	100,00	-56,70

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

(continuação 6/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área	Wolff <i>et al.</i> (2014)				Q _{ex}	Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)*
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{ex}					
		Latitude	Longitude	(hab/km²)	(km²)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(10³ m³/ano)	(10³ m³/ano)	(%)	(hab/km²)	
175	Fernão	-22.3655	-49.5421	15,49	100,89	0,426	0,577	1,195	0,102	35,90	35,90	100,00	66,39	
176	Ferraz de Vasconcelos	-23.5609	-46.3737	5763,22	29,20	0,139	0,193	0,528	0,054	4361,50	2442,40	56,00	-5650,08	
177	Flora Rica	-21.6989	-51.3742	7,77	225,36	0,450	0,618	1,759	0,188	62,40	62,40	100,00	70,37	
178	Floreal	-20.6701	-50.1551	14,68	204,60	0,404	0,590	1,871	0,121	127,50	127,50	100,00	66,20	
179	Florínia	-22.8808	-50.6953	12,43	227,67	0,938	1,301	2,651	0,224	106,70	106,70	100,00	53,33	
180	Flórida Paulista	-21.5403	-51.1707	24,40	526,58	1,441	1,957	4,858	0,499	472,80	472,80	100,00	33,37	
181	Franca	-20.5547	-47.3802	526,10	605,67	2,503	3,524	10,735	1,196	14697,10	14285,50	97,20	-477,62	
182	Francisco Morato	-23.2741	-46.7235	3157,41	48,92	0,149	0,212	0,544	0,090	1717,60	0,00	0,00	-3001,59	
183	Franco da Rocha	-23.3143	-46.7354	988,74	133,10	0,294	0,409	1,073	0,246	2959,90	0,00	0,00	-862,71	
184	Gabriel Monteiro	-21.4991	-50.5642	19,50	138,88	0,434	0,591	1,370	0,138	105,60	105,60	100,00	60,82	
185	Garça	-22.2305	-49.6896	77,62	555,49	2,155	2,922	6,371	0,516	n/c**	n/c**	n/c**	2,80	
186	Gastão Vidigal	-20.8044	-50.2029	23,11	181,42	0,352	0,512	1,602	0,104	155,70	155,70	100,00	60,97	
187	Gavião Peixoto	-21.7912	-48.4476	18,07	244,61	1,055	1,433	2,960	0,208	n/c**	n/c**	n/c**	80,22	
188	General Salgado	-20.6383	-50.4158	21,57	494,69	0,867	1,291	4,208	0,294	450,30	450,00	99,93	43,51	
189	Getulina	-21.7832	-50.0278	15,90	677,17	1,987	2,718	6,676	0,671	348,00	348,00	100,00	37,05	
190	Glicério	-21.3394	-50.1986	16,69	273,56	0,694	0,958	2,425	0,156	87,04	87,04	100,00	54,91	
191	Guaimbê	-21.8785	-49.8606	24,82	218,60	0,651	0,893	2,211	0,217	n/c**	n/c**	n/c**	84,48	
192	Guaiçara	-21.5726	-49.7636	39,23	271,98	0,787	1,079	2,689	0,194	368,00	258,00	70,11	32,09	
193	Guapiara	-24.2124	-48.5554	44,09	408,25	2,182	2,939	6,245	0,549	188,90	151,10	79,99	9,53	
194	Guapiaçu	-20.7433	-49.1904	54,76	326,33	0,978	1,356	3,783	0,261	866,00	722,00	83,37	11,04	
195	Guaraci	-20.3748	-49.0025	15,55	641,37	1,862	2,597	7,271	0,876	599,54	599,54	100,00	37,04	
196	Guarani d'Oeste	-20.0670	-50.3450	22,95	85,82	0,202	0,283	0,712	0,069	82,40	82,40	100,00	74,95	
197	Guarantã	-21.9159	-49.5883	13,81	463,76	1,448	1,978	4,715	0,379	680,00	680,00	100,00	44,61	
198	Guararapes	-21.2015	-50.7314	31,94	957,92	2,340	3,257	8,595	0,695	2020,00	2020,00	100,00	18,84	
199	Guararema	-23.4273	-46.0582	95,00	272,05	0,915	1,366	4,170	0,399	467,00	269,10	57,62	-28,53	
200	Guaratinguetá	-22.7933	-45.2327	148,77	753,32	5,046	6,863	14,798	1,099	5816,56	1644,00	28,26	-101,61	
201	Guaraçai	-21.0869	-51.2800	14,76	571,50	0,813	1,110	3,607	0,431	359,00	359,00	100,00	50,79	
202	Guareí	-23.3699	-48.2191	25,60	568,95	1,130	1,639	7,553	0,751	233,20	0,00	0,00	63,16	
203	Guariba	-21.3956	-48.2262	131,17	270,54	1,044	1,432	3,345	0,430	1574,00	1574,00	100,00	-68,89	
204	Guarujá	-23.9515	-46.2358	2023,51	143,69	0,817	1,262	4,256	0,950	10391,30	10391,30	100,00	-1964,04	
205	Guarulhos	-23.4022	-46.4546	3822,32	319,70	1,062	1,588	5,307	0,568	53649,73	2011,86	3,75	-3741,23	
206	Guará	-20.4819	-47.7755	54,49	364,41	1,310	1,944	6,043	0,720	1510,00	1510,00	100,00	2,02	
207	Guataporã	-21.4532	-47.9797	16,80	414,63	1,813	2,460	5,236	0,659	100,00	32,00	32,00	43,30	
208	Guairá	-20.3139	-48.3636	29,66	1261,26	5,213	7,436	19,873	2,004	3258,74	3258,74	100,00	10,45	
209	Guzolândia	-20.6286	-50.7133	18,80	252,93	0,462	0,669	1,991	0,149	167,10	167,10	100,00	59,04	
210	Gália	-22.3198	-49.5774	19,54	358,78	1,466	1,986	4,194	0,336	230,20	230,20	100,00	39,11	

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

(continuação 7/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área	Wolff <i>et al.</i> (2014)				Q _{ex}	Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)*
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m						
		Latitude	Longitude	(hab/km ²)	(km ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)					
211	Herculândia	-21.9609	-50.3728	23,78	365,75	1,359	1,821	3,728	0,346	497,00	497,00	100,00	36,00	
212	Holambra	-22.6292	-47.0648	174,35	64,81	0,218	0,314	0,958	0,099	n/c**	n/c**	n/c**	-31,48	
213	Hortolândia	-22.8779	-47.2084	3111,14	61,94	0,195	0,287	0,868	0,095	2663,80	2663,80	100,00	-3015,30	
214	Iacanga	-21.8907	-49.0395	18,25	548,76	2,040	2,755	5,975	0,440	1314,00	1314,00	100,00	35,54	
215	Iacri	-21.7997	-50.6193	19,86	323,25	1,368	1,815	3,355	0,316	224,20	224,20	100,00	40,19	
216	Iaras	-22.8187	-49.1070	15,85	402,32	1,767	2,401	4,908	0,407	97,90	97,90	100,00	39,87	
217	Ibaté	-21.9503	-48.0274	105,45	291,45	1,462	1,974	4,017	0,274	1482,40	0,00	0,00	-15,20	
218	Ibirarema	-22.8131	-50.0766	29,37	228,99	0,885	1,244	2,769	0,230	n/c**	n/c**	n/c**	71,81	
219	Ibirá	-21.0736	-49.2205	40,13	271,52	0,611	0,894	2,995	0,186	476,40	472,60	99,20	32,11	
220	Ibitinga	-21.7927	-48.8481	76,74	692,69	3,260	4,385	8,807	0,562	2803,50	0,00	0,00	-3,87	
221	Ibiúna	-23.8023	-47.2153	67,21	1059,59	14,393	19,626	38,159	2,720	528,90	528,90	100,00	-35,46	
222	Icém	-20.3664	-49.1859	20,54	363,32	1,046	1,454	4,020	0,414	335,50	335,50	100,00	41,69	
223	Iepê	-22.6480	-51.0570	12,76	597,75	2,893	3,889	6,467	0,621	377,02	377,02	100,00	36,24	
224	Igarapava	-20.0637	-47.6822	59,53	469,56	1,493	2,254	8,317	0,926	1351,60	1351,60	100,00	-5,66	
225	Igaratá	-23.1347	-46.1504	30,07	293,73	0,663	0,954	3,236	0,428	157,00	157,00	100,00	37,46	
226	Igaraçu do Tietê	-22.5414	-48.5743	238,61	97,91	0,371	0,511	1,143	0,104	2733,88	2597,18	95,00	-154,15	
227	Iguape	-24.5493	-47.4746	14,54	1983,81	21,471	28,645	55,084	7,691	747,40	747,40	100,00	13,28	
228	Ilha Comprida	-24.8595	-47.7163	47,63	189,47	1,001	1,411	4,123	0,712	257,10	257,10	100,00	12,47	
229	Ilha Solteira	-20.4306	-51.2571	38,60	649,34	1,563	2,133	5,464	0,388	2048,00	2048,00	100,00	18,77	
230	Ilhabela	-23.8498	-45.3300	80,94	348,36	1,254	1,797	4,694	2,026	165,20	165,20	100,00	-29,71	
231	Indaiatuba	-23.1060	-47.2022	646,37	311,93	0,920	1,370	4,136	0,474	12458,00	9771,66	78,44	-582,56	
232	Indiana	-22.1340	-51.2617	37,89	127,34	0,309	0,425	1,065	0,111	n/c**	n/c**	n/c**	95,28	
233	Indiaporã	-19.9480	-50.2638	13,93	280,11	0,656	0,919	2,345	0,223	168,70	168,70	100,00	57,19	
234	Inúbia Paulista	-21.7391	-50.9574	41,79	86,86	0,273	0,369	0,822	0,080	130,40	130,40	100,00	49,81	
235	Ipaussu	-23.0646	-49.6079	65,54	208,48	0,792	1,078	2,308	0,254	n/c**	n/c**	n/c**	38,45	
236	Iperó	-23.4040	-47.6292	165,97	170,52	0,677	0,910	2,065	0,250	560,00	560,00	100,00	-95,16	
237	Ipeúna	-22.4236	-47.7158	31,51	190,95	0,811	1,071	2,810	0,292	n/c**	n/c**	n/c**	71,86	
238	Ipiguá	-20.6479	-49.4030	31,61	141,18	0,653	0,872	1,960	0,113	120,00	120,00	100,00	42,41	
239	Iporanga	-24.5123	-48.5462	3,69	1164,24	8,589	11,414	23,508	4,595	66,70	61,30	91,90	31,33	
240	Ipuã	-20.4169	-48.0670	30,31	466,81	1,856	2,712	7,395	0,902	760,62	0,00	0,00	49,03	
241	Iracemópolis	-22.5927	-47.5241	172,84	115,88	0,401	0,550	1,660	0,177	n/c**	n/c**	n/c**	-50,28	
242	Irapuru	-21.4857	-51.3467	36,17	215,32	0,506	0,688	1,799	0,204	n/c**	n/c**	n/c**	79,78	
243	Irapuã	-21.2674	-49.3972	28,14	258,49	0,693	0,971	2,760	0,177	279,90	279,90	100,00	42,86	
244	Itaberá	-23.8739	-49.1435	16,20	1102,54	4,183	5,974	13,777	1,455	406,30	406,30	100,00	26,60	
245	Itajobi	-21.3553	-49.0537	28,85	504,61	1,322	1,857	5,527	0,345	756,00	756,00	100,00	30,66	

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

(continuação 8/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área	Wolff <i>et al.</i> (2014)				Q _{ex}	Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)*
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m						
		Latitude	Longitude	(hab/km ²)	(km ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(10 ³ m ³ /ano)	(10 ³ m ³ /ano)	(%)	(hab/km ²)	
246	Itaju	-21.9510	-48.7941	14,19	228,80	1,030	1,387	2,853	0,194	n/c**	n/c**	n/c**	85,10	
247	Itanhaém	-24.0916	-46.8348	145,04	600,23	8,451	11,815	25,201	4,150	914,70	914,70	100,00	-110,27	
248	Itapeçerica da Serra	-23.7371	-46.8588	1010,43	151,04	0,991	1,408	3,487	0,293	758,70	432,50	57,01	-943,21	
249	Itapetininga	-23.6451	-48.1234	80,53	1792,78	6,289	8,735	23,658	2,395	5259,30	5259,30	100,00	-42,18	
250	Itapeva	-23.9139	-48.8716	47,98	1828,79	7,282	10,169	22,405	2,413	2573,60	2496,40	97,00	-10,78	
251	Itapevi	-23.5546	-46.9714	2425,61	82,77	0,243	0,356	1,011	0,153	3549,70	0,00	0,00	-2290,47	
252	Itapira	-22.4315	-46.7719	132,01	519,20	2,019	2,910	8,854	0,823	5136,30	5136,30	100,00	-80,44	
253	Itapirapuã Paulista	-24.5689	-49.2228	9,54	406,58	2,184	2,993	6,799	1,601	49,20	49,20	100,00	39,21	
254	Itaporanga	-23.6724	-49.4585	28,55	509,65	2,152	3,026	6,975	0,670	381,60	381,60	100,00	23,16	
255	Itapura	-20.5966	-51.4417	13,35	326,37	0,745	1,000	2,568	0,177	n/c**	n/c**	n/c**	94,22	
256	Itapuí	-22.2510	-48.7012	86,18	141,25	0,632	0,859	1,927	0,120	426,00	0,00	0,00	26,88	
257	Itaquaquecetuba	-23.4610	-46.3341	3908,87	82,32	0,324	0,475	1,436	0,148	6559,90	459,20	7,00	-3802,35	
258	Itararé	-24.0807	-49.3034	47,81	1002,52	4,854	6,842	15,919	1,318	1394,90	0,00	0,00	15,80	
259	Itariri	-24.2927	-47.1280	56,52	273,72	3,089	4,430	12,194	1,312	203,50	145,80	71,65	-9,20	
260	Itatiba	-23.0062	-46.8142	313,35	323,82	1,180	1,719	4,683	0,495	3946,20	3338,40	84,60	-252,99	
261	Itatinga	-23.1531	-48.6296	18,39	981,78	2,212	3,143	12,226	1,177	606,00	606,00	100,00	31,18	
262	Itaí	-23.4752	-49.0547	22,00	1091,06	3,722	5,229	13,210	1,439	704,50	598,50	84,95	22,73	
263	Itaóca	-24.6177	-48.8387	17,47	184,78	0,960	1,322	2,803	0,727	25,00	0,00	0,00	75,08	
264	Itirapina	-22.2943	-47.8341	27,49	564,63	2,511	3,355	8,479	0,681	1309,00	1309,00	100,00	23,01	
265	Itirapuã	-20.6575	-47.1695	36,73	161,03	0,671	0,942	2,864	0,315	218,10	218,10	100,00	32,57	
266	Itobi	-21.7486	-46.9217	54,09	139,50	0,295	0,487	1,937	0,216	292,80	0,00	0,00	69,59	
267	Itu	-23.3070	-47.2847	240,19	641,77	2,128	2,998	7,841	0,947	9405,00	9405,00	100,00	-189,41	
268	Itupeva	-23.1463	-47.0681	223,24	200,94	0,624	0,918	2,662	0,307	1393,70	175,00	12,56	-138,88	
269	Ituverava	-20.3299	-47.8081	54,77	706,47	2,659	3,993	11,837	1,396	2372,80	2372,80	100,00	-8,09	
270	Itápolis	-21.5478	-48.8154	40,12	998,31	4,086	5,569	12,714	0,683	2320,00	2320,00	100,00	4,73	
271	Jaborandi	-20.6492	-48.4157	24,04	274,19	1,385	1,844	3,689	0,377	275,00	275,00	100,00	35,33	
272	Jaboticabal	-21.2180	-48.2880	101,14	708,51	2,626	3,615	8,895	1,127	4929,00	4929,00	100,00	-52,80	
273	Jacareí	-23.2982	-45.9911	454,29	464,93	1,210	1,637	4,682	0,677	12220,00	1928,00	15,78	-384,72	
274	Jaci	-20.9454	-49.5811	38,90	145,42	0,432	0,602	1,651	0,099	n/c**	n/c**	n/c**	84,86	
275	Jacupiranga	-24.7762	-48.0536	24,40	705,26	3,828	5,431	15,529	2,800	420,90	388,50	92,30	17,53	
276	Jaguariúna	-22.6919	-47.0131	312,71	141,70	0,492	0,698	2,092	0,217	2093,48	825,30	39,42	-230,44	
277	Jales	-20.2859	-50.5539	127,22	369,54	0,682	1,008	3,145	0,250	2355,50	2355,50	100,00	-57,94	
278	Jambeiro	-23.2787	-45.7101	28,98	184,55	0,462	0,651	1,988	0,269	121,10	121,10	100,00	46,44	
279	Jandira	-23.5440	-46.8995	6176,52	17,54	0,050	0,073	0,205	0,033	2397,90	0,00	0,00	-5969,26	
280	Jardinópolis	-20.9918	-47.8265	74,74	503,91	2,092	2,944	7,653	0,782	n/c**	n/c**	n/c**	3,96	
281	Jarinu	-23.1116	-46.7213	114,59	208,11	0,788	1,135	2,962	0,318	248,80	248,80	100,00	-47,97	

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

(continuação 9/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área	Wolff <i>et al.</i> (2014)				Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)*
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{ex}				
		Latitude	Longitude	(hab/km ²)	(km ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(10 ³ m ³ /ano)	(10 ³ m ³ /ano)	(%)	(hab/km ²)
282	Jaú	-22.2953	-48.5558	190,28	688,67	3,210	4,364	10,543	0,584	9883,88	9397,79	95,08	-142,29
283	Jeriquara	-20.3395	-47.5740	22,35	141,36	0,538	0,782	2,452	0,279	127,00	127,00	100,00	50,19
284	Joanópolis	-22.9390	-46.2090	31,43	374,44	0,806	1,260	5,257	0,570	353,50	339,30	95,98	31,38
285	José Bonifácio	-21.0894	-49.7799	37,97	862,80	2,318	3,239	8,869	0,510	1535,00	1535,00	100,00	13,54
286	João Ramalho	-22.2773	-50.7990	9,94	417,51	1,944	2,597	4,463	0,397	115,20	115,20	100,00	44,81
287	Jumirim	-23.0993	-47.7877	49,31	56,75	0,115	0,166	0,531	0,083	n/c**	n/c**	n/c**	114,56
288	Jundiá	-23.1947	-46.9129	856,66	432,06	1,422	2,057	5,491	0,660	24275,48	24275,48	100,00	-800,44
289	Junqueirópolis	-21.4495	-51.4350	31,99	585,32	1,280	1,739	4,667	0,550	1112,00	1112,00	100,00	26,89
290	Juquitiba	-23.9551	-47.0243	54,92	523,24	7,821	10,643	20,798	2,087	193,30	193,30	100,00	-17,93
291	Juquiá	-24.2138	-47.6533	23,63	814,33	10,534	14,175	25,701	3,234	348,70	302,50	86,75	10,79
292	Júlio Mesquita	-21.9727	-49.7928	34,47	128,50	0,397	0,542	1,325	0,127	n/c**	n/c**	n/c**	90,84
293	Lagoinha	-23.0853	-45.2067	18,91	255,97	1,286	1,812	3,681	0,373	117,50	117,50	100,00	40,72
294	Laranjal Paulista	-23.0117	-47.8659	65,50	385,50	0,695	1,020	3,372	0,566	954,40	150,90	15,81	11,53
295	Lavrinhas	-22.5201	-44.8888	39,42	167,16	1,105	1,486	2,834	0,242	135,90	0,00	0,00	57,49
296	Lavinia	-21.1502	-51.0329	16,27	539,64	1,236	1,694	4,553	0,407	202,50	202,48	99,99	44,00
297	Leme	-22.1719	-47.3374	227,06	404,10	1,501	2,092	5,823	0,643	5069,00	0,00	0,00	-141,47
298	Lençóis Paulista	-22.6746	-48.8252	75,81	810,28	3,165	4,353	9,980	0,731	3800,63	0,00	0,00	-3,48
299	Limeira	-22.5983	-47.3634	474,32	581,93	1,889	2,734	8,425	0,890	17271,01	13089,04	75,79	-421,02
300	Lindóia	-22.5130	-46.6547	137,87	48,68	0,189	0,275	0,838	0,077	242,68	0,00	0,00	11,26
301	Lins	-21.6498	-49.6831	124,88	572,01	1,719	2,355	5,796	0,408	4047,70	4047,70	100,00	-68,92
302	Lorena	-22.7937	-45.0599	198,86	415,05	2,057	2,887	7,066	0,604	3454,50	3419,40	98,98	-146,32
303	Lourdes	-20.9489	-50.2340	18,68	113,93	0,225	0,324	0,977	0,065	80,90	80,90	100,00	76,56
304	Louveira	-23.0843	-46.9371	665,72	55,77	0,193	0,281	0,770	0,085	1646,06	0,00	0,00	-518,09
305	Lucianópolis	-22.4732	-49.5500	11,81	190,50	0,871	1,174	2,339	0,193	77,40	77,40	100,00	55,93
306	Lucélia	-21.6440	-50.9915	63,01	315,52	0,957	1,296	3,027	0,300	792,80	792,80	100,00	1,93
307	Luiziânia	-21.6723	-50.3505	30,13	166,93	0,442	0,605	1,547	0,165	206,20	206,20	100,00	48,99
308	Lupércio	-22.4270	-49.8168	28,09	154,99	0,628	0,857	1,867	0,148	140,40	140,40	100,00	45,52
309	Lutécia	-22.3251	-50.3852	5,70	475,93	2,097	2,849	5,472	0,434	101,50	101,50	100,00	47,70
310	Luís Antônio	-21.5524	-47.7820	18,81	600,00	2,412	3,332	8,587	0,954	732,10	732,10	100,00	30,87
311	Macatuba	-22.4866	-48.7184	71,87	226,23	0,863	1,190	2,636	0,192	n/c**	n/c**	n/c**	31,11
312	Macaubal	-20.8377	-49.9749	30,85	248,43	0,550	0,788	2,358	0,142	n/c**	n/c**	n/c**	83,81
313	Macedônia	-20.0981	-50.1818	11,15	328,47	0,716	1,024	2,878	0,262	124,60	124,60	100,00	57,69
314	Magda	-20.5965	-50.2301	10,23	312,80	0,618	0,901	2,828	0,187	120,00	120,00	100,00	61,83
315	Mairinque	-23.5074	-47.2297	204,94	210,90	0,826	1,145	2,716	0,309	n/c**	n/c**	n/c**	-103,37
316	Mairiporã	-23.3173	-46.5612	251,73	321,59	1,049	1,562	4,571	0,583	863,40	535,30	62,00	-189,09
317	Manduri	-23.0466	-49.3035	39,20	229,37	0,985	1,340	2,738	0,289	560,00	560,00	100,00	25,38

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

(continuação 10/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área	Wolff <i>et al.</i> (2014)				Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)*
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{ex}				
		Latitude	Longitude										
318	Marabá Paulista	-22.1274	-52.0559	5,23	919,90	2,540	3,550	8,971	0,965	96,10	96,10	100,00	43,75
319	Maracá	-22.6521	-50.7457	24,97	534,02	2,877	3,821	6,461	0,535	511,60	494,00	96,56	24,65
320	Marapoama	-21.2547	-49.1375	23,36	112,72	0,261	0,376	1,221	0,077	217,00	217,00	100,00	67,99
321	Marinópolis	-20.4802	-50.8322	27,04	78,14	0,131	0,194	0,631	0,047	83,80	83,80	100,00	81,28
322	Mariópolis	-21.7793	-51.1719	21,02	186,33	0,357	0,492	1,433	0,156	140,00	140,00	100,00	61,93
323	Martinópolis	-22.1721	-51.1232	19,28	1256,29	3,822	5,223	11,420	1,167	1202,00	1202,00	100,00	25,30
324	Marília	-22.1781	-49.9828	184,88	1172,38	3,825	5,253	13,174	1,082	15509,85	393,50	2,54	-122,32
325	Matão	-21.6100	-48.4306	145,87	526,39	2,269	3,076	6,360	0,431	4412,02	4412,02	100,00	-93,42
326	Mauá	-23.6655	-46.4469	6741,37	61,87	0,246	0,347	0,990	0,115	15524,00	937,00	6,04	-6623,08
327	Mendonça	-21.1933	-49.5700	23,78	195,10	0,559	0,778	2,134	0,133	n/c**	n/c**	n/c**	91,48
328	Meridiano	-20.3984	-50.1869	16,88	228,34	0,476	0,687	2,097	0,156	140,70	140,70	100,00	60,33
329	Mesópolis	-19.9573	-50.6148	12,63	149,36	0,342	0,479	1,226	0,119	66,30	66,30	100,00	72,12
330	Miguelópolis	-20.1852	-48.1036	24,90	821,28	3,017	4,470	13,833	1,602	838,70	763,30	91,01	20,69
331	Mineiros do Tietê	-22.4628	-48.4332	56,42	213,38	0,965	1,313	2,953	0,258	n/c**	n/c**	n/c**	43,06
332	Mira Estrela	-19.9520	-50.1241	13,03	216,42	0,476	0,680	1,893	0,173	116,30	116,30	100,00	63,95
333	Miracatu	-24.1948	-47.3945	20,54	1002,31	14,955	19,729	36,087	3,980	284,00	248,30	87,43	11,09
334	Mirandópolis	-21.0810	-51.1309	29,84	921,11	1,707	2,356	6,941	0,664	1298,80	0,00	0,00	53,45
335	Mirante do Paranapanema	-22.3494	-51.9978	13,73	1242,59	3,757	5,400	14,028	1,302	354,30	354,30	100,00	30,28
336	Mirassol	-20.8275	-49.5043	220,10	244,40	0,804	1,110	2,920	0,181	2827,00	1244,96	44,04	-145,94
337	Mirassolândia	-20.5941	-49.4869	25,82	166,37	0,645	0,872	2,081	0,133	n/c**	n/c**	n/c**	86,44
338	Mococa	-21.4494	-47.0326	77,43	856,08	2,098	3,136	12,117	1,324	2909,50	2065,70	71,00	-26,72
339	Mogi Guaçu	-22.2316	-47.0291	168,80	813,05	3,075	4,422	13,029	1,293	6935,22	5201,41	75,00	-121,64
340	Moji das Cruzes	-23.5692	-46.1862	776,26	499,55	1,736	2,622	8,293	0,784	24680,00	8522,00	34,53	-717,97
341	Moji-Mirim	-22.4507	-46.9885	121,10	714,35	2,796	3,996	12,115	1,295	5871,00	281,00	4,79	-59,10
342	Mombuca	-22.9425	-47.6021	24,48	133,43	0,369	0,520	1,545	0,204	115,10	115,10	100,00	55,99
343	Mongaguá	-24.0702	-46.6677	325,44	142,25	1,544	2,271	5,992	0,986	942,40	942,40	100,00	-271,94
344	Monte Alegre do Sul	-22.7042	-46.6675	64,57	110,77	0,455	0,659	1,993	0,169	n/c**	n/c**	n/c**	53,71
345	Monte Alto	-21.2587	-48.5331	134,00	348,07	1,070	1,484	4,134	0,357	2316,70	2316,70	100,00	-71,52
346	Monte Aprazível	-20.7248	-49.8490	43,75	497,04	1,165	1,657	4,867	0,297	1024,20	1024,20	100,00	17,71
347	Monte Azul Paulista	-20.9087	-48.6813	71,55	264,59	0,628	0,888	2,895	0,217	n/c**	n/c**	n/c**	37,85
348	Monte Castelo	-21.2549	-51.5715	17,41	233,37	0,369	0,504	1,574	0,231	280,00	280,00	100,00	62,70
349	Monte Mor	-22.9531	-47.3073	203,65	240,36	0,752	1,108	3,342	0,367	1028,70	306,50	29,79	-129,54
350	Monteiro Lobato	-22.9365	-45.8044	12,36	333,30	1,004	1,432	4,180	0,487	75,20	66,00	87,77	50,15
351	Monções	-20.8632	-50.0794	20,40	104,50	0,206	0,299	0,931	0,060	89,30	89,30	100,00	76,94
352	Morro Agudo	-20.6885	-48.1534	20,91	1392,41	6,506	8,939	20,036	1,952	n/c**	n/c**	n/c**	37,92
353	Morungaba	-22.8935	-46.7831	80,11	146,91	0,505	0,737	2,314	0,225	409,80	409,80	100,00	-5,60

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

(continuação 11/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área	Wolff <i>et al.</i> (2014)				Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)*
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{ex}				
		Latitude	Longitude	(hab/km ²)	(km ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(10 ³ m ³ /ano)	(10 ³ m ³ /ano)	(%)	(hab/km ²)
354	Motuca	-21.5136	-48.1702	18,74	228,89	1,075	1,436	2,767	0,364	172,11	172,11	100,00	44,11
355	Murutinga do Sul	-20.9968	-51.3012	16,66	251,32	0,315	0,431	1,488	0,153	n/c**	n/c**	n/c**	113,36
356	Nantes	-22.5969	-51.2008	9,42	287,25	1,225	1,673	3,040	0,298	119,92	119,92	100,00	51,90
357	Narandiba	-22.5638	-51.5216	11,93	359,29	1,184	1,678	3,795	0,374	118,60	118,60	100,00	48,73
358	Natividade da Serra	-23.4148	-45.3816	8,00	834,60	2,247	3,274	9,614	1,282	408,08	188,50	46,19	44,44
359	Nazaré Paulista	-23.1913	-46.3663	50,20	326,97	0,541	0,862	3,297	0,518	131,90	79,20	60,05	20,58
360	Neves Paulista	-20.8673	-49.6472	39,98	219,39	0,641	0,890	2,404	0,135	n/c**	n/c**	n/c**	71,65
361	Nhandeara	-20.6729	-50.0469	24,51	437,54	0,867	1,530	4,080	0,259	437,50	437,50	100,00	38,45
362	Nipoã	-20.8915	-49.7778	30,88	138,42	0,363	0,510	1,438	0,079	163,90	163,90	100,00	54,24
363	Nova Aliança	-21.0620	-49.5160	27,04	217,88	0,588	0,831	2,488	0,149	n/c**	n/c**	n/c**	85,97
364	Nova Campina	-24.1905	-48.9727	21,81	390,51	1,612	2,263	5,083	0,515	134,60	134,60	100,00	34,07
365	Nova Canaã Paulista	-20.3718	-50.9104	16,96	124,65	0,212	0,312	1,001	0,076	45,90	45,90	100,00	78,34
366	Nova Castilho	-20.7776	-50.3461	6,11	184,10	0,347	0,507	1,572	0,105	80,64	80,64	100,00	78,11
367	Nova Europa	-21.7739	-48.5496	57,95	160,48	0,584	0,801	1,839	0,136	1088,64	1088,64	100,00	17,05
368	Nova Granada	-20.4759	-49.3312	35,96	533,37	1,865	2,545	6,417	0,426	811,10	811,10	100,00	18,91
369	Nova Guataporanga	-21.3223	-51.6454	61,97	35,13	0,065	0,089	0,253	0,035	80,90	80,90	100,00	68,01
370	Nova Independência	-21.1353	-51.5052	11,55	265,68	0,352	0,481	1,611	0,262	n/c**	n/c**	n/c**	110,27
371	Nova Luzitânia	-20.8684	-50.2494	46,47	74,04	0,142	0,206	0,640	0,042	136,40	136,40	100,00	61,05
372	Nova Odessa	-22.7839	-47.2848	691,85	74,07	0,238	0,349	1,069	0,113	2798,00	98,00	3,50	-568,29
373	Novais	-20.9883	-48.9179	38,85	118,19	0,248	0,359	1,262	0,094	410,00	410,00	100,00	52,50
374	Novo Horizonte	-21.4689	-49.2838	39,21	933,31	3,144	4,285	10,013	0,638	1906,40	1906,40	100,00	8,63
375	Nuporanga	-20.7043	-47.7291	19,46	350,25	1,406	1,993	6,179	0,673	n/c**	n/c**	n/c**	66,70
376	Ocaçu	-22.4380	-49.9379	13,83	300,93	1,112	1,524	3,525	0,289	141,48	141,48	100,00	48,90
377	Olímpia	-20.7050	-48.9592	62,08	805,76	1,809	2,620	8,624	0,645	3796,00	0,00	0,00	19,48
378	Onda Verde	-20.6175	-49.2435	15,93	243,86	0,828	1,129	2,902	0,195	136,80	136,80	100,00	52,40
379	Oriente	-22.1418	-50.0935	27,83	219,08	0,764	1,038	2,438	0,200	237,90	237,90	100,00	41,74
380	Orindiúva	-20.2019	-49.3560	22,84	248,52	0,626	0,889	2,529	0,198	243,60	243,60	100,00	49,23
381	Orlândia	-20.6985	-47.9061	136,10	292,28	1,213	1,731	4,719	0,413	2520,70	2520,70	100,00	-76,18
382	Osasco	-23.5288	-46.7890	10247,84	65,06	0,164	0,246	0,805	0,121	22329,80	6698,90	30,00	-10139,03
383	Oscar Bressane	-22.2947	-50.2571	11,42	222,20	0,837	1,145	2,509	0,186	92,10	92,10	100,00	56,80
384	Oswaldo Cruz	-21.7327	-50.8737	124,20	248,94	0,866	1,163	2,454	0,235	1320,00	1320,00	100,00	-56,88
385	Ourinhos	-22.9528	-49.8523	346,46	297,39	1,186	1,619	3,465	0,298	5507,20	4791,26	87,00	-283,91
386	Ouro Verde	-21.5102	-51.7375	29,21	267,04	0,647	0,868	2,142	0,237	n/c**	n/c**	n/c**	80,21
387	Ouroeste	-19.9229	-50.4015	29,11	288,77	0,710	0,983	2,354	0,230	366,20	366,20	100,00	40,84
388	Pacaembu	-21.4951	-51.2741	38,95	339,57	0,853	1,158	2,961	0,322	501,51	501,51	100,00	27,33
389	Palestina	-20.3211	-49.4981	15,82	698,50	1,563	2,252	6,670	0,558	436,07	436,07	100,00	39,89

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

(continuação 12/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área	Wolff <i>et al.</i> (2014)				Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)*
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{ex}				
		Latitude	Longitude	(hab/km ²)	(km ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(10 ³ m ³ /ano)	(10 ³ m ³ /ano)	(%)	(hab/km ²)
390	Palmares Paulista	-21.1040	-48.8265	132,50	82,52	0,196	0,267	0,904	0,066	423,00	423,00	100,00	-33,16
391	Palmeira d'Oeste	-20.4386	-50.7488	29,90	320,49	0,532	0,803	2,682	0,194	346,30	346,30	100,00	43,85
392	Palmital	-22.8286	-50.2206	38,51	550,20	1,917	2,853	6,713	0,552	977,00	977,00	100,00	14,38
393	Panorama	-21.4627	-51.8572	41,86	348,36	0,894	1,192	2,825	0,311	1380,77	1380,77	100,00	24,15
394	Paraguaçu Paulista	-22.4587	-50.6265	42,04	1005,57	5,122	6,857	11,815	1,016	1812,20	1757,80	97,00	0,20
395	Paraibuna	-23.4779	-45.6417	21,44	810,92	2,787	3,910	9,876	1,236	336,00	0,00	0,00	50,65
396	Paranapanema	-23.4379	-48.7953	17,46	1019,84	3,143	4,422	12,836	1,346	494,80	494,80	100,00	28,37
397	Paranapuã	-20.0641	-50.5940	27,12	140,68	0,315	0,443	1,159	0,112	153,00	153,00	100,00	59,34
398	Parapuã	-21.8527	-50.8213	29,59	366,43	1,581	2,090	3,735	0,323	386,30	386,30	100,00	28,46
399	Paraíso	-21.0192	-48.7647	37,88	155,71	0,351	0,492	1,692	0,124	n/c**	n/c**	n/c**	90,32
400	Pardinho	-23.1020	-48.4023	26,63	209,58	0,374	0,544	2,516	0,252	148,40	148,40	100,00	51,80
401	Pariquera-Açu	-24.6782	-47.8501	51,23	360,06	1,027	1,599	7,348	1,430	483,70	483,70	100,00	3,36
402	Parisi	-20.2709	-50.0375	23,88	85,10	0,181	0,261	0,782	0,068	101,00	100,00	99,01	75,87
403	Patrocínio Paulista	-20.7045	-47.2899	21,47	605,57	2,535	3,551	10,789	1,196	572,00	0,00	0,00	52,22
404	Paulicéia	-21.1985	-51.7907	16,97	373,61	0,874	1,157	2,865	0,369	n/c**	n/c**	n/c**	83,26
405	Paulistânia	-22.5681	-49.3058	6,91	257,34	1,143	1,547	3,086	0,260	42,70	0,00	0,00	88,83
406	Paulo de Faria	-20.0664	-49.4637	11,61	739,58	1,701	2,467	7,298	0,586	392,90	392,90	100,00	42,85
407	Paulínia	-22.7478	-47.1449	585,34	140,34	0,440	0,646	1,999	0,214	3496,40	3344,40	95,65	-508,24
408	Pederneiras	-22.3007	-48.8611	56,78	730,79	3,164	4,297	9,268	0,620	1797,30	1797,30	100,00	-8,92
409	Pedra Bela	-22.7753	-46.4417	36,49	158,38	0,362	0,558	2,455	0,240	52,50	0,00	0,00	83,02
410	Pedranópolis	-20.2100	-50.1068	9,80	261,12	0,553	0,798	2,366	0,209	79,40	69,90	88,04	64,66
411	Pedregulho	-20.2070	-47.4386	21,98	714,42	2,764	3,994	12,435	1,411	534,80	534,80	100,00	24,67
412	Pedreira	-22.7542	-46.8887	378,45	109,81	0,367	0,532	1,594	0,168	1978,00	0,00	0,00	-254,62
413	Pedrinhas Paulista	-22.8166	-50.8028	19,17	153,39	0,723	0,980	1,779	0,153	118,10	118,10	100,00	52,09
414	Pedro de Toledo	-24.1634	-47.1633	15,17	672,49	8,933	12,171	26,293	2,675	172,80	172,80	100,00	20,30
415	Penápolis	-21.4049	-50.0958	82,07	712,90	1,903	2,624	6,608	0,407	3612,00	3612,00	100,00	-27,51
416	Pereira Barreto	-20.6777	-51.1064	25,43	981,59	1,613	2,304	7,263	0,568	954,00	954,00	100,00	29,95
417	Pereiras	-23.1206	-47.9789	33,30	223,86	0,463	0,665	2,377	0,328	308,00	308,00	100,00	40,54
418	Peruíbe	-24.2785	-47.0124	184,75	323,54	3,897	5,510	14,152	2,233	1433,90	1433,90	100,00	-142,44
419	Piacatu	-21.5708	-50.6436	22,69	233,02	0,791	1,076	2,444	0,231	198,60	198,60	100,00	45,86
420	Piedade	-23.7867	-47.4382	69,66	748,55	8,042	10,703	19,911	1,363	645,70	510,70	79,09	-31,33
421	Pilar do Sul	-23.8562	-47.7284	38,64	683,36	7,271	9,869	19,238	0,926	658,40	658,40	100,00	0,03
422	Pindamonhangaba	-22.8796	-45.4590	200,95	731,50	4,283	5,719	11,004	1,072	5982,60	5907,90	98,75	-157,05
423	Pindorama	-21.2093	-48.9115	81,20	185,20	0,420	0,595	2,012	0,141	710,00	710,00	100,00	-1,11
424	Pinhalzinho	-22.7786	-46.5732	84,29	155,48	0,487	0,720	2,542	0,238	231,00	196,30	84,98	-8,58
425	Piqueroibi	-21.8530	-51.7316	7,31	483,61	1,002	1,398	3,931	0,442	102,40	102,40	100,00	55,16

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

(continuação 13/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área	Wolff et al. (2014)				Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)*
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{ex}				
		Latitude	Longitude	(hab/km ²)	(km ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(10 ³ m ³ /ano)	(10 ³ m ³ /ano)	(%)	(hab/km ²)
426	Piquete	-22.5900	-45.1735	80,32	175,63	0,916	1,289	3,217	0,251	814,00	0,00	0,00	19,68
427	Piracaia	-23.0467	-46.3029	65,05	386,12	0,758	1,254	5,921	0,590	606,10	181,80	30,00	4,68
428	Piracicaba	-22.7259	-47.7827	263,78	1382,10	4,003	5,680	17,354	2,090	22019,92	9210,43	41,83	-217,96
429	Piraju	-23.1866	-49.3660	56,35	505,32	2,099	2,866	5,995	0,667	1167,10	1108,70	95,00	-3,75
430	Pirajuí	-21.9570	-49.4134	27,56	823,95	2,891	3,925	8,498	0,626	n/c**	n/c**	n/c**	46,99
431	Pirangi	-21.0935	-48.6694	49,05	216,59	0,506	0,709	2,364	0,173	n/c**	n/c**	n/c**	67,26
432	Pirapora do Bom Jesus	-23.3780	-46.9847	143,73	109,46	0,322	0,469	1,326	0,198	217,80	117,60	53,99	-56,66
433	Pirapozinho	-22.6023	-51.6338	51,25	481,88	1,527	2,183	5,317	0,502	1021,20	1021,20	100,00	5,15
434	Pirassununga	-21.9956	-47.3900	96,23	728,23	2,564	3,653	10,675	1,158	3903,00	312,24	8,00	-35,54
435	Piratininga	-22.4256	-49.1921	30,28	398,71	1,737	2,358	4,831	0,338	458,00	458,00	100,00	26,05
436	Pitangueiras	-21.0060	-48.2494	81,81	431,60	2,005	2,718	6,367	0,666	3549,00	0,00	0,00	-1,05
437	Planalto	-21.0010	-49.9359	15,33	291,07	0,714	1,003	2,808	0,166	186,20	186,20	100,00	55,32
438	Platina	-22.6252	-50.2127	9,73	327,91	1,835	2,428	4,199	0,331	112,40	94,10	83,72	47,16
439	Poloni	-20.7521	-49.8201	40,11	134,50	0,327	0,463	1,336	0,079	243,60	243,60	100,00	46,94
440	Pompéia	-22.0289	-50.1872	25,32	788,49	2,708	3,664	8,239	0,750	738,40	738,40	100,00	23,96
441	Pongá	-21.7299	-49.3585	18,96	183,59	0,629	0,851	1,876	0,126	152,90	152,90	100,00	55,24
442	Pontal	-20.9845	-48.0648	112,48	357,78	1,885	2,527	5,592	0,562	n/c**	n/c**	n/c**	-29,69
443	Pontalinda	-20.4505	-50.5249	19,32	210,85	0,325	0,505	1,811	0,128	131,30	131,30	100,00	64,13
444	Pontes Gestal	-20.1750	-49.7576	11,57	217,64	0,474	0,697	2,114	0,174	118,50	118,50	100,00	64,96
445	Populina	-19.9074	-50.5165	13,35	316,41	0,765	1,061	2,581	0,250	163,50	163,50	100,00	55,15
446	Porangaba	-23.1736	-48.1174	31,17	267,10	0,471	0,681	3,094	0,392	189,20	189,20	100,00	41,15
447	Porto Feliz	-23.2301	-47.5165	87,60	558,16	1,935	2,654	6,616	0,819	1903,47	1296,00	68,09	-33,12
448	Porto Ferreira	-21.8414	-47.4465	209,12	245,80	0,848	1,214	3,646	0,391	3468,00	0,00	0,00	-110,24
449	Potim	-22.8251	-45.3031	434,10	44,68	0,273	0,372	0,833	0,065	n/c**	n/c**	n/c**	-293,41
450	Potirendaba	-21.0749	-49.3915	44,94	343,74	0,895	1,270	3,901	0,235	3560,00	1856,00	52,13	25,09
451	Poá	-23.5297	-46.3462	6093,08	17,40	0,091	0,126	0,336	0,032	4114,80	3826,80	93,00	-5970,13
452	Pracinha	-21.8374	-51.0749	45,32	63,06	0,150	0,205	0,526	0,053	53,90	53,90	100,00	61,17
453	Pradópolis	-21.3444	-48.0858	103,20	168,39	0,673	0,927	2,075	0,268	n/c**	n/c**	n/c**	3,90
454	Praia Grande	-24.0154	-46.5215	1765,43	148,43	1,263	1,899	5,568	0,999	8418,40	8418,40	100,00	-1710,40
455	Pratânia	-22.8178	-48.6989	26,24	175,25	0,576	0,802	2,125	0,177	149,10	149,10	100,00	47,91
456	Presidente Alves	-22.1212	-49.4317	14,31	288,10	1,043	1,412	3,051	0,223	149,30	149,30	100,00	50,21
457	Presidente Bernardes	-22.1078	-51.6199	18,05	751,89	1,847	2,578	6,660	0,743	453,50	453,50	100,00	35,19
458	Presidente Epitácio	-21.9099	-52.1732	32,57	1268,63	4,155	5,611	12,256	1,251	1599,20	1599,20	100,00	11,15
459	Presidente Prudente	-21.9928	-51.3428	368,00	564,15	1,025	1,417	4,253	0,495	10971,90	10971,90	100,00	-306,21
460	Presidente Venceslau	-21.7929	-51.8380	50,05	757,48	1,916	2,597	6,463	0,683	1900,00	0,00	0,00	31,40
461	Promissão	-21.5247	-49.8706	45,59	782,49	2,219	3,045	7,602	0,540	2350,00	2350,00	100,00	6,55

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

(continuação 14/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área	Wolff <i>et al.</i> (2014)				Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)*
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{ex}				
		Latitude	Longitude										
462	Quadra	-23.3005	-48.0387	15,65	206,73	0,451	0,648	2,428	0,303	33,40	29,40	88,02	59,94
463	Quatá	-22.2063	-50.6452	19,59	653,33	3,232	4,271	7,129	0,574	525,70	525,70	100,00	28,46
464	Queiroz	-21.8002	-50.2444	11,85	236,91	0,638	0,873	2,212	0,235	109,70	109,70	100,00	59,84
465	Queluz	-22.5040	-44.7851	45,19	250,25	1,530	2,077	4,185	0,363	243,00	0,00	0,00	43,07
466	Quintana	-22.0995	-50.3688	18,73	320,51	1,328	1,771	3,443	0,280	229,60	229,60	100,00	41,93
467	Rafard	-23.0453	-47.5889	70,30	122,51	0,324	0,459	1,339	0,185	316,00	0,00	0,00	56,36
468	Rancharia	-22.2825	-50.9282	18,12	1589,67	6,984	9,400	16,558	1,493	n/c**	n/c**	n/c**	40,71
469	Redenção da Serra	-23.2533	-45.5263	12,49	310,09	0,815	1,154	3,489	0,452	43,00	43,00	100,00	52,34
470	Regente Feijó	-22.2505	-51.2940	69,60	265,72	0,777	1,066	2,392	0,269	730,20	730,20	100,00	-1,44
471	Reginópolis	-21.8829	-49.1803	17,80	411,29	1,458	1,979	4,150	0,281	265,00	0,00	0,00	72,31
472	Registro	-24.5034	-47.8193	75,04	723,14	5,833	7,834	15,792	2,871	1661,20	1629,20	98,07	-36,22
473	Restinga	-20.6478	-47.5061	26,79	245,87	1,057	1,472	4,268	0,486	198,40	198,40	100,00	34,64
474	Ribeira	-24.6077	-49.0367	9,98	336,31	1,695	2,334	5,642	1,319	27,20	0,00	0,00	69,12
475	Ribeirão Bonito	-22.0595	-48.1854	25,67	472,79	2,459	3,309	6,680	0,401	832,00	0,00	0,00	53,11
476	Ribeirão Branco	-24.2559	-48.7780	26,14	698,80	3,621	4,933	10,326	0,922	253,70	230,90	91,01	19,90
477	Ribeirão Corrente	-20.4483	-47.5731	28,60	149,39	0,577	0,831	2,619	0,295	136,00	136,00	100,00	42,78
478	Ribeirão Grande	-24.1889	-48.3586	22,25	333,50	1,761	2,415	5,676	0,447	80,10	80,10	100,00	33,17
479	Ribeirão Pires	-23.7009	-46.4029	1139,56	99,22	0,428	0,619	1,844	0,184	3001,80	2101,30	70,00	-1058,63
480	Ribeirão Preto	-21.2107	-47.8211	926,39	652,73	2,557	3,615	9,405	1,019	42275,00	41430,00	98,00	-877,67
481	Ribeirão do Sul	-22.7514	-49.9225	21,81	203,89	1,006	1,358	2,617	0,206	134,20	134,20	100,00	43,49
482	Ribeirão dos Índios	-21.7843	-51.5834	11,09	197,22	0,412	0,566	1,554	0,165	73,40	73,40	100,00	69,17
483	Rifaina	-20.0616	-47.4415	21,23	161,86	0,559	0,820	2,856	0,318	173,70	173,70	100,00	49,94
484	Rincão	-21.5934	-48.0313	32,92	316,35	1,679	2,203	3,860	0,503	648,00	0,00	0,00	52,91
485	Rinópolis	-21.6808	-50.7173	27,64	359,46	1,260	1,708	3,775	0,356	n/c**	n/c**	n/c**	64,70
486	Rio Claro	-22.3731	-47.5796	374,84	496,88	2,389	3,091	7,275	0,761	12978,00	1649,00	12,71	-313,03
487	Rio Grande da Serra	-23.7380	-46.3796	1207,56	36,42	0,167	0,248	0,795	0,067	1958,80	1665,00	85,00	-1105,25
488	Rio das Pedras	-22.8504	-47.5988	129,28	228,19	0,668	0,942	2,910	0,349	1721,00	0,00	0,00	-24,36
489	Riolândia	-20.0237	-49.7096	16,68	634,13	1,416	2,077	6,202	0,499	544,00	544,00	100,00	40,35
490	Riversul	-23.8467	-49.4477	15,92	387,19	1,885	2,656	6,236	0,508	133,10	133,10	100,00	38,02
491	Rosana	-22.4887	-52.8367	27,13	725,76	3,243	4,380	8,560	0,755	716,70	716,70	100,00	20,17
492	Roseira	-22.9328	-45.3022	73,47	130,65	0,743	1,009	2,107	0,190	334,90	334,90	100,00	-3,29
493	Rubinéia	-20.2670	-51.0331	12,73	224,87	0,388	0,565	1,777	0,137	93,00	93,00	100,00	68,43
494	Rubiácea	-21.3608	-50.7859	11,47	237,85	0,721	0,982	2,312	0,200	80,40	80,40	100,00	58,96
495	Sabino	-21.4689	-49.5779	16,74	311,61	0,934	1,284	3,172	0,213	n/c**	n/c**	n/c**	84,02
496	Sagres	-21.8673	-50.9900	16,11	148,68	0,452	0,610	1,350	0,124	71,10	71,10	100,00	64,06
497	Sales	-21.3467	-49.5026	17,60	309,80	0,885	1,232	3,218	0,212	530,00	0,00	0,00	84,17

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

(continuação 15/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área (km ²)	Wolff <i>et al.</i> (2014)			Q _{ex} (m ³ /s)	Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS) (10 ³ m ³ /ano)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS) (10 ³ m ³ /ano)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS) (%)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)* (hab/km ²)
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m					
		Latitude	Longitude			(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)					
498	Sales Oliveira	-20.8318	-47.8544	34,41	307,09	1,352	1,886	4,968	0,472	n/c**	n/c**	n/c**	54,67
499	Salesópolis	-23.5797	-45.8428	36,61	427,05	1,600	2,246	5,300	0,815	312,00	280,80	90,00	18,34
500	Salmourão	-21.5882	-50.8764	27,79	173,35	0,557	0,754	1,719	0,172	172,80	172,80	100,00	47,49
501	Saltinho	-22.8709	-47.7329	70,76	99,76	0,247	0,351	1,124	0,148	669,00	669,00	100,00	18,20
502	Salto	-23.1799	-47.3023	791,10	133,38	0,421	0,608	1,717	0,199	6152,00	4682,00	76,11	-710,93
503	Salto Grande	-22.8705	-49.9612	46,28	189,85	0,774	1,068	2,308	0,189	104,25	0,00	0,00	59,38
504	Salto de Pirapora	-23.6525	-47.5803	142,98	280,68	1,296	1,756	3,943	0,412	1039,70	696,60	67,00	-80,99
505	Sandovalina	-22.4776	-51.8416	8,11	456,31	1,435	2,069	5,259	0,476	106,20	106,20	100,00	49,11
506	Santa Adélia	-21.3177	-48.8188	43,15	332,16	0,869	1,217	3,763	0,238	602,40	602,40	100,00	23,44
507	Santa Albertina	-20.0142	-50.7274	20,96	273,09	0,570	0,814	2,263	0,215	228,20	228,20	100,00	52,18
508	Santa Branca	-23.4255	-45.8634	50,53	272,36	0,951	1,340	3,383	0,397	n/c**	n/c**	n/c**	46,25
509	Santa Bárbara d'Oeste	-22.8004	-47.4280	659,05	273,13	0,856	1,250	3,881	0,417	12048,00	6626,40	55,00	-591,23
510	Santa Clara d'Oeste	-20.0668	-50.9086	11,38	183,13	0,349	0,508	1,527	0,139	73,10	73,10	100,00	71,57
511	Santa Cruz da Conceição	-22.1214	-47.4852	26,62	150,33	0,578	0,795	2,187	0,239	181,64	181,64	100,00	46,43
512	Santa Cruz da Esperança	-21.2744	-47.4389	13,15	148,49	0,412	0,591	2,827	0,230	63,90	63,90	100,00	64,60
513	Santa Cruz das Palmeiras	-21.8553	-47.2499	101,09	296,08	0,934	1,360	3,859	0,471	2059,00	0,00	0,00	-5,68
514	Santa Cruz do Rio Pardo	-22.8088	-49.5683	39,28	1118,12	5,133	6,933	13,378	1,130	1971,70	1971,70	100,00	2,57
515	Santa Ernestina	-21.4519	-48.3664	41,23	135,05	0,539	0,738	1,650	0,162	239,80	239,80	100,00	34,63
516	Santa Fé do Sul	-20.2430	-50.9521	141,11	207,21	0,365	0,533	1,661	0,126	1585,00	1585,00	100,00	-58,53
517	Santa Gertrudes	-22.4746	-47.5211	219,47	98,58	0,406	0,539	1,435	0,151	2263,00	0,00	0,00	-95,15
518	Santa Isabel	-23.2888	-46.2420	138,55	364,16	0,741	1,172	4,472	0,530	1495,00	0,00	0,00	-41,25
519	Santa Lúcia	-21.6703	-48.0567	53,09	155,36	0,838	1,097	1,892	0,247	424,00	150,00	35,38	21,75
520	Santa Maria da Serra	-22.5635	-48.1554	21,35	253,51	1,138	1,541	3,735	0,387	147,00	147,00	100,00	40,34
521	Santa Mercedes	-21.3169	-51.7368	16,93	167,19	0,399	0,447	1,229	0,166	94,10	94,10	100,00	67,25
522	Santa Rita d'Oeste	-20.0965	-50.8128	12,04	211,17	0,412	0,596	1,760	0,169	156,50	156,50	100,00	67,23
523	Santa Rita do Passa Quatro	-21.6820	-47.5078	35,01	756,36	2,283	3,306	11,195	1,203	4381,00	2190,00	49,99	17,20
524	Santa Rosa de Viterbo	-21.5036	-47.3662	82,23	290,17	0,748	1,080	5,425	0,451	1124,50	1124,50	100,00	-16,55
525	Santa Salete	-20.2582	-50.7199	18,24	79,35	0,147	0,216	0,665	0,052	42,10	42,10	100,00	87,13
526	Santana da Ponte Pensa	-20.2605	-50.7970	12,56	130,63	0,232	0,341	1,069	0,086	54,40	54,40	100,00	80,29
527	Santana de Parnaíba	-23.4490	-46.9158	602,68	180,55	0,483	0,714	2,119	0,331	2144,90	107,20	5,00	-506,82
528	Santo Anastácio	-22.0379	-51.7224	36,96	553,91	1,179	1,660	4,653	0,553	843,40	843,40	100,00	22,46
529	Santo André	-23.7445	-46.3201	3837,51	176,26	0,837	1,258	4,124	0,351	49900,00	14557,00	29,17	-3764,53
530	Santo Antônio da Alegria	-21.0922	-47.1956	20,36	309,61	0,979	1,411	5,475	0,576	264,00	264,00	100,00	40,83
531	Santo Antônio de Posse	-22.6030	-46.9495	134,08	154,01	0,549	0,780	2,352	0,235	530,00	0,00	0,00	-22,12
532	Santo Antônio do Aracanguá	-20.8728	-50.5545	5,82	1310,72	2,489	3,596	10,764	0,749	258,40	258,40	100,00	43,68
533	Santo Antônio do Jardim	-22.1302	-46.6838	54,96	108,13	0,419	0,617	1,818	0,171	156,60	156,60	100,00	23,70

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

(continuação 16/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área	Wolff <i>et al.</i> (2014)				Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)*
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{ex}				
		Latitude	Longitude										
534	Santo Antônio do Pinhal	-22.8316	-45.6979	47,35	136,99	0,535	0,766	2,137	0,592	111,70	111,70	100,00	20,48
535	Santo Expedito	-21.8249	-51.3699	29,78	94,12	0,161	0,222	0,694	0,079	81,10	81,10	100,00	72,33
536	Santos	-23.8686	-46.2915	1490,89	281,31	2,419	3,774	12,465	1,796	30036,00	30036,00	100,00	-1444,46
537	Santópolis do Aguapeí	-21.6599	-50.5180	33,28	128,50	0,434	0,589	1,319	0,127	165,40	165,40	100,00	47,41
538	Sarapuí	-23.6638	-47.7856	25,51	353,85	1,379	1,897	4,856	0,513	181,40	0,00	0,00	63,04
539	Sarutaiá	-23.2571	-49.4817	25,58	141,60	0,555	0,758	1,651	0,187	111,70	111,70	100,00	49,29
540	Sebastianópolis do Sul	-20.6293	-49.9154	18,01	168,32	0,361	0,520	1,594	0,102	113,80	113,80	100,00	65,84
541	Serra Azul	-21.3157	-47.5495	39,65	283,92	0,838	1,209	4,890	0,441	354,80	354,80	100,00	24,71
542	Serra Negra	-22.5888	-46.6861	128,96	204,61	0,775	1,123	3,487	0,324	1062,00	796,50	75,00	-60,50
543	Serrana	-21.2169	-47.6124	307,72	126,34	0,446	0,640	2,022	0,196	2100,00	0,00	0,00	-189,75
544	Sertãozinho	-21.1229	-48.0088	272,09	404,55	1,634	2,271	5,062	0,639	6766,00	0,00	0,00	-187,94
545	Sete Barras	-24.2738	-47.9351	12,21	1065,18	12,960	18,787	47,863	4,223	239,10	230,50	96,40	19,39
546	Severínia	-20.7933	-48.7933	110,42	140,39	0,327	0,467	1,511	0,112	656,06	0,00	0,00	19,94
547	Silveiras	-22.7344	-44.8408	13,92	416,10	2,302	3,154	6,701	0,606	117,00	117,00	100,00	37,56
548	Socorro	-22.6111	-46.5243	81,72	448,95	1,546	2,289	7,737	0,700	1001,20	0,00	0,00	1,81
549	Sorocaba	-23.4643	-47.4466	1301,17	450,84	2,005	2,683	5,538	0,662	40112,52	38508,02	96,00	-1247,73
550	Sud Meninucci	-20.6669	-50.9007	12,52	593,68	1,060	1,532	4,632	0,346	297,40	297,40	100,00	49,61
551	Sumaré	-22.8412	-47.2631	1570,20	153,68	0,490	0,720	2,187	0,235	9976,80	1020,00	10,22	-1478,38
552	Suzano	-23.6086	-46.3100	1267,71	207,05	0,823	1,153	3,172	0,384	8390,30	5873,20	70,00	-1199,86
553	Suzanópolis	-20.4735	-51.0754	10,24	330,49	0,561	0,810	2,539	0,200	112,03	112,03	100,00	63,27
554	São Bento do Sapucaí	-22.6814	-45.6864	41,51	252,18	1,577	2,151	4,793	1,091	228,00	27,40	12,02	23,56
555	São Bernardo do Campo	-23.8129	-46.5503	1865,11	410,41	2,753	4,099	12,351	1,311	32778,60	7851,40	23,95	-1811,93
556	São Caetano do Sul	-23.6261	-46.5658	9733,34	15,34	0,110	0,156	0,384	0,028	11292,81	0,00	100,00	-9617,62
557	São Carlos	-21.9186	-47.8671	194,45	1141,45	5,182	7,071	16,178	1,504	11003,20	9352,72	85,00	-152,66
558	São Francisco	-20.3656	-50.6760	36,98	75,53	0,126	0,191	0,638	0,046	103,90	103,90	100,00	72,01
559	São Joaquim da Barra	-20.5503	-47.9382	112,63	412,97	1,555	2,290	6,743	0,739	2910,00	0,00	0,00	-29,38
560	São José da Bela Vista	-20.5870	-47.6272	30,26	277,76	1,085	1,545	5,053	0,549	964,00	964,00	100,00	30,06
561	São José do Barreiro	-22.7488	-44.5868	7,12	572,79	3,231	4,511	10,703	0,831	n/c**	n/c**	n/c**	64,25
562	São José do Rio Pardo	-21.6034	-46.8792	123,61	419,87	1,785	2,487	7,590	0,652	2300,00	315,00	13,70	-58,76
563	São José do Rio Preto	-20.7974	-49.3582	953,36	428,23	1,548	2,109	5,328	0,342	27317,00	27317,00	100,00	-895,64
564	São José dos Campos	-23.0904	-45.9286	571,51	1102,20	4,967	6,750	14,869	1,603	28344,50	16771,80	59,17	-527,98
565	São João da Boa Vista	-21.9777	-46.8019	161,62	517,50	1,556	2,329	7,255	0,822	4346,50	4346,50	100,00	-107,62
566	São João das Duas Pontes	-20.4085	-50.3833	19,77	129,76	0,237	0,351	1,123	0,079	91,30	91,30	100,00	72,93
567	São João de Iracema	-20.5209	-50.3562	9,96	178,79	0,326	0,483	1,553	0,108	80,40	80,40	100,00	75,06
568	São João do Pau d'Alho	-21.2233	-51.6731	17,78	118,26	0,224	0,301	0,847	0,117	180,00	180,00	100,00	75,59
569	São Lourenço da Serra	-23.8520	-46.9363	74,55	187,43	2,479	3,441	7,150	0,727	178,70	178,70	100,00	-24,48

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

(continuação 17/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010	Área	Wolff <i>et al.</i> (2014)			Q _{ex}	Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)*
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m					
		Latitude	Longitude	(hab/km ²)	(km ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(10 ³ m ³ /ano)	(10 ³ m ³ /ano)	(%)	(hab/km ²)
570	São Luís do Paraitinga	-23.2400	-45.2538	16,77	619,93	3,018	4,214	8,959	0,927	227,50	227,50	100,00	30,52
571	São Manuel	-22.6819	-48.5405	58,83	651,70	2,537	3,485	8,132	0,808	1704,70	1700,20	99,74	-9,16
572	São Miguel Arcanjo	-23.9140	-47.9936	33,70	933,33	5,500	7,605	18,531	1,241	658,90	658,90	100,00	7,12
573	São Paulo	-23.6505	-46.6480	7377,68	1525,34	11,256	15,969	39,126	3,777	540518,50	405215,80	74,97	-7343,64
574	São Pedro	-22.5589	-47.9247	51,61	613,45	2,268	3,090	8,521	0,891	1148,49	0,00	0,00	25,67
575	São Pedro do Turvo	-22.6789	-49.7720	9,82	732,72	4,338	5,767	10,343	0,740	380,00	380,00	100,00	34,54
576	São Roque	-23.5488	-47.1098	256,16	307,71	1,156	1,643	4,228	0,452	1741,60	0,00	0,00	-164,17
577	São Sebastião	-23.7521	-45.6061	184,13	401,58	1,442	2,064	5,418	2,392	2169,90	2169,90	100,00	-134,96
578	São Sebastião da Gramma	-21.7535	-46.7531	47,85	252,88	0,717	1,075	3,645	0,392	864,00	0,00	0,00	53,48
579	São Simão	-21.4613	-47.5682	23,17	619,04	2,028	2,864	10,234	0,967	n/c**	n/c**	n/c**	54,92
580	São Vicente	-23.9585	-46.4888	2216,82	149,96	1,111	1,685	5,175	0,968	11173,40	11173,40	100,00	-2160,09
581	Tabapuã	-20.9315	-49.0291	32,81	346,37	0,699	1,041	3,669	0,277	703,00	703,00	100,00	35,60
582	Tabatinga	-21.7131	-48.6305	39,64	370,46	1,509	2,053	4,471	0,301	746,00	746,00	100,00	18,81
583	Taboão da Serra	-23.6200	-46.7862	11889,97	20,57	0,066	0,098	0,296	0,038	7901,70	1580,30	20,00	-11743,81
584	Taciba	-22.5046	-51.3421	9,38	608,91	2,197	3,051	6,215	0,635	201,20	201,20	100,00	42,36
585	Taguaí	-23.4736	-49.3973	74,42	145,51	0,566	0,790	1,783	0,192	341,80	341,80	100,00	-0,32
586	Taiacu	-21.1315	-48.5302	55,26	106,65	0,337	0,462	1,270	0,085	n/c**	n/c**	n/c**	77,08
587	Taiúva	-21.1322	-48.4283	40,97	132,94	0,481	0,658	1,668	0,171	299,61	299,61	100,00	36,58
588	Tambaú	-21.6014	-47.2387	39,83	562,51	1,270	1,923	7,744	0,873	2353,00	0,00	0,00	45,23
589	Tanabi	-20.5310	-49.6465	32,08	749,77	1,941	2,734	7,622	0,598	1011,00	778,00	76,95	22,39
590	Tapiratiba	-21.4506	-46.7418	57,55	221,31	0,678	0,989	3,398	0,342	n/c**	n/c**	n/c**	46,48
591	Tapirai	-24.0084	-47.6190	10,60	756,15	10,415	14,068	26,127	2,725	155,60	155,60	100,00	23,71
592	Taquaral	-21.0689	-48.3992	50,42	54,06	0,228	0,310	0,722	0,085	n/c**	n/c**	n/c**	94,19
593	Taquaritinga	-21.4253	-48.5379	90,83	594,36	1,971	2,713	7,043	0,536	3960,00	0,00	0,00	-9,17
594	Taquarituba	-23.5298	-49.2345	49,58	449,60	1,813	2,538	5,752	0,593	770,50	770,50	100,00	4,51
595	Taquarivaí	-23.9430	-48.6881	22,26	231,41	1,198	1,600	3,166	0,305	76,30	76,30	100,00	39,63
596	Tarabai	-22.3591	-51.6264	32,78	201,54	0,584	0,823	1,998	0,211	231,00	231,00	100,00	40,27
597	Tarumã	-22.7629	-50.6014	42,35	304,26	1,376	1,882	3,603	0,307	n/c**	n/c**	n/c**	48,54
598	Tatuí	-23.3618	-47.8695	204,38	525,12	1,431	2,022	6,272	0,770	4014,30	3372,00	84,00	-147,66
599	Taubaté	-23.0868	-45.5023	444,73	626,65	2,015	2,853	8,022	0,913	12553,70	10496,00	83,61	-392,43
600	Tejupá	-23.3420	-49.3064	16,16	297,61	1,157	1,603	3,540	0,393	192,00	0,00	0,00	77,04
601	Teodoro Sampaio	-22.4166	-52.3739	13,68	1563,49	5,335	7,562	18,417	1,632	753,50	753,50	100,00	26,72
602	Terra Roxa	-20.7784	-48.3461	38,27	222,23	1,088	1,449	2,914	0,305	382,40	382,40	100,00	25,01
603	Tietê	-23.0499	-47.7087	90,73	405,98	0,874	1,255	3,938	0,601	1637,56	638,65	39,00	-22,79
604	Timburi	-23.1952	-49.6106	13,36	197,99	0,706	0,965	2,167	0,260	73,90	0,00	0,00	93,03
605	Torre de Pedra	-23.2500	-48.2125	31,28	72,06	0,130	0,189	0,869	0,105	56,50	56,50	100,00	71,45

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

(continuação 18/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área (km ²)	Wolff <i>et al.</i> (2014)			Q _{ex} (m ³ /s)	Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS) (10 ³ m ³ /ano)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS) (10 ³ m ³ /ano)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS) (%)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)* (hab/km ²)
						Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m					
		Latitude	Longitude	(hab/km ²)	(km ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)					
606	Torrinha	-22.4430	-48.1637	29,47	316,59	1,537	2,066	4,801	0,341	359,20	0,00	0,00	59,12
607	Trabiju	-22.0320	-48.3455	24,34	63,45	0,349	0,463	0,862	0,054	80,00	80,00	100,00	63,85
608	Tremembé	-22.9405	-45.6037	213,08	192,34	0,580	0,889	2,883	0,280	1340,50	1115,40	83,21	-141,20
609	Três Fronteiras	-20.2723	-50.8695	35,75	151,80	0,267	0,392	1,230	0,092	225,20	225,20	100,00	54,01
610	Tuiuti	-22.8307	-46.6876	46,92	126,38	0,433	0,632	2,024	0,193	n/c**	n/c**	n/c**	71,49
611	Tupi Paulista	-21.3903	-51.5872	58,46	244,10	0,482	0,655	1,823	0,242	810,00	810,00	100,00	17,46
612	Tupã	-21.9475	-50.5349	100,91	629,06	3,130	4,095	6,668	0,567	3077,60	3077,60	100,00	-52,34
613	Turiúba	-20.9406	-50.1108	12,54	153,89	0,309	0,444	1,350	0,088	80,80	80,80	100,00	74,92
614	Turmalina	-20.0835	-50.4569	13,34	148,27	0,351	0,490	1,222	0,118	72,40	72,40	100,00	71,01
615	Ubarana	-21.2194	-49.7480	25,16	210,19	0,550	0,773	2,149	0,132	n/c**	n/c**	n/c**	90,31
616	Ubatuba	-23.3791	-45.0236	110,83	711,01	2,810	4,556	15,532	4,270	1584,30	1584,30	100,00	-70,00
617	Ubirajara	-22.5435	-49.6659	15,64	283,13	1,437	1,924	3,669	0,286	137,30	137,30	100,00	43,82
618	Uchoa	-20.9372	-49.1576	37,34	253,62	0,572	0,835	2,781	0,202	n/c**	n/c**	n/c**	73,93
619	União Paulista	-20.8906	-49.8870	20,11	79,52	0,191	0,270	0,775	0,045	66,90	66,90	100,00	80,70
620	Uru	-21.7661	-49.2967	8,46	147,82	0,504	0,683	1,491	0,101	52,70	52,70	100,00	70,30
621	Urupês	-21.2045	-49.2649	38,98	326,14	0,823	1,174	3,612	0,223	999,20	943,00	94,38	28,70
622	Urânia	-20.2087	-50.6523	42,25	209,16	0,411	0,597	1,764	0,155	343,40	343,40	100,00	37,39
623	Valentim Gentil	-20.4198	-50.1019	73,57	150,01	0,324	0,464	1,394	0,107	458,20	458,20	100,00	12,27
624	Valinhos	-22.9751	-46.9811	716,83	148,98	0,513	0,749	2,136	0,228	7122,76	7122,76	100,00	-642,60
625	Valparaíso	-21.2031	-50.9243	26,27	859,39	2,154	2,965	7,748	0,667	981,00	981,00	100,00	25,69
626	Vargem	-22.8896	-46.4143	61,07	144,12	0,287	0,443	2,150	0,219	128,00	15,40	12,03	39,00
627	Vargem Grande Paulista	-23.6278	-47.0161	1011,44	42,51	0,204	0,290	0,727	0,067	404,70	0,00	0,00	-862,65
628	Vargem Grande do Sul	-21.8602	-46.8986	146,64	267,76	0,712	1,086	3,523	0,419	1814,92	1814,92	100,00	-80,68
629	Vera Cruz	-22.2338	-49.8262	43,28	248,80	0,888	1,208	2,822	0,227	n/c**	n/c**	n/c**	58,65
630	Vinhedo	-23.0462	-46.9787	785,21	81,01	0,284	0,415	1,168	0,124	3140,16	3140,16	100,00	-698,04
631	Viradouro	-20.8838	-48.3099	79,18	218,45	0,953	1,290	2,739	0,300	1216,00	1216,00	100,00	-14,18
632	Vista Alegre do Alto	-21.1763	-48.6492	72,50	94,98	0,230	0,321	1,045	0,076	n/c**	n/c**	n/c**	71,88
633	Vitória Brasil	-20.1982	-50.4856	34,73	50,02	0,105	0,151	0,422	0,040	59,30	59,30	100,00	80,81
634	Votorantim	-23.5798	-47.4065	590,68	184,21	0,853	1,142	2,342	0,270	8388,10	8220,33	98,00	-523,49
635	Votuporanga	-20.4577	-49.9896	200,45	422,51	1,023	1,426	3,967	0,290	5285,00	0,00	0,00	-103,35
636	Várzea Paulista	-23.2193	-46.8244	3058,87	35,01	0,136	0,195	0,484	0,054	3090,40	23,20	0,75	-2895,24
637	Zacarias	-21.1248	-50.0495	7,30	319,81	0,705	0,993	2,812	0,183	85,00	85,00	100,00	63,25
638	Águas da Prata	-21.9132	-46.6919	52,85	143,49	0,429	0,645	2,082	0,226	368,80	350,40	95,01	24,04
639	Águas de Lindóia	-22.4744	-46.6034	288,60	59,83	0,225	0,330	1,058	0,094	918,57	275,57	30,00	-184,68
640	Águas de Santa Bárbara	-22.8585	-49.2609	13,80	406,00	1,792	2,435	4,958	0,410	169,90	0,00	0,00	70,87
641	Águas de São Pedro	-22.6012	-47.8762	747,53	3,62	0,012	0,017	0,049	0,006	336,20	0,00	0,00	-431,98

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

(continuação 19/19)

ID	Município	CENTROIDE		Densidade Populacional 2010 (IBGE)	Área (km ²)	Wolff <i>et al.</i> (2014)			Q _{ex} (m ³ /s)	Vol. Esgotos coletado 2010 (SNIS) (10 ³ m ³ /ano)	Vol. Esgotos tratado 2010 (SNIS) (10 ³ m ³ /ano)	Índice Trat. Esgotos 2010 (SNIS) (%)	Cap. Sup. Hídrica. (CSH)* (hab/km ²)
		Latitude	Longitude			Q _{7,10} (m ³ /s)	Q ₉₅ (m ³ /s)	Q _m (m ³ /s)					
642	Álvares Florence	-20.2896	-49.9207	10,75	362,67	0,812	1,163	3,418	0,290	129,60	119,20	91,98	56,38
643	Álvares Machado	-22.1312	-51.5147	67,52	348,24	0,830	1,155	3,001	0,342	878,30	544,50	61,99	1,51
644	Álvaro de Carvalho	-22.0860	-49.7338	30,28	153,54	0,503	0,685	1,627	0,152	116,40	116,40	100,00	47,07
645	Óleo	-22.9535	-49.3829	13,48	198,35	0,869	1,178	2,369	0,201	75,10	12,00	15,98	66,45
TOTAL estado de São Paulo				165,95	248.826,6	997,52	1.385,86	3.455,22	365,24	1.907.894,17	1.211.775,35	63,51	

(* resultado do cálculo da CSH adotando o cenário I, item 5.4) (** n/c – valor não consta no banco de dados do SNIS)

Apêndice C

Planilha de comparação entre vazões calculadas através dos pontos exutórios e pontos de centroides, utilizando a metodologia proposta por Wolff *et al.* (2014) – Municípios da UGRHI Tietê Jacaré.

(continua)

UGRHI 13 TIETÊ/JACARÉ		NOVA PROPOSTA - Wolff <i>et al.</i> (2014)										Erro Município		
		CENTROIDE					EXUTÓRIO					Exutório X Centroide		
		LAT	LONG	Q _{7,10} (m³/s)	Q ₉₅ (m³/s)	Q _m (m³/s)	LAT	LONG	Q _{7,10} (m³/s)	Q ₉₅ (m³/s)	Q _m (m³/s)	Q _{7,10} (%)	Q ₉₅ (%)	Q _m (%)
1	Agudos	-22.5714	-49.1087	4,230	5,752	11,843	-22.6568	-49.3599	4,335	5,869	11,778	2,41	1,99	0,56
2	Araraquara	-21.7907	-48.1814	5,150	6,955	12,904	-21.8530	-48.3965	4,944	6,685	12,763	4,17	4,04	1,11
3	Arealva	-22.0758	-48.9808	2,055	2,776	5,949	-21.9326	-48.9040	2,172	2,930	6,122	5,41	5,27	2,82
4	Areiópolis	-22.6313	-48.6526	0,324	0,447	1,013	-22.5326	-48.6526	0,315	0,436	0,964	2,86	2,59	5,11
5	Bariri	-22.0660	-48.7183	2,032	2,740	5,790	-22.0224	-48.8651	1,854	2,503	5,275	9,65	9,47	9,78
6	Barra Bonita	-22.4791	-48.5413	0,612	0,840	1,879	-22.4908	-48.6261	0,555	0,767	1,696	10,39	9,50	10,79
7	Bauru	-22.2537	-49.1265	2,608	3,536	7,629	-22.0955	-49.1954	2,520	3,412	7,289	3,52	3,62	4,67
8	Boa Esperança. do Sul	-21.9347	-48.4635	3,522	4,707	9,051	-21.8445	-48.6572	2,931	3,973	8,462	20,17	18,46	6,96
9	Bocaina	-22.1049	-48.5296	1,793	2,412	4,965	-21.9872	-48.6043	1,689	2,278	4,680	6,19	5,91	6,09
10	Boracéia	-22.1701	-48.7874	0,540	0,730	1,570	-22.1292	-48.8410	0,513	0,697	1,497	5,08	4,81	4,83
11	Borebi	-22.6797	-48.9919	1,500	2,044	4,262	-22.7616	-49.0397	1,519	2,066	4,268	1,23	1,05	0,13
12	Brotas	-22.2728	-48.0815	6,240	8,388	18,756	-22.1959	-48.3128	5,585	7,512	16,049	11,73	11,67	16,87
13	Dois Córregos	-22.3957	-48.3406	3,058	4,131	9,235	-22.3414	-48.4824	2,948	4,007	9,450	3,73	3,08	2,27
14	Dourado	-22.1169	-48.3334	1,074	1,438	2,879	-22.0700	-48.4461	1,097	1,460	2,819	2,06	1,53	2,15
15	Gavião Peixoto	-21.7912	-48.4476	1,055	1,433	2,960	-21.8452	-48.5943	0,958	1,307	2,887	10,08	9,66	2,55
16	Iacanga	-21.8907	-49.0395	2,040	2,755	5,975	-21.7519	-49.1040	1,671	2,229	5,137	22,08	23,62	16,30
17	Ibaté	-21.9503	-48.0274	1,462	1,974	4,017	-21.9710	-48.1655	1,494	2,018	3,882	2,08	2,21	3,48
18	Ibitinga	-21.7927	-48.8481	3,260	4,385	8,807	-21.7541	-49.0823	2,156	2,880	6,611	51,23	52,25	33,22
19	Igaraçu do Tietê	-22.5414	-48.5743	0,371	0,511	1,143	-22.5079	-48.6107	0,362	0,501	1,107	2,35	2,14	3,24
20	Itaju	-21.9510	-48.7941	1,030	1,387	2,853	-21.9070	-48.8929	1,000	1,349	2,795	2,94	2,80	2,06

(continuação)

UGRHI 13 TIETÊ/JACARÉ		NOVA PROPOSTA - Wolff <i>et al.</i> (2014)										Erro Município		
		CENTROIDE					EXUTÓRIO					Exutório X Centroide		
ID	Nome	LAT	LONG	Q _{7,10} (m³/s)	Q ₉₅ (m³/s)	Q _m (m³/s)	LAT	LONG	Q _{7,10} (m³/s)	Q ₉₅ (m³/s)	Q _m (m³/s)	Q _{7,10} (%)	Q ₉₅ (%)	Q _m (%)
21	Itapuí	-22.2510	-48.7012	0,632	0,859	1,927	-22.1798	-48.7134	0,639	0,865	1,891	1,06	0,75	1,90
22	Itirapina	-22.2943	-47.8341	2,511	3,355	8,479	-22.3716	-47.7810	2,396	3,186	8,324	4,80	5,29	1,86
23	Jaú	-22.2953	-48.5558	3,210	4,364	10,543	-22.1921	-48.6748	3,132	4,244	9,411	2,48	2,83	12,03
24	Lençóis Paulista	-22.6746	-48.8252	3,165	4,353	9,980	-22.5529	-48.6737	3,012	4,164	9,205	5,08	4,53	8,42
25	Macatuba	-22.4866	-48.7184	0,863	1,190	2,636	-22.3676	-48.7034	0,951	1,299	2,922	9,22	8,36	9,79
26	Mineiros do Tietê	-22.4628	-48.4332	0,965	1,313	2,953	-22.5376	-48.4503	0,895	1,222	2,814	7,84	7,43	4,95
27	Nova Europa	-21.7739	-48.5496	0,584	0,801	1,839	-21.8333	-48.6681	0,685	0,927	1,968	14,62	13,55	6,57
28	Pederneiras	-22.3007	-48.8611	3,164	4,297	9,268	-22.0894	-48.8594	3,188	4,316	9,225	0,75	0,45	0,47
29	Ribeirão Bonito	-22.0595	-48.1854	2,459	3,309	6,680	-21.8927	-48.2531	2,564	3,477	6,138	4,11	4,85	8,83
30	São Carlos	-21.9186	-47.8671	5,182	7,071	16,178	-21.6116	-47.8627	4,789	6,578	15,985	8,21	7,50	1,20
31	São Manuel	-22.6819	-48.5405	2,537	3,485	8,132	-22.5459	-48.4908	2,647	3,627	8,291	4,16	3,92	1,92
32	Tabatinga	-21.7131	-48.6305	1,509	2,053	4,471	-21.7639	-48.7489	1,570	2,118	4,540	3,92	3,06	1,53
33	Torrinha	-22.4430	-48.1637	1,537	2,066	4,801	-22.3624	-48.1688	1,564	2,094	4,756	1,74	1,32	0,96
34	Trabiju	-22.0320	-48.3455	0,349	0,463	0,862	-22.0087	-48.3499	0,354	0,468	0,861	1,30	1,05	0,08
TOTAL				72,62	98,32	212,23			69,00	93,46	201,86	ERRO MÉDIO (%)		
												7,31	7,08	5,75

Apêndice D

Planilha de comparação entre vazões calculadas através dos pontos exutórios e pontos de centroides, utilizando a metodologia proposta por Wolff *et al.* (2014) – Municípios da UGRHI Tietê Batalha.

(continua)

UGRHI 16 TIETÊ/BATALHA		NOVA PROPOSTA - Wolff <i>et al.</i> (2014)										Erro Município		
		CENTROIDE					EXUTÓRIO					Exutório X Centróide		
ID	Nome	LAT	LONG	Q _{7,10} (m ³ /s)	Q ₉₅ (m ³ /s)	Q _m (m ³ /s)	LAT	LONG	Q _{7,10} (m ³ /s)	Q ₉₅ (m ³ /s)	Q _m (m ³ /s)	Q _{7,10} (%)	Q ₉₅ (%)	Q _m (%)
1	Adolfo	-21.2880	-49.6530	0,647	0,888	2,218	-21.3130	-49.7444	0,566	0,784	2,031	14,22	13,27	9,23
2	Avaí	-22.1864	-49.3160	1,966	2,664	5,771	-22.0429	-49.2490	1,947	2,641	5,618	0,97	0,89	2,72
3	Bady Bassitt	-20.9310	-49.4378	0,332	0,462	1,284	-20.9444	-49.5058	0,334	0,465	1,271	0,57	0,65	1,05
4	Balbinos	-21.8928	-49.3335	0,322	0,437	0,925	-21.8616	-49.2852	0,323	0,439	0,919	0,34	0,39	0,69
5	Borborema	-21.6104	-49.0719	1,913	2,576	5,846	-21.6702	-49.2136	1,786	2,397	5,445	7,12	7,46	7,37
6	Cafelândia	-21.7308	-49.5485	2,891	3,944	9,350	-21.5243	-49.4461	3,009	4,110	9,653	3,94	4,03	3,14
7	Dobrada	-21.5157	-48.3574	0,642	0,871	1,809	-21.4916	-48.4595	0,611	0,833	1,822	5,04	4,57	0,68
8	Elisiário	-21.1600	-49.0918	0,197	0,291	1,006	-21.1833	-49.1474	0,202	0,296	1,003	2,57	1,69	0,30
9	Guaiçara	-21.5726	-49.7636	0,787	1,079	2,689	-21.3702	-49.7006	0,740	1,023	2,624	6,28	5,50	2,47
10	Guarantã	-21.9159	-49.5883	1,448	1,978	4,715	-21.8083	-49.4887	1,577	2,142	4,797	8,19	7,66	1,71
11	Ibirá	-21.0736	-49.2205	0,611	0,894	2,995	-21.1260	-49.3158	0,655	0,942	3,030	6,67	5,07	1,14
12	Irapuã	-21.2674	-49.3972	0,693	0,971	2,760	-21.2270	-49.5167	0,752	1,048	2,779	7,84	7,30	0,68
13	Itajobi	-21.3553	-49.0537	1,322	1,857	5,527	-21.4046	-49.1785	1,535	2,111	5,438	13,90	12,01	1,64
14	Itápolis	-21.5478	-48.8154	4,086	5,569	12,714	-21.6720	-48.9693	3,962	5,383	12,135	3,12	3,45	4,78
15	Jaci	-20.9454	-49.5811	0,432	0,602	1,651	-21.0226	-49.5557	0,416	0,582	1,638	3,97	3,33	0,81
16	Lins	-21.6498	-49.6831	1,719	2,355	5,796	-21.5146	-49.6725	1,699	2,334	5,789	1,16	0,89	0,13
17	Marapoama	-21.2547	-49.1375	0,261	0,376	1,221	-21.3221	-49.2327	0,296	0,417	1,200	11,78	9,71	1,80
18	Matão	-21.6100	-48.4306	2,269	3,076	6,360	-21.5411	-48.6224	2,182	2,978	6,545	4,00	3,30	2,84
19	Mendonça	-21.1933	-49.5700	0,559	0,778	2,134	-21.2010	-49.6829	0,535	0,747	2,036	4,39	4,15	4,78
20	Nova Aliança	-21.0620	-49.5160	0,588	0,831	2,488	-21.1171	-49.5822	0,596	0,844	2,446	1,31	1,52	1,70

(continuação)

UGRHI 16 TIETÊ/BATALHA		NOVA PROPOSTA - Wolff <i>et al.</i> (2014)										Erro Município		
		CENTROIDE					EXUTÓRIO					Exutório X Centróide		
ID	Nome	LAT	LONG	Q _{7,10} (m³/s)	Q ₉₅ (m³/s)	Q _m (m³/s)	LAT	LONG	Q _{7,10} (m³/s)	Q ₉₅ (m³/s)	Q _m (m³/s)	Q _{7,10} (%)	Q ₉₅ (%)	Q _m (%)
21	Novo Horizonte	-21.4689	-49.2838	3,144	4,285	10,013	-21.4398	-49.4976	2,753	3,806	9,619	14,21	12,57	4,09
22	Pirajuí	-21.9570	-49.4134	2,891	3,925	8,498	-21.8800	-49.4488	2,853	3,873	8,498	1,36	1,35	0,01
23	Piratininga	-22.4256	-49.1921	1,737	2,358	4,831	-22.3058	-49.2271	1,622	2,192	4,486	7,10	7,60	7,71
24	Pongaí	-21.7299	-49.3585	0,629	0,851	1,876	-21.6229	-49.3050	0,623	0,841	1,883	0,92	1,21	0,35
25	Potirendaba	-21.0749	-49.3915	0,895	1,270	3,901	-21.1770	-49.4577	0,918	1,287	3,790	2,42	1,31	2,95
26	Presidente Alves	-22.1212	-49.4317	1,043	1,412	3,051	-22.0429	-49.2492	1,034	1,402	2,983	0,86	0,68	2,29
27	Reginópolis	-21.8829	-49.1803	1,458	1,979	4,150	-21.6915	-49.1981	1,300	1,742	3,974	12,11	13,61	4,43
28	Sabino	-21.4689	-49.5779	0,934	1,284	3,172	-21.3502	-49.6732	0,846	1,170	3,009	10,44	9,74	5,41
29	Sales	-21.3467	-49.5026	0,885	1,232	3,218	-21.3527	-49.5891	0,991	1,360	3,342	10,76	9,43	3,72
30	Santa Ernestina	-21.4519	-48.3664	0,539	0,738	1,650	-21.4568	-48.2851	0,545	0,744	1,646	1,19	0,91	0,24
31	Taquaritinga	-21.4253	-48.5379	1,971	2,713	7,043	-21.4293	-48.7148	2,144	2,933	7,215	8,07	7,49	2,38
32	Uru	-21.7661	-49.2967	0,504	0,683	1,491	-21.6596	-49.2730	0,493	0,664	1,491	2,29	2,75	0,02
33	Urupês	-21.2045	-49.2649	0,823	1,174	3,612	-21.1800	-49.3971	0,844	1,191	3,577	2,55	1,44	0,98
TOTAL				41,14	56,40	135,77			40,69	55,72	133,73	ERRO MÉDIO (%)		
												5,51	5,06	2,55

Apêndice E

Planilha de comparação entre vazões calculadas através dos pontos exutório e pontos de centroides, utilizando a metodologia proposta por Wolff *et al.* (2014) –UGRHIs do estado de São Paulo.

ID	UGRHI	COORDENADAS CT		Vazões CENTROIDE (m³/s)		COORDENADAS EX		Vazões EXUTÓRIO (m³/s)			ERROS Exutório X Centroide				
		LAT	LONG	Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	LAT	LONG	Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _m	
1	MANTIQUEIRA	-22.7197	-45.6224	4,45	6,06	13,36	-22.6309	-45.4890	6,58	8,73	18,24	32,34	30,64	26,77	
2	PARAÍBA DO SUL	-23.0286	-45.3482	60,38	84,12	204,17	-22.5180	-44.6939	85,36	116,31	239,49	29,27	27,68	14,75	
3	LITORAL NORTE	-23.5512	-45.3125	5,48	7,95	22,77	-23.7088	-45.4276	7,03	10,06	26,14	22,01	20,90	12,92	
4	PARDO	-21.3470	-47.3189	24,20	34,31	190,34	-20.9148	-48.0857	55,01	72,38	150,37	56,00	52,59	26,58	
5	PIRACICABA/CAPIVARI/JUNDIAI	-22.7936	-47.1927	45,41	66,82	204,65	-22.6180	-48.3184	57,88	79,11	196,80	21,55	15,54	3,98	
6	ALTO TIETÊ	-23.5764	-46.5240	33,24	47,77	128,50	-23.3924	-47.0363	16,03	23,40	67,33	107,43	104,18	90,86	
7	BAIXADA SANTISTA	-23.9761	-46.5287	24,48	36,86	108,48	-23.9192	-46.3026	20,89	32,54	108,91	17,19	13,26	0,39	
8	SAPUCAÍ/GRANDE	-20.4597	-47.6523	34,08	49,61	159,41	-20.1431	-48.3946	35,15	51,53	153,89	3,05	3,74	3,58	
9	MOGI-GUAÇU	-21.8373	-47.5198	50,52	72,48	221,46	-20.9194	-48.1712	76,50	102,72	226,54	33,96	29,44	2,24	
10	TIETÊ/SOROCABA	-23.2416	-47.7678	33,92	47,49	137,74	-22.5142	-48.5386	45,54	62,64	141,39	25,53	24,19	2,58	
11	IGUAPE/LITORAL SUL	-24.4674	-47.9481	113,55	157,75	373,71	-24.6416	-47.5096	147,69	197,94	404,14	23,12	20,31	7,53	
12	BAIXO PARDO/GRANDE	-20.5499	-48.5131	32,90	44,88	101,83	-20.1567	-48.6316	28,85	40,46	104,53	14,06	10,91	2,58	
13	TIETÊ/JACARÉ	-22.1483	-48.5067	55,82	75,36	162,27	-21.7645	-49.0052	43,11	58,14	129,31	29,47	29,62	25,49	
14	ALTO PARANAPANEMA	-23.7092	-48.7538	92,03	125,62	282,08	-23.1276	-49.7319	75,61	102,55	237,39	21,71	22,50	18,83	
15	TURVO/GRANDE	-20.4622	-49.5855	40,47	57,36	162,30	-19.9448	-49.8989	37,18	53,54	154,32	8,87	7,14	5,17	
16	TIETÊ/BATALHA	-21.5728	-49.2417	44,01	59,52	136,23	-21.2948	-49.7932	31,41	44,19	124,35	40,13	34,69	9,56	
17	MÉDIO PARANAPANEMA	-22.6973	-49.8110	97,39	129,68	234,56	-22.7912	-51.0060	79,71	107,97	189,39	22,17	20,11	23,85	
18	SÃO JOSÉ DOS DOURADOS	-20.4804	-50.5585	9,67	15,31	56,99	-20.3618	-51.3433	18,42	24,76	58,68	47,48	38,17	2,88	
19	BAIXO TIETÊ	-21.0153	-50.5720	32,17	45,93	132,45	-20.6220	-51.5679	39,24	52,11	127,68	18,03	11,85	3,73	
20	AGUAPEÍ	-21.6279	-50.6770	45,09	61,42	139,70	-21.0597	-51.7712	28,96	38,32	97,09	55,71	60,31	43,88	
21	PEIXE	-21.9520	-51.0256	31,45	42,57	95,78	-21.5151	-51.9723	37,66	27,99	91,94	16,49	52,06	4,17	
22	PONTAL DO PARANAPANEMA	-22.3285	-51.8955	36,43	52,09	134,20	-22.6572	-53.0915	56,82	76,53	147,02	35,88	31,93	8,72	
Soma para o estado de São Paulo				947,15	1320,96	3402,97				1030,62	1383,93	3194,93	ERRO MÉDIO		
													30,97	30,08	15,50