



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MARCIA REGINA LOPEZ ARANTES

**OS DESAFIOS DA APLICAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA EM
UMA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA:
CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO AMBIENTAL**

MARCIA REGINA LOPEZ ARANTES

**OS DESAFIOS DA APLICAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA EM
UMA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA:
CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO AMBIENTAL**

Tese apresentada ao curso de Pós-graduação em Geografia Stricto Sensu da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do Título de Doutora em Geografia.

Orientador: Prof. Dr^a. Nilza Aparecida Freres Stipp
Co-Orientador: Prof. Dr^o. Luciano Nardini Gomes

Londrina
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Arantes, Marcia Regina Lopez.

Os desafios da aplicação da pegada hídrica em uma bacia hidrográfica urbana: contribuições para a gestão ambiental / Marcia Regina Lopez Arantes.

- Londrina, 2020.

231 f. : il.

Orientador: Nilza Aparecida Freres Stipp.

Coorientador: Luciano Nardini Gomes.

Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2020.
Inclui bibliografia.

1. Pegada hídrica - Tese. 2. Água virtual - Tese. 3. Licenciamento ambiental - Tese. 4. Bacia hidrográfica - Tese. I. Stipp, Nilza Aparecida Freres. II. Gomes, Luciano Nardini. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. IV. Título.

CDU 91

MARCIA REGINA LOPEZ ARANTES

**OS DESAFIOS DA APLICAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA EM UMA
BACIA HIDROGRÁFICA URBANA:
CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO AMBIENTAL**

Tese apresentada ao curso de Pós-graduação em Geografia Stricto Sensu da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do Título de Doutora em Geografia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof^a. Dr^a. Nilza Aparecida Freres Stipp
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Co-Orientador: Prof. Dr^o. Luciano Nardini Gomes
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr^o. Antonio Cezar Leal
Universidade Estadual Paulista - UNESP

Prof^a. Dr^a. Silvia Méri Carvalho
Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG

Prof^a. Dr^a. Eloiza Cristiane Torres
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr^o. José Paulo Peccinini Pinese
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, junho de 2020.

O conhecimento faz de nós devedores
de bom exemplo.

Sendo assim, que as palavras não encontrem
morada em nosso cérebro e sim, se transforme em
atitudes do nosso coração.

(Saberés, 1995, p. 116)

AGRADECIMENTOS

E o que dizer de ter chegado até aqui? Com certeza não foram somente cinco anos da minha vida, nunca será. É o conhecimento acumulado por séculos a fio que se transmitiu neste amor incondicional por conhecimento nas áreas naturais e essa paixão intensa, manifestada nesta vida desde a tenra idade pelas questões ambientais. Obrigado Deus, por estar neste lindo planeta azul.

Este amor que corria nas minhas veias foi detectado pelo meu pai Luiz, a quem eu devo o conhecimento empírico da natureza, o reconhecimento da importância do amanhecer através dos seus ensinamentos milenares, a observação do céu e o agradecimento ao Pai por estar aqui e por todas as oportunidades que Ele tem me dado, todos os milagres, grandes e pequenos que se traduzem na vida.

Vida esta que só tem sentido através do olhar de uma menina, por quem eu me apaixonei desde o primeiro momento em que ouvi um coração acelerado, que batia em descompasso com o meu, tão cheio de dúvidas e anseios, mas cheio de amor, a minha menina Luana.

E uma outra menina, que do alto dos seus 75 anos sonha como uma garota de 15, minha querida mãe, que me impulsiona sempre para adiante, através de questionamentos, conselhos e lutas, muitas vezes consigo mesma.

Lutas que a minha segunda mãe e orientadora, professora Nilza, conhece melhor do que ninguém; exemplo de mulher forte, determinada, carinhosa, companheira e extremamente inteligente. Em um mundo patriarcal, ela venceu com todos os méritos.

Méritos que estendo ao caro amigo e co-orientador Luciano, tão sábio e direto em seus conselhos, tornando-se uma luz em meio às inúmeras opções de pesquisa.

Luz que se derrama através dos amigos que compartilham a vida comigo. Alguns de longa data, um eterno que já se foi e outros que tive a honra de conhecer recentemente. Qual a graça desta existência sem as gargalhadas e as trocas de prazeres, de problemas, de ansiedades, de lutas e de vitórias.

Lutas e vitórias que compartilho com a minha irmã Sandra diariamente, meu cunhado André e meus sobrinhos Gabriel e Isabela, exemplos de honestidade, trabalho, família e amor nos caminhos da vida.

Trabalho que todos os nossos queridos professores e funcionários desta Instituição e especialmente do Departamento de Geociências, traduzem em exemplos de dignidade e cooperação com o próximo e por deixarem um pedacinho dos seus corações na vida de cada um de nós.

Modelo de cooperação assumido por tantos amigos e colaboradores da SANEPAR, IAPAR, IAP, Águas Paraná, Prefeitura de Londrina, Prefeitura de Cambé, IBGE e Colégio Atopp, em liberar uma ampla gama de informações e dados, sem os quais este projeto não teria se tornado realidade.

Agradeço a cada um através de um grande e apertado abraço e em forma de uma simples palavra: Gratidão! Sem vocês eu não teria conseguido.

ARANTES, Marcia Regina Lopez. **Os desafios da aplicação da pegada hídrica em uma bacia hidrográfica urbana:** contribuições para a gestão ambiental. 2020. 266 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina. 2020.

RESUMO

Os conceitos de água virtual e pegada hídrica que surgiram nas duas últimas décadas do século XX lançaram novos olhares sobre os recursos hídricos em relação aos conceitos tradicionais, onde o consumo era analisado como o uso direto da água e a contaminação, vinculada ao tipo de poluente e a sua concentração. Sob esta nova ótica, o consumo e a poluição da água são calculados em razão do volume utilizado de forma direta e indireta, ou seja, os recursos hídricos incorporados na elaboração de produtos e na oferta de serviços e também o volume necessário para a diluição de poluentes. Deste modo, este trabalho apresenta a pegada hídrica da bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé, situada nas cidades de Londrina e Cambé, Estado do Paraná, através do abastecimento de água, do consumo de alimentos, do saneamento e da energia elétrica. Para a elaboração dos cálculos foram utilizados os dados oficiais existentes para a determinação dos volumes diretos e indiretos de água incorporados na área avaliada e os resultados demonstraram que a bacia hidrográfica urbana apresenta uma pegada hídrica de 221.605.875,60 m³/ano e as maiores parcelas referem-se ao consumo de alimentos e ao saneamento. A relação entre a água, os alimentos, a energia e a interdependência urbana com a sustentabilidade dos recursos hídricos fornecem informações importantes que podem contribuir com o planejamento e a gestão político-administrativa das cidades a partir da participação efetiva dos atores centrais na busca de soluções para a redução da pegada hídrica. Neste sentido, foi proposto um modelo de gestão de recursos hídricos em cenários urbanos com a adoção do endereço hidrográfico e a inclusão dos dados relativos ao consumo e poluição indiretos da água através das plataformas utilizadas para os licenciamentos ambientais.

Palavras-chave: Pegada hídrica. Água virtual. Licenciamento Ambiental. Bacia hidrográfica.

ARANTES, Marcia Regina Lopez. **The challenges of applying the water footprint in a urban watershed:** contributions to environmental management. 2020. 266 p. Doctoral Dissertation (Doctorate in Geography) – State University of Londrina. 2020.

ABSTRACT

The concepts of virtual water and water footprint that emerged in the last two decades of the twentieth century launched new perspectives on water resources in relation to traditional concepts, where consumption was analyzed as the direct use of water and contamination was linked to the type of pollutant and its concentration. Under this new perspective, water consumption and pollution are calculated on the basis of the volume used directly and indirectly, that is, the water resources incorporated in the preparation of products and the provision of services and also the volume required for the dilution of pollutants. Hence, this work presents the water footprint of urban watershed of the Cambé stream, located in the municipalities of Londrina and Cambé, State of Paraná, through water supply, food consumption, sanitation and electricity. For the elaboration of the calculations, the existing official data were used to determine the direct and indirect volumes of water incorporated in the evaluated area. The results showed that the urban watershed has a water footprint of 221.605.875,60 m³/year and the largest portions refer to food consumption and sanitation. The relation between water, food, energy and urban interdependence with the sustainability of water resources provides important information that can contribute to the planning and political-administrative management of cities through effective participation of central actors in the seek of solutions to reduce the water footprint. Thus, a water resource management model in urban settings was proposed with the adoption of the hydrographic address and the inclusion of data on indirect water consumption and pollution through the platforms used for environmental licensing.

Keywords: Water footprint. Virtual water. Environmental licensing. Hydrographic basin.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação esquemática da bacia hidrográfica e localização da área de estudo	28
Figura 2 - Projeto básico do sítio urbano de Londrina	29
Figura 3 - Núcleos de formação da cidade de Cambé	31
Figura 4 – Bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé e seus afluentes	32
Figura 5 – Dinâmica de ocupação do espaço na bacia hidrográfica do ribeirão Cambé	33
Figura 6 – Zoneamento na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé	37
Figura 7 – Qualidade das águas do ribeirão Cambé – Método AIQA	39
Figura 8 - Regiões hidrográficas do Brasil	44
Figura 9 - Unidades hidrográficas do Paraná	46
Figura 10 - Áreas estratégicas de gestão (AEGs)	47
Figura 11 - Contribuição de diferentes categorias de consumo para a pegada hídrica global, com distinção entre a pegada interna e externa	60
Figura 12 – Pegada hídrica média por produto - exemplos	65
Figura 13 - Representação esquemática dos componentes de uma pegada hídrica	68
Figura 14 – O cálculo da pegada hídrica azul no caso da reciclagem e do reúso da água	71
Figura 15 – Fluxos de água virtual verde e azul do trigo (km³/ano)	74
Figura 16 – Nível de poluição da água por bacias hidrográficas relacionado às cargas de nitrogênio antropogênico para fontes difusas e pontuais. Período 2002-2010	77
Figura 17 – Esquema de cálculo da pegada hídrica de uma bacia hidrográfica	78
Figura 18 – As pegadas hídricas azul e verde em relação ao balanço hídrico de uma bacia hidrográfica	81
Figura 19 – Avaliação da pegada hídrica segundo a ISO 14046:2014	84
Figura 20 - Fases na avaliação da pegada hídrica	85
Figura 21 - Sinopse por setores IBGE – pessoas residentes	90
Figura 22 - Dados detalhados dos setores censitários – pessoas residentes por setor	91
Figura 23 - Setores censitários existentes na bacia hidrográfica	92
Figura 24 - Aquisição alimentar domiciliar per capita anual no Estado do Paraná	96
Figura 25 - Calculadora da pegada hídrica estendida	100
Figura 26 - Bairros que compõe a bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé	104

Figura 27 - Poços tubulares profundos outorgados na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé.....	111
Figura 28 - Produção da aquicultura no Brasil.....	114
Figura 29 - Localização das estações de tratamento de esgoto em Londrina.....	121
Figura 30 - Avaliação da sustentabilidade da pegada hídrica dentro de uma bacia hidrográfica.....	132
Figura 31 - Percentuais relacionados aos processos de consumo e poluição avaliados na área.....	133
Figura 32 - Apropriação da água doce na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé segundo os usos.....	134
Figura 33 - Principais alimentos consumidos anualmente em quilogramas per capita no Paraná	135
Figura 34 - Maiores pegadas hídricas dos alimentos consumidos anualmente no Paraná..	136
Figura 35 - Pegada hídrica do consumo de alimentos na bacia hidrográfica avaliada.....	137
Figura 36 - Pegada hídrica por grupo de alimentos na bacia hidrográfica.....	138
Figura 37 - Pegada hídrica do saneamento.....	139
Figura 38 - Seções de controle no Baixo Tibagi.....	144
Figura 39 - Comparação entre a disponibilidade de água e a pegada hídrica nas áreas avaliadas.....	145
Figura 40 - Análise comparativa entre o volume de perdas do sistema Tibagi e a pegada hídrica do abastecimento de água na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé por sistemas subterrâneos.....	150
Figura 41 - Recursos hídricos e energéticos usados para quantificar a pegada hídrica total das áreas urbanas nos EUA.....	154
Figura 42 - Comparativo entre os valores brutos e com a maior restrição legal para as pegadas hídricas cinzas da BHU do ribeirão Cambé, La Paz, Quito e Lima.....	156
Figura 43 - Questionário básico (IBGE) com o endereço hidrográfico.....	168
Figura 44 - Questionário amostra (IBGE) com o endereço hidrográfico.....	169
Figura 45 - Categorias de Informação – FCA/IBAMA com o endereço hidrográfico.....	173
Figura 46 - Diagrama de pacotes de categorias de informação da Estrutura de Dados Geoespaciais Vetoriais – EDGV, homologada pela Concar.....	174

Figura 47 – Proposta de inclusão do endereço hidrográfico na identificação do imóvel – SGA.....	185
Figura 48 – Proposta de contribuição das diferentes categorias de consumo e poluição para a pegada hídrica residencial.....	189
Figura 49 - Proposta de contribuição das diferentes categorias de consumo e poluição para a pegada hídrica em atividades comerciais, de serviços e institucionais.....	192
Figura 50 – Proposta de contribuição das diferentes categorias de consumo e poluição para a pegada hídrica em atividades industriais.....	194

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais áreas verdes no médio curso do ribeirão Cambé.....	35
Tabela 2 – Uso do solo no Baixo Tibagi: restrições e oportunidades.....	48
Tabela 3 – Proporção de demandas hídricas por tipo de uso no Baixo Tibagi.....	48
Tabela 4 – Demandas hídricas na Barra do Ribeirão Três Bocas.....	50
Tabela 5 – Monitoramento qualitativo na Barra do Ribeirão Três Bocas e enquadramento	51
Tabela 6 – Contribuição de diferentes produtos agrícolas na pegada hídrica.....	61
Tabela 7 – Composição da pegada hídrica em alguns países.....	63
Tabela 8 – Explicação espaço-temporal na contabilização da pegada hídrica.....	66
Tabela 9 – Pesos aproximados dos alimentos.....	101
Tabela 10 – População residente na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé.....	103
Tabela 11 – Outorgas de captação e Cadastros de usuários de captações dispensados de outorga – Cambé, Londrina e Paraná.....	105
Tabela 12 – Outorgas de captação e Cadastros de usuários de captações dispensados de outorga na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé.....	106
Tabela 13 – Vazão outorgada dos poços tubulares profundos na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé.....	107
Tabela 14 – Consumo e produção de pescados através da aquicultura e extrativismo.....	115
Tabela 15 – Pegada hídrica anual dos alimentos na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé.....	116
Tabela 16 – Outorgas de lançamento de efluentes e Cadastros de usuários de lançamento de efluentes dispensados de outorga – Cambé, Londrina e Paraná.....	120
Tabela 17 – Concentrações de qualidade de efluente para lançamento – Confepar	120
Tabela 18 – Dados gerais do ponto de lançamento efluentes – Confepar	120
Tabela 19 – ETE São Lourenço – Dados de carga e vazão do efluente.....	122
Tabela 20 – ETE Sul – Dados de carga e vazão do efluente.....	122
Tabela 21 – Pegada hídrica das principais usinas hidrelétricas no Brasil, segundo metodologia da "PH Bruta" e "PH Líquida"	127
Tabela 22 – Pegada hídrica da bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé.....	129
Tabela 23 – Pegada hídrica da bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé por habitante, segundo os principais processos.....	129

Tabela 24 – Média da pegada hídrica por habitante segundo a calculadora estendida.....	130
Tabela 25 – Média da pegada hídrica por bairro (m ³ /ano)	130
Tabela 26 – Pegada hídrica do abastecimento de água na bacia hidrográfica urbana (m ³ /ano)	134
Tabela 27 – Pontos de análise e relação da carga poluente com o enquadramento legal.....	141
Tabela 28 – Análise comparativa entre a disponibilidade de água na Barra do Ribeirão Três Bocas e a pegada hídrica na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé.....	146
Tabela 29 – Análise comparativa entre as áreas e a população com o nível de risco na Barra do Ribeirão Três Bocas (Resolução CONAMA 357/2005).....	147
Tabela 30 – Volume de perdas de água na bacia hidrográfica – Sistema Tibagi.....	149
Tabela 31 – Áreas analisadas e normativa legal.....	155
Tabela 32 – Participação dos alimentos na pegada hídrica para a BHU do ribeirão Cambé, Fortaleza e Recife.....	158
Tabela 33 - Média da pegada hídrica do consumo de alimentos (m ³ /ano) e percentuais dos principais alimentos consumidos por bairro.....	163
Tabela 34 – Empreendimentos e atividades com competência de licenciamento pelo IBAMA	171
Tabela 35 – Atividades comerciais, de serviços e institucionais licenciadas pelo Município	190

LISTA DE ABREVIASÕES E SIGLAS

AA	Autorização Ambiental.
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
AEGs	Áreas Estratégicas de Gestão.
AF	Autorização Florestal.
ANA	Agência Nacional de Águas.
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica.
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
AQUASTAT	Sistema Global de Informação sobre Água e Agricultura.
BH	Bacia Hidrográfica.
BHU	Bacia Hidrográfica Urbana.
BHURC	Bacia Hidrográfica Urbana do Ribeirão Cambé.
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica.
CCS	Cadastro de Empreendimentos Comerciais e de Serviços.
CEI	Cadastro de Empreendimentos Industriais.
CEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente.
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos.
CMTU	Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização de Londrina.
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
CO₂	Dióxido de Carbono.
COD	Cadastro Simplificado para Obras Diversas.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
CONSEMMA	Conselho Municipal do Meio Ambiente de Londrina.
COPATI	Consórcio Intermunicipal para a Proteção Ambiental do Rio Tibagi.
CTNP	Companhia de Terras Norte do Paraná.
CTPNRH	Câmara Técnica do Plano Nacional de Recursos Hídricos.
DBO_{5,20}	Demanda Bioquímica de Oxigênio.
DILA	Declaração de Inexigibilidade de Licença Ambiental.
DLAE	Dispensa de Licenciamento Ambiental Estadual.
DLAM	Dispensa de Licenciamento Ambiental Municipal.
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica.

DPCA	Diretoria de Planejamento e Controle do Uso das Águas – AGUASPARANÁ.
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural.
EPE	Empresa de Pesquisa Energética.
ETA	Estação de Tratamento de Água.
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto.
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura.
FCA	Ficha de Caracterização de Atividade.
IAP	Instituto Ambiental do Paraná.
IAT	Instituto Água e Terra.
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais.
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano.
ISO	Organização Internacional para Padronização.
ITCG	Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná.
LAF	Licenciamento Ambiental Federal.
LAS	Licença Ambiental Simplificada.
LP	Licença Prévia.
LI	Licença de Instalação.
LO	Licença de Operação.
MMA	Ministério do Meio Ambiente.
NBR	Norma Técnica.
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico.
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.
OMC	Organização Mundial do Comércio.
ONU	Organização das Nações Unidas.
PC-TAS	Banco de dados da UNCTAD - Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento.
PDA	Personal Digital Assistant.
PH	Pegada Hídrica.
PLERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos.

PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico.
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos.
POF	Pesquisa de Orçamentos FaCTASmiliares.
PRDE	Área Prioritária de Modernização Socioeconômica.
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais.
PUC	Pontifícia Universidade Católica do Paraná.
RAH	Requerimento para Aproveitamento Hidrelétrico.
RCA	Requerimento para Captação.
RIO	Requerimento para Intervenções e Obras.
RLE	Requerimento para Lançamento de Efluentes.
RUIO	Requerimento para Cadastro de Uso Independente de Outorga.
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná.
SEDEST	Secretaria do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo.
SEI	Sistema Eletrônico de Informações.
SEMA	Secretaria Estadual do Meio Ambiente.
SGA	Sistema de Gestão Ambiental.
SINAFLOR	Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais.
SUDERHSA	Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
UEL	Universidade Estadual de Londrina.
UNCTAD	Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento.
VAF	Valor Adicionado Fiscal.
WTO	Organização Mundial do Comércio.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	21
OBJETIVOS	26
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
JUSTIFICATIVA	26
1. CENÁRIOS DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA	27
1.1 A OCUPAÇÃO HISTÓRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO CAMBÉ	27
1.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS NO CONTEXTO TÉCNICO E LEGISLATIVO NO BRASIL.....	40
1.3 APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE BACIA HIDROGRÁFICA E DO QUADRO NORMATIVO NA ÁREA EM ESTUDO.....	45
2. DEFINIÇÕES E COMPONENTES DA PEGADA HÍDRICA	55
2.1 ÁGUA VIRTUAL: UMA NOVA PERSPECTIVA PARA OS RECURSOS HÍDRICOS	55
2.2 A PEGADA HÍDRICA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO	58
2.3 PEGADA HÍDRICA AZUL, VERDE E CINZA	67
2.4 PEGADA HÍDRICA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS	77
2.5 NORMATIZAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA: ISO 14046:2014.....	82
3. CONTABILIZAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA	85
3.1 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS	85
3.1.1 O cálculo da População em uma Bacia Hidrográfica Urbana	88
3.1.2 Cálculo do Abastecimento de Água	93
3.1.3 Cálculo do Consumo de Alimentos	94
3.1.4 Cálculo do Saneamento	97
3.1.5 Cálculo da Energia Elétrica	99
3.2 CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA DOS CONSUMIDORES DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	99
4. RESULTADOS DA CONTABILIZAÇÃO	102
4.1 POPULAÇÃO RESIDENTE NA BACIA HIDROGRÁFICA.....	102
4.2 PEGADA HÍDRICA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA	105

4.3 PEGADA HÍDRICA DOS ALIMENTOS.....	112
4.4 PEGADA HÍDRICA DO SANEAMENTO	119
4.5 PEGADA HÍDRICA DA ENERGIA ELÉTRICA	126
4.6 PEGADA HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DO RIBEIRÃO CAMBÉ.....	128
4.7 PEGADA HÍDRICA DOS CONSUMIDORES DA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA	130
5. AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DA PEGADA HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DO RIBEIRÃO CAMBÉ.....	132
5.1 APROPRIAÇÃO DA ÁGUA DOCE E OS CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE.....	133
5.2 COMPARAÇÃO ENTRE A DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA COM A PEGADA HÍDRICA DA BACIA.....	143
5.3 CENÁRIOS PARA AS PEGADAS HÍDRICAS URBANAS	150
5.4 ANÁLISE DA PEGADA HÍDRICA DOS CONSUMIDORES.....	160
6. EXPLORAÇÕES NA APLICAÇÃO DE UM MODELO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: água virtual e pegada hídrica em bacias hidrográficas urbanas	165
6.1 O RECORTE ESPACIAL DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	166
6.2 A INCLUSÃO DA ÁGUA VIRTUAL E DA PEGADA HÍDRICA NOS LICENCIAMENTOS AMBIENTAIS	169
6.2.1 Licenciamento Ambiental Federal.....	170
6.2.2 Licenciamento Ambiental Estadual	174
6.2.3 Licenciamento Ambiental Municipal	182
6.3 O LICENCIAMENTO AMBIENTAL COMO INSTRUMENTO PARA AS ANÁLISES DE PEGADA HÍDRICA E ÁGUA VIRTUAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: PROPOSTA DE GESTÃO ...	184
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	196
REFERÊNCIAS.....	201
APÊNDICES	217
APÊNDICE A – Pessoas residentes por setores censitários na bacia hidrográfica do ribeirão Cambé – Londrina/PR.....	217
ANEXOS.....	223

ANEXO A – Calculadora Estendida da Pegada Hídrica.....	223
ANEXO B – Cadastro de Empreendimentos Industriais (CEI).....	226
ANEXO C – Cadastro de Empreendimentos Comerciais e de Serviços (CCS).....	228
ANEXO D – Cadastro Simplificado para Obras Diversas (COD).....	230

INTRODUÇÃO

Sendo o recurso essencial à vida no planeta, a água tem sido utilizada de forma inadequada desde as primeiras civilizações, quando grande parte das cidades se localizavam junto aos vales de rios e córregos, que as delimitavam e, embora servissem como meio de transporte de produtos e matérias-primas, abastecimento e produção de alimentos, também eram utilizadas para o descarte de esgoto doméstico e resíduos sólidos.

Regiões da Mesopotâmia, Egito, Mediterrâneo, Extremo Oriente e várias cidades europeias da Idade Média foram recortadas pelas águas, um padrão estabelecido até as metrópoles contemporâneas. Atualmente, os fatores antrópicos que interferem diretamente na qualidade e quantidade de água disponível, especialmente para consumo humano, são decorrentes da forma de uso e ocupação do meio físico nas áreas rurais e das atividades socioeconômicas desenvolvidas primordialmente nos espaços urbanos.

Não há dados precisos sobre o percentual de água contaminada no planeta. Estudos apontam que dos aproximados 2,5% de água doce disponível em fontes superficiais e subterrâneas, um grande percentual encontra-se sem condições de uso, principalmente em decorrência da poluição, somada à escassez, que vem sofrendo aceleração frente ao aumento da população mundial e ao uso inadequado dos recursos hídricos disponíveis, seja nas atividades agropecuárias, industriais ou domésticas.

Manter a oferta de água e garantir a segurança alimentar da população nos próximos anos é o grande desafio da humanidade, considerando o aumento contínuo do consumo, a superexploração das reservas subterrâneas e as alterações climáticas, sendo necessária a adoção de modelos de gerenciamento e monitoramento de forma rápida e contínua, com a utilização de ferramentas que ampliem a discussão sobre a gestão da água entre os diversos tipos de usuários.

Neste sentido, os conceitos de água virtual e pegada hídrica apresentam reflexões únicas, direcionadas aos diferentes setores da sociedade por meio de uma nova perspectiva de consumo e poluição que demonstra os volumes de água por tipo de fonte, inseridos na produção de bens e serviços, além dos volumes necessários para tornar um poluente inócuo, contribuindo com uma contextualização contemporânea sobre as práticas de governança ambientais hídricas.

O conceito de água virtual foi formalizado no início da década de 90, enquanto a pegada hídrica foi introduzida em 2002 onde as análises são elaboradas sob a perspectiva geográfica e temporal, com a utilização de indicadores que permitem representar os impactos das atividades humanas sobre os recursos hídricos e a avaliação do consumo direto e indireto da água de uma pessoa, de uma determinada parcela da população, de um território, de um país,

de um estado, de uma bacia hidrográfica, de uma indústria ou de um produto, seja primário ou originado na linha de produção de uma fábrica.

É um método de avaliação que se difere por separar e classificar a água doce de acordo com sua fonte e impacto, definida como *Blue Water* ou Água Azul que é a água consumida diretamente e oriunda dos corpos hídricos superficiais ou subterrâneos; *Green Water* ou Água Verde, definida como a quantidade de precipitação que fica armazenada no solo, ou seja, não sofre escoamento superficial e não abastece os lençóis freáticos tendo como principal fim o consumo pelas plantas; *Grey Water* ou Água Cinza que é a quantidade de água necessária para diluir ou assimilar a carga de poluentes gerada em processos antrópicos. Agrega não só o consumo de água por habitante, mas traz o conceito de água virtual e estabelece a conexão com a poluição através da análise da água cinza, podendo ser aplicada em todas as categorias de uso do solo, cadeias de produção, de tratamento e de abastecimento (Hoekstra, et al., 2011). Diante desta abordagem é possível verificar a demanda de água ou total de consumo e poluição decorrente destes usos, relacionando-os com os hábitos de pessoas, comunidades ou territórios, frente à nova economia global que fornece bens e serviços, muitas vezes efêmeros, e às transições sociais, como as migrações e a intensa urbanização mundial.

Dentre as várias aplicações desta ferramenta, é possível verificar se as atividades humanas extrapolam as demandas de água ou os padrões de qualidade em determinados períodos em áreas delimitadas pelas bacias hidrográficas e avaliar o consumo por tipos de uso e ocupação do solo em porções urbanas, florestadas, de pastagens e de cultivos agrícolas por exemplo, e compará-los com outras pegadas, como as regionais e nacionais, tendo como objetivo final o conhecimento da pegada hídrica na bacia hidrográfica estudada, a sustentabilidade temporal e a proposição de medidas para uma gestão compatível com as demandas atuais e futuras. O conceito apresenta uma ampla abordagem na relação de consumo do homem com a água, pois embora a água esteja circulando constantemente por meio do ciclo hidrológico, a disponibilidade limita-se em decorrência do tempo necessário para a complementação do ciclo, uma vez que está sujeita às taxas de reposição anual, além da importação e exportação de insumos e produtos, responsáveis pela migração da água virtual entre diferentes territórios.

Uma crescente população urbana cria uma significativa demanda por grandes fluxos de água, alimentos, combustíveis, eletricidade e outros bens processados no consumo diário por esse tipo de recurso e consequentemente, emissão de CO₂, resíduos sólidos e efluentes líquidos nestes ambientes em um espaço territorial reduzido. Analisar a cidade e as bacias hidrográficas urbanas como um ecossistema único, em uma escala de alta resolução

espacial, diante da entrada e saída de fluxos incorporados em fontes diretas e indiretas de água, fornece os meios de alcançar a equidade na distribuição global de água, utilizando-se da análise de exportações e importações de produtos em face do stress hídrico de determinada localidade, as águas residuais e o ciclo urbano da água.

Desta forma, a bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé apresenta o cenário ideal para a avaliação da pegada hídrica por abranger a parte centro-sul da área urbana da cidade de Londrina e uma pequena porção do território urbanizado da porção leste da cidade de Cambé. A cidade de Londrina desenvolveu-se inicialmente sobre o espião de três bacias hidrográficas: ribeirão Cambé, ribeirão Quati e ribeirão Água das Pedras, enquanto no Município de Cambé, a urbanização ocorreu no platô dos ribeirões Vermelho e Cafezal. Com o rápido crescimento e o desenvolvimento destas áreas urbanas, sobretudo a partir da década de 50, quando a erradicação da cafeicultura e a implantação de culturas rotativas provocou uma migração que se estendeu pelas décadas seguintes, um grande contingente populacional transferiu-se das propriedades rurais para estas cidades e passou a ocupar não só as vertentes destas bacias hidrográficas, mas estendeu-se em direção às vertentes das bacias hidrográficas dos ribeirões Lindóia e Jacutinga.

A qualidade do ambiente foi afetada negativamente pela mudança no uso do solo destas bacias hidrográficas e no decorrer da urbanização, extensas áreas situadas principalmente nas bacias dos ribeirões Quati e Cambé, surgiram como reserva do mercado imobiliário e permaneceram ociosas até meados da década de 90, quando se deu início a sua apropriação. A bacia hidrográfica do ribeirão Cambé abriga parte do centro histórico e bairros consolidados desde a fundação da cidade de Londrina, áreas em expansão urbana contemporâneas, fundos de vale, áreas de lazer, lagos artificiais, importantes vias de circulação e uma alta densidade demográfica, possuindo características essenciais ao desenvolvimento do trabalho pretendido.

Utilizando-se deste recorte espacial, foi elaborada a contabilização da pegada hídrica da bacia utilizando-se da análise de dados relativos aos principais processos locais de consumo e poluição hídricos: abastecimento, alimentos, saneamento e energia, e avaliada a sustentabilidade hídrica, com o objetivo de sugerir o monitoramento e a adoção de práticas e políticas de gestão ambiental locais para a redução da pegada hídrica, fundamentado na conexão água-alimentos-energia.

Foi definida a metodologia proposta por Hoekstra, et al. (2011) para a análise da pegada hídrica em bacias hidrográficas por meio de quatro fases de avaliação: definição de metas e escopo, contabilização da pegada hídrica, avaliação da sustentabilidade e formulação de respostas. De forma complementar, a contabilização foi apoiada nos estudos de Chini, Konar

e Stillwell (2016) que representam a possibilidade da elaboração dos cálculos frente aos desafios da ausência de dados em recortes geográficos e temporais de espaços urbanizados; e na investigação de Vieira e Sousa Júnior (2015), que infere os cálculos de avaliação das cargas poluentes totais tratadas em ETEs e pontos de lançamento de efluentes industriais. Buscou-se aplicar o método por meio da análise de uma unidade territorial legitimada, orientando-se pela divisão administrativa do IBGE, que disponibiliza o número das pessoas residentes por setor censitário, combinado com a delimitação física da bacia hidrográfica, para a elaboração do cálculo da população residente na bacia hidrográfica urbana.

No primeiro capítulo foi apresentada a localização da bacia hidrográfica inserida no contexto histórico de ocupação do solo no norte do Paraná e os impactos ambientais oriundos da expansão urbana neste ambiente fisiográfico, evidenciando as normas legais impostas para os sistemas de gerenciamento dos recursos hídricos nas esferas de análise federal, estadual e municipal. O capítulo aborda ainda as divisões das regiões hidrográficas brasileiras, as áreas estratégicas de gestão estadual e as redes de monitoramento qualitativo e quantitativo com cenários de demandas hídricas por tipo de uso do solo.

O capítulo seguinte trata da origem dos conceitos da água virtual e da pegada hídrica, seus componentes e formas de aplicação em bacias hidrográficas, buscando o referencial teórico para as questões analisadas. Discorre sobre as contribuições das análises ampliadas sob a ótica da água incorporada em produtos de exportação e a segurança hídrica, devendo constituir-se em um fator estratégico nas negociações comerciais futuras, considerando a importância dos valores sociais, ecológicos, culturais e políticos da água. Traz a pegada hídrica como uma ferramenta de análise da apropriação da água doce para a produção de bens de consumo e serviços, sob as variáveis espacial e temporal, com a investigação representativa da água azul, verde e cinza e indica a normatização existente no país sobre o tema, representada pela ISO 14046:2014.

O terceiro capítulo indica os materiais e métodos utilizados nos levantamentos de informações para o cálculo estimado da população residente na bacia hidrográfica utilizando-se a sinopse dos setores censitários; para as fontes de abastecimento de água dos sistemas de captação subterrâneos via outorgas de captação e captações dispensadas de outorgas; para a investigação do consumo de alimentos representada pelo POF/IBGE; para o saneamento através da avaliação das cargas poluentes após tratamento nas ETEs e pontos de lançamento de efluentes outorgados no Águas Paraná; e para a energia elétrica originada de fonte hidrelétrica.

Os resultados da pegada hídrica para a bacia hidrográfica e por habitante residente, em volume de água anual consumida por tipo de uso e poluição em cada processo avaliado,

foram representados em razão dos setores censitários incluídos no recorte territorial físico. Este capítulo apresenta também os resultados da pegada hídrica calculada para os consumidores da bacia por meio da aplicação da Calculadora Estendida em entrevistas individualizadas.

De posse dos resultados, o quinto capítulo estabelece interpretações acerca da sustentabilidade da bacia hidrográfica urbana e a apropriação da água doce de acordo com cada processo de consumo e poluição avaliados em razão da disponibilidade hídrica e atribui os valores de entrada de água nos sistemas de abastecimento superficial provenientes de outras bacias e perdas no sistema de distribuição. Traça um paralelo de análise para cenários de pegadas hídricas urbanas com estudos realizados em cidades europeias, asiáticas, americanas, latinas e brasileiras, resguardado o recorte espacial e aponta a relação da pegada hídrica dos consumidores da bacia com o consumo nacional, a renda, a apropriação direta e indireta da água e os hábitos alimentares.

As confrontações entre a pegada hídrica da bacia hidrográfica analisada com os estudos realizados em áreas urbanas, na perspectiva do consumo e poluição direto e virtual, forneceram informações valiosas para as propostas de manejo integrado dos recursos hídricos organizado no sexto capítulo, que discorre sobre a proposta de inclusão do endereço hidrográfico na base de dados do IBGE, preenchendo uma lacuna existente entre a legislação ambiental e os estudos que referendam as bacias hidrográficas como os espaços físicos naturais de análise, planejamento e gestão dos recursos econômicos e as questões sociais, culturais, ambientais e tecnológicas e a aplicação prática deste conceito no Brasil. Propõe também um modelo de gestão local por meio da adoção de informações relativas ao consumo e poluição direto e indireto da água nas plataformas e processos de alvará de funcionamento, licenciamentos e autorizações ambientais existentes, utilizando a contribuição das diferentes categorias de consumo e poluição para o reconhecimento da pegada hídrica residencial, das atividades comerciais, de serviços, institucionais e industriais em bacias hidrográficas urbanas.

Observou-se, portanto, uma necessidade urgente de se voltar a atenção para o uso responsável e sustentável da água, com o objetivo de amenizar o consumo e a poluição para se atingir a redução da pegada hídrica.

OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo principal apresentar um modelo de aplicação da pegada hídrica em bacias hidrográficas urbanas de pequena extensão, visando o monitoramento do impacto humano sobre os recursos hídricos e a possibilidade de redução no consumo e na poluição.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Propor a implantação de uma ferramenta de gestão ambiental voltada para os recursos hídricos urbanos.
- Identificar a pegada hídrica direta e indireta dos principais processos em uma bacia hidrográfica urbana.
- Analisar a sustentabilidade da pegada hídrica na bacia.
- Apresentar a viabilidade da pegada hídrica como variável para a gestão ambiental.
- Fornecer uma nova visão dos seus hábitos de consumo por meio da interação/reconhecimento da água virtual.

JUSTIFICATIVA

A pesquisa justifica-se pela necessidade de compreender a utilização dos recursos hídricos pela sociedade contemporânea, frente a hábitos de consumo momentâneos com a singularidade da percepção sobre o consumo indireto da água. Buscou-se aplicar o método por meio de um recorte físico em uma área urbana, conforme entendimento das várias áreas do conhecimento ambiental e estabelecido pela legislação recente, obtendo-se sua legitimidade no contexto abordado.

1. CENÁRIOS DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA

Os sítios urbanos dos municípios de Londrina e Cambé tiveram sua origem na bacia hidrográfica do ribeirão Cambé resultando em um rápido crescimento espacial, com predomínio de ocupação residencial, configurando-se como um importante local de análise para o uso direto e indireto da água e para a investigação da legislação aplicável neste recorte espacial, objetivando o desenvolvimento de políticas governamentais para o uso racional dos recursos hídricos.

1.1 A OCUPAÇÃO HISTÓRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO CAMBÉ

Com uma área de 77,20km² e o curso d’água principal com 25Km de extensão (ARAÚJO, 2004, p. 15) a bacia hidrográfica do ribeirão Cambé está inserida em dois municípios norte paranaenses: Londrina e Cambé. Possui a primeira área de nascentes no atual trevo entre as rodovias PR 445 e BR 369, com coordenadas de 23°17'10,78"S e 51°14'01,01"O e a foz no ribeirão Três Bocas (23°22'14,32"S e 51°03'21,30"O). É delimitada por espiões alongados que acompanham basicamente as rodovias acima mencionadas nas zonas urbanas e as estradas de acesso, nas zonas rurais (Figura 1).

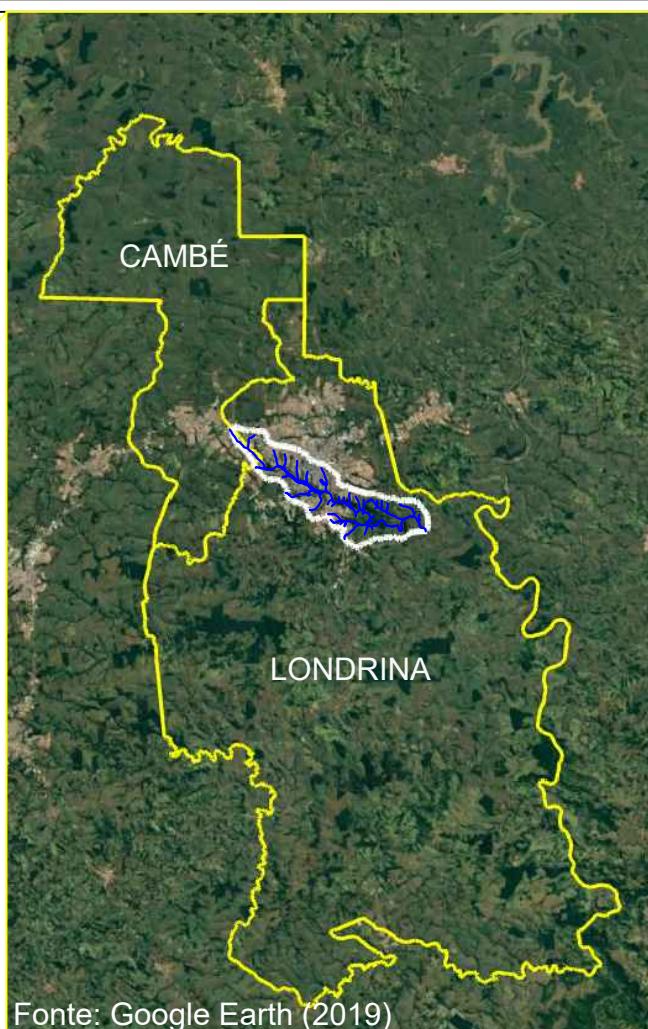
O desenvolvimento histórico dos municípios de Londrina e Cambé originou-se no modelo de colonização implantado pela Companhia de Terras Norte do Paraná – CTNP, que consistia na divisão das terras em núcleos urbanos e lotes rurais, com áreas entre 10 e 20 alqueires com o objetivo de atrair principalmente cafeicultores para a região.

Londrina foi fundada em 1929 para ser a sede deste empreendimento imobiliário e colonizador inglês e elevada à categoria de município em 1934, enquanto Cambé enquadrou-se inicialmente como polo de produção intermediário, com o nome de Nova Dantzig, sendo transformado em Município no ano de 1947 (BARROS, et al., 2008).

Enquanto nos núcleos urbanos, os lotes eram divididos entre residenciais e comerciais, nas áreas rurais possuíam, a rigor, frente para estradas e fundo para os cursos d’água, garantindo o acesso e a infraestrutura para o desenvolvimento das lavouras e o escoamento das safras.



Fonte: Google Earth (2019)



Fonte: Google Earth (2019)

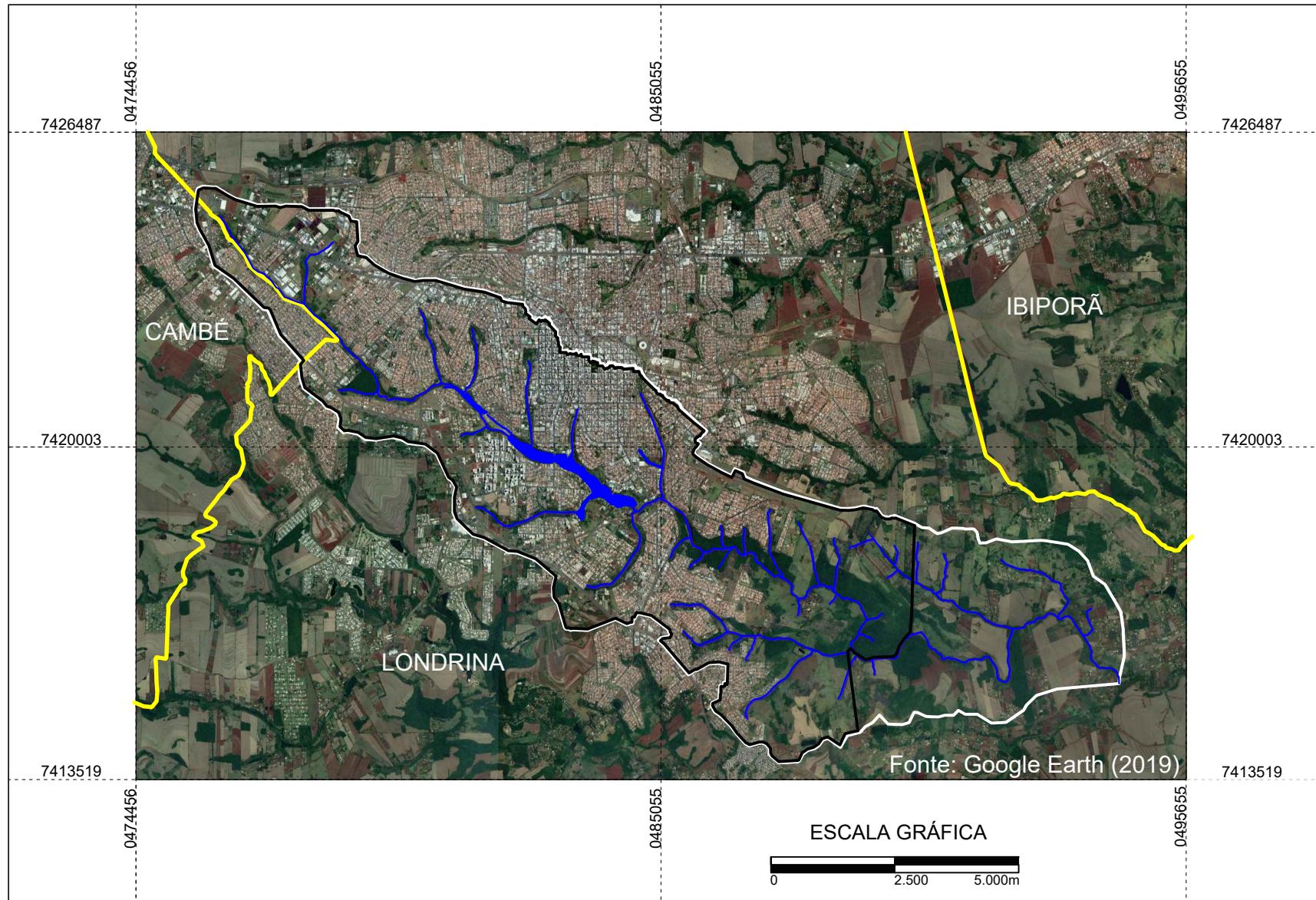


FIGURA 01: REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA BACIA HIDROGRÁFICA LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

LEGENDA

- LIMITE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO CAMBÉ
- LIMITE DA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DO RIBEIRÃO CAMBÉ
- LIMITE ENTRE MUNICÍPIOS
- LAGOS
- CURSOS D'ÁGUA

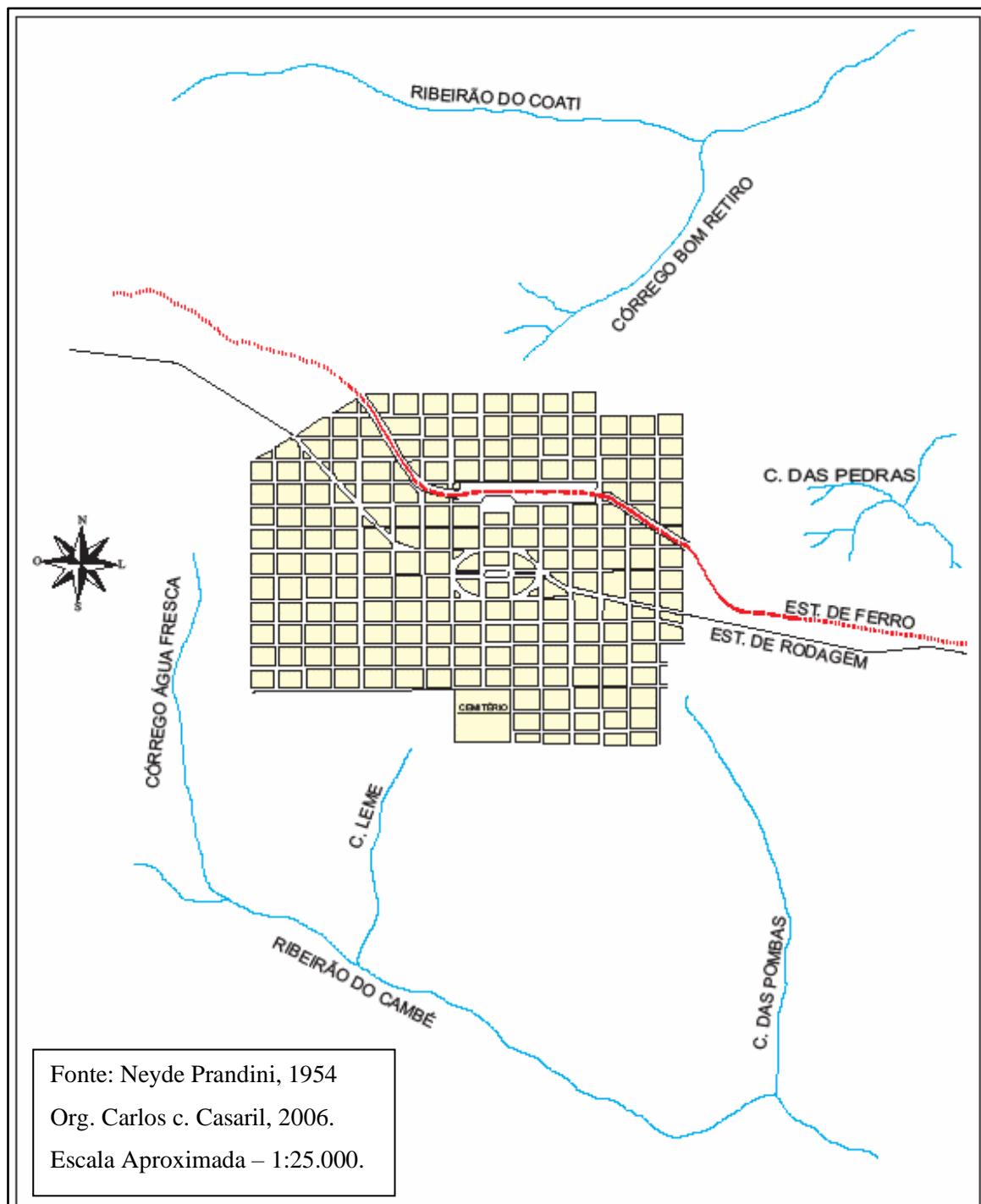
SISTEMA DE COORDENADAS
COORDENADAS PLANAS, SISTEMA UTM
DATUM HORIZONTAL - SAD 69



ELABORADO POR MICHEL IURI CAETANO
ORGANIZADO POR MARCIA R. L. ARANTES
FONTE: SIGLON/PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE LONDRINA, 2019; GOOGLE EARTH, 2019.

A origem da ocupação das terras nos dois municípios também dá início ao uso do solo na bacia hidrográfica do ribeirão Cambé. Os ingleses dispuseram a delimitação original da cidade de Londrina no espião que dividia as bacias hidrográficas dos ribeirões Cambé e Lindóia. A divisão seguiu uma definição cartesiana de quadras com aproximadamente 100 metros e iniciou-se ainda na década de 30, em concordância com o observado na figura 2.

Figura 2 – Projeto básico do sítio urbano de Londrina



Fonte: Casaril (2009, p. 68)

A expansão urbana ao longo das décadas concentrou-se inicialmente na vertente esquerda do ribeirão Cambé, acompanhando o núcleo de origem. A ocupação da vertente direita, na direção sul, teve impulso nas décadas de 60 e 70 com a implantação de vários bairros como o Jardim Bela Suíça, Tucanos, Guanabara, Piza, Cafetal, Inglaterra, Universidade, dentre outros. Em meados da década de 1990 e especialmente a partir dos anos 2000, a urbanização na vertente direita intensifica-se, dando origem a novos bairros com a ocupação da Gleba Palhano. Neste sentido (GONÇALVES, 2008, p. 30) enfatiza que

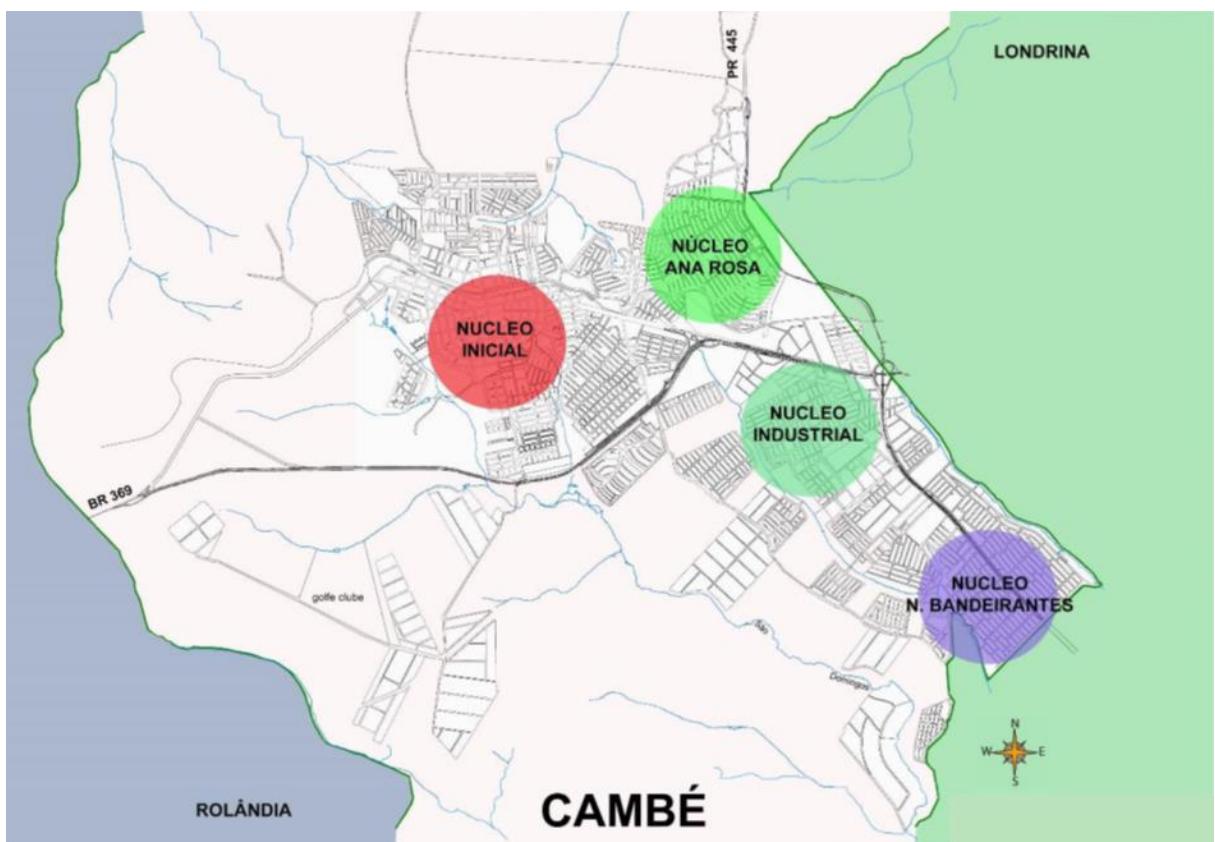
[...] a partir de 1990, são lançados empreendimentos de alto valor agregado em função da oferta de equipamentos para lazer como parte da estrutura de edifícios e condomínios. Toda essa forma de intensa e rápida ocupação trouxe uma série de problemas comprometendo principalmente a qualidade das águas.

No Município de Cambé, o modelo de ocupação implantado pelos ingleses também foi determinante para as transformações no uso do solo. A cidade desenvolveu-se no espigão entre as bacias hidrográficas do ribeirão Cafetal e do ribeirão Vermelho; e o trecho que compreende a bacia hidrográfica do ribeirão Cambé, localizada a sudeste da cidade, abriga bairros residenciais que tiveram ocupação iniciando-se na década de 70, quando a população rural migrou intensamente para as áreas urbanas, em decorrência da substituição dos cafezais por culturas mecanizadas: Conjunto Habitacional Manella, Jardim Monte Catini, Jardim Ana Eliza 1, Jardim Silvino 2, Jardim Riviera e Jardim Novo Bandeirantes 1.

Simcic (2001, p. 32-36) exemplifica que a ocupação deste espaço, denominado núcleo conurbado pelo Plano de Complementação Urbana de Cambé, elaborado em 1978 (Figura 3) foi espontâneo e anexou-se à região oeste de Londrina, isolado do núcleo de origem e desprovido de infraestrutura básica. Tinha como base a classe operária, que se deslocava do campo para trabalhar nas indústrias recém-instaladas do núcleo industrial.

O primeiro loteamento surgido no local foi o Jardim Novo Bandeirantes 1 e os lotes eram considerados, em sua metragem total, até os cursos d'água, ou seja, não havia o recuo das áreas de preservação permanente, embora o Código Florestal (Lei federal 4.771/65) já estivesse em vigor. As populações de baixa renda instalaram-se nestes lotes, devido ao valor reduzido em relação aos demais, comercializados no restante do loteamento. A ligação entre o núcleo conurbado e o núcleo de origem só ocorre com a construção da PR 445 em meados da década de 70 (SIMCIC, 2001).

Figura 3 - Núcleos de formação da cidade de Cambé



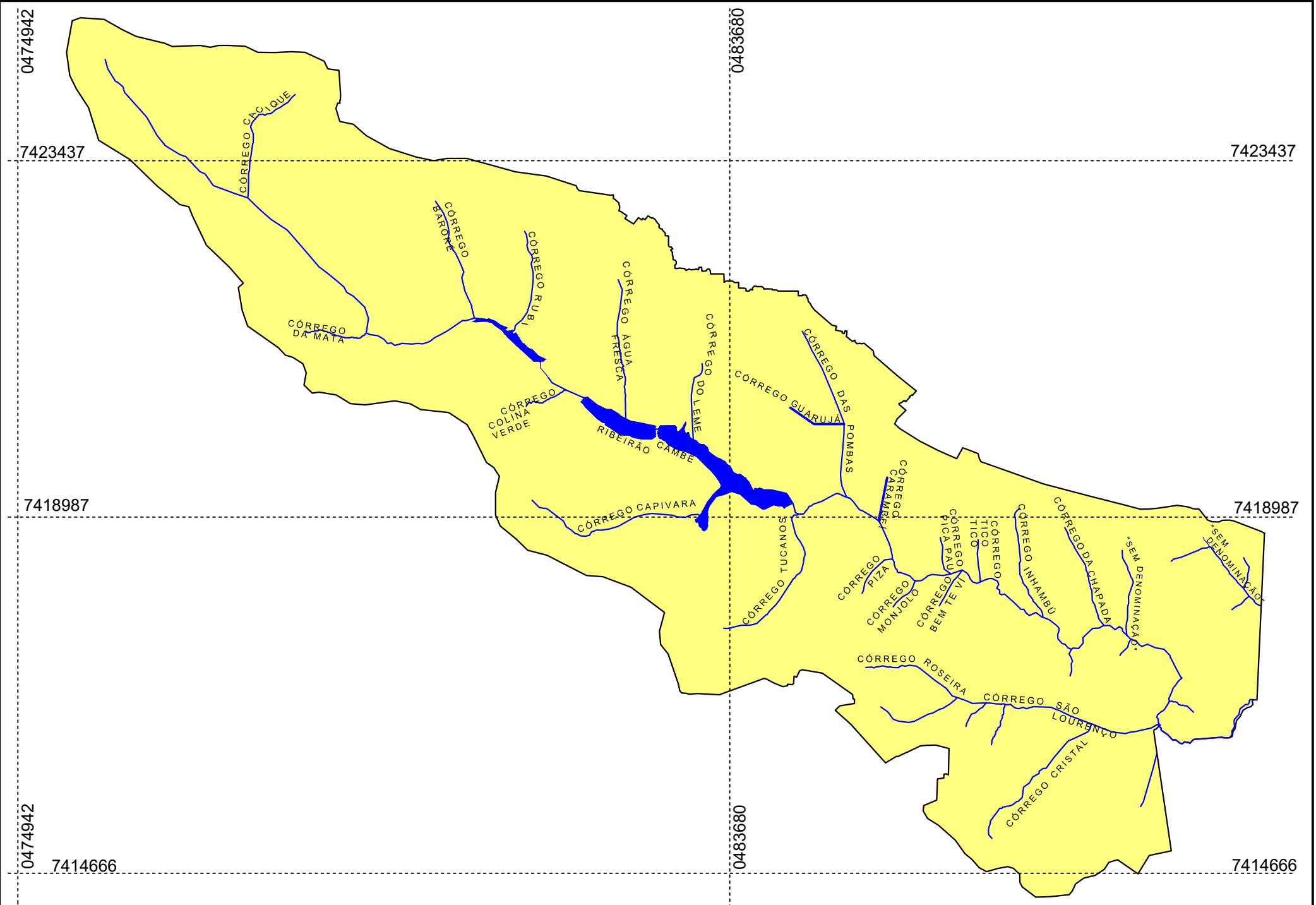
Fonte: Cambé (2017, p. 111)

Em conformidade com o exposto, o recorte definido para este trabalho compreende a bacia hidrográfica urbana, ou seja, a porção compreendida entre a área de nascentes localizada às margens do trevo da PR 445 com a BR 369, na divisa entre os municípios de Londrina e Cambé e a Foz do Córrego São Lourenço, no perímetro urbano do Município de Londrina (Figura 4). Nesta área, o ribeirão Cambé tem como afluentes diretos na margem direita: Córrego da Mata; Córrego Colina Verde; Córrego Capivara, Córrego dos Tucanos; Córrego Piza; Córrego Monjolo; Córrego Bem-te-vi; e Córrego São Lourenço, que tem como principais afluentes os Córregos Roseira e Cristal; além de outros cursos d’água de reduzida extensão não nomeados pelo poder público. Na margem esquerda os principais afluentes são: Córrego Cacique; Córrego Baroré; Córrego Rubi; Córrego Água Fresca; Córrego do Leme; Córrego das Pombas, com um afluente de primeira ordem denominado Córrego Guarujá; Córrego Carambeí; Córrego Pica-pau; Córrego Tico-tico; Córrego Inhambú; Córrego da Chapada; Córrego sem denominação, com nascente em lote urbano e foz no ribeirão Cambé; e outro Córrego sem denominação, também com nascente em lote urbano e foz no ribeirão Cambé (LONDrina, 2019).

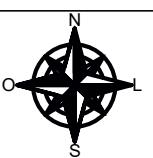
FIGURA 04: BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DO RIBEIRÃO CAMBÉ E SEUS AFLuentes

LEGENDA

- BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DO RIBEIRÃO CAMBÉ
- LAGOS
- CURSOS D'ÁGUA



SISTEMA DE COORDENADAS
COORDENADAS PLANAS, SISTEMA UTM
DATUM HORIZONTAL - SAD 69

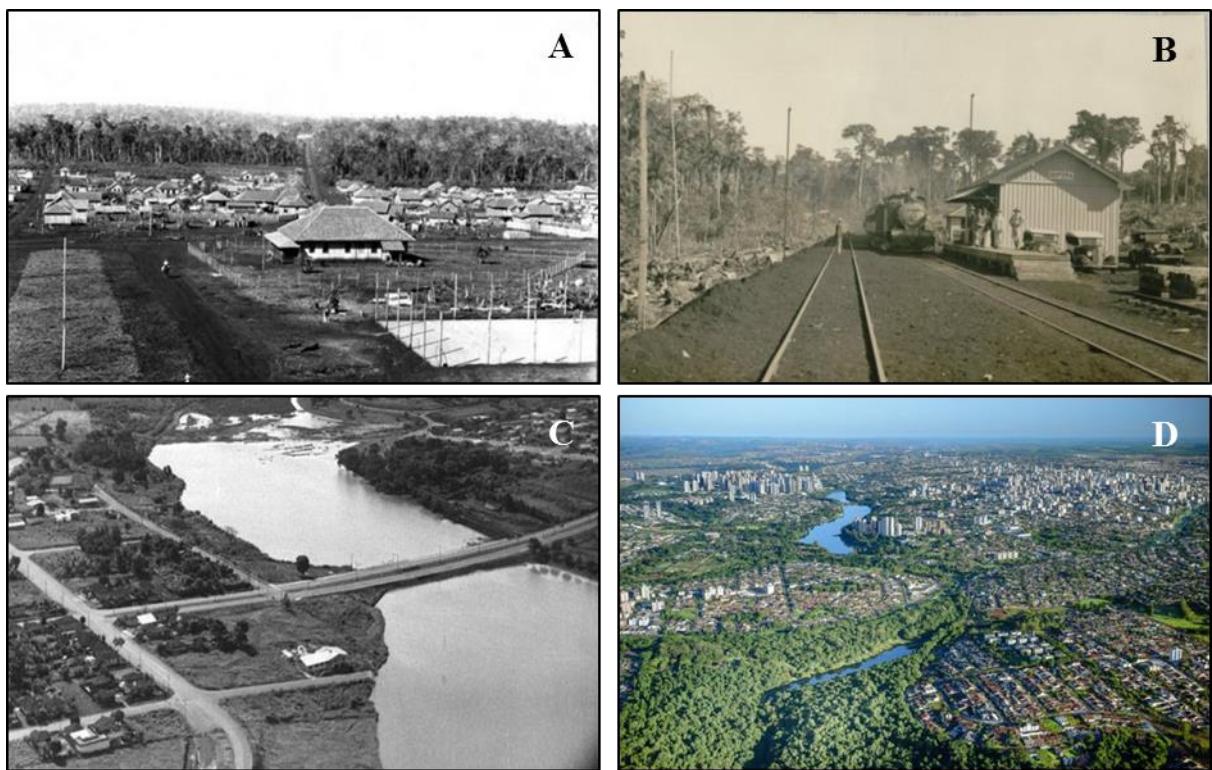


ESCALA GRÁFICA



O ambiente fisiográfico foi o suporte natural para a construção das cidades de Londrina e Cambé e o uso do solo na bacia hidrográfica do ribeirão Cambé apresenta atualmente uma multiplicidade de usos (residencial, comercial, industrial, público, etc) e consequentemente de demandas de água. O rápido crescimento espacial, resultante das transformações econômicas e migrações, com a implantação de núcleos industriais, áreas institucionais e de serviços e a expansão dos loteamentos residenciais, muitos desconectados do desenho urbano inicial proposto, atingiram também as áreas de preservação permanente que acompanham os cursos d'água. A figura 5 retrata o início da construção das cidades de Londrina (A) e Cambé (B) na década de 30 e uma comparação entre a apropriação do espaço urbano às margens do ribeirão Cambé, na altura da Av. Higienópolis (C) – logo após a construção dos lagos igapós, na década de 50 – com a panorâmica da bacia hidrográfica na segunda década do século XXI (D).

Figura 5 – Dinâmica de ocupação do espaço na bacia hidrográfica do ribeirão Cambé



Fonte: Farina (2013 - A, B, C); Vieira (2019 - D). Org.: a própria autora

Atualmente, o uso e ocupação do solo apresenta-se bastante diversificado. Na porção noroeste/superior da bacia, que compreende as áreas próximas às nascentes principais até a altura da Universidade Estadual de Londrina, os usos predominantes são industrial e residencial, com zonas comerciais acompanhando as vias arteriais e coletoras, como a Av.

Tiradentes, a Av. Arthur Thomas, a Rua Serra da Roraima e a Av. Serra da Esperança, além do eixo urbano da PR 445 e os fundos de vale e áreas de proteção ambiental que delimitam os principais cursos d'água, a exemplo da Mata dos Daher, que cobre as nascentes do Córrego da Mata.

Como expressivos consumidores de recursos hídricos, seja no consumo direto e indireto ou na necessidade de uma grande quantidade de água para diluição de poluentes, os destaques na porção superior da bacia são a Confepar Agro-Industrial Cooperativa Central, devido à atividade que engloba o processamento de leite em pó e “in natura”; os dois Campus Universitários compreendidos pela UEL e PUC; e o Cemitério Parque das Alamandas.

A área central da bacia hidrográfica é essencialmente residencial. Pode ser delimitada pelos Lagos Igapós – do Lago IV, formado após a foz do Córrego Baroré, até a barragem do Lago I, na zona sul da cidade e pelos eixos comerciais das Avenidas Tiradentes e Rodovia PR 445. Nesta porção central não há zoneamentos industriais e as demandas de água concentram-se nas zonas residenciais, comerciais e de prestadores de serviço. Ressalta-se nesta ocupação, a área compreendida pelo núcleo urbano original, com construções que remetem à década de 30, representadas pela Catedral Metropolitana, até a alta concentração da verticalização na região central e na Gleba Palhano, nesta última, especialmente a partir do ano de 2000.

A expansão físico-territorial na porção sudoeste destaca-se após a construção do Shopping Center Catuaí e consequente valorização da área de entorno, com a implantação sequencial de empreendimentos imobiliários destinados a uma parcela da população de alto poder aquisitivo. Fresca (2002) destaca as diferentes formas de incorporação desta ampla área valorizada pelo Shopping, sendo a de interesse para este trabalho, devido à localização às margens do lago igapó II e a intensa verticalização, viabilizada após a intervenção pública para a implantação de infraestrutura viária, especialmente a ampliação da Av. Madre Leônia Milito, a construção do viaduto entre a citada avenida e a Rodovia Celso Garcia Cid e finalmente, a transposição da Avenida Maringá garantindo a fluidez de trânsito.

Quanto aos pontos de geração de poluentes que necessitam de monitoramento contínuo, conforme preconizado pelo método de avaliação da pegada hídrica, a região abriga uma Estação de Tratamento de Água (ETA); os Cemitérios São Pedro, João XXIII e a Catedral que também sepulta religiosos, além de uma extensa rede de hospitais, clínicas e laboratórios, que via de regra, geram efluentes líquidos.

Os Lagos Igapós – subdivididos em Igapó I, II, III e IV, foram projetados em 1957 a partir da construção de uma barragem no médio curso do ribeirão Cambé e de outras 3

pequenas barragens a montante; são considerados um dos mais belos cartões postais da região e representam a importância deste curso d'água em relação à beleza cênica para a cidade de Londrina. De acordo com o Perfil do Município (LONDRINA, 2017, p. 21-22) pode-se destacar as seguintes áreas verdes no médio curso desta bacia hidrográfica (Tabela 1):

Tabela 1 – Principais áreas verdes no médio curso do ribeirão Cambé

Nome	Área/ Extensão	Especificação
Área de Lazer Luigi Borghesi (Zerão)	1.050 m	Área verde/Lazer
Bosque Municipal Marechal Cândido Rondon	20.000 m ²	Área verde/Lazer
Região dos Lagos (ribeirão Cambezinho – Igapó)	-	Parque Linear
Lago Igapó I	172.070 m ²	
Lago Igapó II	184.326,41 m ²	
Lago Igapó III	26.012,50 m ²	
Lago Igapó IV	86.375 m ²	
Vale do Rubi	171.360 m ²	Fundo de vale
Córrego Água Fresca	37.000 m ²	Fundo de vale

Fonte: Londrina (2017, p. 21-22)

O baixo curso da bacia hidrográfica urbana está delimitado entre a barragem do Lago Igapó I e o Parque Municipal João Milanez, conhecido como Fazenda Refúgio. Predominam os bairros residenciais, com características construtivas horizontais e o comércio concentrado nas vias arteriais e estruturais, principalmente as Avenidas Inglaterra, Dez de Dezembro e Europa.

No entanto, o maior contraste com as porções médio e superior da bacia concentra-se na presença de áreas ocupadas por segmentos populacionais socialmente vulneráveis, seja na forma de parcelamentos formais ou informais; e extensas áreas de proteção e interesse ambiental representadas pelo Parque Municipal Arthur Thomas - uma unidade de conservação com 85,47ha; o Parque Municipal João Milanez – com 371,95ha (LONDRINA, 2017); além dos fundos de vale, que também delimitam os principais afluentes do ribeirão Cambé em sua porção inferior.

Como fontes pontuais de poluição destaca-se a Estação de Tratamento de Esgoto Sul (ETE Sul) existente no Parque Municipal João Milanez, às margens do Ribeirão Cambé, a Estação de Tratamento de Esgoto São Lourenço (ETE São Lourenço) construída na foz do córrego Cristal, o primeiro “lixão” da cidade, localizado no atual Jardim Adriana e o também primeiro aterro controlado municipal, atualmente desativado, recoberto em sua totalidade, com drenos e tratamento para o chorume gerado, implantado na Estrada do Limoeiro.

A ocupação urbana na bacia hidrográfica deu-se em momentos distintos ao longo das décadas e culminou com a apropriação da Gleba Palhano em Londrina na década de 2000. Via de regra, esta ocupação causou e tem causado uma série de impactos socioambientais na área, como a retirada da vegetação original para a expansão urbana e a adoção de espécies arbóreas exóticas disseminadas nos fundos de vale e na arborização urbana.

A exposição do solo aliada à retirada da vegetação, tem causado o assoreamento contínuo do ribeirão Cambé e afluentes, exposto e visualizado com mais detalhe nas áreas dos Lagos Igapó II, III e IV; no lago localizado nos fundos do Parque Governador Ney Braga, nas proximidades da nascente; e no lago localizado dentro do Parque Municipal Arthur Thomas, quando o regime lótico dá lugar ao regime lêntico e cria o ambiente ideal para o acúmulo de solo e resíduos. Uma das consequências mais recentes deste assoreamento, associado principalmente à impermeabilização de grandes porções da bacia, tem sido as enchentes, notadamente em períodos de chuvas mais intensas, causando inúmeros prejuízos aos moradores e gastos públicos desnecessários, oriundos sobretudo da falta de planejamento e especulação imobiliária.

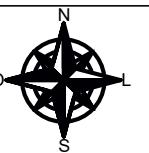
A figura 6 demonstra os distintos zoneamentos para o recorte da bacia hidrográfica em análise, determinados pela Lei Municipal 12.236/2015 de uso e ocupação do solo para a área urbana de Londrina (LONDRINA, 2015), pelo mapa de zoneamento (LONDRINA, 2015a) e pela Lei Municipal 2.196/2008, alterada pela Lei Municipal 2.720/2015 (CAMBÉ, 2015a) que dispõe sobre o zoneamento do uso e ocupação do solo urbano do Município de Cambé, onde a maior porcentagem refere-se ao uso residencial, seguido pelo uso comercial e pelas áreas de preservação permanente existentes nesta área urbana.

FIGURA 06: ZONEAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DO RIBEIRÃO CAMBÉ

LEGENDA

- Zoneamento Industrial (6,19%)
- Zoneamento Residencial (52,19%)
- Zoneamento Comercial (16,66%)
- Zoneamento Especial 1 (0,21%)
- Zoneamento Especial 3 (0,17%)
- Sem Zoneamento (0,87%)
- Zoneamento de Interesse Tur. e Cultural (4,67%)
- Zoneamento de Preservação Permanente (12,81%)
- Zoneamento Especial - Camp. Universitário (2,07%)
- Zoneamento Especial - Aeroporto (2,70%)
- Zoneamento Especial - IAPAR (1,34%)
- Delimitação da Bacia Hidrográfica Urbana

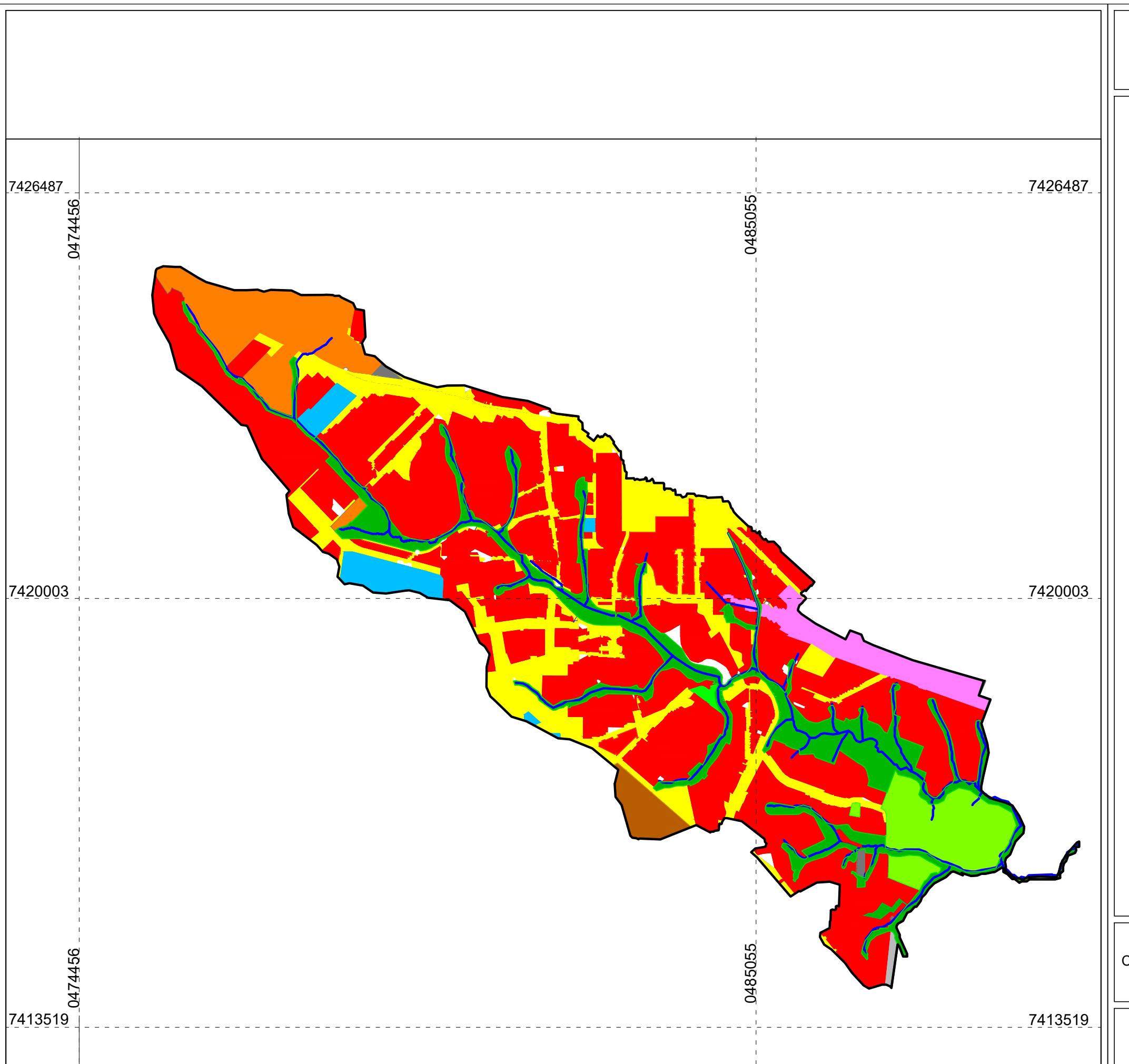
SISTEMA DE COORDENADAS
COORDENADAS PLANAS, SISTEMA UTM
DATUM HORIZONTAL - SAD 69



ESCALA GRÁFICA



ELABORADO POR MICHEL IURI CAETANO
ORGANIZADO POR MARCIA R. L. ARANTES
FONTE: MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO - LEI 12.236/2015.
IPPUL/ PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE LONDRINA, 2019.



Outro impacto relevante ocorrido durante a ocupação urbana na região foi a geração de entulhos provenientes da construção civil, sendo de tal monta que em meados da década de 1980, houve o aterramento de parte do Lago Igapó II e o crescimento de depósitos clandestinos em vários lotes e áreas de preservação permanente que passaram a abrigar diversos tipos de resíduos, tanto da construção civil quanto domésticos, situação que persiste até os dias atuais. De acordo com a Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização de Londrina no ano de 2017 houve coleta e transporte de 39.096m³ de resíduos em pontos de descarte irregulares, ecopontos e PEVs (CMTU, 2018).

A qualidade da água dos afluentes e dos reservatórios artificiais que compõe a bacia hidrográfica tem sido investigada periodicamente por meio de análises físico-químicas, bacteriológicas e toxicológicas. Yabe e Oliveira (1998, p. 555) realizaram amostragens mensais em 08 pontos onde constatou-se que

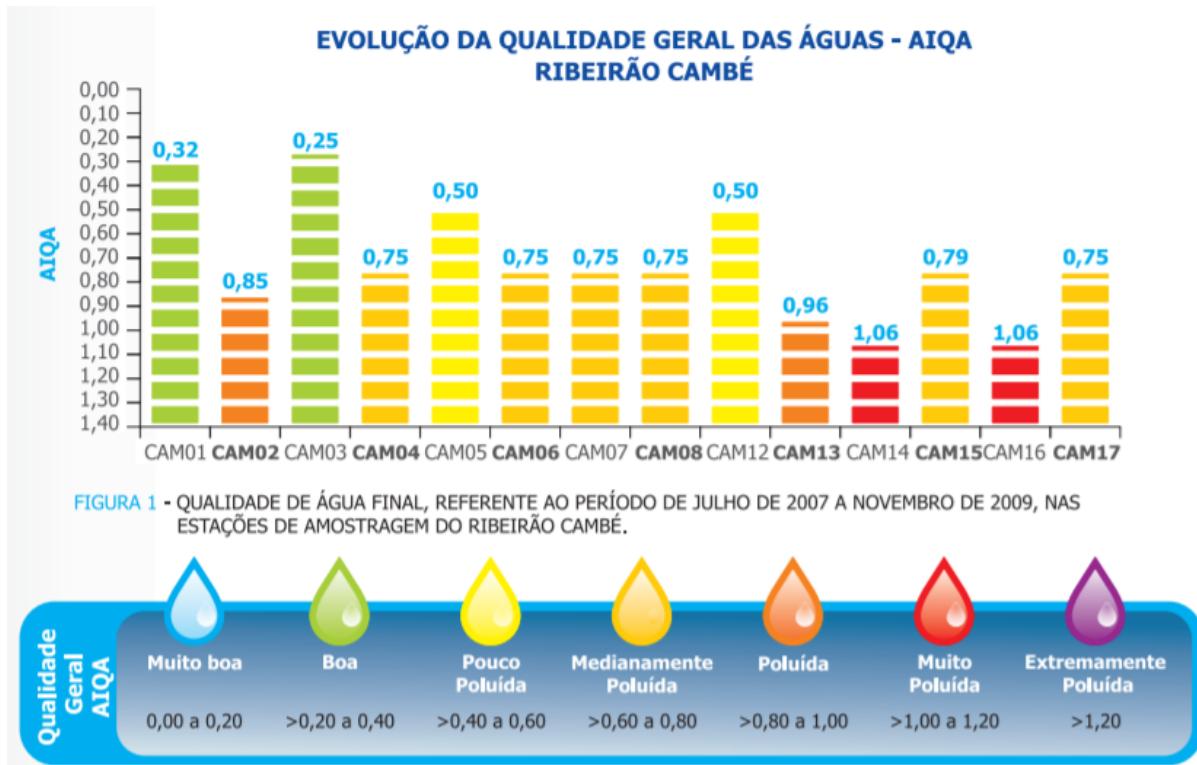
Durante todo o percurso amostrado do ribeirão, houve a presença sistemática dos elementos Pb, Ni, Cd, Cr e Cu, introduzidos por fontes, discriminadas através da análise de grupos, cuja origem está na urbanização e industrialização, e Fe, Al, Mn, Ca e Mg, como produto, principalmente, do carreamento de partículas, através das águas de escoamento.

A análise da concentração de cádmio (Cd) em 803 peixes de quatro gêneros e onze espécies diferentes existentes na bacia hidrográfica do ribeirão Cambé efetuada por Damásio (2018) no período de 2013 a 2015, revelou concentrações acima dos limites permitidos pela ANVISA (RDC 42/2013) em todos os pontos de coleta, na maior parte das estações do ano.

Observou-se, durante os trabalhos em campo, a água com características (odor e cor) da presença de esgoto e alguns pontos com efluentes industriais que, a priori, deveriam passar por tratamento, utilizando-se da interligação com o sistema de esgotamento sanitário disponibilizado pela SANEPAR ou sistemas próprios, instalados nas unidades industriais.

O Instituto Ambiental do Paraná efetuou o monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do ribeirão Cambé no período de 2007 a 2009, em 17 pontos, com frequências variando entre bimestral e trimestral, utilizando-se do método AIQA – Avaliação Integrada da Qualidade da Água (PARANÁ, 2011), que considera as condições físico-química, bacteriológica e ecotoxicológica, apresentando como resultado final 06 pontos considerados medianamente poluídos; os demais resultados estão distribuídos em 02 pontos para cada índice de qualidade: boa, pouco poluída, poluída e muito poluída (figura 7).

Figura 7 – Qualidade das águas do ribeirão Cambé – Método AIQA



Fonte: Paraná (2011)

Acrescenta-se as fontes pontuais de contaminação controladas como a ETA, as ETEs e as fontes não controladas como cemitérios e depósitos ou aterros de resíduos sólidos, que podem contaminar as águas superficiais e os lençóis freáticos, além da poluição difusa.

Apesar da bacia hidrográfica em análise abrigar unidades de conservação protegidas, áreas verdes relevantes e matas ciliares em várias porções do curso d'água principal e afluentes, observa-se uma quantidade considerável de áreas aterradas nestes locais, seja na forma de ocupações residenciais ou de áreas de lazer - campos de futebol, quadras, etc; bem como nascentes aterradas e/ou ocupadas. Como exemplo podem ser citadas a nascente principal, aterrada para a construção de um acesso viário; a nascente do córrego das Pombas, aterrada para a construção de um edifício público; as nascentes do córrego Inhambú aterradas para dar lugar a loteamentos residenciais; ou ainda as nascentes do córrego do Leme que foram canalizadas desde a área central histórica até a área de lazer denominada “Zerão”; e o córrego das Pombas, único curso d'água inteiramente canalizado na área urbana do município.

Desta forma, a contabilização, avaliação e formulação de respostas à pegada hídrica deverá abranger o universo de uma bacia hidrográfica urbana com as nuances que configuram o uso direto e indireto dos recursos hídricos ao longo de sua ocupação, por vários setores usuários

e os principais impactos oriundos da geração de efluentes/poluentes concentrados, que demandam uma grande quantidade de água para a sua diluição, resultando no volume final de água efetivamente consumida em todos os processos que ocorrem na área.

1.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS NO CONTEXTO TÉCNICO E LEGISLATIVO NO BRASIL

O homem se utiliza de vários recursos naturais ao longo de sua existência, mas, segundo Carson (2010, p. 47) “[...] de todos os nossos recursos naturais, a água tornou-se o mais precioso”, sujeito a diversos tipos de poluição originárias de variadas fontes como lixo doméstico, químico, radioativo, nuclear, etc e da interação, transformação e somatório entre estes vários grupos. A autora destaca também a ameaça da contaminação das águas subterrâneas que alimentam as fontes superficiais e poços, demonstrando as conexões hídricas e a inexistência de compartimentações na natureza.

Embora esta interdependência entre todos os elementos seja o alicerce de pesquisas científicas, torna-se necessário um recorte espacial para viabilizá-las e desde o fim dos anos 60, pesquisadores vem adotando as bacias hidrográficas como uma das mais importantes unidades de análise, planejamento e gestão. Benincasa (1991, p. 120-125) evidenciou a importância do conhecimento de variáveis como microclima e comportamento vegetal em relação ao uso do solo e às características físicas de duas bacias hidrográficas em Jaboticabal-SP; Mattes (2005, p. 61) cita a exigência de abordagens integradas, utilizando-se as bacias hidrográficas para as investigações relacionadas à sustentabilidade dos sistemas de drenagem em áreas urbanas; Botelho e Silva (2004, p. 155) definem as bacias hidrográficas como “células naturais de análise” e afirmam que “[...] nela é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema representado pela bacia de drenagem”.

A Agenda 21, documento norteador sobre o desenvolvimento sustentável mundial, publicado em 1992 durante a realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, reconhece que o manejo integrado dos recursos hídricos deve ser realizado ao nível de bacia ou sub-bacia de captação (CNUMAD, 1997, p. 150).

A publicação do texto denominado Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica por Tucci e Mendes (2006) também corrobora com a utilização deste modelo, onde as abordagens para a gestão dos recursos ambientais foram apresentadas de forma abrangente e as avaliações, por meio de indicadores, modelos e técnicas, incluídas as simulações de cenários integrados.

Tundisi (2003, p. 106-110) aborda o avanço conceitual e a integração de ações multidisciplinares e estratégicas tendo as bacias hidrográficas como unidade fisiográfica. Neste sentido, o autor afirma

Portanto, os avanços no sistema de planejamento e gerenciamento das águas devem considerar *processos conceituais* (a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento e a integração econômica e social), *processos tecnológicos* (o uso adequado de tecnologias de proteção, conservação, recuperação e tratamento) e *processos institucionais* (a integração institucional em uma unidade fisiográfica, a bacia hidrográfica, é fundamental).

A utilização do conceito deve estar relacionada à conservação dos recursos naturais nesta área delimitada geograficamente, onde avaliações que contemplem as interdependências de elementos físicos, sociais e econômicos possam gerar ações e decisões estratégicas, relacionando o gerenciamento deste espaço ao uso dos recursos naturais disponíveis e, consequentemente, os impactos resultantes. Pires, et al. (2002, p. 21) afirmam “[...] as abordagens metodológicas utilizadas para estudar e gerenciar o espaço físico, compreendido pela BH, devem estar relacionadas às teorias e modelos que possam explicar, predizer e organizar adequadamente as informações úteis ao processo de gestão ambiental”. Neste sentido, a metodologia proposta por Hoekstra, et al. (2011, p. 14) evidencia que

No caso de uma perspectiva geográfica será considerada a sustentabilidade da pegada hídrica agregada numa certa área, preferencialmente uma área de drenagem ou toda uma bacia hidrográfica, pois esta é a unidade espacial natural que permite a comparação da pegada hídrica e disponibilidade de água, bem como da alocação dos recursos hídricos e os potenciais conflitos.

As microbacias hidrográficas, desde a década de 80, se constituem em áreas geográficas delimitadas para a implementação de um programa pioneiro de manejo e conservação integrado de solo e água, denominado Paraná-Rural, onde foram utilizadas técnicas diversificadas de combate à erosão hídrica, à degradação do solo, à poluição dos mananciais e à baixa produtividade agrícola, atuando em mais de 2.000 microbacias no Estado do Paraná (MARTIN, 1996, p. 239-264).

No Brasil o entendimento integrado a partir das bacias hidrográficas, iniciou-se com a publicação da Portaria 1.119/1984 que estabeleceu, como implementação de um sistema de trabalho a ser realizado pelo Departamento nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), os Planos de Bacia ou de Regiões Hidrográficas (BRASIL, 2013). Apesar da Constituição de 1988

não ter mencionado a gestão das águas por unidades fisiográficas, ela aponta os fundamentos para as políticas de planejamento subsequentes através da inclusão das águas superficiais e subterrâneas como bens do Estado e não mais como bem de domínio privado, como havia sido estabelecido no Código Civil de 1.916, no Código das Águas de 1.934 e na Constituição de 1988 (BRASIL, 1916; BRASIL, 1934; BRASIL, 1988).

Assim, o modelo atual de gerenciamento de recursos hídricos foi adotado oficialmente com a promulgação da Lei 9.433/1997, onde as bacias hidrográficas foram definidas no Art. 1º, inciso V, como “[...] a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” e a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos deveriam ser por bacias hidrográficas, Estado e País (Art. 8º) (BRASIL, 1997).

Com o objetivo de viabilizar esta política, foi estabelecido, na mesma norma legal, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que viria a ter nova redação por meio da Lei 9.984/2000, passando a integrar este sistema:

- I) o Conselho Nacional de Recursos Hídricos;
- I-A) a Agência Nacional de Águas;
- II) os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal;
- III) os Comitês de Bacia Hidrográfica;
- IV) os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos;
- V) as Agências de Água (BRASIL, 2000).

A partir dos critérios estabelecidos nesta lei federal criou-se Conselhos, Comitês e Agências em vários Estados e bacias hidrográficas no país. As Agências de Água passaram a ter como função a secretaria executiva dos Comitês, enquanto estes foram formados por representantes da União, dos Estados e dos Municípios, limitando-se à metade do total de membros e os demais, por representantes dos usuários de águas e entidades civis de recursos hídricos (Arts. 39 e 41 da Lei 9.433/1997).

A Agência Nacional de Águas (ANA) foi criada pela Lei 9.984/2000, com a finalidade de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e de Coordenar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Dentre as várias funções estabelecidas, cabe às Agências de Água elaborar o Plano de Recursos Hídricos e submetê-lo ao Comitê, bem como definir o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, e a cobrança pelo uso dos recursos hídricos (Art. 44, incisos X e XI).

Dentre as metas estabelecidas pela Cúpula do Milênio, foi definido que os países deveriam realizar a gestão integrada dos recursos hídricos através de planos nacionais, regionais e locais (ONU, 2000). Assim, em 2006, o Ministério do Meio Ambiente – MMA, lançou o Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, documento norteador que apresentou dados gerais, cenários e estabeleceu diretrizes, metas e programas a partir dos múltiplos interesses e temas transversais quanto ao uso da água superficial ou subterrânea, sob a ótica da qualidade e quantidade, onde destacou

A administração dos problemas de recursos hídricos, levando-se em conta os limites de uma bacia hidrográfica, não foi, historicamente, uma tradição no Brasil. Até os anos de 1970 as questões de recursos hídricos eram consideradas a partir das perspectivas dos setores usuários das águas, tais como hidrelétrico, navegação e agricultura, ou segundo políticas específicas de combate aos efeitos das secas e das inundações (BRASIL, 2006, p. 53).

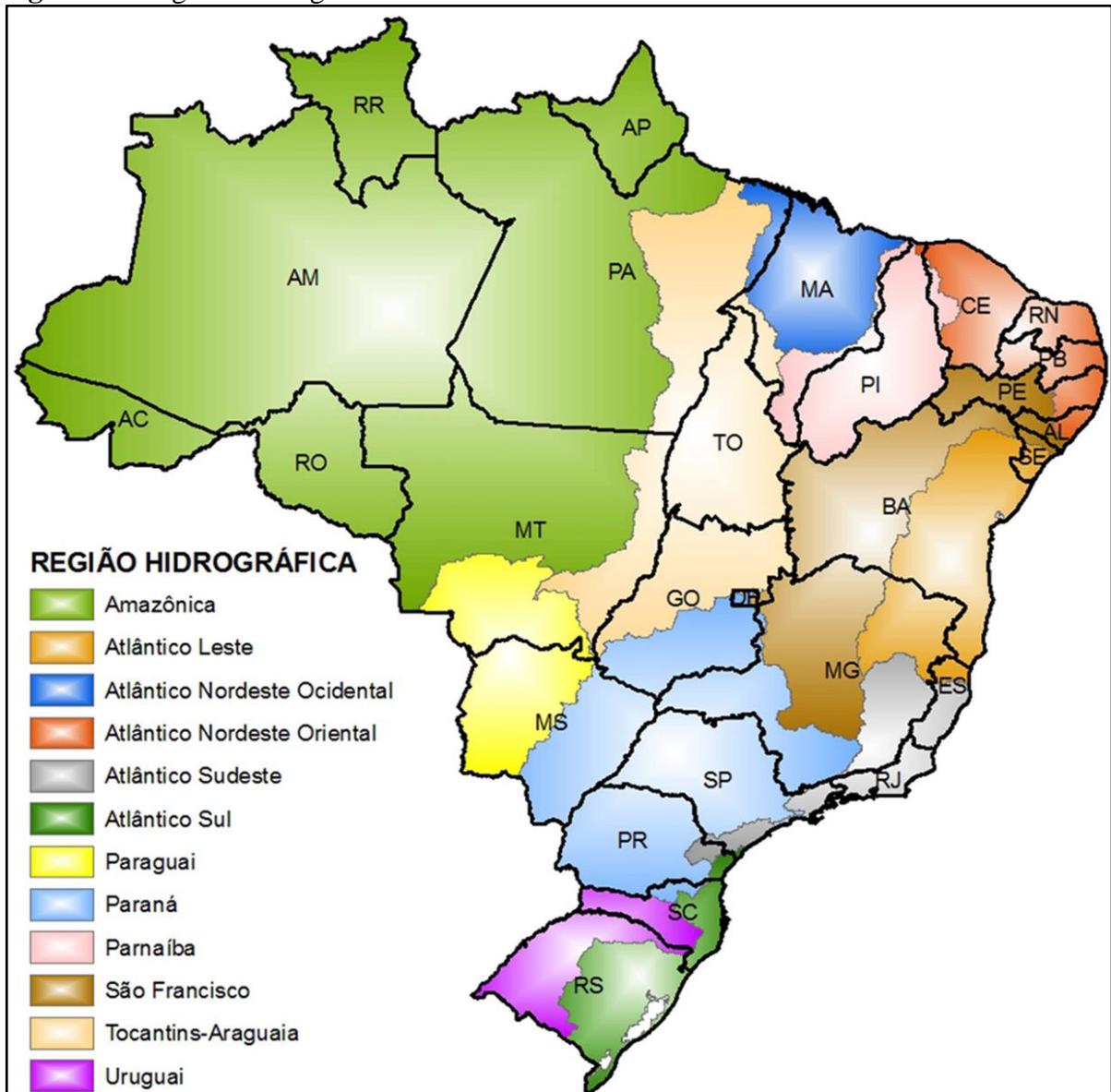
Este documento foi sendo revisado e atualizado nos anos posteriores. Em 2008 abordou as questões relacionadas aos programas de desenvolvimento da gestão integrada de recursos hídricos no país, onde se destaca o detalhamento dos programas nacionais propostos inicialmente no Volume 4 - Programas Nacionais e Metas – apresentado em 2006. Dentre as propostas de estudos estratégicos e seus respectivos objetivos, destaca-se a definição do “[...] consumo de recursos hídricos por unidade de produção das principais atividades econômicas, considerados os usos consuntivos e não consuntivos de água, desagregadas por diferentes processos tecnológicos e por bacia hidrográfica do PNRH” (BRASIL, 2008, p. 32).

O conceito de implementação de instrumentos para avaliação das diferentes demandas de usos também se encontra presente no PNRH publicado em dezembro de 2011 sob o título “Prioridades 2012-2015”. Esta versão apresenta-se mais robusta, tratando de questões como a transversalidade que permeia as ações relacionadas aos recursos hídricos, a água no meio urbano, os eventos extremos e as mudanças climáticas, além de avaliar as ações implantadas e formas de mantê-las e aperfeiçoá-las (BRASIL, 2011, p. 9).

Traz novos mecanismos de gestão como o Pagamento por Serviços Ambientais – PSA e a avaliação e o mapeamento de áreas vulneráveis a eventos extremos, enfatizando também a importância da elaboração de uma “Matriz de Coeficientes Técnicos de Uso dos Recursos Hídricos” para a indústria e a agricultura (BRASIL, 2011, p. 17).

O PNRH define 12 regiões hidrográficas brasileiras, com subdivisões em unidades de planejamento. Esta divisão tem sido adotada desde então pelas Agências de Água e Comitês de Bacias Hidrográficas (Figura 8).

Figura 8 – Regiões Hidrográficas do Brasil



Fonte: Brasil (2013, p. 18)

Com a Resolução 181/2016 o governo federal aprovou a revisão do PNRH para 2016-2020, presente no Parecer Técnico Conclusivo nº 03/2016 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH – Câmara Técnica do Plano Nacional de Recursos Hídricos – CTPNRH, pertencentes ao quadro do Ministério do Meio Ambiente – MMA (BRASIL, 2016).

Nesta última revisão, o volume anterior do PNRH – Prioridades, Ações e Metas, foi complementado e atualizado. Apresenta a necessidade de integrar a política ambiental com a política de recursos hídricos, englobando os setores usuários, autorizações e fiscalizações no âmbito das bacias hidrográficas; do desenvolvimento de ações para o uso sustentável e reúso da água; e ainda de identificar, avaliar e propor ações para áreas sujeitas a eventos extremos.

Dentre as 15 prioridades elencadas, reforça a necessidade de ampliação do “conhecimento a respeito dos usos das águas, das demandas atuais e futuras, além dos possíveis impactos na sua disponibilidade, em quantidade e qualidade” (BRASIL, 2016).

Desta forma, a preocupação em estabelecer os volumes de água consumidos por bacias hidrográficas e por demanda de uso (indústria, irrigação, etc) encontra amparo na metodologia proposta por Hoekstra, et al. (2011) e pode avançar no sentido de avaliar os consumos indiretos por bacia hidrográfica, conforme estudo pioneiro elaborado pelo Programa Água Brasil, onde foi avaliada a pegada hídrica das principais atividades econômicas em bacias de atuação do Programa (ÁGUA BRASIL, 2015?).

Lembrando que, apesar das bacias hidrográficas terem sido estabelecidas pelo governo federal, estadual e de vários municípios como a unidade ideal para planejamento e gestão integrados; e serem utilizadas por técnicos das mais diversas áreas do conhecimento, a ausência de dados utilizando-se este recorte, inclusive por parte do IBGE, que poderia tê-lo adotado no último Censo de 2010, restringe e dificulta as pesquisas de coleta de informações, a capacidade de intervenção e principalmente a tomada de decisões e o cumprimento de metas, criando realidades conflitantes. Parte destes entraves estão destacados no PNRH 2008 (BRASIL, 2008, p. 106)

O fato de o Brasil ser uma República Federativa, com entes federados autônomos, forçosamente fez a Constituição Federal de 1988 estabelecer a existência de águas de diferentes domínios (união e entes federados). Essa múltipla dominialidade das águas - muitas vezes dentro de uma mesma bacia hidrográfica – representa entraves significativos à implantação de um sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos.

Desta forma, a inovação de conceitos relacionados ao uso da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, os usos múltiplos dos recursos hídricos e a gestão descentralizada e participativa para a administração pública e a sociedade privada, demandam diretrizes e orientações globais, por meio de um esforço coletivo e intensivo para sua implementação local, que deve ser adotada por todos os órgãos governamentais.

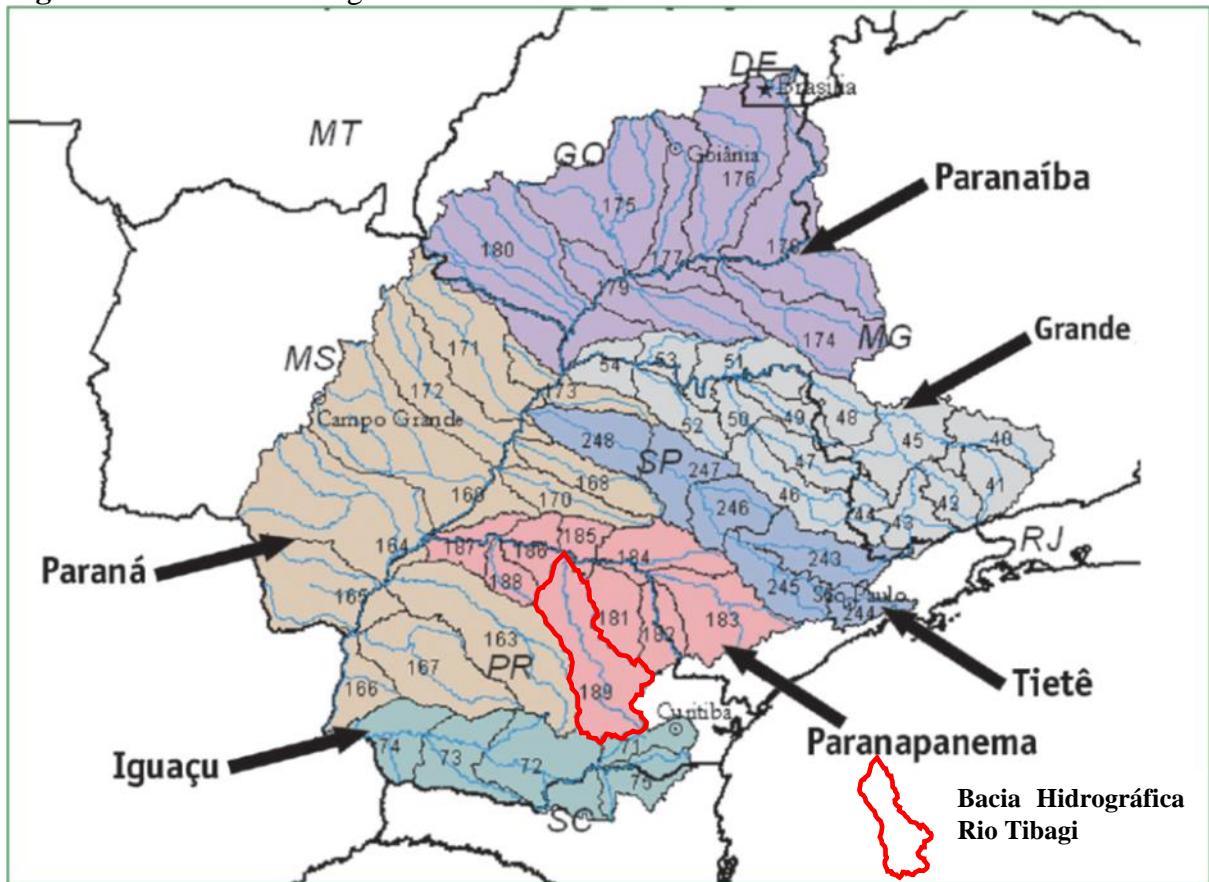
1.3 APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE BACIA HIDROGRÁFICA E DO QUADRO NORMATIVO NA ÁREA EM ESTUDO

Em grande parte do seu território, o Estado do Paraná pertence à Região Hidrográfica do Paraná, que possui uma subdivisão em 06 unidades de planejamento e abrange

os Estados de Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Minas Gerais, Distrito Federal e Goiás, tendo como agregador o Rio Paraná. Abriga ainda pequenas porções da Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste, juntamente com o Estado de São Paulo, na região do Lagamar; e do Atlântico Sul, também na faixa litorânea, com o Estado de Santa Catarina (BRASIL, 2006a).

A grande Região Hidrográfica do Paraná foi dividida em seis unidades hidrográficas principais: Grande, Iguaçu, Paranaíba, Paranapanema, Paraná e Tietê e estas, subdivididas novamente e classificadas como Sub 2. A Sub 2 Tibagi, pertencente à Sub 1 Paranapanema, possui o código 189 e abriga diversos cursos d'água secundários, dentre eles a bacia hidrográfica do ribeirão Cambé, em sua porção inferior (Figura 9).

Figura 9 - Unidades hidrográficas do Paraná



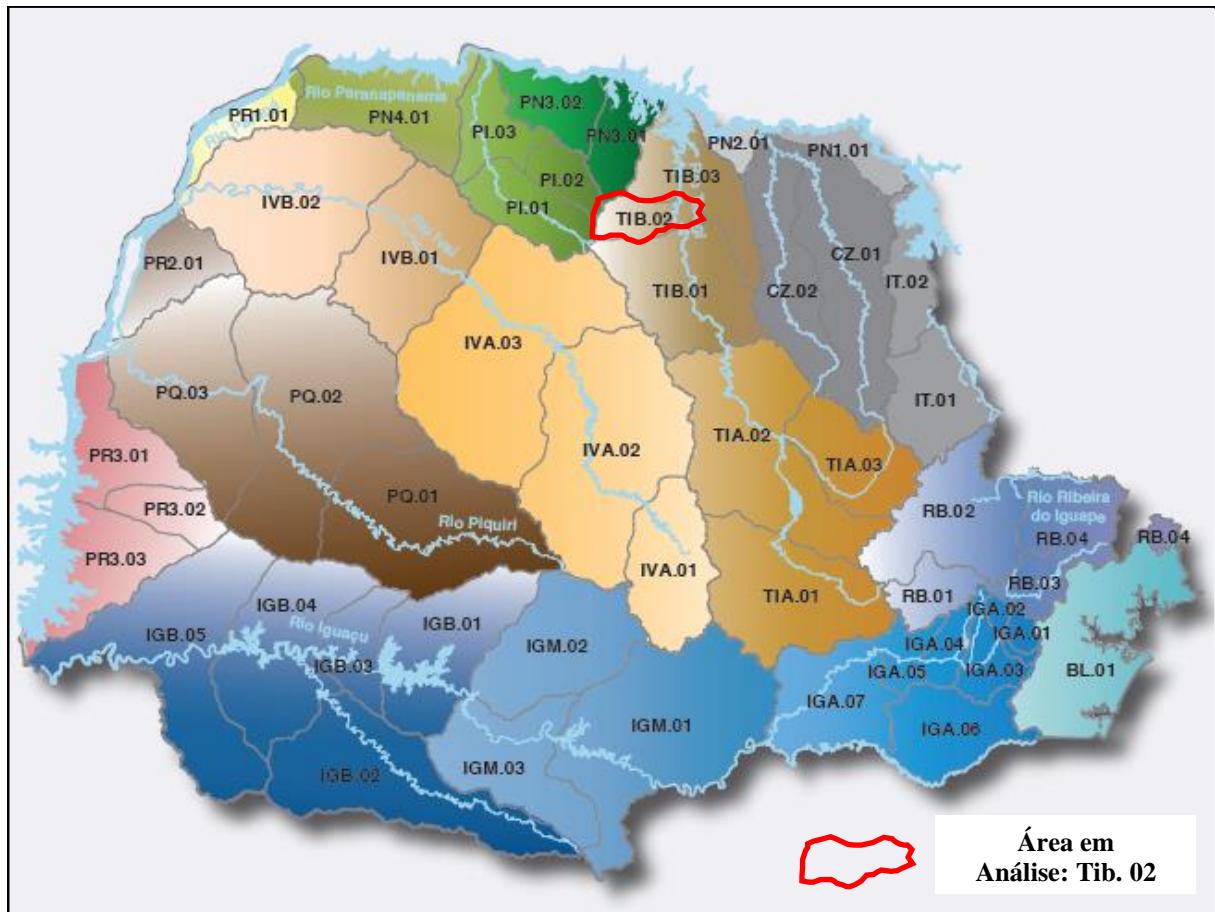
Fonte: Brasil (2006b, p. 39). Org.: a própria autora

No Paraná, a Lei 12.726/99 que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos (PARANÁ, 1999) e estabeleceu o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, baseou-se e foi lançada apenas dois anos após a lei federal análoga. Definiu a criação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, órgão deliberativo e normativo e dos Comitês de

Bacias Hidrográficas, enquanto as funções executivas de Agência de Bacia Hidrográfica ficaram a cargo do Instituto das Águas do Paraná a partir do ano de 2009 (Lei Estadual 16.242/2009). Previu também, como principais instrumentos da política estadual, o Plano Estadual de Recursos Hídricos e os Planos de Bacias Hidrográficas (PARANÁ, 2009).

O Plano Estadual de Recursos Hídricos (PLERH) dividiu o Estado em 16 bacias hidrográficas e estabeleceu 51 Áreas Estratégicas de Gestão (AEGs), conforme figura 10, em regiões homogêneas e utilizou a interpolação das seguintes condicionantes ambientais e antrópicas: demandas hídricas por abastecimento público; existência de rede de monitoramento; captações industriais outorgadas; mananciais de abastecimento; usinas geradoras de energia; e unidades aquíferas, para a aplicação dos instrumentos de gestão (PARANÁ, 2010, p. 11).

Figura 10 - Áreas estratégicas de gestão (AEGs)



Fonte: Paraná (2010, p. 11). Org.: a própria autora

A bacia hidrográfica do rio Tibagi foi dividida em duas unidades hidrográficas: Alto Tibagi e Baixo Tibagi e a bacia hidrográfica do ribeirão Cambé é afluente de primeira ordem do ribeirão três Bocas e de segunda ordem do Rio Tibagi em sua porção inferior (Baixo Tibagi)

delimitada na figura acima como Tib. 02. Para esta área, o PLERH estabeleceu as restrições e oportunidades do uso do solo em relação aos recursos hídricos nas áreas urbanas, conforme disposto na tabela 2.

O entendimento dos documentos oficiais aponta que a espacialização das demandas e disponibilidades hídricas são utilizados no planejamento regional do Estado, desde os programas para as grandes aglomerações, que passa pelos eixos viários, até as áreas de interesse ambiental e as usinas de geração de energia elétrica. Neste cenário, o PLERH apresenta dados que serão a base na avaliação futura da pegada hídrica em bacias hidrográficas. Para o Baixo Tibagi, a disponibilidade hídrica superficial é de 111.095 L/s (valores acumulados com o Alto Tibagi), a disponibilidade hídrica subterrânea é de 15.716 L/s, enquanto a disponibilidade *per capita* é de 3.992 m³/cap./ano.

Tabela 2 – Uso do solo no Baixo Tibagi: restrições e oportunidades

Área Urbana	
Restrições	Oportunidades
• Áreas de concentrações urbanas - impermeabilização	• Aglomerações urbanas com função estratégica na rede de cidades
• Conflitos entre as áreas de mananciais e os usos urbanos - fragilidade da sustentabilidade hídrica (quantidade x qualidade)	• Polo atrator de fluxos migratórios
• Áreas de déficit habitacional	• Área de concentração da Produção Estadual - Valor Adicionado Fiscal (VAF)
• Baixa infraestrutura de esgotos e drenagem	• Área prioritária de modernização socioeconômica (PRDE)

Fonte: Paraná (2010, p. 15)

O Estudo aponta também que do total hídrico superficial disponível, a bacia hidrográfica do Baixo Tibagi apresenta uma demanda de aproximadamente 8%. Quanto às demandas por uso, os dados são os apresentados na tabela 3, lembrando que o setor minerário não foi relacionado pois representou um valor inferior a 1% da demanda hídrica total do Estado (PARANÁ, 2010, p. 16-19).

Tabela 3 – Proporção de demandas hídricas por tipo de uso no Baixo Tibagi

Demandas por Uso (L/s)				
Abastecimento Público	Setor Industrial	Setor Agrícola	Setor Pecuário	Total
2.308 (54%)	325 (8%)	1.384 (32%)	266 (6%)	4.284 (100%)

Fonte: Paraná (2010, p. 18). Org.: a própria autora

De posse das informações relativas aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos no Estado, o PLERH aponta cenários possíveis para a adoção de estratégias de gestão de enfrentamento aos eventuais conflitos, incluindo, como uma das metas, a divisão territorial do Estado em bacias e conjunto de bacias, buscando consolidar este padrão espacial de análise. Para o Baixo Tibagi os maiores conflitos concentram-se nas aglomerações populacionais e os consequentes riscos de contaminação. Os programas propostos, baseados em ações instrumentais, apresentam a necessidade de articulação entre os estudos propostos e os outros órgãos públicos do Estado; de redes de monitoramento e mapeamento; estudos e atualizações referentes a erosões, cheias, outorgas; dentre outros.

Em relação às novas abordagens, o PLERH avalia a necessidade de estudos específicos sobre a disponibilidade e qualidade das águas superficiais e subterrâneas e a ampliação do conhecimento e conscientização do uso racional dos recursos hídricos pela sociedade. Neste contexto, a adoção de uma abordagem relacionada à pegada hídrica e água virtual seria essencial, uma vez que Hoekstra, et al. (2011, p. 105) aponta que novos padrões de consumo devem pautar as políticas públicas

Os cálculos da pegada hídrica e da comercialização da água virtual podem compor um banco de dados relevante para a formulação de vários tipos de políticas governamentais, tais como: política estadual ou nacional de água, políticas de bacias hidrográficas, política local de água, política ambiental, política agrícola, industrial/econômica, energética, de comércio internacional e política de cooperação de desenvolvimento

Uma das prioridades destacadas no Plano Estadual foi a necessidade de elaboração dos Planos de Bacia. O Estado possui 10 Comitês de Bacia Hidrográfica (PARANÁ, 2018) e o Comitê da Bacia do Tibagi foi criado em 2002 por meio do Decreto Estadual 5.790/2002 (COPATI, 2018) enquanto o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi foi lançado em 2013 (PARANÁ, 2013).

Na análise do contexto regional que o Plano apresenta, investigou-se os dados disponíveis para a Seção de Controle 21, denominada Barra do Ribeirão Três Bocas, considerando que esta divisão foi definida no PLERH, por representar pontos estratégicos de monitoramento quantitativos e qualitativo dos recursos hídricos.

A Estação de Monitoramento mencionada localiza-se na foz do ribeirão Três Bocas, abrange também as bacias hidrográficas do ribeirão Cafetal e do ribeirão Cambé e apresenta dados fluviométricos e de qualidade da água. No que se refere às demandas hídricas, para uma área de drenagem de 517,92 km², as referências estão apontadas na tabela 4. De acordo com

PARANÁ (2013, p. 29) os cálculos das demandas foram baseados em dados oficiais fornecidos pelo AGUAS PARANÁ, EMATER, ANA e IBGE.

Tabela 4 – Demandas hídricas na Barra do Ribeirão Três Bocas

Barra do Ribeirão Três Bocas	
Demanda Superficial	Demanda Subterrânea
Abastecimento Público: 60.213,38 m ³ /dia	Abastecimento Público: 13.680,09 m ³ /dia
Pecuária: 850,90 m ³ /dia	Pecuária: 0 m ³ /dia
Mineração: 192 m ³ /dia	Mineração: 0 m ³ /dia
Aquicultura: 1.036,8 m ³ /dia	Aquicultura: 0 m ³ /dia
Agricultura: 2.214 m ³ /dia	Agricultura 54,75 m ³ /dia
Indústria: 0 m ³ /dia	Indústria: 54,75 m ³ /dia
Total: 64.507,09 m ³ /dia	Total: 28.880,96 m ³ /dia

Fonte: Paraná (2013, p. 29)

Quanto à disponibilidade, a Seção em análise apresenta uma vazão outorgável superficial de 117.955,70 m³/dia, sendo que o Instituto das Águas do Paraná considera, para vazão outorgável, 50% da disponibilidade Q_{95%}. Para vazão subterrânea outorgável, os dados apontam 69.493,28m³/dia e para os critérios de cálculo

[...] utilizou-se o valor conservador de 20% da vazão total disponível dos aquíferos inseridos na bacia, com exceção do Aquífero Guarani. Neste caso específico adotou-se o valor de 10% posto que suas informações são limitadas e reduzidas. Adicionamente, considerou-se que o tempo de bombeamento da água dos poços é de 18 horas por dia (PARANÁ, 2013, p. 32).

Desta forma, sendo consideradas a disponibilidade hídrica superficial e subterrâneas e as demandas apresentadas na tabela 4, é possível obter um balanço hídrico positivo da Seção em análise, onde são utilizados aproximadamente 55% dos recursos hídricos outorgáveis disponíveis superficiais e pouco mais de 40% dos subterrâneos, em relação à vazão outorgável. O Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi (PARANÁ, 2013a) apresenta, para o monitoramento qualitativo, a avaliação dos parâmetros de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20} mg/L O₂) para as cargas geradas e remanescentes de origem doméstica, comercial, serviços e industrial; e Fósforo Total (mg/L P) para as cargas de origem doméstica, agrícola e pecuária, geradas e remanescentes, em um cenário de ambiente lótico e intermediário, considerando as vazões necessárias para diluição destas cargas. Posteriormente o Plano apresenta níveis de risco qualitativo e quantitativo, considerando a disponibilidade hídrica, as demandas e a carga poluidora

[...] os riscos são quantificados em termos da probabilidade da ocorrência de déficit em cada um desses balanços, baseando-se na permanência da vazão necessária para equilibrar as demandas projetadas ou da vazão necessária para trazer as concentrações de poluentes para dentro da faixa adotada de enquadramento (PARANÁ, 2013a, p. 19).

Segundo a Resolução CERH/PR 100/2016 (PARANÁ, 2016), Art. 1º que aprova “[...] o enquadramento dos corpos de água superficiais na área de abrangência do Comitê da Bacia do Rio Tibagi, em classes, de acordo com os usos preponderantes nos termos da Deliberação nº 11 CBH-TIBAGI e Anexo I”, o ribeirão Cambé e seus afluentes são enquadrados como Classe 2 até a altura da coordenada UTM 488.040,043m E, 7.417.298,926m N (ETE Sul) de onde segue até a confluência com o ribeirão Três Bocas como Classe 3; da coordenada 488.019,043m E, 7.416.016,931m N (ETE São Lourenço) até a confluência com o córrego São Lourenço para o córrego Cristal; e da confluência com o córrego Cristal até a confluência com o ribeirão Cambé para o córrego São Lourenço, também como Classe 3.

Na tabela 5 estão detalhados os resultados para a Seção Barra do Ribeirão Três Bocas quanto às cargas poluidoras, a classificação dos corpos d’água de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) e os limites das cargas poluidoras para os referidos enquadramentos na bacia do ribeirão Cambé.

Tabela 5 – Monitoramento qualitativo na Barra do Ribeirão Três Bocas e enquadramento

Parâmetros	Carga (Kg/dia)		Enquadramento	
			Resolução CONAMA 357/2005	
	Gerada	Remanescente	Classe 2	Classe 3
DBO_{5,20} Doméstico	16.756,54	4.190,05	até 5,0 mg/L O ₂	até 10,0 mg/L O ₂
DBO_{5,20} Comercial	-	-	até 5,0 mg/L O ₂	até 10,0 mg/L O ₂
DBO_{5,20} Serviços	-	-	até 5,0 mg/L O ₂	até 10,0 mg/L O ₂
DBO_{5,20} Industrial	773,33	116,00	até 5,0 mg/L O ₂	até 10,0 mg/L O ₂
Fósforo Total Doméstico	310,20	288,88	0,1 mg/L	0,15 mg/L
Fósforo Total Agrícola	18,63	18,63	0,1 mg/L	0,15 mg/L
Fósforo Total Pecuária	40,08	20,04	0,1 mg/L	0,15 mg/L

Fonte: Paraná (2013a, p. 19-32); Brasil (2005); Paraná (2016). Org.: a própria autora

Os resultados referentes à DBO_{5,20} Comercial e de Serviços, que apresentam valores não representativos, podem ser explicados em razão do método de coleta, que consistiu nos dados disponíveis no Cadastro de Outorga de Lançamento de Efluentes para Estabelecimentos de Comércio e Serviços do Instituto das Águas do Paraná e não há dados disponíveis relativos a este segmento, à exceção de alguns Postos Retalhistas de Combustíveis outorgados.

Os Municípios de Londrina e Cambé pertencem ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi desde a sua criação por meio do Decreto 5.790 /2002 (PARANÁ, 2002) e o trabalho junto aos Comitês de Bacia é um diferencial importante, uma vez que as análises e a geração de dados por estas unidades espaciais geográficas, ampliam o debate das questões relacionadas aos recursos hídricos de forma mais realista e articulada; e a alocação de recursos financeiros, bem como a adoção de medidas preventivas, de mitigação e/ou compensação poderão ser efetuadas através de uma gestão mais eficiente e de interesse coletivo.

A Lei 10.849/2009 (LONDRINA, 2009d) que estabeleceu as normas para o licenciamento ambiental no Município de Londrina, alterada em dezembro de 2017 pela Lei Municipal 12.628 (LONDRINA, 2017a), foi elaborada segundo as bases da Política Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 1981) e dos processos de licenciamento ambiental estaduais, até então com as atribuições sob a responsabilidade do Instituto Ambiental do Paraná – IAP. No entanto, as referidas normas municipais não evidenciam por exemplo, a necessidade das análises integradas por bacia hidrográfica e ao acúmulo da carga poluidora nos cursos d’água, durante as fases de licenciamento ambiental, preconizada pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) e Resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011a), Art. 7º e o § 1º

Art. 7º O órgão ambiental competente deverá, por meio de norma específica ou no licenciamento da atividade ou empreendimento, estabelecer a carga poluidora máxima para o lançamento de substâncias passíveis de estarem presentes ou serem formadas nos processos produtivos, listados ou não no art. 16 desta Resolução, de modo a não comprometer as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, estabelecidas para enquadramento do corpo receptor.

§ 1º O órgão ambiental competente poderá exigir, nos processos de licenciamento ou de sua renovação, a apresentação de estudo de capacidade de suporte do corpo receptor (BRASIL, 2011a).

Esta proposta também estava delimitada, de forma mais abrangente, como uma das diretrizes do desenvolvimento sustentável e do planejamento ambiental municipal estabelecido no Art. 26 da Lei 11.471/2012 - Código Ambiental Municipal do Município de Londrina (LONDRINA, 2012) onde além de adotar as “[...] microbacias como unidades físico-territoriais de planejamento e gerenciamento ambiental” (inciso I) baseia-se

[...] na avaliação da capacidade de suporte dos ecossistemas, indicando limites de absorção de impactos provocados pela instalação de atividades produtivas e de obras de infraestrutura, bem como a capacidade de saturação resultante de todos os demais fatores naturais e antrópicos (inciso II).

O Plano Diretor de Arborização do Município de Londrina instituído pela Lei 11.996/2013, também concedeu atenção especial às bacias hidrográficas, definindo no art. 10º “[...] as bacias hidrográficas como as unidades de gestão do Plano”; no art. 3º, inciso VII, a garantia “[...] no fornecimento de informações públicas sobre adensamento arbóreo na cidade de Londrina, por bacias hidrográficas e sua evolução como elemento de mitigação e adaptação aos impactos das mudanças climáticas”; e no art. 4º, inciso IV como objetivo “[...] mensurar e atualizar dados, por bacia, acerca de absorção de dióxido de carbono, constituição de área permeável de águas, sombreamento de superfície e redução de zonas de calor e de consumo de energia, pela arborização e áreas verdes [...]”. A norma estabeleceu ainda que os diagnósticos e os acompanhamentos deverão ser realizados a partir desta unidade territorial no art. 17 (LONDRINA, 2013, p. 9)

As bacias hidrográficas são consideradas unidades de gestão, no compartilhamento do território urbano, para aspectos de diagnóstico e acompanhamento:

- I – da densidade arbórea;
- II – da biodiversidade;
- III – da permeabilidade;
- IV – dos locais disponíveis à arborização; e
- V – de outros aspectos, a critério da Secretaria Municipal do Ambiente.

A cidade ainda possui normas legais específicas relativas aos resíduos gerados, especificamente os orgânicos e rejeitos oriundos de grandes geradores públicos e privados; e de resíduos da construção civil, disciplinados por meio dos Decretos Municipais 768/2009 (LONDRINA, 2009), 769/2009 (LONDRINA, 2009a), 770/2009 (LONDRINA, 2009b), 1.050/2009 (LONDRINA, 2009c), 798/2011 (LONDRINA, 2011) e da Resolução CONSEMMA 11/2006 (LONDRINA, 2006).

Ao contrário do município limítrofe, Cambé ainda não iniciou o processo de licenciamento ambiental municipal e os dispositivos legais estão amplamente vinculados à Lei Orgânica do Município e às leis de uso e ocupação do solo. No Capítulo IX destinado à Política Rural, a Lei Orgânica retrata a necessidade de uma articulação permanente com os municípios da região e o Estado “visando a racionalização da utilização dos recursos hídricos e das bacias

hidrográficas [...]” (Art. 188) e a adoção da microbacia hidrográfica como “[...] unidade de planejamento, execução e estratégia de integração de todas as atividades de manejo do solo e controle de erosão no meio rural” (Art. 194). O Capítulo X, art. 201. § 2º define as incumbências do poder público em relação às questões ambientais destacando-se o inciso XXIII

Promover e manter o inventário e o mapeamento da cobertura vegetal nativa e dos rios, córregos e riachos, componentes das bacias hidrográficas do Município, visando a adoção de medidas especiais de proteção, bem como promover o reflorestamento, em especial das margens dos rios, visando a sua perenidade (CAMBÉ, 2001).

A área urbana de Cambé está localizada no divisor de águas entre quatro bacias hidrográficas de importância relevante para municípios da região. As bacias dos ribeirões Jacutinga e Cafezal são mananciais de abastecimento das cidades de Ibirapuã e Londrina respectivamente, enquanto o ribeirão Cambé é uma área sensível do ponto de vista paisagístico e a bacia do ribeirão Vermelho apresenta as massas de ar com deslocamento em direção à zona urbana, possuindo restrições no sentido de abrigar indústrias com emissões gasosas (Cambé, 2008). Em relação ao solo urbano, a Lei 2.194/2008 dispõe sobre o parcelamento e sofreu alterações posteriores pelas Leis 2.371/2010 e 2.723/2015, sendo esta última responsável pela determinação de 80 metros de preservação ambiental ao longo dos cursos d’água e nascentes (art. 9º, inciso VI). Na Área denominada Cafezal III que “[...] comprehende a parte sul da microbacia do cafezal, abaixo da BR-369, devendo ser feitos loteamentos de baixa densidade” (Lei 2.194/2008, art. 21, inciso III) estes valores correspondem a 150 metros de área de preservação permanente devido à importância deste manancial para o abastecimento da cidade de Londrina (CAMBÉ, 2008; CAMBÉ, 2010; CAMBÉ, 2015).

Neste sentido, embora a existência de legislações em todas as esferas de análise não tenha impedido o avanço e o desenvolvimento de diversos impactos ambientais na bacia hidrográfica do ribeirão Cambé, a promulgação destes marcos legais é um importante fator para a regulamentação de parâmetros e determinação de coleta de dados que são posteriormente utilizados em análises pormenorizadas e consequentemente, na adoção de novas posturas frente aos desafios relacionados aos recursos hídricos, especialmente referentes a escassez e contaminação das águas urbanas. O contexto histórico de ocupação das cidades de Londrina e Cambé somado à importância da delimitação das bacias hidrográficas como unidades geográficas, fornecem o embasamento técnico e legal para um amplo entendimento da relação entre o uso da água e a sustentabilidade dos processos que ocorrem no local, bem como das intervenções e medidas necessárias para a redução da pegada hídrica na área.

2. DEFINIÇÕES E COMPONENTES DA PEGADA HÍDRICA

As avaliações da pegada hídrica envolvem conceitos que traduzem o consumo de água doce pelas atividades humanas diárias no planeta. Sendo um recurso cada vez mais escasso, conhecer as demandas e o comércio intensivo de *commodities*, por meio da cadeia de suprimentos por uso direto e indireto da água introduzem um novo olhar sobre as águas e as suas conexões com os alimentos, os combustíveis, a energia e as mudanças climáticas.

2.1 ÁGUA VIRTUAL: UMA NOVA PERSPECTIVA PARA OS RECURSOS HÍDRICOS

O conceito da água virtual foi apresentado por Allan (1993), em razão de avaliações entre o suprimento e a demanda de água em países do semi-árido e árido, especialmente no Oriente Médio e Norte da África, e das diversas estratégias econômicas, políticas e ecológicas adotadas por estes países onde a severa escassez de água poderia ser reduzida utilizando-se processos econômicos globais e os recursos hídricos poderiam ser exportados e importados através dos alimentos. Desde a década de 80, o autor tem aplicado o estudo em diferentes regiões e países que têm pouca disponibilidade de água, os quais poderiam optar por importá-la em produtos alimentares, eliminando ou reduzindo a pressão sobre os seus recursos hídricos na produção “caseira” desses alimentos (ALLAN, et al., 2003, p. 4-9).

O fluxo comercial entre países com déficit alimentar, mas altamente industrializados como o Japão, ou outras economias com grande capacidade de gerar divisas, como os exportadores de petróleo, tem sido um dos maiores mecanismos utilizados para acessar os alimentos através do mercado mundial; sendo assim “a existência de um déficit alimentar é claramente apenas um problema para um país pobre” (ALLAN, 1993, p. 14, tradução nossa). Países como o Brasil, a Argentina e os Estados Unidos por exemplo, exportam milhões de litros de água por meio de seus produtos, enquanto outros, como o Japão a Itália e o Egito, recebem milhões de litros importando alimentos.

A estreita conexão entre água, alimentos e comércio estava na pauta das economias globais desde o final da década de 70 assim como os estudos relacionados ao déficit hídrico e a autossuficiência de água potável. Enquanto as opções relacionadas à garantia da segurança hídrica envolviam grandes obras de engenharia, como a transposição de bacias hidrográficas por exemplo, o conceito da água virtual destacava a importância na formulação e implementação de políticas internacionais para o comércio dos recursos hídricos, considerando que aproximadamente 90% da água utilizada pelo homem estava vinculada ao recurso presente

no solo, ou seja, o suporte ao desenvolvimento das diversas produções agrícolas e que poderia ser acessado através da importação de alimentos (ALLAN, 1997).

Do Carmo, et al. (2007, p. 2) abordam que a ideia principal deste conceito está ligada às *commodities* da água incorporadas nos produtos que circulam entre países, alterando as políticas que envolvem o comércio mundial e ainda que “[...] a função maior desse mecanismo então seria a de possibilitar às diferentes localidades uma produção de maneira a não onerar seus recursos e, ao mesmo tempo, possibilitar o comércio entre os que têm abundância ou escassez de recursos hídricos”.

O conceito também abre outras discussões atuais e importantes além da escolha dos locais de produção, que são os tipos de produtos primários a serem produzidos nestes locais, a cobrança pelo uso da água e de como países com déficit hídrico recebem produtos, principalmente primários, de países com abundância hídrica; como regiões com abundância hídrica como a Amazônia, no Brasil, poderiam se tornar grandes exportadores de produtos sem que houvesse a derrubada ou danos à floresta, o que causaria, em um segundo momento, stress hídrico na região.

Do Carmo, et al. (2007) apresentam o Brasil como um dos grandes exportadores de água e abordam uma questão interessante e polêmica, que é a proposta de mudança nos tipos de alimentos finais consumidos pela população mundial, considerando a quantidade de água necessária para a produção de determinados tipos de alimentos. Citam como exemplo, que um prato com frango e batata gastaria menos água para ser produzido do que um com arroz e carne.

No entanto, uma análise pormenorizada e individual quanto à adoção de uma estratégia vantajosa da condição natural de disponibilidade hídrica em um país, pode interferir na valorização do uso eficiente da água, uma vez que existem outros fatores que afetam diretamente na produção e comercialização de alimentos, como a tecnologia, a infraestrutura de distribuição e armazenamento da água e os arranjos institucionais, dentre outros.

Embora apresente uma contribuição muito importante, uma vez que traz à luz o conceito da água consumida e não contabilizada pelas pessoas, Empinotti e Warner (2012) acrescentam que o conceito apresenta falhas, apontando que países com maior disponibilidade hídrica teriam uma certa vantagem econômica sobre países com déficit hídrico nas práticas de importação e exportação de alimentos, sendo um fator estratégico e político nas relações comerciais. No entanto, questões referentes aos valores ecológicos, culturais, sociais e políticos da água, sobretudo quanto às tradições de práticas agrícolas que se espacializam além da perspectiva econômica, principal conceito da água virtual, devem ser considerados e avaliados, pois afetariam diretamente e negativamente o estilo de vida de determinadas populações rurais,

podendo priorizar a produção de culturas exportadoras em detrimento da agricultura de subsistência ou de produtos com valor cultural.

Neste contexto, os estudos apontam que a apropriação da terra em regiões com maior abundância hídrica, tem sido uma das estratégias para garantir a segurança hídrica e alimentar de países em condição de déficit hídrico. Empresas transnacionais também têm utilizado essa estratégia no cultivo de biocombustíveis e alimentos, demonstrando que no contexto geopolítico global, os países importadores de água não estão em desvantagem ou dependência econômica, como pressupõe o conceito da água virtual.

Esta análise é compartilhada por Fernandez e Mendiondo (2011) onde defendem que a dimensão econômica do conceito de água virtual fica evidenciado, bem como o risco da manutenção dos ecossistemas de países exportadores de água virtual pelo uso inadequado do recurso e da aplicação de agrotóxicos, fertilizantes e outros, comuns à agricultura tradicional. Neste sentido, Allan, et al. (2003, p. 8) lembram que muitas economias do hemisfério sul exportam seus recursos naturais em condições de comércio muito desfavoráveis, se comparadas a alguns países europeus e aos Estados Unidos.

Empinotti e Warner (2012, p. 163) expõe esta perspectiva ao abordar que “[...] os países produtores em territórios estrangeiros estão protegendo os seus recursos hídricos e os aplicando em diferentes atividades, ao mesmo tempo externalizando e exportando seus problemas de escassez de água para países com fragilidade não só hídrica, mas também alimentar”. Com isso, os países produtores de alimentos assumiram os custos ambientais e sociais da produção de *commodities* que serão consumidos por outros e não por sua população, “[...] assim, o acesso à água e à terra se mantém como recursos estratégicos, mas a sua localização não garante posições de controle a estes Estados como sugerido pela aplicação da água virtual e da pegada hídrica nas práticas de produção e comercialização de produtos agrícolas”.

Apesar disso, outros fatores que não a disponibilidade hídrica, são decisivos na escolha dos produtos a serem exportados ou importados como demanda, investimentos, incentivos, capacidade de produção, dentre outros. Desta forma, o conceito de água virtual “[...] contribuiu para tornar visível a questão dos recursos hídricos nas práticas de comércio exterior e assim indicou a inclusão de um novo fator a ser considerado no momento da definição de estratégias comerciais a serem definidas por diferentes países” (EMPINOTTI e WARNER, 2012, p. 159).

Existe ainda um outro viés de discussão onde “[...] a água virtual é economicamente invisível e politicamente silenciosa” formulado por Allan, et al. (2003, p. 8) a partir da

desestabilização coletiva criada em decorrência da consciência da dependência dos recursos hídricos e alimentares de determinadas nações ou regiões, ou seja, oriundos de outros territórios que não os seus, gerando insegurança alimentar e hídrica.

2.2 A PEGADA HÍDRICA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO

Tendo como base as ideias relacionadas à água virtual e a concepção da pegada ecológica, o conceito de “pegada hídrica” foi introduzido em 2002 por Hoekstra no Encontro Internacional de Especialistas em Comércio de Água Virtual por meio da contabilização do uso oculto da água nas produções e cadeias de abastecimento, considerando o uso direto e indireto da água por produtores e consumidores, sendo um “[...] indicador abrangente da apropriação de recursos hídricos, vis a vis ao conceito tradicional e restrito de captação de água” (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 2).

A adoção de ferramentas que ampliem a discussão sobre a gestão da água entre os vários usuários é um dos objetivos para a sustentabilidade deste recurso e nesta perspectiva, além da água virtual, a pegada hídrica “[...] vem sendo utilizada como um indicador de caráter multidimensional do consumo de água, sendo apropriada por diferentes setores da sociedade na contabilização do volume de água usado para produzir bens e serviços” (LEÃO, 2013, p. 159).

Dentre os elementos estudados, a maior parte do uso da água ocorre no meio agrícola, seguido do uso industrial e doméstico. Não só o consumo, mas a poluição da água está concentrada em atividades como o uso de defensivos agrícolas, refrigeração e processamentos de produtos, limpeza e higiene pessoal, entre outros. De acordo com Becker, et al. (2012, p. 36)

A Pegada Hídrica é calculada com base em:

- Dados populacionais (Banco Mundial);
- Dados sobre área de terra arável (FAO) e recursos hídricos renováveis totais, assim como retirada de água total (FAO);
- Dados sobre comércio internacional agrícola (PC-TAS) e produtos industriais (WTO);
- Dados locais sobre diversos parâmetros como clima, padrões de cultivo, irrigação, solos, qualidade da água percolada, taxas de utilização de pesticidas e fertilizantes, entre outros.

Fernandez e Mendiondo (2011) atentam para a importância da incorporação dos aspectos econômicos e políticos na avaliação dos recursos hídricos e da ligação entre alterações climáticas, escassez de água e políticas públicas, bem como a necessidade de adaptação às

mudanças de longo prazo, uma vez que a escassez hídrica também é um viés negativo das mudanças climáticas.

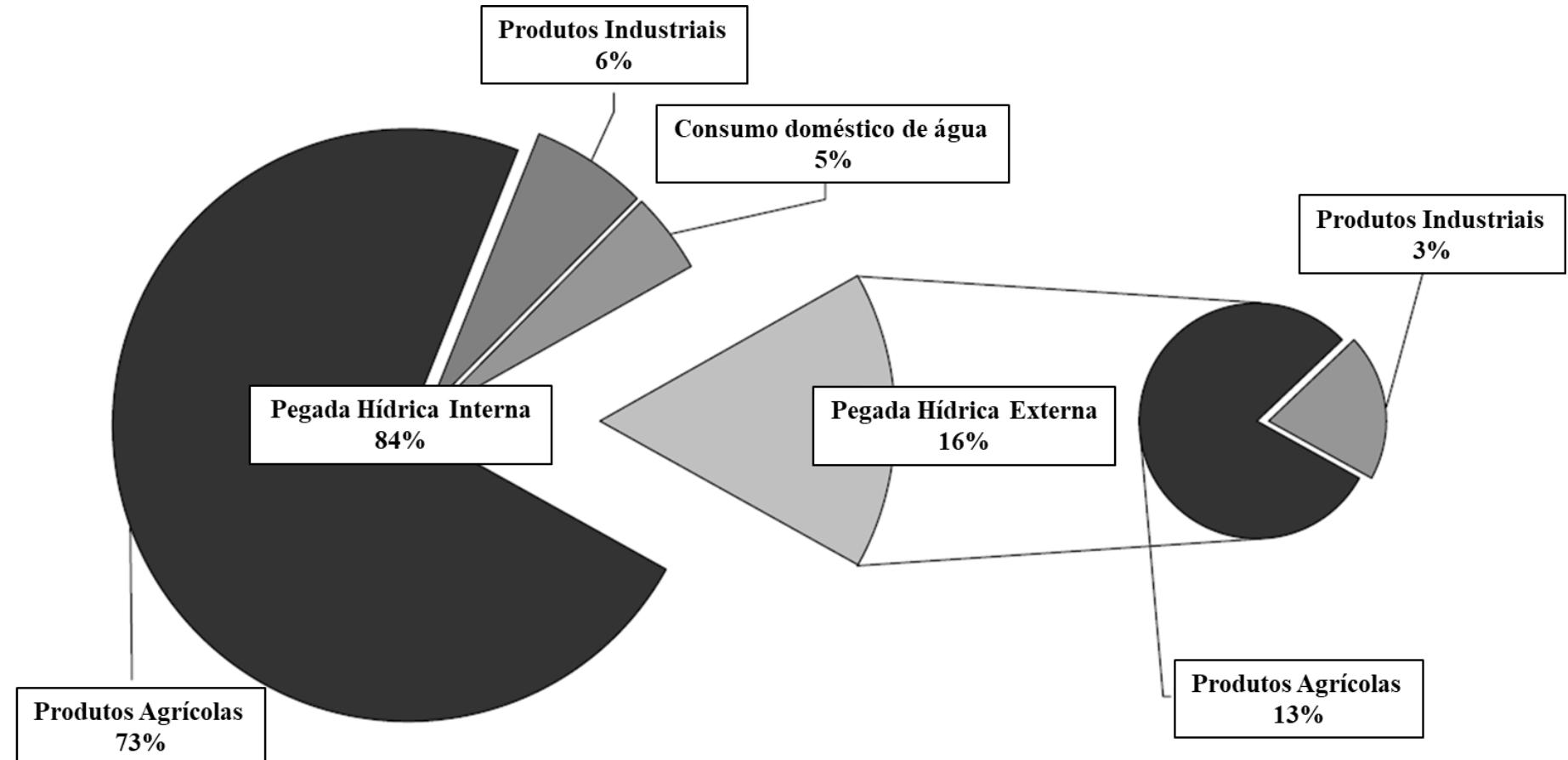
Os cálculos da pegada hídrica interna de um país, que compreendem os usos da água nos setores agrícola, industrial e doméstico, foram baseados em dados globais e nacionais. Para os dois últimos, os dados escolhidos foram os disponíveis na Plataforma AQUASTAT da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) que fornece estatísticas e informações sobre o uso dos recursos hídricos e a gestão da água em diversos países. Para o cálculo do volume total de água no setor agrícola estabeleceu-se a metodologia proposta pela FAO onde “o teor de água virtual ($m^3/ton.$) das culturas primárias foi calculado por cultura e por país” e ainda

[...] o teor de água virtual dos produtos agrícolas é calculado com base nas frações de produto (tonelada de produto de cultura obtida por tonelada de colheita primária) e valor (o valor de mercado de um produto de cultivo dividido pelo valor de mercado agregado de todos os produtos derivados de uma cultura primária) (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2007, p. 37, tradução nossa).

Em relação ao conteúdo de água virtual em animais (por exemplo, bovinos de corte, vacas leiteiras, equinos, suínos, caprinos, ovinos, galinhas e aves) foram elaborados cálculos “com base no teor de água virtual de sua ração e nos volumes de água potável e de serviços consumidos durante a sua vida útil”, portanto, a pegada de produtos pecuários é maior do que dos produtos agrícolas, pois envolve a alimentação dos animais dependente de várias colheitas de grãos, da água potável utilizada e da água de serviço durante a vida útil. Os dados relativos ao comércio de commodity internacional foram baseados nos dados disponíveis na OMC em parceria com a UNCTAD (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2007, p. 37-38).

Hoekstra e Chapagain (2007) analisaram a pegada hídrica de várias nações e quantificaram os fluxos de água que entram e saem dos países, estabelecendo que o volume total de água doce utilizada para produzir os bens e serviços consumidos pelos povos de uma nação podem ser divididos como uso de recursos hídricos domésticos, também denominado uso da água endógena ou pegada hídrica interna; e uso de recursos hídricos exógenos, ou seja, os usos da água de fora das fronteiras do país, importados, ou pegada hídrica externa. O consumo de alimentos e produtos agrícolas para a fabricação de ração animal por exemplo, determinam o tamanho da pegada hídrica global, e tanto a pegada hídrica interna quanto a externa, possuem as maiores porcentagens vinculadas aos produtos agrícolas, seguido pelos produtos industrializados (figura 11).

Figura 11 - Contribuição de diferentes categorias de consumo para a pegada hídrica global, com distinção entre a pegada interna e externa



Fonte: Hoekstra e Chapagain (2007, p. 43). Tradução: a própria autora

Para o conteúdo de água virtual em produtos industrializados, devido à dificuldade na obtenção de dados, à numerosa categoria de produtos existentes e à diversidade nos sistemas de produção, que dependem também de normas internas nacionais, os autores optaram por calcular a média da água virtual através do valor em dólar agregado no setor industrial ($m^3/US\$$) utilizando “[...] a razão entre a retirada da água industrial (m^3/ano) em um país e o valor total agregado do setor industrial (US/ano$), componente do Produto Interno Bruto” (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2007, p. 38).

De acordo com estes cálculos, a pegada hídrica global gira em torno de 7.450 Gm^3/ano ¹, sendo que a produção agrícola agrupa 6.390 Gm^3/ano deste total, o setor industrial engloba aproximadamente 716 Gm^3/ano e o consumo doméstico está na ordem de 344 Gm^3/ano . Os dados referentes ao consumo de água vinculado à produção dos principais produtos agrícolas de exportação/importação estão definidos na tabela 6 e uma análise pormenorizada demonstra que mesmo a produção mundial de arroz e trigo serem muito próximas, o arroz possui quase o dobro da pegada hídrica do trigo, uma vez que apresenta maior demanda na evaporação consumindo, portanto, uma quantidade de água muito maior por tonelada produzida.

Tabela 6 – Contribuição de diferentes produtos agrícolas na pegada hídrica

Produtos	Porcentagens
Arroz	21%
Trigo	12%
Milho	9%
Soja	4%
Cana-de-açúcar	3%
Algodão	3%
Cevada	3%
Sorgo	3%
Cocos	2%
Painço	2%
Café	2%
Óleo palma	2%
Amendoim	2%
Mandioca	2%
Borracha	1%
Cacau	1%
Batatas	1%
Outras culturas	26%

Fonte: Hoekstra e Chapagain (2007, p. 38)

¹ Gm^3/ano : 1 Gigametro cúbico é igual a 1 bilhão de metros cúbicos.

Existem quatro fatores principais que determinam a pegada hídrica de um país: volume de consumo, que está relacionado à renda nacional bruta; padrão de consumo, relativo ao alto ou baixo consumo de carne; clima, associado às condições de crescimento das culturas; e práticas agrícolas, definidas pela eficiência no uso da água (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2007, p. 41-43). Neste sentido, os autores exemplificam que a soja produzida no Brasil tem uma pegada hídrica de 1.076 m³/ton., enquanto no México apresenta um volume de 3.177 m³/ton. e na Índia, 4.124 m³/ton. Assim, a escolha do plantio de certas culturas em determinados países estaria vinculada ao valor da pegada hídrica, impactando diretamente a geopolítica internacional, tendo a água como um dos fatores estratégicos na definição das práticas de produção e de consumo globais.

Conforme pôde ser observado, o conceito da pegada hídrica pode ser examinado a partir de uma série de concepções, de acordo com o objetivo proposto, por se tratar de uma ferramenta multidimensional. Para análises que privilegiam a pegada hídrica de um produto agrícola ou pecuário por exemplo, é necessário verificar toda a água consumida neste processo e estabelecer a conexão com o produtor final, ou seja, considerar a água inclusa no produto durante a fase de crescimento da lavoura ou desenvolvimento do animal, colheita ou abate, armazenamento, transporte, processamento (quando necessário), comércio e consumo final, que pode ocorrer em outra localidade, região ou país.

Um levantamento efetuado por Hoekstra e Chapagain (2007, p. 42) em alguns países no período de 1997-2001 apontou a composição da pegada hídrica total, per capita, interna e externa, para o uso doméstico, agricultura e indústria (Tabela 7).

Portanto, as variáveis climáticas, de produção, de consumo e de rendimento que se diferem entre os países ao se realizar as análises dos resultados, deverão ser verificadas e explicam parcialmente os valores encontrados.

Tabela 7 – Composição da pegada hídrica em alguns países

PAÍSES	PEGADA HÍDRICA		PEGADA HÍDRICA POR CATEGORIA DE CONSUMO				
	Total (Gm ³ /ano)	Per capita (m ³ /cap./ano)	Água Doméstica Interna		Bens Agrícolas		Bens Industriais
			PH (m ³ /cap./ano)	PH Interna (m ³ /cap./ano)	PH Externa (m ³ /cap./ano)	PH Interna (m ³ /cap./ano)	PH Externa (m ³ /cap./ano)
Austrália	26,56	1393		341	736	41	64
Bangladesh	116,49	896		16	846	29	3
Brasil	233,59	1381	70	1155	87	51	18
Canadá	62,80	2049		279	986	252	366
China	883,39	702		26	565	40	65
Egito	69,50	1097		66	722	197	101
França	110,19	1875		105	814	517	257
Alemanha	126,95	1545		66	434	604	228
Índia	987,38	980		38	907	14	19
Indonésia	269,96	1317		28	1153	127	2
Itália	134,59	2332		138	829	1039	176
Japão	146,09	1153		136	165	614	108
Jordânia	6,27	1303		44	301	908	7
México	140,16	1441		139	837	361	31
Holanda	19,40	1223		28	31	586	161
Paquistão	166,22	1218		21	1119	63	12
Rússia	270,98	1858		98	1380	283	91
África Sul	39,47	931		57	644	169	26
Tailândia	134,46	2223		30	1987	144	20
Reino Unido	73,07	1245		38	218	592	114
USA	696,01	2483		217	1192	267	609
Total Global	7452,00	1243	57	907	160	79	40

Fonte: Hoekstra e Chapagain (2007, p. 42). Grifo nosso

Nos países que apresentam as melhores condições financeiras, os valores relativos às pegadas hídricas totais normalmente são maiores, decorrentes do maior consumo de bens e serviços, como é o caso dos Estados Unidos, que apresenta, por exemplo, um percentual de consumo de carne três vezes maior que a média mundial.

Em contrapartida, a Índia e a China apresentam pegadas hídricas totais ainda maiores devido à sua população estimada, à época do levantamento, em mais de um milhão de habitantes, mas com pegada hídrica per capita baixa, de 980 m³/cap./ano e 702 m³/cap./ano, respectivamente, ao contrário dos EUA, Itália, Canadá e Tailândia, com percentuais acima dos 2000 m³/cap./ano. Para os três primeiros, o alto consumo de carne e produtos industrializados influencia este resultado, enquanto na Tailândia, a ineficiência das práticas agrícolas eleva a pegada hídrica. Neste sentido, Hoekstra e Chapagain (2007, p. 46) demonstram que a média global na produção de arroz foi de 3,9 ton/ha. enquanto na Tailândia este valor foi de 2,5 ton/ha. no mesmo período de análise. Na Índia, o consumo de bens industriais corresponde a 2% da pegada hídrica total do país, enquanto nos EUA, este valor é de 32%. Assim, fatores como a ausência de precificação da água, presença de subsídios, uso ineficiente da água e falta de conscientização sobre medidas simples de economia ou utilização adequadas dos recursos hídricos pelos agricultores também são responsáveis por percentuais altos de pegada hídrica.

Alguns países apresentam pegadas hídricas externas para produtos agrícolas altas como França, Alemanha, Holanda, Itália, Jordânia, Japão e Reino Unido e para a maior parte, à exceção da França, estes totais são muito superiores à pegada hídrica interna, pois dependem de grandes volumes importados de produtos primários. Em alguns casos, como a Holanda, a pegada hídrica externa corresponde a quase 80% para o total da pegada hídrica per capita.

Países como o Brasil, a Indonésia, o Paquistão, a Rússia, a Tailândia e os Estados Unidos são considerados grandes exportadores de produtos agrícolas primários, portanto possuem altas pegadas hídricas internas nesta categoria.

A pegada hídrica interna para produtos industrializados também representa uma forte vinculação com países mais ricos, a exemplo dos valores observados na tabela 7 para países como Estados Unidos, Canadá, França e Alemanha. Em contrapartida, apesar da Índia apresentar uma pegada hídrica total alta, para a categoria dos produtos industrializados o percentual é baixo, tanto para a pegada hídrica interna quanto a externa. Holanda, Reino Unido e Alemanha apresentaram os maiores percentuais em relação à pegada hídrica externa para produtos industrializados.

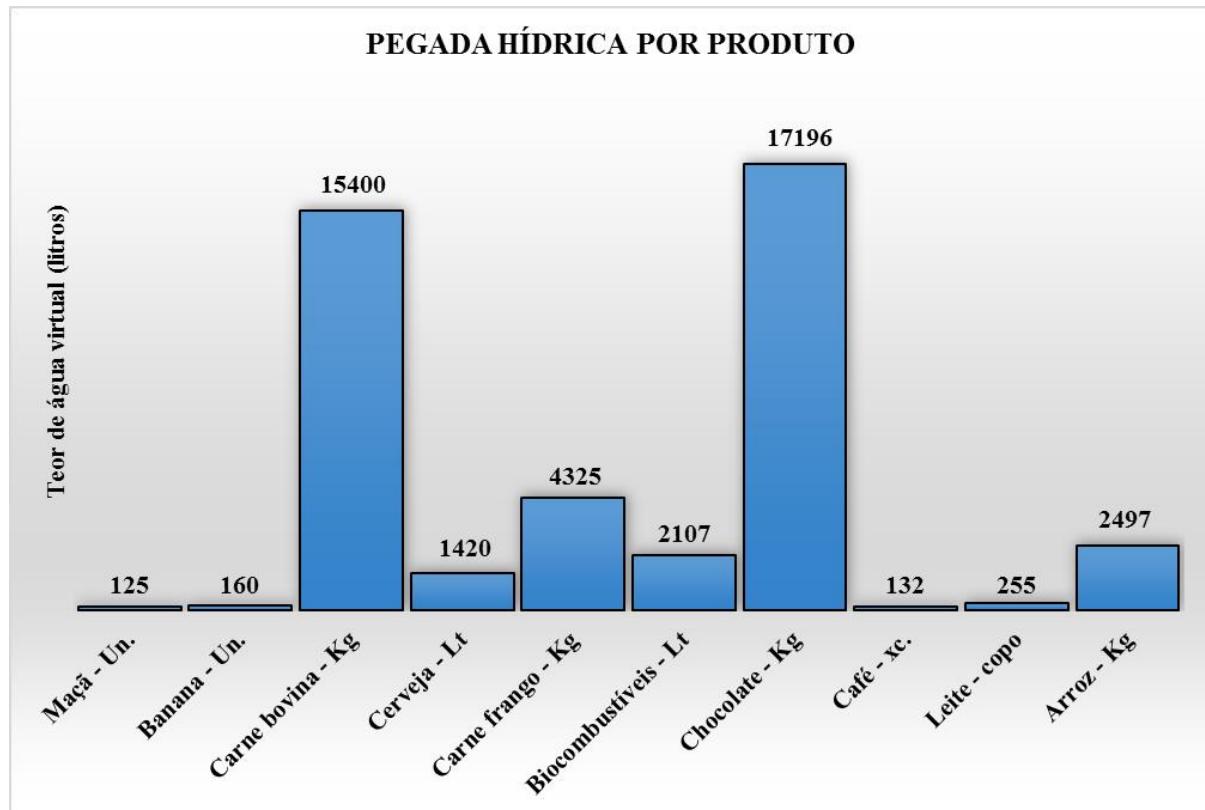
Hoekstra e Chapagain (2007, p. 46) sugerem que a redução da pegada hídrica pode ser alcançada com a adoção de técnicas de produção que exigem menos água por unidade de

produto; da utilização adequada das águas pluviais e irrigação; da mudança nos padrões de consumo; do deslocamento da produção de áreas com baixa produtividade de água para áreas com alta produtividade, visando o aumento na eficiência do uso global de água. Contudo, os autores argumentam que

Provavelmente, será necessária uma abordagem mais ampla e sutil, onde os padrões de consumo são influenciados pela precificação, aumento da conscientização, rotulagem de produtos, ou a introdução de outros incentivos que provoquem mudanças no comportamento de consumo. Os custos da água geralmente não estão refletidos no preço dos produtos. Além disso, o público em geral está – embora ciente das necessidades de energia – dificilmente ciente das necessidades de água na produção de seus produtos e serviços.

Sendo uma apropriação do recurso água doce para elaboração de bens e prestação de serviços consumidos e utilizados pelo homem, um dos exemplos mais difundidos deste conceito remete justamente à quantidade de água empregada e poluída ao longo da cadeia produtiva de determinados produtos largamente utilizados, conforme exemplificado na Figura 12.

Figura 12 – Pegada hídrica média por produto - exemplos



Fonte: Mekonnen e Hoekstra (2011); Mekonnen e Hoekstra (2012). Org.: a própria autora

Assim, a pegada hídrica representa uma análise mais ampla que a tradicional, tratando-se de uma medida volumétrica de consumo e poluição da água e não avalia a severidade do impacto ambiental quanto ao consumo e poluição da água, uma vez que estes dependem da vulnerabilidade do sistema hídrico local e do número de consumidores e poluidores que utilizam o mesmo sistema, tendo como proposta principal a “[...] discussão sobre o uso e a alocação equitativos e sustentáveis da água, além de formar uma boa base para a avaliação dos impactos ambientais, sociais e econômicos” (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 3).

Apresenta como um dos principais diferenciais de análise a inclusão do uso indireto da água, ou seja, a água utilizada e poluída, em volume, para a produção de alimentos, roupas, calçados, eletroeletrônicos, bem como para o transporte destes bens até o consumidor final, criando uma conexão entre “[...] o consumidor final, as empresas intermediárias e os comerciantes no que se refere ao uso da água ao longo de toda a cadeia produtiva” (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 158).

No entanto, os dados de consumo dos recursos hídricos não são consensuais e segundo Dantas (2012, p. 1) “A introdução de novos conceitos – Água Virtual e Pegada Hídrica, por exemplo – dificultam, ainda mais, o consenso necessário, pois alertam para consumos de água ‘ocultos’ que, até há pouco tempo, não eram levados em conta” e a contabilização da pegada hídrica pode ser realizada em resolução espaço-temporal em diferentes níveis de avaliação (Tabela 8), de acordo com o objetivo proposto.

Tabela 8 – Explicação espaço-temporal na contabilização da pegada hídrica

Níveis	Resolução espacial	Resolução temporal	Fonte de dados necessários sobre o uso da água	Uso típico das contabilizações
Nível A	Média global	Anual	Literatura e banco de dados disponíveis sobre o consumo e poluição de água típicos, por produto ou processo.	Ações de conscientização, identificação preliminar dos componentes que mais contribuem para a pegada hídrica total; desenvolvimento de projeções globais do consumo da água.
Nível B	Nacional, regional ou de bacia	Anual ou mensal	Como no caso acima, mas o uso de dados específicos nacionais, regionais ou de bacias.	Identificação preliminar da dispersão e variabilidade espaciais; base de conhecimento para identificação de áreas críticas e decisões sobre alocação de água.

Nível C	Pequena bacia ou gleba	Mensal ou diária	Dados empíricos ou (se não forem diretamente mensuráveis) melhores estimativas do consumo e poluição da água, especificados por local e durante o ano.	Base de conhecimento para a realização de uma avaliação de sustentabilidade de uma pegada hídrica; formulação de uma estratégia para reduzir a pegada hídrica e os impactos locais associados.
----------------	------------------------	------------------	--	--

Obs.: Os três níveis podem ser distinguidos para todas as formas de contabilização de pegada hídrica (por exemplo, contabilização de produto, nacional, corporativa).

Fonte: Hoekstra, et al. (2011, p. 12)

Como a disponibilidade e a demanda de água variam no tempo, ou seja, ao longo do ano e em anos diferentes, no Brasil por exemplo, a atuação de fenômenos como “El Niño” e “La Niña” influenciam diretamente estes valores e os níveis de avaliação demandam fontes de dados e pesquisas específicas.

Para este trabalho optou-se pela contabilização Nível C, com resolução espacial de pequena bacia, fonte de dados oficiais e empíricos obtidos a partir das melhores estimativas de consumo e poluição da água, com o objetivo final de formular estratégias de redução da pegada hídrica e dos impactos locais associados.

2.3 PEGADA HÍDRICA AZUL, VERDE E CINZA

Sendo um indicador quantitativo que soma três componentes, a pegada hídrica azul, a pegada hídrica verde e a pegada hídrica cinza, representados como PH_{azul} , PH_{verde} e PH_{cinza} “[...] o objetivo de quantificar as pegadas hídricas é analisar como as atividades humanas ou produtos específicos se relacionam com questões de escassez e poluição da água e verificar como atividades e produtos podem se tornar mais sustentáveis sob o ponto de vista hídrico” (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 4).

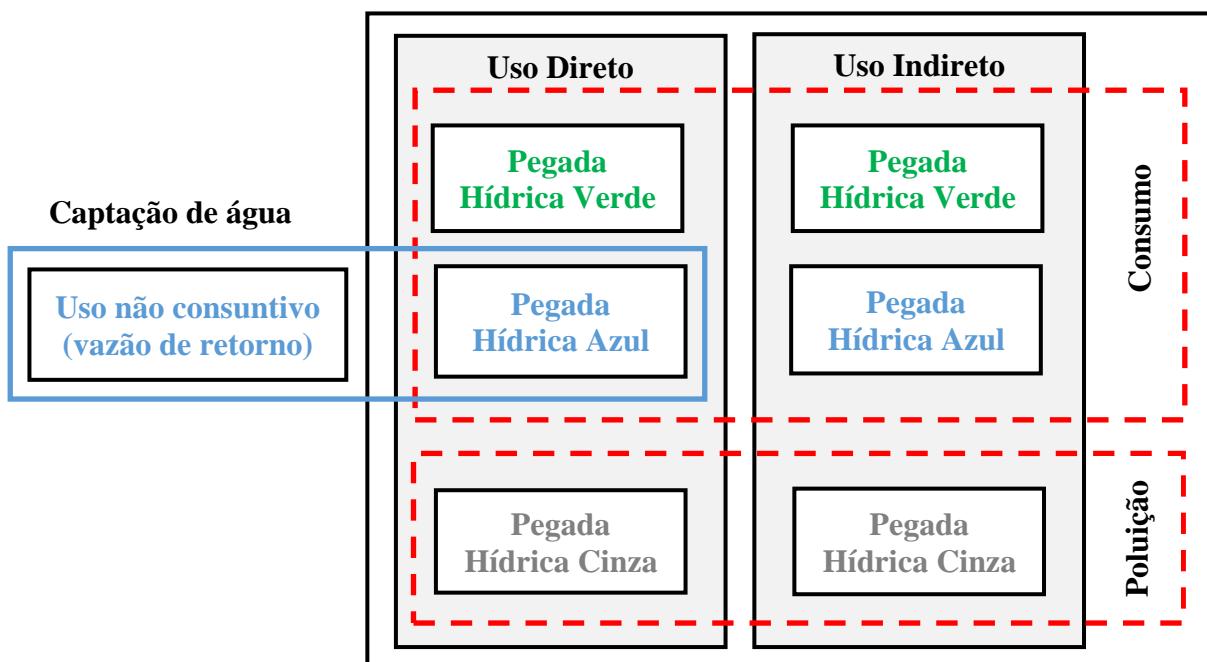
A pegada hídrica azul refere-se a todo o consumo de água, tanto superficial quanto subterrânea, direta ou indireta, que venha a ser utilizada ao longo de uma cadeia produtiva. Hoekstra, et al. (2011, p. 2) esclarecem que este consumo é a perda de água que ocorre dentro da bacia hidrográfica por meio da evaporação, da incorporação em um produto ou do retorno para outra bacia hidrográfica ou para o mar.

A água da chuva que não escoa e fica retida no solo, sendo posteriormente incorporada na produção agrícola ou em áreas de reflorestamento foi denominada de pegada hídrica verde.

O volume de água doce necessário para a diluição de poluentes é a pegada hídrica cinza, ou seja, não se trata de uma avaliação a partir de parâmetros de contaminação muito comuns nas análises relacionadas aos impactos ambientais, mas de uma medida de volume para assimilar uma carga de poluentes, considerando as concentrações naturais e os padrões de qualidade dos corpos d'água receptores.

A contabilização da pegada hídrica difere-se da avaliação simples de captação de água, utilizada no meio técnico até recentemente, uma vez que inclui as águas verde e cinza no sistema, inclui o uso indireto da água e não inclui a vazão de retorno, ou seja, o uso não-consuntivo da água captada quando este retorna para o local de origem, conforme pode ser visualizado na Figura 13:

Figura 13 - Representação esquemática dos componentes de uma pegada hídrica



Fonte: Hoekstra, et al. (2011, p. 3). Org.: a própria autora

Conforme a representação acima, a avaliação da pegada hídrica pode ser realizada sob vários aspectos: apenas por um dos componentes, da composição de dois deles, somente o consumo ou apenas a poluição; pode-se ainda analisar somente o uso direto ou o indireto utilizando-se os três componentes, ou o agrupamento mais adequado à pesquisa e aos resultados que se pretende discutir.

No entanto, existe um item que precisa ser considerado em todas as possíveis variações da aplicabilidade desta ferramenta, especialmente no Brasil: o uso não-consuntivo ou vazão de retorno.

Segundo a metodologia proposta para a avaliação da pegada hídrica, o uso não-consuntivo refere-se à água azul, de uso direto, que é devolvida ao local de origem, basicamente a mesma bacia hidrográfica, uma vez que a origem está na precipitação e no ciclo hidrológico. Assim, a primeira análise recai no nível de detalhe da avaliação e microbacias ou subbacias hidrográficas de pequena extensão poderão apresentar vazão de retorno zero.

No entanto, o PNRH (BRASIL, 2006, p. 204), apresenta outras definições sobre usos consuntivos e não consuntivos da água, a exemplo das atividades de hidroelectricidade

Os usos da água podem ser não consuntivos – aqueles que não afetam significativamente a quantidade da água; e consuntivos, aqueles que implicam a redução da disponibilidade hídrica. Os usos não consuntivos referem-se principalmente às atividades de hidroelectricidade, navegação, recreação e lazer, piscicultura e aquicultura. Essas atividades, apesar de não afetarem a disponibilidade quantitativa da água, podem ter efeitos sobre a qualidade e/ou sobre o regime de vazões do manancial. Os usos consuntivos referem-se principalmente aos usos urbano (doméstico e público), rural (comunidades), agropecuário (irrigação e animal) e industrial. Esses são de particular interesse por consumirem a água disponível aos diversos usos.

Enquanto nas definições do Estado as atividades de hidroelectricidade referem-se aos usos não consuntivos, os reservatórios artificiais enquadram-se nos usos consuntivos nas análises relativas à contabilização da pegada hídrica, uma vez que o componente evaporação é um dos mais significativos e pode apresentar disponibilidade limitada, mesmo que por um período de tempo ou para a mesma bacia hidrográfica.

Os recursos hídricos são escassos e normalmente a água azul também apresenta custos elevados, portanto é um dos componentes mais estudados no planejamento e nas contabilizações, considerando que muitas vezes a irrigação (componente da pegada hídrica azul em produtos agrícolas) pode sobrepor a pegada hídrica verde em determinadas regiões ou períodos do ano por exemplo. No entanto, a inclusão da pegada hídrica verde agrupa amplamente a análise, uma vez que aproximadamente 86% da pegada hídrica humana está no setor agrícola, enquanto a introdução da pegada hídrica cinza permite novos diagnósticos como a comparação do volume poluído com o volume de consumo de água (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 09-10).

A pegada hídrica azul é a apropriação da água doce superficial ou subterrânea e “[...] mostra o volume que foi efetivamente retirado do fluxo total de escoamento, mostrando,

assim, a apropriação da capacidade de retirada”. Esta capacidade de retirada é sempre limitada em termos de volume e tempo, ou seja, em determinadas épocas do ano, o volume de água disponível sofre alterações (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 19).

O uso consuntivo da água azul ocorre quando a água (superficial ou subterrânea) sofre evapotranspiração vinculada à produção (por exemplo no processo de armazenamento, transporte ou aquecimento); é incorporada em um produto; não retorna à mesma bacia hidrográfica, mas sim escoa para outra bacia ou para o oceano; e quando não retorna no mesmo período.

A fórmula para o cálculo de uma etapa de processo da pegada hídrica azul representa, em última análise, “a medida da quantidade de água azul consumida pelo homem” (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 23):

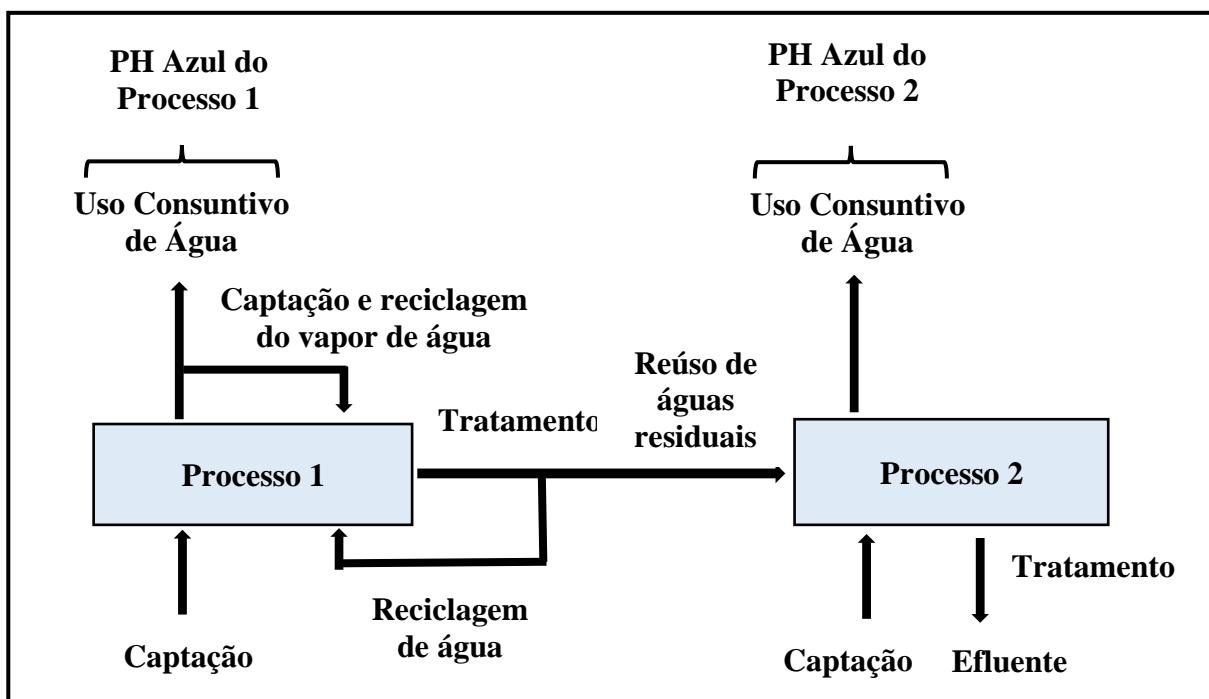
$$\text{PH}_{\text{proc},\text{azul}} = \frac{\text{Evaporação da água azul} + \text{Incorporação da água azul} + \text{Vazão de retorno perdida}}{\text{[volume/tempo]}}$$

As avaliações da pegada hídrica azul podem ser realizadas de variadas formas e de acordo com o objetivo proposto na pesquisa. Podem ser pesquisados os usos para os diversos tipos de fontes de água azul, divididas em superficial, subterrânea com fluxo renovável e fóssil. A coleta de água das chuvas, prática que vem sendo disseminada intensivamente na última década no Brasil, é classificada como uso consuntivo da água azul, desde que a coleta seja local, oriunda de um escoamento superficial e utilizada para o suprimento de água potável, para a irrigação doméstica ou de culturas, para a pecuária ou o abastecimento de pequenas lagoas. No caso desta água ser utilizada em telhados verdes ou retida no solo, sendo posteriormente utilizada pelas plantas, a classificação será como pegada hídrica verde.

O cálculo para a pegada hídrica azul, tanto para processos industriais quanto agrícolas, pode ser realizado utilizando-se os dados referentes às captações e os volumes de descarte final, os valores de usos consuntivos nos vários tipos de processos de manufaturas e o balanço hídrico estimado para os diferentes tipos de culturas (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 24-27).

As questões da reciclagem e reuso da água e a transposição entre bacias são fatores importantes quando da realização dos cálculos relativos à água azul. No primeiro caso, a análise deve constatar a água que foi efetivamente evaporada ou incorporada no produto e pode auxiliar na redução das pegadas hídricas azul e cinza. Na figura 14 estão demonstrados dois processos de reúso da água, com o segundo utilizando-se da água residual tratada do primeiro.

Figura 14 – O cálculo da pegada hídrica azul no caso da reciclagem e do reuso da água



Fonte: Hoekstra, et al. (2011, p. 26). Org.: a própria autora

A transposição de água entre bacias é utilizada com frequência em áreas urbanas no Brasil, pois muitas vezes os mananciais de abastecimento estão situados a grandes distâncias dos centros urbanos. Refere-se a captação de água em uma bacia e a transposição – por meio de navios, dutos, canais caminhões, etc – para outra bacia.

Conforme discutido anteriormente, quando a água escoa para outra bacia é considerada uso consuntivo e contabilizada como água azul na bacia de origem (bacia A). A água azul transposta será alocada na bacia receptora (bacia B). “Portanto, a pegada hídrica azul dos processos da bacia B que utilizam água da bacia A pertence a esta última e sua magnitude equivale à quantidade de água que ela recebeu, mais as possíveis perdas ocorridas durante o percurso”. Deve-se considerar ainda, na contabilização da água azul, o retorno de parte da água utilizada na bacia B.

Se os usuários da água da bacia receptora B devolverem (parte da) a água usada para sua própria bacia, veremos que a água é ‘adicionada’ aos recursos hídricos da bacia B. A água ‘adicionada’ pode compensar a pegada hídrica azul de outros usuários que tenham *consumido* água da bacia B; neste caso, pode-se argumentar que a transposição de água entre bacias gera uma ‘pegada hídrica azul negativa’ para a bacia receptora (uma vez que não evapore e seja, de fato, adicionada ao sistema de água da bacia receptora). A pegada hídrica negativa da bacia B compensa parcialmente a pegada hídrica azul positiva de outros usuários na bacia B. Observe que ela não compensa a pegada hídrica

azul na bacia A! Quando o objetivo é avaliar a pegada hídrica geral das pessoas na bacia B, recomendamos incluir uma possível ‘pegada hídrica azul negativa’ que resulta da transposição efetiva da água para a bacia (desde que ela realmente compense uma pegada hídrica azul positiva na bacia no mesmo período (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 26-27).

A compensação de pegada hídrica azul entre bacias fornecedoras e receptoras ainda é controversa e o resultado final seria enganoso, uma vez que a pegada hídrica é local e os tipos e níveis de compensação, quais impactos seriam compensados e as formas de medi-los não estão claramente definidos. Segundo Hoekstra, et al., (2011, p. 99) “[...] a compensação de uma pegada hídrica sempre deve ocorrer na bacia onde a pegada hídrica está localizada”, sendo assim, não haveria sentido em compensar uma pegada hídrica negativa em uma bacia receptora.

A água verde refere-se à água precipitada que fica armazenada temporariamente na superfície do solo e na vegetação, ou seja, exclui-se a água que abastece o lençol freático e a água que escoa até os cursos d’água superficiais, denominada águas azuis.

A pegada hídrica verde é a apropriação, por parte do homem, desta água pluvial armazenada, através da evapotranspiração e da água incorporada nos produtos agrícolas, sejam plantações convencionais ou silviculturas. A fórmula geral para o cálculo da pegada hídrica verde é a seguinte (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 27):

$$\text{PH}_{\text{proc},\text{verde}} = \text{Evaporação de água verde} + \text{Incorporação de água verde} \\ [\text{volume/tempo}]$$

Outros processos que pertencem ao desenvolvimento de determinadas culturas, como por exemplo o armazenamento de água para futura irrigação, a evaporação ocorrida durante o transporte da água armazenada ou do local de captação até o campo e a própria irrigação tem a sua própria pegada hídrica e podem ser incluídos em função da sua importância para a pesquisa.

Aldaya, et al. (2010) enfatizam que pode haver uma economia de água global, onde a exportação seja priorizada a partir de áreas nas quais a produtividade seja elevada com a utilização de menores quantidades de água (ton./m³) para áreas onde a produtividade apresenta altos índices de consumo de água virtual, demonstrando a importância estratégica da água verde. Originalmente a água verde oriunda das chuvas ficaria, a priori, armazenada no solo e sofreria evapotranspiração ou ficaria armazenada nas vegetações em áreas florestais ou outros tipos de biomas nativos. Quando é incorporada em produtos e comercializada entre nações, a

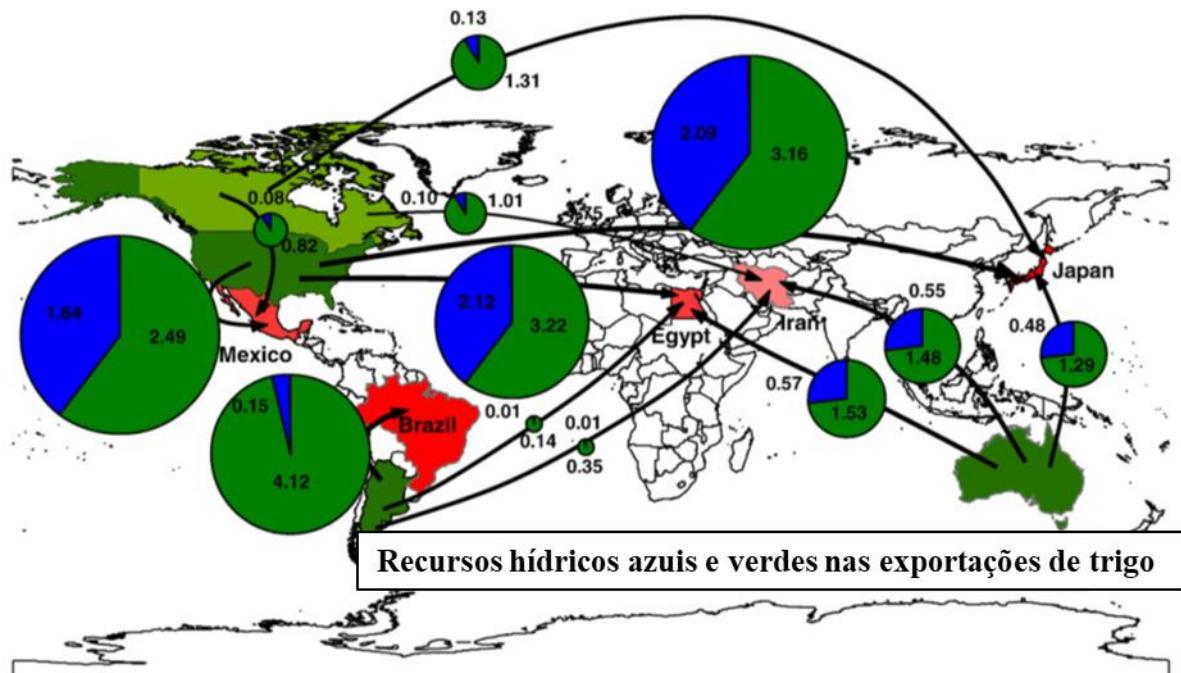
água verde pode representar um papel muito importante na garantia da segurança alimentar e na escassez de água, evitando potenciais danos aos ambientes aquáticos.

No entanto, as análises devem considerar que a água utilizada para produzir bens de exportação não estará mais disponível para finalidades domésticas, ou seja, na região de origem, e pode ocorrer também o aumento da degradação de ambientes naturais para o plantio de culturas de exportação. Ainda, quando a água azul é utilizada na irrigação, os problemas são potencializados pela salinização, extração excessiva de água superficial ou subterrânea e degradação do solo, além da poluição causada pela aplicação de fertilizantes e pesticidas (ALDAYA, et al., 2010, p. 890).

Neste sentido, um levantamento referente ao uso da água azul nos Estados Unidos, demonstra um aumento nos últimos anos, representando frações de 39,8% no trigo, 21,2% no milho e 16,9% na soja. Nas regiões central e ocidental do país, os rios e aquíferos tem sido superexplorados, a exemplo do rio Colorado que teve a sua porção inferior, localizada no México, dessecada decorrente da intensa irrigação no Vale Imperial; situação semelhante tem ocorrido nas águas fósseis do aquífero Ogallala, extraídas para a irrigação de culturas de soja, trigo e milho nos Estados da Dakota do Sul, Nebraska, Wyoming, Colorado, Kansas, Oklahoma, Novo México e Texas.

Este estudo elaborado por Aldaya, et al. (2010) aponta que países considerados os maiores exportadores de grãos como Argentina, Canadá, Estados Unidos e Austrália apresentam pegadas hídricas verdes maiores que as azuis e que países classificados como grandes importadores, como Japão, China, Egito, Coreia, Holanda, Espanha e México (Figura 15) tem reduzido suas pegadas hídricas com a água virtual incorporada em *commodities* agrícolas, a exemplo do Egito que possui uma política de importação de alimentos de baixo valor monetário e alto consumo de água.

Figura 15 – Fluxos de água virtual verde e azul do trigo (km^3/ano)



Obs.: O tamanho de cada circunferência é determinado pela quantidade de virtual água "comercializada". Países com "exportações" de água virtual são representados em verde e países com água virtual "importam" em vermelho; a tonalidade da cor depende da quantidade de água virtual "negociados". Período 2000–2004.

Fonte: Aldaya, et al. (2010, p. 893). Tradução: a própria autora

Apesar desta não ser a lógica de comércio de alimentos mundial, que não explora adequadamente a produtividade e a relação de água azul e verde nos produtos comercializados, alguns dados são relevantes. Considerando que o Egito produz trigo com um conteúdo médio de água virtual da ordem de 930 m³/ton., para os EUA este valor é de 1.707 m³/ton.; então existe uma perda de água global de 777 m³/ton.; no entanto, enquanto no Egito 100% desta água virtual é azul, nos EUA este percentual é de 39,8%; assim o Egito economiza 251 m³/ton., de água azul importando trigo dos EUA.

Desta forma, além da política de subsídios nacionais, aumento na demanda de alimentos decorrente do crescimento populacional, alterações nas dietas e mudanças no plantio de oleaginosas para a produção de biocombustíveis, existem outros fatores relacionados ao comércio global de água verde como “[...] disponibilidade de terra, mão-de-obra, tecnologia, os custos do envolvimento comercial, o potencial para novos aumentos na produtividade do solo e da água, especialmente de irrigação, políticas alimentares nacionais e acordos comerciais” (ALDAYA, et al., 2010, p. 892, tradução nossa).

A pegada hídrica cinza como um indicador de poluição, surgiu a partir do reconhecimento de que o volume da água necessário para diluir poluentes, até eles se tornarem inócuos, poderia ser medido. O termo foi utilizado pela primeira vez por Hoekstra e Chapagain que em 2009 reconheceram que “A pegada hídrica cinza é calculada com mais precisão dividindo-se a carga de poluentes pela diferença entre a concentração máxima aceitável e a concentração natural”, sendo necessário verificar outros aspectos como a qualidade da água captada e a poluição difusa (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 28).

O cálculo da pegada hídrica cinza é efetuado a partir da divisão da carga poluente pela diferença entre a concentração do padrão ambiental de qualidade da água para um determinado poluente, considerando a concentração máxima aceitável e a concentração natural do corpo d’água receptor, sendo expressa em (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 29):

$$\text{PH}_{\text{proc}, \text{cinza}} = L / (C_{\max} - C_{\text{nat}})$$

[volume/tempo]

Onde: carga de poluente: L em volume/tempo

concentração máxima aceitável: C_{\max} em massa/volume

concentração natural no corpo d’água receptor: C_{nat} em massa/volume

O padrão de qualidade da água em seu estado natural pode variar de acordo com a região avaliada, de acordo com a tipologia (superficial ou subterrânea) e de acordo com a substância relacionada ao corpo d’água, sendo que para substâncias que normalmente não são encontradas na água, como o esgoto doméstico, pode-se considerar o $C_{\text{nat}} = 0$. Sendo um indicador da severidade da poluição da água, demonstra a capacidade de assimilação, ou seja, se existe água suficiente para diluir ou assimilar os poluentes.

As fontes pontuais de poluição podem ser oriundas de indústrias, estações de tratamento de esgoto (ETE’s), cemitérios, aterros sanitários, depósitos irregulares de resíduos, etc e referem-se ao lançamento direto de substâncias químicas ou orgânicas em um corpo d’água superficial, além de mudanças térmicas. Caso a água seja totalmente reciclada e/ou reutilizada dentro do sistema, a pegada hídrica cinza será igual a zero; e se houver tratamento do efluente anterior ao lançamento, a pegada hídrica cinza dependerá da qualidade com a qual esta água residual está sendo lançada. Em casos de efluentes que são encaminhados para corpos d’água com a qualidade melhor do que a água captada, após o tratamento, a pegada hídrica cinza também poderá ser zerada, lembrando que, em casos de tratamento de efluentes com a

utilização de lagoas de decantação, estabilização e outras, deverá ser considerada a pegada hídrica azul oriunda da evaporação. Hoekstra, et al. (2011, p. 31) apresentam a equação geral para o cálculo da pegada hídrica cinza para fontes pontuais com a medida do volume de efluente e da concentração de uma substância química neste efluente

$$PHproc.cinza = \frac{L}{cmax - cnat} = \frac{Efl \cdot Cefl - Cap \cdot Ccap}{cmax - cnat} \quad [\text{volume/tempo}]$$

Onde: volume do efluente: Efl em volume/tempo

concentração de um poluente no efluente: $Cefl$ em massa/volume

volume da água captada: Cap em volume/tempo

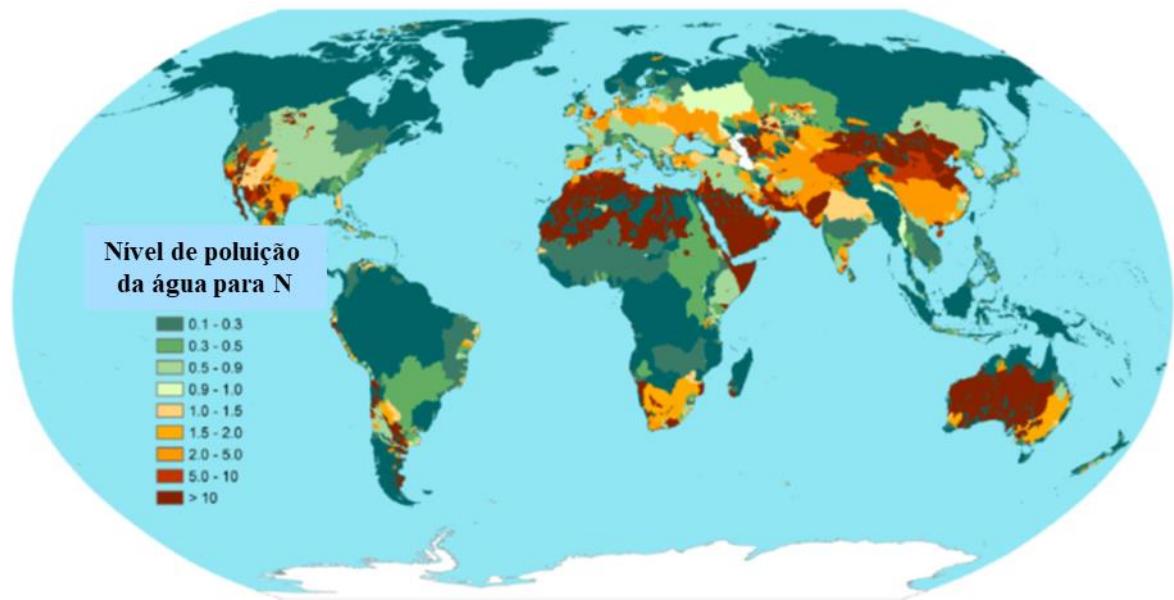
concentração de água captada: $Ccap$ em massa/volume

Um levantamento da poluição global de nitrogênio antropogênico efetuado por Mekonnen e Hoekstra (2015, p. 12860-12868) em bacias hidrográficas para um período de 8 anos (2002-2010) nos setores agrícola, doméstico e industrial demonstrou que no Brasil a maior contribuição de nitrogênio para a pegada hídrica cinza é proveniente da agricultura, com 195 bilhões de m³/ano, seguida do despejo doméstico, que corresponde a 102 bilhões de m³/ano e finalmente o despejo de efluentes industriais, com média de 16 bilhões de m³/ano.

A bacia hidrográfica do rio Paraná, que abriga extensas áreas de cultura intensiva e metrópoles como São Paulo, apresentou um nível de poluição para nitrogênio da ordem de 0,30 WPL (nível de poluição da água) e uma pegada hídrica de 170 bilhões de m³/ano, para uma população estimada em 69 milhões de habitantes e uma vazão anual de aproximadamente 542 bilhões de m³/ano. Na figura 16 está representado o nível de poluição das principais bacias hidrográficas do planeta para o nitrogênio antropogênico.

Tanto os esgotos domésticos quanto os efluentes industriais podem ser mais facilmente rastreados e adotadas medidas de tratamento ou contenção, caso necessário. No entanto, o maior desafio em relação aos cálculos da pegada hídrica cinza consiste na poluição difusa; nos poluentes atmosféricos e partículas de solo que escoam com as águas pluviais; nos diversos tipos de agentes contidos em águas de lavagem de carros e de calçadas por exemplo; nos excrementos de animais domésticos deixados nas vias públicas; nos agrotóxicos e pesticidas utilizados em jardins e terrenos “baldios” para o controle de pragas; dentre outros, que podem demandar um volume muito maior de água para diluição do que as fontes pontuais mapeadas.

Figura 16 – Nível de poluição da água por bacias hidrográficas relacionado às cargas de nitrogênio antropogênico para fontes difusas e pontuais. Período 2002-2010



Fonte: Mekonnen e Hoekstra (2015, p. 12864). Tradução: a própria autora

Para a estimativa destas cargas de poluição difusa, Hoekstra, et al. (2011, p. 34-35) sugerem uma abordagem de três níveis: o nível 1 consiste em uma estimativa preliminar, obtida de literatura, onde “[...] utiliza uma fração fixa entre a quantidade de substâncias químicas aplicadas no solo e a quantidade que atinge a água superficial ou subterrânea”; para o nível 2 são utilizados dados disponíveis como balanços hídricos e de nutrientes, informações geológicas e hidromorfológicas, dentre outros; e para o nível 3 as técnicas de modelagem referentes aos fluxos de contaminantes no solo são as mais indicadas, mesmo dificultadas para aplicação em cargas difusas.

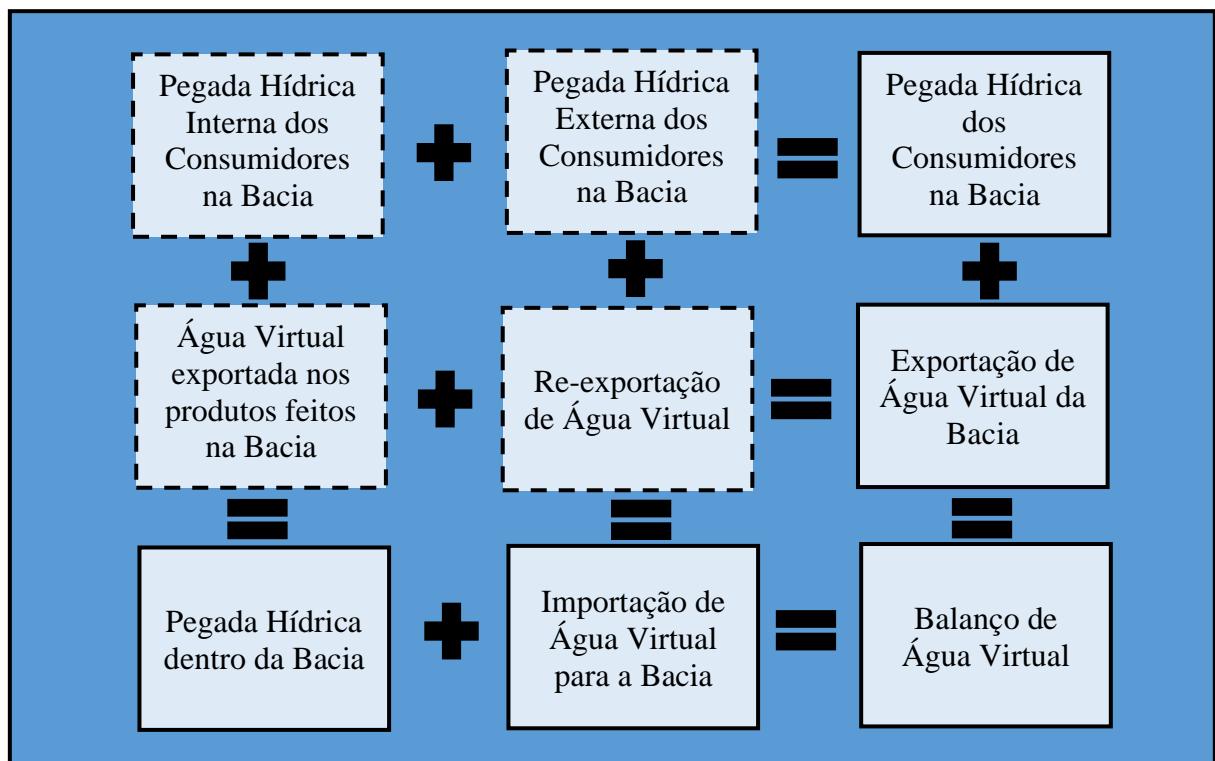
2.4 PEGADA HÍDRICA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

A definição das pegadas hídricas em bacias hidrográficas foi elaborada por Hoekstra, et al. (2011, p. 19-22) como sendo “[...] a pegada hídrica dentro de uma área delimitada geographicamente – podendo ser um estado, país ou uma bacia hidrográfica – é igual à soma das pegadas hídricas de todos os processos ocorridos naquela área”. Em termos de unidade de medida, os autores afirmam que “[...] a pegada hídrica dentro de uma área delimitada geographicamente é expressa como o volume de água por unidade de tempo e pode ser expressa

em termos de volume de água por unidade monetária quando é dividida pela renda dos consumidores daquela área”.

Os autores também exemplificam que “[...] o cálculo da pegada hídrica em bacias combina o resultado da ‘pegada hídrica dos consumidores que vivem dentro da área da bacia’ e o resultado da ‘pegada hídrica da área da bacia’ (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 57) por meio de um esquema (figura 17):

Figura 17 – Esquema de cálculo da pegada hídrica de uma bacia hidrográfica



Fonte: Hoekstra, et al. (2011, p. 58). Org.: a própria autora

Os cálculos relativos à pegada hídrica direta e indireta dos consumidores são expressos nas fórmulas abaixo, sendo que a pegada hídrica de um grupo de consumidores é a soma das pegadas hídricas de cada consumidor (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 48).

$$\text{PH}_{\text{cons.}} = \text{PH}_{\text{cons},\text{dir}} + \text{PH}_{\text{cons},\text{indir.}} \quad [\text{volume/tempo}]$$

Onde: $\text{PH}_{\text{cons},\text{dir.}}$: consumo e poluição relacionados ao uso da água em casa e/ou jardim.

$\text{PH}_{\text{cons},\text{indir.}}$: consumo e poluição associados à produção dos bens e serviços.

O cálculo da pegada hídrica indireta é efetuado a partir de todos os produtos e serviços consumidos, a partir de suas respectivas pegadas hídricas de produtos, representado pela equação a seguir:

$$\text{PH}_{\text{cons}, \text{indir.}} = \sum_p (C[p] \cdot \text{PH}^{\text{prod}}[p]) \quad [\text{volume/tempo}]$$

Onde: $C[p]$: consumo do produto “p” (unidades de produto/tempo).

$\text{PH}^{\text{prod}}[p]$: pegada hídrica do produto (volume de água/unidade de produto).

\sum_p : soma completa de bens e serviços utilizados pelo consumidor final.

Em caso da necessidade de rastreabilidade quanto à origem do produto, considerando a diversidade de lugares de produção, existe a possibilidade da aplicação da equação exposta adiante. Se esta precisão não for fundamental pode-se utilizar as médias globais ou nacionais das pegadas hídricas de produtos consumidos.

$$\text{PH}^{\text{prod}}[p] = \frac{\sum_x (C[x, p] \cdot \text{PH}^{\text{prod}}[x, p])}{\sum_x C[x, p]} \quad [\text{volume/unidade de produto}]$$

Onde: $C[x, p]$: consumo do produto “p” da origem “x” (unidades de produto/tempo).

$\text{PH}^{\text{prod}}[x, p]$: pegada hídrica de um produto “p” da origem “x” (volume de água/unidade de produto).

Um dado relevante refere-se ao fato de que a pegada hídrica de bens e serviços são atribuídas exclusivamente ao consumidor privado, incluindo-se nesta somatória, a fração de bens e serviços públicos que cada consumidor utiliza individualmente. A contabilização da pegada hídrica de uma área delimitada geograficamente é efetuada com a seguinte equação:

$$\text{PH}_{\text{area}} = \sum_q \text{PH}^{\text{proc}}[q] \quad [\text{volume/tempo}]$$

Onde: $\text{PH}^{\text{proc}}[q]$: pegada hídrica de um processo “q” dentro da área delimitada geograficamente.

\sum_q : soma de todos os processos de consumo de água ou poluição hídrica ocorridos nesta área.

A importação (na forma de produtos) e a exportação (produção de produtos de exportação) de água virtual pode ser calculada por meio do balanço de água virtual. Hoekstra, et al. (2011, p. 49) estabelece “O balanço de água virtual de uma área delimitada geograficamente por um determinado período de tempo é definido como a importação líquida de água virtual durante este período ($Vi,líq.$), que é igual à importação bruta de água virtual (Vi), menos a exportação bruta (Ve)”:

$$Vi,líq. = Vi - Ve \quad [\text{volume/tempo}]$$

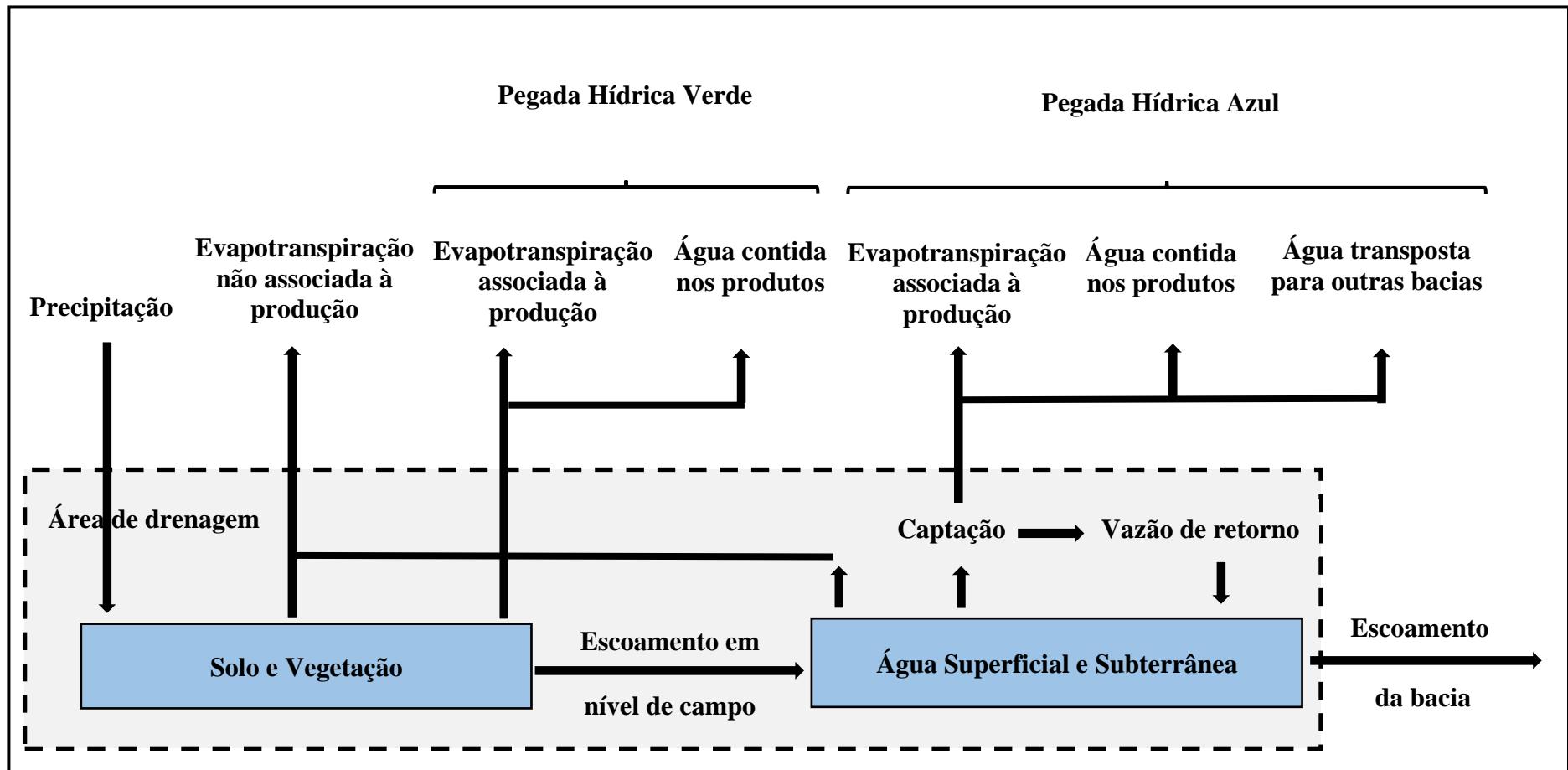
Assim, se uma área apresenta um balanço hídrico negativo, significa saída de água virtual, enquanto o balanço hídrico positivo implica em um fluxo líquido de entrada de água virtual. Esta análise é importante uma vez que áreas com estresse hídrico podem optar por importar água virtual de lugares com balanços hídricos positivos.

Tratando-se da apropriação de água em termos volumétricos, do total anual de precipitação em uma área de drenagem, uma parte sofrerá evapotranspiração e outra parte escoará pelas vertentes, sendo que os volumes de água oriundos destes processos, podem ser apropriados pelo homem. A apropriação da água em relação ao ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica foi ilustrada por Hoekstra, et al. (2011, p. 18) no esquema apresentado na Figura 18.

Souza, et al. (2014, p. 21) lembram que a pegada hídrica dos consumidores de uma comunidade não é igual à pegada hídrica dentro da comunidade, uma vez que a primeira representa a soma das pegadas de água de seus membros e a última representa a soma de todos os processos de pegadas de água que ocorrem nessa área.

Um dos desafios estabelecidos à época da elaboração do Manual de Avaliação da Pegada Hídrica foi que, até aquele momento, ainda não haviam sido realizados estudos referentes à pegada hídrica em bacias hidrográficas ou áreas estritamente urbanas. Desta forma, de acordo com os autores “[...] pode-se esperar que quanto menor for a unidade administrativa, maior será a fração externa da pegada hídrica dos consumidores na área, principalmente no que se refere a áreas urbanas” (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 59).

Figura 18 – As pegadas hídricas azul e verde em relação ao balanço hídrico de uma bacia hidrográfica



Fonte: Hoekstra, et al. (2011, p. 18). Org.: a própria autora

Neste sentido e com o objetivo de avaliar a pegada hídrica da porção urbana da bacia hidrográfica do ribeirão Cambé, utilizou-se a concepção estipulada por Hoekstra, et al. (2011, p. 2) onde exemplificam que

[...] consumo refere-se à perda de água (superficial e subterrânea) disponível em uma bacia hidrográfica. A perda ocorre quando a água evapora, retorna a outra bacia ou ao mar ou é incorporada em um produto. A pegada hídrica verde refere-se ao consumo de água verde (água de chuva, desde que não escorre). A pegada hídrica cinza refere-se à poluição e é definida como o volume de água doce necessário para assimilar a carga de poluentes, a partir de concentrações naturais e de padrões de qualidade da água existentes.

Até o momento, não foram encontradas referências para avaliação da pegada hídrica em bacias hidrográficas urbanas de pequena extensão, como o caso da bacia hidrográfica do ribeirão Cambé, que possui aproximadamente 77,20 km² de área total e 59,716 Km² na porção urbana, enquadrando-se ao nível de pequenas bacias (100-1000 km²), de acordo com a resolução espacial proposta por Hoekstra, et al. (2011) e detalhada na tabela 8 deste estudo.

2.5 NORMATIZAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA: ISO 14046:2014

A Organização Internacional para Padronização – ISO, criada em 1.947 com o objetivo principal de facilitar o comércio internacional, é a responsável pelas especificações de produtos, sistemas e serviços, criando padrões internacionais e garantindo qualidade, segurança e eficiência (ISO, 2018). As normas ambientais estão referenciadas na ISO 14000, que possui como principal referência a ISO 14001 revisada em 2015 e que trata da gestão ambiental para empresas e organizações; as demais normas estão atreladas a abordagens específicas, como ciclo de vida de produtos, auditorias, mudanças climáticas, dentre outros (ISO, 2018a).

A ISO disponibiliza ao público os certificados válidos para todos os países em onze normas, no período de 1999 até 2016. Para o Brasil, são 2.978 Certificações pela ISO 14001:2004 e 98 Certificações através da ISO 14001:2015, totalizando 3.076 certificações (ISO, 2018b).

A entidade publicou a ISO 14046:2014 como parte da família da ISO 14000, fortemente vinculada à norma relativa à Avaliação do Ciclo de Vida (ISO 14040:2006), apresentando como um dos objetivos uma melhor gestão da água em todos os níveis – local, regional, nacional e global. Consequentemente, a norma estabelece princípios, requisitos e

orientações para calcular e elaborar os relatórios da pegada hídrica de produtos, processos e organizações (ISO, 2014) onde:

- baseia-se numa avaliação do ciclo de vida (de acordo com ISO 14044);
- é modular (isto é, a pegada hídrica de diferentes fases do ciclo de vida pode ser resumida para representar a pegada de água);
- identifica os potenciais impactos ambientais relacionados com a água;
- inclui dimensões geográficas e temporais relevantes;
- identifica a quantidade de uso da água e mudanças na qualidade da água;
- utiliza o conhecimento hidrológico.

Abrangendo os aspectos e impactos ambientais relacionados não só ao meio ambiente, mas incluindo a saúde humana e os recursos naturais no ciclo de vida dos produtos, a avaliação da pegada hídrica possui os seguintes objetivos (ISO, 2014):

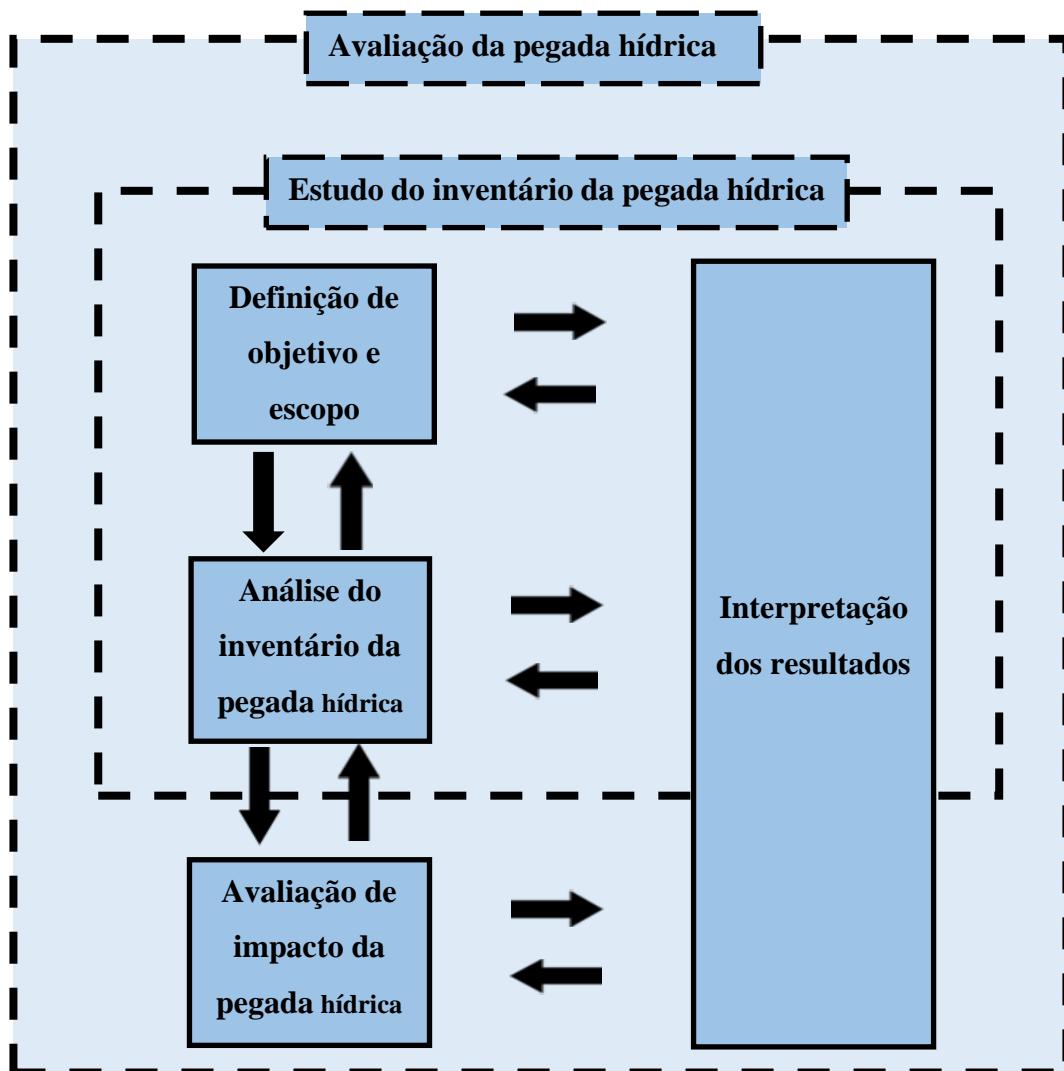
- avaliar a magnitude dos potenciais impactos ambientais relacionados com a água;
- identificar oportunidades para reduzir os potenciais impactos ambientais relacionados com a água associados aos produtos em diferentes fases do seu ciclo de vida, bem como processos e organizações;
- gestão de risco estratégico relacionados com a água;
- facilitar a eficiência da água e otimização da gestão da água em produtos, processos e níveis organizacionais;
- informar os tomadores de decisão na indústria, governo ou organizações não-governamentais de seus potenciais impactos ambientais relacionados com a água (por exemplo, para fins de planejamento estratégico, definição de prioridades, produto ou processo de design ou redesenhar, as decisões sobre investimento de recursos);
- fornecimento de informações consistentes e confiáveis, baseadas em evidências científicas para relatar os resultados da pegada de água.

No Brasil, a norma foi publicada pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas em junho de 2017 como NBR ISO 14046:2017 – Gestão Ambiental – Pegada hídrica – Princípios, requisitos e diretrizes; apresentando também, em conformidade com a norma internacional, a necessidade da aplicação simultânea das normas relativas à gestão ambiental e avaliação do ciclo de vida, especialmente a ABNT NBR ISO 14044:2009 Versão Corrigida:2014, a ABNT ISO/TR 14049:2014, a ABNT ISO/TR 14047:2016, e a ABNT ISO/TS 14071:2018 (ABNT, 2018). No entanto, Coltro e Karaski (2015, p. 4) esclarecem que

[...] a avaliação da pegada hídrica por si só não é suficiente para descrever os impactos ambientais potenciais globais dos produtos, uma vez que existem outros aspectos ambientais, tais como emissão de gases do efeito estufa, mudanças no uso do solo, biodiversidade, etc., que devem ser somados à pegada hídrica para que os impactos ambientais globais dos produtos sejam conhecidos.

De acordo com a norma, a avaliação da pegada hídrica deve possuir quatro fases da avaliação do ciclo de vida: definição de objetivo e escopo, análise do inventário da pegada hídrica, avaliação de impacto da pegada hídrica e interpretação dos resultados, conforme figura 19:

Figura 19 – Avaliação da pegada hídrica segundo a ISO 14046:2014



Fonte: Coltro e Karaski (2015, p. 6). Org.: a própria autora

A avaliação da pegada hídrica é considerada uma técnica de análise e diante das várias vertentes que podem ser trabalhadas a partir desta ferramenta, a utilização de uma norma reconhecida internacionalmente fornece credibilidade junto a governos, entidades e organizações na contabilização, análise/interpretação e avaliação.

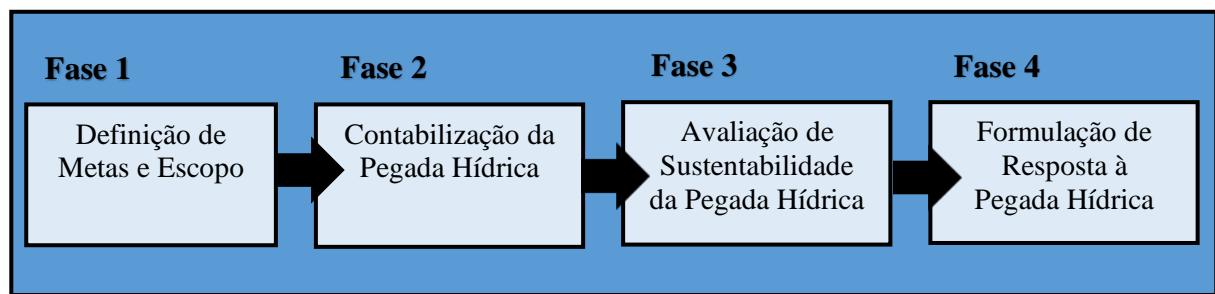
3. CONTABILIZAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA

3.1 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada baseou-se no Manual de Avaliação da Pegada Hídrica (HOEKSTRA, et al., 2011) que apresenta parâmetros para avaliação de um padrão global, pode ser aplicada a vários contextos e obter respostas distintas para fundamentar medidas de redução no consumo ou uso dos recursos hídricos, ou ainda a manutenção da sua qualidade. A partir desta análise macro a ferramenta foi adaptada e aplicada no recorte espacial da porção urbana da bacia hidrográfica do ribeirão Cambé.

Hoekstra, et al. (2011) indicam que a avaliação completa da pegada hídrica possui 4 etapas distintas: na primeira fase são estabelecidos os objetivos e o escopo do estudo; a segunda fase consiste na contabilização da pegada hídrica por meio das coletas de dados e quantificações; na terceira fase é realizada a avaliação da sustentabilidade da pegada hídrica sob as perspectivas ambiental, social e econômica; e na fase quatro, são formuladas as respostas à pegada hídrica avaliada, as estratégias ou as políticas, conforme figura 20:

Figura 20 - Fases na avaliação da pegada hídrica



Fonte: Hoekstra, et al. (2011, p. 4-5)

A Fase 1 é determinante e todas as demais dependem dos objetivos que serão definidos inicialmente e o tipo de detalhe a ser buscado em relação à meta ou resposta final que irá determinar o grau de detalhamento espacial e temporal necessário, podendo ser usada por várias razões. Uma empresa pode avaliar a pegada hídrica de um produto ou a dependência de recursos hídricos em suas operações; assim como um governo pode conhecer a dependência de recursos hídricos estrangeiros; ou ainda um comitê de bacia hidrográfica pode considerar a água alocada em culturas de exportação. Em suma, Hoekstra, et al. (2011, p. 4) exemplifica

A forma como uma avaliação de pegada hídrica será vista depende muito do foco de interesse. Alguns podem estar interessados na pegada hídrica de um passo específico de um processo em uma cadeia de produção ou na pegada hídrica de um produto final. Alternativamente, outros podem estar interessados na pegada hídrica de um consumidor, de um grupo de consumidores, de um produtor ou de todo um setor econômico. Finalmente, pode-se tomar uma perspectiva geográfica, olhando para a pegada hídrica total dentro de uma área delimitada, como um município, um país ou uma bacia hidrográfica. Essa pegada hídrica total é a agregação das pegadas hídricas de muitos processos distintos que ocorrem na área.

A segunda fase - Contabilização da Pegada Hídrica - consiste na coleta de dados e na elaboração das quantificações. Assim, definidos o escopo, os objetivos e as metas deste estudo, elabora-se uma sequência de definições e informações a serem exploradas para a contabilização da pegada hídrica. Nesta fase, a decisão de avaliar a pegada hídrica direta, indireta ou ambas também é necessária segundo Hoekstra, et al. (2011, p. 13)

A recomendação geral é incluir as pegadas hídricas direta e indireta. Apesar de as pegadas hídricas diretas serem os focos tradicionais dos consumidores e companhias, a pegada hídrica indireta é geralmente muito maior. Ao abordar somente a pegada hídrica direta, os consumidores negligenciam o fato de que a maior parte de suas pegadas hídricas está associada aos produtos que eles compram em supermercados ou em outros lugares e não à água que eles consomem em casa.

A resolução espaço-temporal na contabilização pode apresentar 3 níveis de detalhamento. O nível A, considerado o mais baixo, realiza a avaliação utilizando-se dados globais, comparados a banco de dados disponível. O nível B consiste na avaliação da pegada hídrica anual ou mensal, com o uso de dados específicos nacionais, regionais ou de bacias hidrográficas. O nível C é o mais detalhado e pode ser utilizado a nível de pequenas bacias ($\sim 100-1000 \text{ Km}^2$) onde “[...] a contabilização é baseada nas melhores estimativas reais do consumo e poluição locais de água, preferencialmente verificadas *in loco*. Este alto nível de detalhe espaço-temporal é adequado para a formulação de estratégias locais específicas de redução da pegada hídrica” (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 12).

Definida a perspectiva geográfica de análise, os objetivos e o escopo da contabilização, parte-se para a Fase 3 que consiste na avaliação de sustentabilidade da pegada hídrica.

Para uma área geograficamente delimitada, é considerada a sustentabilidade da pegada hídrica agregada, “[...] pois esta é a unidade espacial natural que permite a comparação da pegada hídrica e disponibilidade de água, bem como da alocação dos recursos hídricos e os

potenciais conflitos” (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 14), sendo possível verificar se necessidades básicas ambientais estão sendo atingidas, se a alocação da água é social e/ou economicamente insustentável, identificar pontos críticos, analisar impactos primários e secundários, dentre outras questões relevantes à tomada de decisões, conforme avaliação de Água Brasil (2015?, p. 20)

A sustentabilidade da pegada hídrica dentro de uma bacia hidrográfica pode ser analisada sob três perspectivas: ambiental, social e econômica. A sustentabilidade ambiental exige que a qualidade da água permaneça dentro de padrões pré-definidos e que a quantidade respeite a vazão ambiental mínima. A sustentabilidade social demanda uma quantidade mínima de água doce direcionada às necessidades básicas do homem. Do ponto de vista da sustentabilidade econômica, a água precisa ser distribuída e utilizada de forma eficiente, em que os benefícios do uso para determinado fim superem os custos associados.

Finalizada a avaliação de sustentabilidade da pegada hídrica, a Fase 4 compreende a formulação das respostas da pegada hídrica onde é apontado, claramente, quem será o responsável ou responsáveis pela redução da pegada hídrica na bacia hidrográfica avaliada e como isto será executado, ou seja, serão definidos as medidas e os atores.

Conforme exposto, a contabilização completa da pegada hídrica em uma bacia hidrográfica urbana permeia uma avaliação minuciosa e individual dos seguimentos produtores e consumidores existentes, sendo que a pegada hídrica deste estudo foi calculada a partir dos parâmetros propostos por Hoekstra, et al. (2011) e apoiada, de forma complementar, nos estudos de Chini, Konar e Stillwell (2016) e Vieira e Sousa Júnior (2015), baseando-se nos principais processos de consumo e poluição hídricos diretos e indiretos que ocorrem no local, através da avaliação das pegadas hídricas do abastecimento de água, dos alimentos, do saneamento e da energia elétrica.

Além do desafio no tocante ao recorte espacial para efetuar a contabilização da pegada hídrica por bacias hidrográficas, as informações disponíveis também se apresentam de forma complexa devido à diversidade de períodos em que são avaliadas e divulgadas, sendo utilizado para este trabalho, a combinação de várias bases de dados, com as últimas informações disponibilizadas:

- IBGE: Censo 2010.
- Abastecimento de água: Águas Paraná, 2018.
- Alimentos: IBGE - POF 2008-2009.

IBGE - Aquicultura 2013.

- Saneamento: SANEPAR - ETEs 2015.
Águas Paraná - Efluentes: 2018.
- Energia: Fischmann, 2016.

Contudo, seguiu-se a proposta de Chini, Konar e Stillwell (2016) com os dados compilados admitidos como uma representação das condições recentes, embora ainda seja um fator limitante para o estudo. A equação estipulada para o cálculo da pegada hídrica total na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé é a seguinte:

$$\text{PHarea} = \sum q \text{ PHproc [q]} \quad [\text{volume/tempo}]$$

Onde: PHproc [q] : pegada hídrica de um processo “q” dentro da área delimitada geograficamente.

$\sum q$: soma de todos os processos de consumo de água ou poluição hídrica ocorridos nesta área.

Além do cálculo da pegada hídrica na área foi avaliada, de forma complementar, a pegada hídrica dos consumidores da bacia, com o objetivo de compará-la com as médias *per capita* calculadas para o Brasil (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2007, p. 42.) e de investigar, de forma mais detalhada, os hábitos dos moradores para que a formulação de respostas e intervenções seja efetiva. A pegada hídrica dos consumidores foi efetuada através da aplicação de entrevistas individuais com a população residente, conforme proposta na “Calculadora Pessoal Estendida”, disponível na página da Rede da Pegada Hídrica (HOEKSTRA, et al., 2005).

Desta forma, considerando a delimitação espacial proposta neste trabalho, como definição de metas e escopo, correspondentes à Fase 1 da avaliação da pegada hídrica optou-se pela adoção de um modelo de gestão apoiado em uma base de dados para o cálculo da pegada hídrica em bacias hidrográficas urbanas de pequena extensão.

3.1.1 O cálculo da População em uma Bacia Hidrográfica Urbana

Uma vez que não estão disponibilizadas informações referentes ao consumo de alimentos e energia elétrica relativos à bacia hidrográfica urbana analisada e considerando a

predominância do uso residencial na área, foi utilizada a proposta de Chini, Konar e Stillwell (2016, p. 320-321) que definiram para a eletricidade

[...] o consumo de eletricidade e de gás natural de uma população urbana é difícil de estimar à medida que as redes elétricas e os distribuidores de gás não se alinham com as jurisdições políticas [...], portanto, assumimos que as médias per capita para o consumo de eletricidade e a água consumida para geração de energia elétrica em nível estadual representam adequadamente a água embutida na eletricidade consumida no nível urbano, como primeira estimativa (tradução nossa).

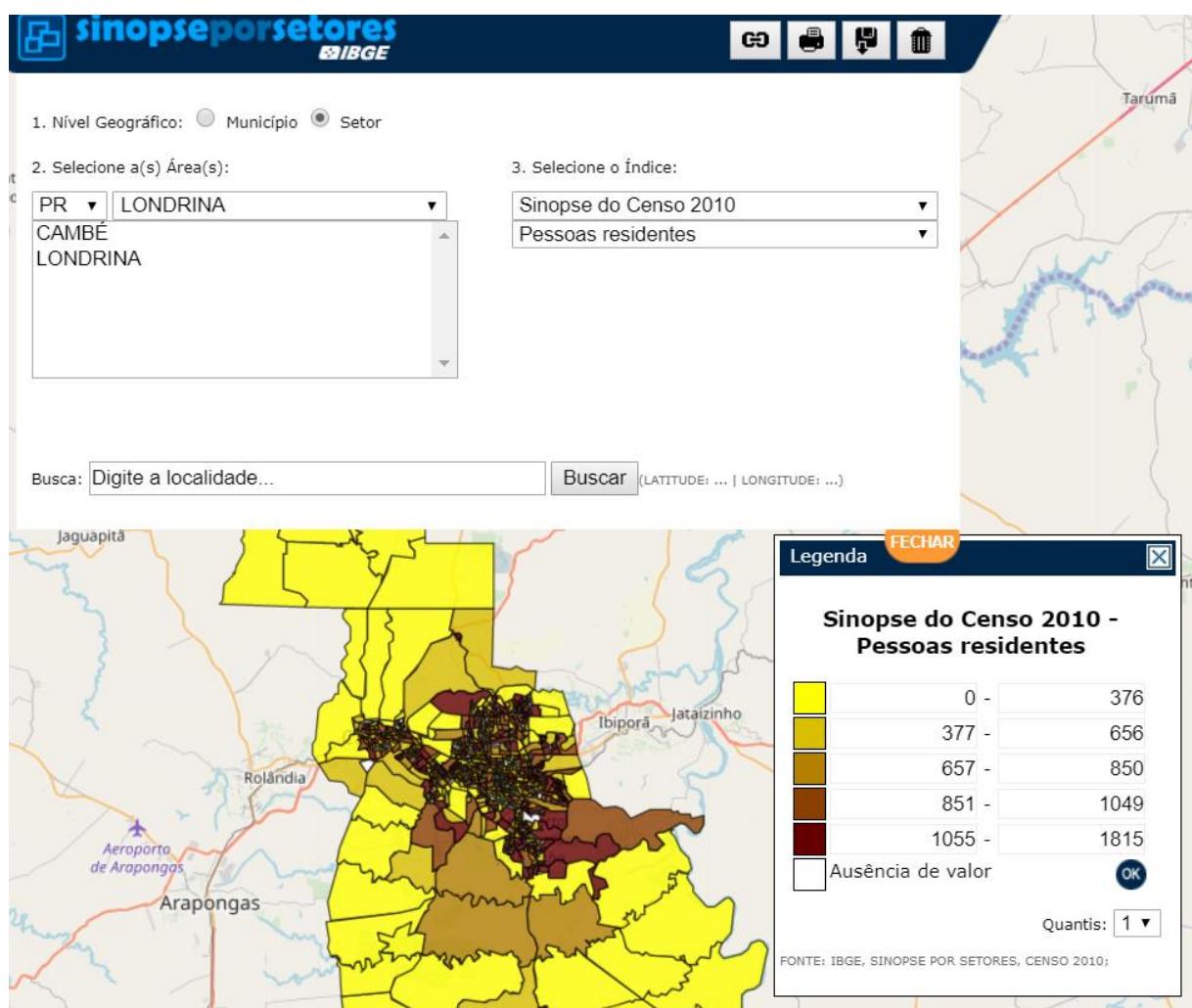
A proposta foi estendida também para os alimentos, uma vez que dados de comércio e fluxo de mercadorias apresentam quantificações somente a nível municipal. Desta forma, a primeira etapa para a elaboração dos cálculos da pegada hídrica destes dois processos de consumo e poluição da água consistiu na apuração do número de pessoas residentes na bacia hidrográfica urbana através da utilização dos dados dos setores censitários disponíveis no site do IBGE (2010), combinados com a delimitação física da bacia.

O censo realizado em 2010 é o último levantamento oficial publicado pelo órgão, no que se refere ao detalhamento de pessoas residentes por setores censitários, não havendo outra base de dados mais recente.

Para o cálculo da população residente na bacia foi utilizada a plataforma disponível no site do IBGE denominada “Sinopse por Setores” onde foram definidos: o Nível Geográfico como Setor; a Área como Paraná; os Municípios como Londrina e Cambé; no Índice, a Sinopse do Censo 2010; e as Pessoas Residentes, conforme figura 21.

Este recorte inicial é necessário para a definição da área geográfica que será tratada e o dado que será avaliado, tendo em vista que o Instituto disponibiliza os dados por estados e Município e o item “Índice” exibe os diversos dados coletados como razão de sexo; densidade demográfica; média de moradores por domicílio; homens e mulheres residentes por faixa etária, por tipo de domicílio, dentre outros.

Figura 21 - Sinopse por setores IBGE – pessoas residentes

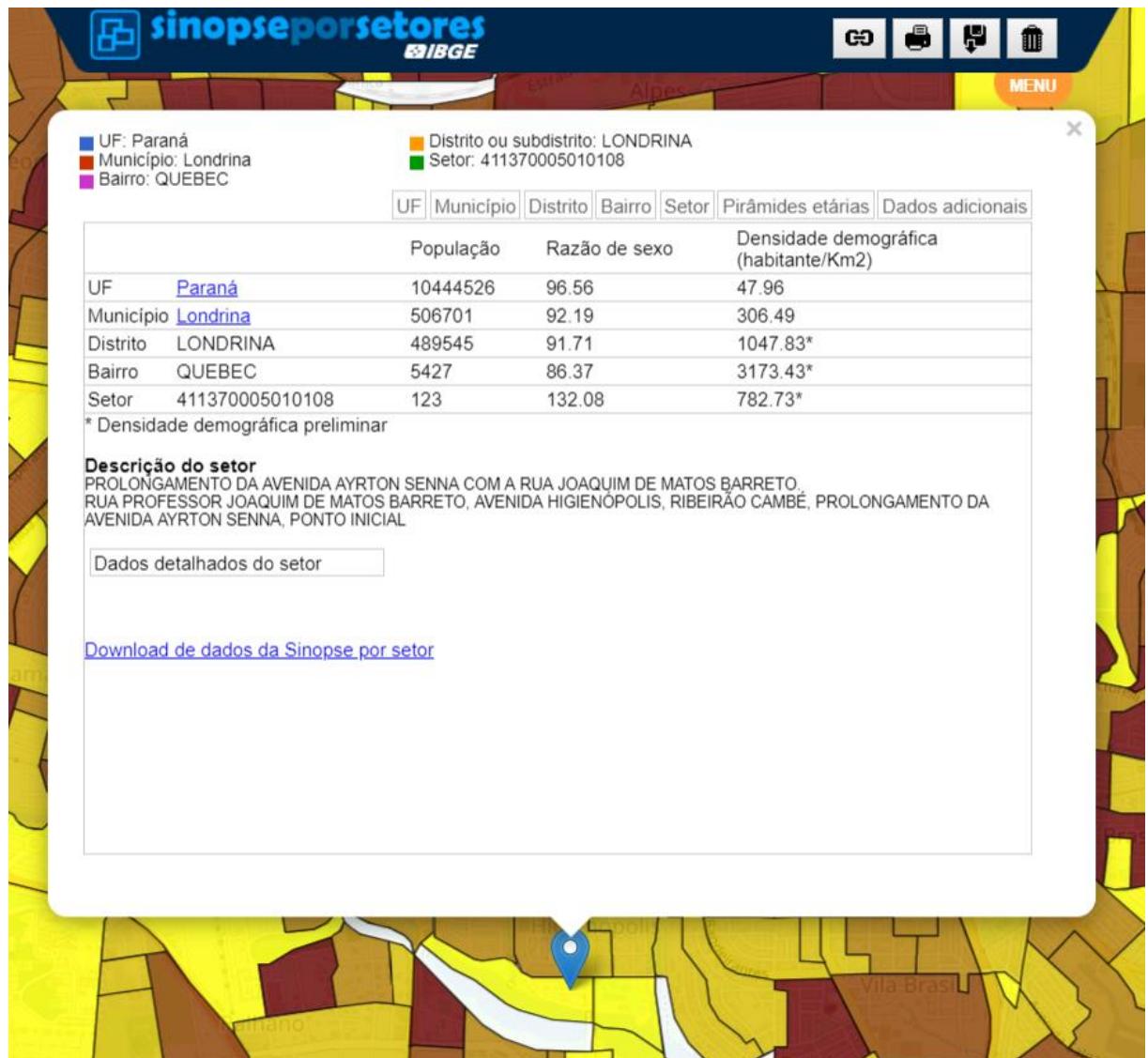


Fonte: IBGE (2010). Org.: a própria autora

Após o primeiro recorte, ainda dentro da plataforma, aproximando-se a área previamente escolhida com o zoom, é aberta uma nova janela com a unidade federativa, o município, o bairro e o setor, tendo como resultados a população, a razão de sexo e a densidade demográfica (habitante/km²) para cada um dos recortes geográficos citados.

A plataforma também mostra dados relativos à população, domicílios, razão de sexo, pirâmides etárias, densidade demográfica, dentre outros. Para este levantamento utilizou-se o item “dados adicionais” onde encontra-se disponível o número de pessoas residentes por Unidade da Federação, Município, Distrito, Bairro e Setor (Figura 22) sendo este último o recorte mais detalhado e o utilizado neste trabalho.

Figura 22 - Dados detalhados dos setores censitários – pessoas residentes por setor



Fonte: IBGE (2010). Org.: a própria autora

Tendo em vista que o IBGE não realiza levantamentos relacionados às pessoas residentes em bacias hidrográficas e também não representa os limites destas, optou-se por incluir todos os setores censitários disponíveis dentro da bacia em análise, através do recorte mais aproximado possível à delimitação física da bacia (Figura 23).

FIGURA 23: SETORES CENSITÁRIOS EXISTENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA

LEGENDA

■ LIMITE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO CAMBÉ

□ LIMITE DA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DO RIBEIRÃO CAMBÉ

■ LAGOS

↙ CURSOS D'ÁGUA

PESSOAS RESIDENTES - CENSO 2010 - IBGE

■	0	-	377
---	---	---	-----

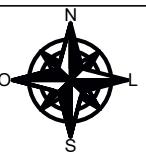
■	378	-	659
---	-----	---	-----

■	660	-	853
---	-----	---	-----

■	854	-	1056
---	-----	---	------

■	1057	-	1815
---	------	---	------

SISTEMA DE COORDENADAS
COORDENADAS PLANAS, SISTEMA UTM
DATUM HORIZONTAL - SAD 69

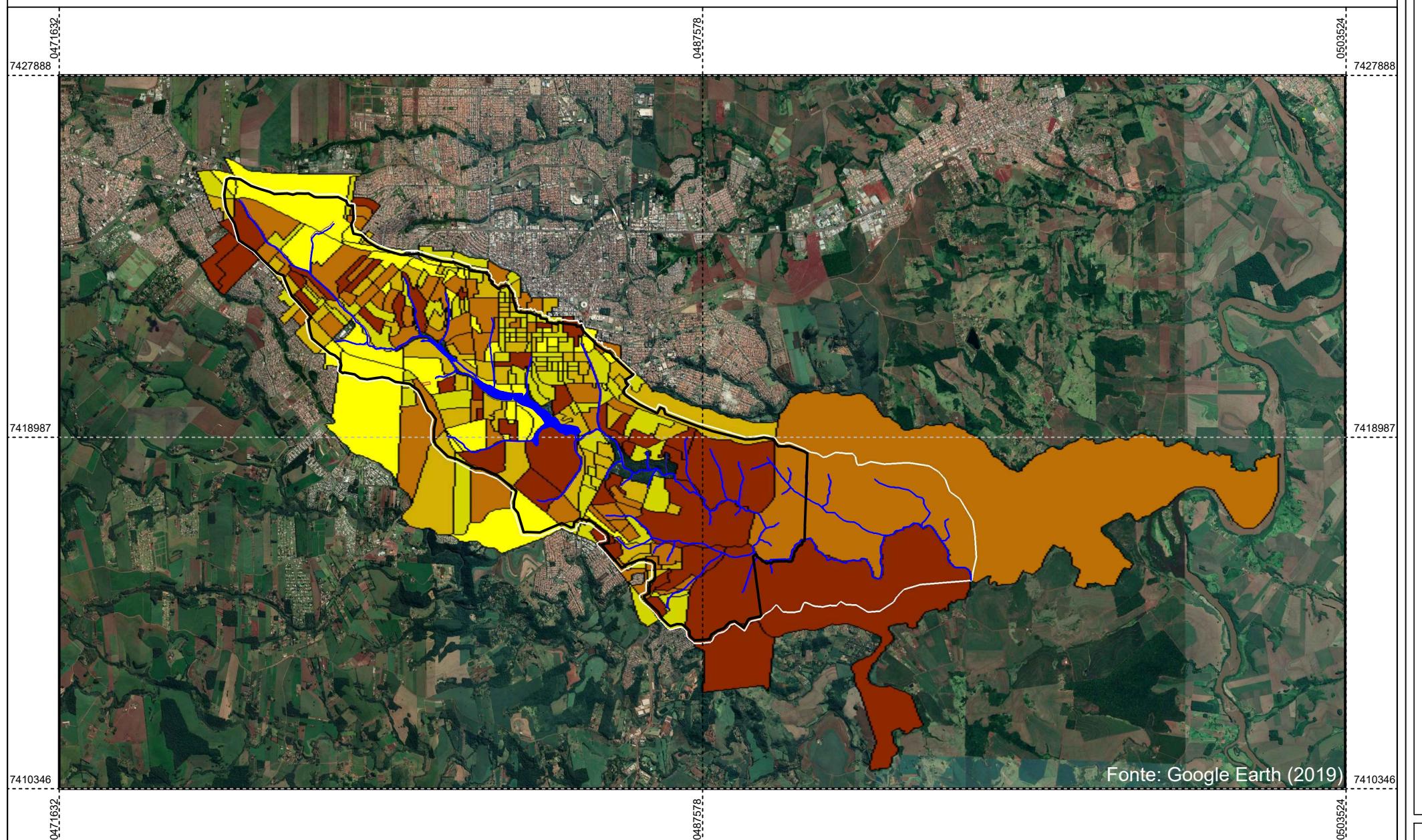


ESCALA GRÁFICA



ELABORADO POR MICHEL IURI CAETANO
ORGANIZADO POR MARCIA R. L. ARANTES

FONTE: SINOPSE POR SETORES. IBGE, CENSO 2010;
SIGLON/PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE LONDRINA, 2019.



Após a elaboração da figura 23 foi realizada a investigação da população residente em cada setor censitário e a composição de uma tabela, disponível no Apêndice A, onde estão detalhados os dados relativos ao número do setor censitário, o município a que o setor se refere (Londrina ou Cambé), a vertente do curso d'água principal (ribeirão Cambé), o bairro a que pertence o setor, e finalmente, as pessoas residentes naquele setor.

3.1.2 Cálculo do Abastecimento de Água

A base de dados relativa ao sistema de abastecimento público de água para os Municípios de Londrina e Cambé foi disponibilizada pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR. As captações são derivadas de duas fontes: superficial (Sistema Tibagi – 62% e Sistema Cafetal – 30%) e subterrânea (Sistema Guarani – 2% e Demais Poços – 6%). A bacia hidrográfica do ribeirão Cambé não apresenta captação superficial ou subterrânea pública, sendo que toda a água consumida através deste sistema é proveniente das bacias hidrográficas do ribeirão Cafetal e do rio Tibagi. O cálculo da pegada hídrica do abastecimento de água está representado na equação:

$$PHabast. = \sum (OC + CDO) \quad [\text{volume/tempo}]$$

Onde: $PHabast.$: pegada hídrica do abastecimento de água.

\sum : soma em volume e tempo.

OC: outorgas de captação (m^3/ano).

CDO: captações dispensadas de outorga (m^3/ano).

De acordo com Hoekstra et al. (2011, p. 49) “[...] a exportação de água ‘real’ para fora de certa área, como no caso de uma transposição entre bacias, será calculada como uma pegada hídrica de processo na área de onde a água é exportada”. Desta forma, o consumo de água direto obtido através da captação da concessionária foi descartado na contabilização da pegada hídrica na área, devendo neste caso, ser atribuída para as bacias hidrográficas do ribeirão Cafetal e do rio Tibagi.

Quanto aos sistemas de captação e abastecimento não vinculados à rede pública, foram contabilizadas as vazões outorgadas de poços tubulares profundos independentes, ou seja, poços perfurados por pessoas físicas ou entidades jurídicas, com utilização autônoma em residências, indústrias, comércios, prestadores de serviço, etc.

As referências relacionadas aos sistemas independentes compostos por poços tubulares profundos foram compiladas da página do Instituto das Águas do Paraná que disponibiliza os dados das outorgas e cadastros de usuários para o Estado através do site oficial, em: dados para download; mapeamentos disponibilizados via FTP; e pacote dos arquivos das outorgas emitidas.

O conjunto de informações disponibilizadas na plataforma do Águas Paraná abrange o pacote de dados para todas as outorgas emitidas no Estado com uma subdivisão composta por:

- Outorgas de captações;
- Outorgas de lançamento de efluentes;
- Outorgas de obras e intervenções;
- Outorgas de aproveitamento hidrelétrico;
- Cadastro de usuários de captações dispensados de outorga;
- Cadastro de usuários de lançamento de efluentes dispensados de outorga;
- Cadastro de usuários de obras e intervenções dispensados de outorga;

Para os cálculos da pegada hídrica do abastecimento de água foram utilizados os dados das Outorgas de Captações e dos Cadastros de Usuários de Captações Dispensados de Outorga para os poços existentes na bacia hidrográfica urbana, com abrangência nos municípios de Cambé e Londrina.

Optou-se por incluir os dados do Cadastro de usuários de captações dispensados de outorga pois, mesmo dispensados da outorga oficial do Estado de acordo com a Resolução SEMA 39/2004, art. 1º, inciso II “Derivações e captações individuais até 1,8 m³/h” (PARANÁ, 2004), representam uma quantificação importante no contexto da área analisada, devido principalmente, à sua pequena extensão.

3.1.3 Cálculo do Consumo de Alimentos

O consumo de alimentos foi definido como um dos itens representativos para a pegada hídrica indireta e a elaboração do cálculo foi realizada através da análise dos resultados constantes na tabela denominada “Aquisição alimentar domiciliar per capita anual por grupos, subgrupos e produtos” disponível no site do IBGE para todas as unidades da federação. Pesquisas efetuadas junto aos escritórios do Órgão em Londrina, Curitiba e Rio de Janeiro, confirmaram que não existem dados específicos para a cidade de Londrina e/ou por bacias

hidrográficas; desta forma, optou-se por utilizar as médias para o Estado do Paraná e estão dispostos na equação:

$$\text{PHalim.} = \sum (\text{PHalim.} \cdot \text{pop. total}) \quad [\text{volume/tempo}]$$

Onde: PHalim. : pegada hídrica dos alimentos.

\sum : soma em volume e tempo.

PHalim. : pegada hídrica dos alimentos (anual/per capita).

Pop. total: População total da bacia hidrográfica urbana.

Os levantamentos relacionados ao consumo de alimentos disponibilizados pelo IBGE fazem parte da “Pesquisa de Orçamentos Familiares” – POF para o ano de 2008-2009, sendo o último levantamento disponível no Brasil. As tabelas apresentam dados de consumo per capita anual em quilogramas, com os grupos, subgrupos e produtos divididos nos seguintes grandes grupos de alimentos: cereais e leguminosas; hortaliças; frutas; cocos, castanhas e nozes; farinhas, féculas e massas; panificados; carnes; vísceras; pescados; aves e ovos; laticínios; açúcares, doces e produtos de confeitoraria; sais e condimentos; óleos e gorduras; bebidas e infusões; alimentos preparados e misturados industriais.

Para a elaboração da tabela base com a aquisição alimentar para o Estado do Paraná (Figura 24) foram adotadas as seguintes configurações na plataforma IBGE (2008-2009):

- Variável: aquisição alimentar domiciliar per capita anual (quilogramas);
- Unidade da Federação: Paraná;
- Ano: 2008;
- Grupos, subgrupos e produtos.

Figura 24 - Aquisição alimentar domiciliar per capita anual no Estado do Paraná

Brasil e Unidade da Federação															
	1. Cereais e leguminosas	1.1 Cereais	1.1.1 Arroz não especificado	1.1.2 Arroz polido	1.1.3 Milho em grão	1.1.4 Milho verde em conserva	1.1.5 Milho verde em espiga	1.1.6 Outros	1.2 Leguminosas	1.2.1 Feijão-fradinho	1.2.2 Feijão-jalo	1.2.3 Feijão-manteiga	1.2.4 Feijão-mulatinho	1.2.5 Feijão-preto	1.2.6 Feijão-rajado
Brasil	38,969	29,414	11,890	14,609	2,116	0,182	0,506	0,111	9,555	1,174	0,143	0,252	0,552	2,011	3,905
Paraná	35,160	27,227	12,110	12,475	1,680	0,287	0,512	0,163	7,932	0,021	0,036	0,404	0,023	2,507	3,111

Notas

1 - As quantidades de produtos adquiridos na forma líquida foram transformadas em Kg, considerando-se volume igual a peso.

Fonte: IBGE (2008-2009)

Em relação ao consumo de pescados, tanto de água doce quanto de água salgada foi necessária uma análise pormenorizada à parte, uma vez que peixes coletados de forma extrativista não apresentam valores relacionados à pegada hídrica (GEPHART et al., 2014; TROELL et al., 2014) enquanto peixes criados por aquicultura indicam pegada hídrica derivada principalmente da utilização de rações com base de grãos, carnes e vísceras de outros animais.

Como o POF não aponta dados relativos à origem extrativista ou por aquicultura dos pescados, adotou-se um cálculo com a diferença entre o consumo anual brasileiro de pescados com a produção anual da aquicultura nacional. O resultado foi transformado em percentual estadual e transferido para a tabela relativa à pegada hídrica dos alimentos – item pescados.

Assim, tendo como base os resultados da aquisição alimentar por produtos foi realizada a soma do consumo de cada produto alimentar, multiplicado pelo valor de referência da pegada hídrica por produto (MEKONNEN, M. M. e HOEKSTRA, A. Y., 2011; MEKONNEN, M. M. e HOEKSTRA, A. Y., 2012) obtendo-se a pegada hídrica anual do consumo de cada produto. Esses valores foram multiplicados pelo total da população residente, que somadas, originaram a pegada hídrica dos alimentos.

3.1.4 Cálculo do Saneamento

A avaliação da pegada hídrica do saneamento foi estabelecida em decorrência do “[...] volume de água necessário para diluir os poluentes de forma que eles se tornem inócuos” conforme proposto por Hoekstra, et al. (2011, p. 28) baseado no cálculo da pegada hídrica cinza, através das concentrações de poluentes lançados no curso d’água; das concentrações destes poluentes no curso d’água investigado em condições naturais; e dos padrões ambientais existentes para o curso d’água analisado de acordo com a legislação vigente, através da seguinte equação:

$$\text{PHsaneam.:} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} \quad [\text{volume/tempo}]$$

Onde: PHsaneam.: pegada hídrica do saneamento.

L: carga de poluente (massa/tempo).

cmax.: concentração máxima do padrão ambiental aceitável (massa/volume).

Cnat.: concentração natural no corpo d’água receptor (massa/volume).

A avaliação da carga poluente total tratada das ETEs foi elaborada segundo a equação proposta por Vieira e Sousa Júnior (2015, p. 237).

$$Ltrat. = \sum (Ctrat. \times Qsaída)$$

Onde: $Ltrat.$ = Carga poluente do esgoto tratado, em mg/s;

$Ctrat.$ = Concentração do parâmetro no esgoto tratado, em mg/L;

$Qsaída$ = Vazão de saída de cada estação de tratamento, em L/s.

Para os cálculos referentes à carga poluente total do ponto de lançamento de efluentes outorgado foi utilizada a mesma equação, com uma adaptação de nomenclatura:

$$Lefluente = \sum (Cefluente \times Qsaída)$$

Onde: $Lefluente$ = Carga poluente do efluente, em mg/s;

$Cefluente$ = Concentração do parâmetro no efluente, em mg/L;

$Qsaída$ = Vazão de saída de cada ponto, em L/s.

Os dados relativos à geração e tratamento do esgoto sanitário foram obtidos no Plano da Bacia do Rio Tibagi (PARANÁ, 2015) e as informações referentes aos efluentes industriais foram compiladas da base disponível no Instituto das Águas do Paraná para Outorgas de lançamento de efluentes e para Cadastro de usuários de lançamento de efluentes dispensados de outorga referentes ao ano de 2017 (PARANÁ, 2018a).

O Plano da Bacia do Rio Tibagi apresenta dados do esgotamento sanitário por município que compõe a bacia hidrográfica relativos aos índices de coleta e tratamento para a população urbana; as ETEs existentes, sua localização e os respectivos órgãos responsáveis; a porcentagem de atendimento à população por unidade (ETE); e a eficiência de remoção de DBO. Para este trabalho, foram utilizados os dados das duas ETEs existentes na bacia hidrográfica do ribeirão Cambé: ETE São Lourenço e ETE Sul.

A obtenção do conjunto de informações disponibilizado para as outorgas e para os cadastros de lançamento de efluentes industriais seguiu o mesmo critério para as outorgas de captação de água exemplificado no item 3.1.2.

3.1.5 Cálculo da Energia Elétrica

Os cálculos relativos à pegada da energia elétrica foram estipulados em decorrência da população residente e do consumo de energia elétrica per capita (MWh) obtida através de hidrelétricas. A equação definida para o cálculo da pegada hídrica da energia elétrica foi a seguinte:

$$\text{PHenerg.} = \sum (\text{PHhe} \cdot \text{pop. total})$$

Onde: PHenerg.: pegada hídrica da energia elétrica.

\sum : soma em volume e tempo.

PHhe: pegada hídrica hidroeletricidade, em L/cap./dia.

Pop. total: População total da bacia hidrográfica.

De acordo com a ANEEL (BRASIL, 2018) as usinas hidrelétricas são a principal fonte de eletricidade no país e correspondem com aproximadamente 64,01% do total produzido, seguido pelas termelétricas (25,53%) e pela energia eólica (8,34%). No Paraná, a geração de energia elétrica através de fontes hídricas é da ordem de 91,7% (FISCHMANN, 2016, p. 32) portanto, adotou-se para este trabalho unicamente a pegada hídrica de usinas hidrelétricas como representativa para a energia elétrica consumida na bacia hidrográfica do ribeirão Cambé.

3.2 CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA DOS CONSUMIDORES DA BACIA HIDROGRÁFICA

A aplicação da Calculadora Estendida da Pegada Hídrica aos consumidores da área, através da soma da pegada hídrica direta e indireta dos moradores foi efetuada utilizando o modelo disponível no Anexo A e segue o padrão estabelecido na plataforma web da Rede da Pegada Hídrica (Water Footprint Network, 2005).

Foram aplicadas 153 entrevistas entre moradores, escolhidos aleatoriamente, nos 32 bairros da bacia hidrográfica, por meio da aplicação inicial de 20 questionários como teste piloto. Tendo como parâmetro estes resultados, projetou-se o tamanho amostral de, no mínimo, 150 questionários através da estimativa de consumo médio e variabilidade, com margem de erro de 5%.

Em decorrência do tempo disponível e do universo de moradores da bacia hidrográfica e tendo como objetivo a obtenção de um número representativo de entrevistados

em todos os bairros que compõe a área, parte das entrevistas foram obtidas de forma direta e parte via digital, através do envio por correio eletrônico. Efetuou-se inicialmente o trabalho de tradução do modelo disponível no site (figura 25):

Figura 25 - Calculadora da pegada hídrica estendida

Calculadora pessoal - estendida

Sua pegada hídrica individual é igual à água necessária para produzir os bens e serviços consumidos por você. Fique à vontade para usar a calculadora estendida da pegada hídrica desenvolvida pelos pesquisadores do UNESCO-IHE para avaliar sua pegada hídrica exclusiva. Os cálculos são baseados nas necessidades de água por unidade de produto em seu país de residência.

Observação: coloque decimais atrás de um ponto, não uma vírgula (por exemplo, escreva 1,5 e não 1,5).

País de residência Consumo de alimentos Produtos cereais (trigo, arroz, milho, etc.) Produtos Carne Produtos Laticínios Ovos Como você prepara e consome seus alimentos: Como está o seu consumo de açúcar e doces? Legumes Frutas Raízes com amido (batata, mandioca) Quantas xícaras de café você toma por dia? Quantas xícaras de chá você toma por dia? Uso doméstico de água - dentro de casa Quantos banhos você toma por dia?	<input type="text"/> Seleccione o país ()  () kg por semana. () kg por semana. () kg por semana. () Número por semana. () teor de gordura médio. () teor de gordura baixo. () teor de gordura alto. () médio. () baixo. () alto. () Kg por semana. () Kg por semana. () Kg por semana. () Xícara por dia () Xícara por dia () Número por dia
--	---

Fonte: Water Footprint Network (2005). Tradução: a própria autora

Observando-se a dificuldade dos entrevistados em indicar os valores de alimentos consumidos em quilogramas, foi elaborada a tabela 9 com pesos aproximados e disponibilizada juntamente com as entrevistas para facilitar a elaboração das respostas.

Tabela 9 – Pesos aproximados dos alimentos

Consumo de alimentos (exemplos mais comuns e pesos aproximados)			
Frutas	Peso aproximado	Legumes	Peso aproximado
Abacaxi	75g (1 fatia média)	Abóbora	50g (1 pedaço médio)
Banana	70g (1 unidade média)	Berinjela	25g (1 colher sopa)
Goiaba	170g (1 unidade)	Chuchu	20g (1 colher sopa)
Laranja	180g (1 unidade)	Beterraba	125g (1 unidade)
Maçã	130g (1 unidade)	Brócolis	10g (1 colher sopa)
Pera	110g (1 unidade)	Cebola	10g (1 colher sopa)
Melão	90g (1 fatia média)	Couve	10g (1 colher sopa)
Melancia	200g (1 fatia média)	Tomate	15g (1 colher sopa)
Mamão papaia	270g (1 unidade)	Vagem	15g (1 colher sopa)
Carnes	Peso aproximado	Cereais	Peso aproximado
Bife grelhado	100g (1unidade)	Pão francês	50g (1unidade)
Carne assada	90g (1 fatia média)	Pão de forma	25 g (1 fatia)
Hambúrguer	180g (unidade)	Farinha de trigo	15g (1 colher de sopa)
Frango	180g (1 peito médio)	Farin. mandioca	12g (1 colher de sopa)
Frango	40g (1 coxa média)	Arroz	85g (1 escumadeira)
Frango	10g (1 colher sopa)	Feijão	140g (1 concha média)
Peixe	120g (1 filé médio)	Fubá de milho	10g (1 colher de sopa)
Bisteca porco	155g (1 unidade)	Macarrão cozido	110g (1 pegador)
Laticínios	Peso aproximado	Raízes	Peso aproximado
Queijo branco	30g (1 fatia média)	Batata	140g (1 unidade)
Queijo muçarela	20g (1 fatia média)	Batata purê	45g (1 colher sopa)
Manteiga	10g (1 colher de sopa)	Cenoura	12g (1 colher sopa)
Iogurte	200g (1 pote)	Mandioca	35g (1 colher sopa)
Leite	180g (1 copo americano)		

Fonte: Goiás (2018); Agenda Saudável (2018). Org.: a própria autora

Após a aplicação das entrevistas, os resultados foram transferidos, individualmente, para a plataforma disponível, onde foram obtidos os seguintes resultados individuais: pegada hídrica total (m^3/ano); componentes da pegada hídrica total subdivididos em alimentos, uso doméstico, uso industrial e total; além do detalhamento referente à contribuição da categoria de alimentos para a pegada hídrica total subdivididos em cereal, carne, vegetal, frutas, laticínios, estimulante (cafés e chás), gorduras, açúcares e outras.

Posteriormente, os resultados da pegada hídrica dos consumidores, obtidos a partir da aplicação das entrevistas, foram comparados com os resultados da pegada hídrica para os consumidores do Brasil e outros países segundo Giacomini e Ohnuma Jr. (2012) e Hoekstra e Chapagain (2007).

4. RESULTADOS DA CONTABILIZAÇÃO

Embora as bacias hidrográficas sejam reconhecidas como as melhores unidades de análise, planejamento e gestão (COELHO NETTO, 1994; BARBOSA, et al., 1997; TUNDISI, 2003; SOUZA JÚNIOR, 2004; BOTELHO e SILVA, 2004; TUCCI e MENDES, 2006), esteja definida na legislação federal como “a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” (Lei 9.433/97, Art. 1º, inciso V) e referenciada nos documentos oficiais relativos aos recursos hídricos nas esferas federal, estadual e municipal (MMA: ANA: CONAMA: AGUAS PARANÁ: LONDRINA; CONSEMMMA), a maior parte dos dados oficiais disponíveis ainda se referem à divisão político-administrativa.

Desta forma, para a análise da pegada hídrica da bacia hidrográfica, correspondente à Fase 2 da avaliação, foi necessário primeiramente, efetuar a contabilização da população residente no local, através do agrupamento dos setores censitários por município e por bairro, disponível no último Censo do IBGE, efetuado em 2010, especialmente para o cálculo relativo ao consumo de alimentos e de energia elétrica.

4.1 POPULAÇÃO RESIDENTE NA BACIA HIDROGRÁFICA

A população total do município de Londrina em 2010 era de 506.701 e a população estimada para 2019 é de 569.733, ou seja, um aumento de 11,06% no percentual em relação ao censo anterior (IBGE, 2020). No município de Cambé, a população em 2010 era de 96.733 e a estimada para 2019 está prevista em 106.533 pessoas, com um incremento de 9,19% nos últimos 8 anos (IBGE, 2020a).

No entanto, para os dois municípios, estes dados de 2018 são projetados; não estão aferidos por setor e/ou bairro e ainda não representam um percentual que pode ser aplicado à totalidade da área avaliada, considerando que enquanto a bacia abrange um dos bairros com o maior crescimento imobiliário de Londrina nas últimas décadas, o bairro Gleba Palhano, também compreende bairros estabelecidos nas décadas de 60 e 70, a exemplo do Jardim Piza, do Jardim Califórnia e do Parque das Indústrias, em Londrina e do Jardim Novo Bandeirantes e do Parque Habitacional Manella em Cambé, que não apresentaram crescimento populacional significativo nos últimos censos. Portanto, os dados de população adquiridos para o cálculo da pegada hídrica na bacia hidrográfica do ribeirão Cambé são aproximados, contemplando todos

os setores censitários que compõe a bacia, definidos em 2010 e agrupados por bairros, conforme tabela 10 e figura 26.

Tabela 10 – População residente na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé

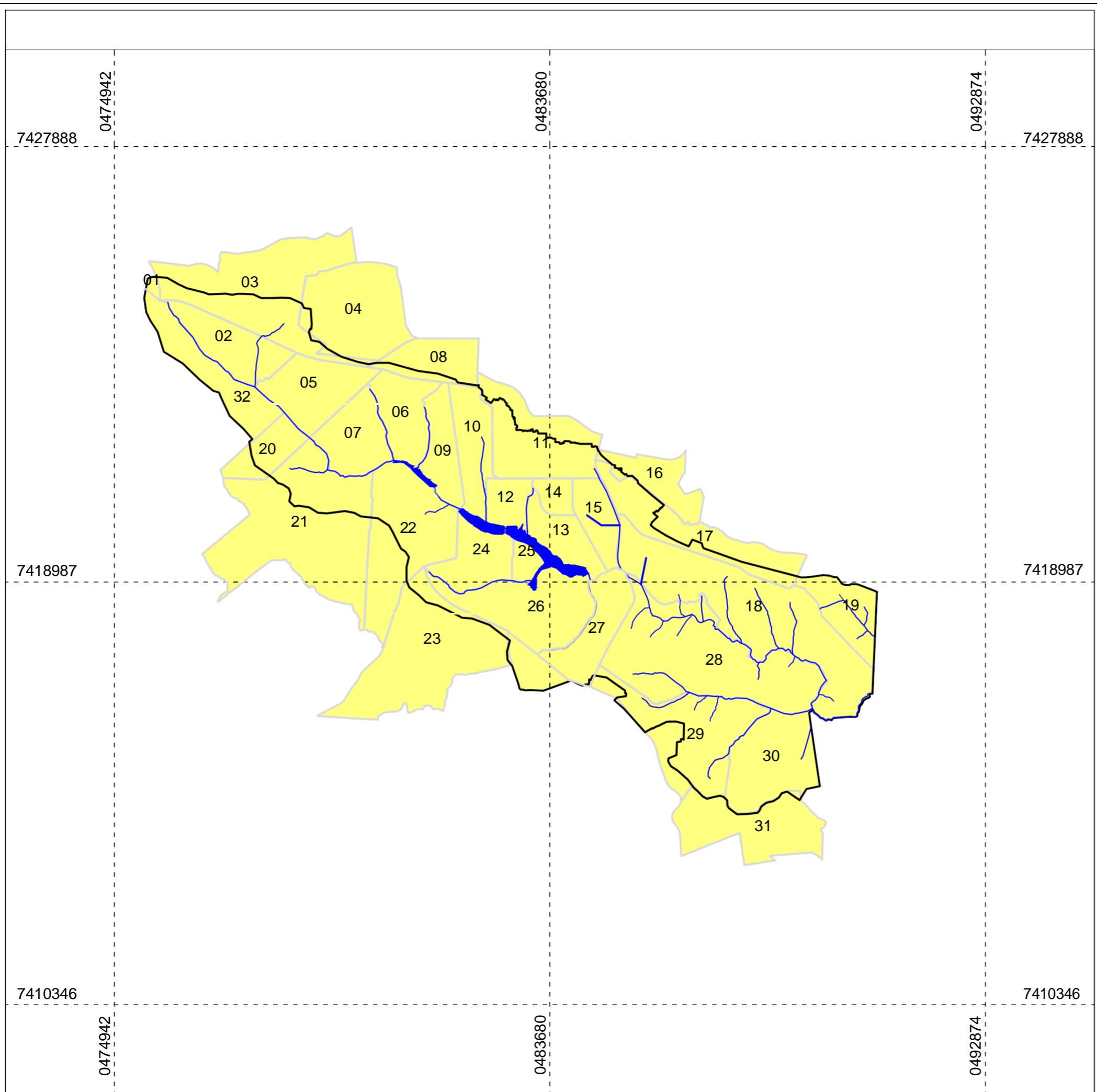
Especificação	Município	Bairro	População Residente
1	Londrina	Sem especificação	143
2	Londrina	Cilo II	1.591
3	Londrina	Cilo III	235
4	Londrina	Leonor	4.348
5	Londrina	Bandeirantes	9.744
6	Londrina	Champagnat	8.245
7	Londrina	Jamaica	10.243
8	Londrina	Shangri-lá	1.372
9	Londrina	Presidente	6.764
10	Londrina	Quebec	5.427
11	Londrina	Centro Histórico	31.072
12	Londrina	Higienópolis	3.715
13	Londrina	Petrópolis	4.068
14	Londrina	Ipiranga	5.009
15	Londrina	Vila Brasil	7.636
16	Londrina	Brasília	934
17	Londrina	Aeroporto	3.396
18	Londrina	Califórnia	12.361
19	Londrina	Sem especificação	921
20	Londrina	Sabará	3.806
21	Londrina	Universidade	512
22	Londrina	Palhano	7.201
23	Londrina	Vivendas do Arvoredo	2.210
24	Londrina	Guanabara	8241
25	Londrina	Bela Suíça	485
26	Londrina	Tucanos	3.312
27	Londrina	Inglaterra	8.351
28	Londrina	Piza	12.386
29	Londrina	Pq. das Indústrias	18.189
30	Londrina	Sem especificação	1.394
31	Londrina	União Vitória	1.402
Total - Londrina			184.713
32	Cambé	Sem especificação	16.681
Total - Cambé			16.681
Total Geral – Bacia hidrográfica do ribeirão Cambé			201.394

Obs.: Considerando os setores censitários que compõe a bacia hidrográfica e o agrupamento por bairros.
Fonte: a própria autora

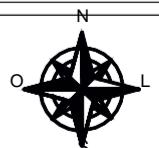
FIGURA 26: BAIRROS QUE COMPÕE A BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DO RIBEIRÃO CAMBÉ

LEGENDA

- DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA
- LIMITE DOS BAIRROS
- LAGOS
- CURSOS D'ÁGUA
- 01** NUMERAÇÃO DOS BAIRROS



SISTEMA DE COORDENADAS
COORDENADAS PLANAS, SISTEMA UTM
DATUM HORIZONTAL - SAD 69



ESCALA GRÁFICA

0 1.500 3.000m

ELABORADO POR MICHEL IURI CAETANO
ORGANIZADO POR MARCIA R. L. ARANTES

FONTE: SIGLON/PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE LONDRINA,
2019; SINOPSE POR SETORES. IBGE, CENSO 2010.

Os dados referentes ao total da população residente na bacia hidrográfica – 201.394 pessoas – representam 36,45% da população total do Município de Londrina e 17,24% da população total do Município de Cambé.

4.2 PEGADA HÍDRICA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Para a análise referente ao volume de água consumido através dos poços tubulares profundos independentes utilizou-se o recorte da bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé em uma composição com os dados constantes nas planilhas de Outorgas de captação e de Cadastro de usuários de captações dispensados de outorga para os Municípios de Londrina e Cambé e disponíveis no Águas Paraná para o ano de 2018 (PARANÁ, 2018a).

A dispensa de outorga só relaciona as derivações e captações individuais com volume de até 1,8 m³/h, não havendo nenhum outro condicionante de categorização na legislação estadual (PARANÁ, 2004).

As planilhas apresentam um total de 23.583 Outorgas de captação e 15.294 Cadastros de usuários de captações dispensados de outorga para todo o Estado do Paraná, com dados diversos relativos a cada poço perfurado. Para o Município de Londrina são 484 Outorgas de captação e 195 Cadastros de usuários de captações dispensados de outorga, enquanto o município de Cambé possui 114 Outorgas de captação e 39 Cadastros de usuários de captações dispensados de outorga, conforme tabela 11.

Tabela 11 – Outorgas de captação e Cadastros de usuários de captações dispensados de outorga – Cambé, Londrina e Paraná

Localização	Quantidade de Poços Outorgados		Porcentagens em relação ao Estado do Paraná	
	Outorgas Captação	Dispensas de outorgas	Outorgas Captação	Dispensas de outorgas
Cambé	114	39	0,48%	0,25%
Londrina	484	195	2,05%	1,27%
Paraná	23583	15294	100%	100%

Obs. Incluídos os poços outorgados pela SANEPAR.

Fonte: Paraná (2018a). Org.: a própria autora

Em razão da ausência destes dados disponibilizados por bacias hidrográficas, após a seleção dos Municípios de Londrina e Cambé nas planilhas disponíveis no site Águas Paraná foram avaliadas as coordenadas geográficas de cada poço outorgado individualmente nos dois

municípios, sendo incluídos no inventário somente os que estavam dentro dos limites da bacia hidrográfica em estudo, tendo como produto final a tabela 12.

Tabela 12 – Outorgas de captação e Cadastros de usuários de captações dispensados de outorga na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé

Localização	Quantidade de Poços Outorgados na bacia		Porcentagens em relação ao total do Município	
	Outorgas Captação	Dispensas de outorgas	Outorgas Captação	Dispensas de outorgas
Cambé	0	01	0%	2,5%
Londrina	87	19	17,97%	9,74%

Fonte: Paraná (2018a). Org.: a própria autora

Posteriormente, foi elaborada a tabela 13 e a figura 27, com os dados detalhados e o georreferenciamento de cada poço existente na bacia hidrográfica para as categorias de Outorgas de captação vigentes e Cadastros de usuários de captações dispensados de outorga para todas as finalidades como consumo humano, limpeza, processo industrial, agropecuária, indústria, lavagens, etc. A vazão outorgada total/ano para cada poço foi obtida a partir da multiplicação entre a vazão outorgada por hora (m^3/h) pelas horas de captação (dia), pelos dias da semana, e pelas semanas no ano. Apesar da ausência de dados relativos à profundidade de alguns poços e vazão outorgada de outros, neste último caso especialmente em relação a 06 poços outorgados na cidade de Londrina na modalidade “Cadastros de usuários de captações dispensados de outorga” optou-se por mantê-los na tabela uma vez que as outorgas estão vigentes.

Tabela 13 – Vazão outorgada dos poços tubulares profundos na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé

Poço	Latitude	Longitude	Profundidade poço	Horas captação	Dias captação	Vazão outorgada (m ³ /h)	Vazão outorgada (m ³ /ano)
1	-23,30238465	-51,18374922	152	4	7	3	4.368,0
2	-23,30051463	-51,18902926	170	6	7	2	4.368,0
3	-23,30887469	-51,17968922	222	9	7	3	9.828,0
4	-23,32369481	-51,16120913	146	6	7	4	8.736,0
5	-23,33684483	-51,17020925	354	16	7	3	17.472,0
6	-23,29883453	-51,21778947	110	8	7	5	14.560,0
7	-23,31593463	-51,20718945	174	20	7	52	378.560,0
8	-23,29085451	-51,21464942	100	22	7	100	800.800,0
9	-23,29542452	-51,21911947	110	2	6	5	3.120,0
10	-23,30047462	-51,19135928	304	6	5	5	7.800,0
11	-23,31629481	-51,15000901	-	12	7	5	21.840,0
12	-23,31657476	-51,16806915	93	14	7	3	15.288,0
13	-23,28581445	-51,22858951	100	13	7	3	14.196,0
14	-23,29806454	-51,21439944	102,17	2	7	4	2.912,0
15	-23,29272804	-51,20910448	313	6	7	3	6.552,0
16	-23,31695075	-51,16128796	-	5	7	4,2	7.644,0
17	-23,33053490	-51,17934201	250	15	7	7	38.220,0
18	-23,30090463	-51,18971926	120	3	7	3	3.276,0
19	-23,33816493	-51,14228903	120	12	7	2,5	10.920,0
20	-23,29186452	-51,21326941	116	2	7	4	2.912,0
21	-23,31177475	-51,16346910	100	16	7	2,5	14.560,0
22	-23,31180463	-51,20445942	177	20	7	4,4	32.032,0
23	-23,31361476	-51,16442912	112	8	7	3	8.736,0
24	-23,31580475	-51,17048917	101,5	10	7	2,5	9.100,0
25	-23,34069491	-51,15015910	200	5	7	8	14.560,0
26	-23,34021481	-51,18298936	197	12	7	3	13.104,0
27	-23,31629476	-51,16822915	120	4	7	3	4.368,0
28	-23,33008478	-51,17760928	192	10	7	3,5	12.740,0

Continua

29	-23,35486496	-51,15152917	100	1	5	3	780,0
30	-23,32797483	-51,15938913	240	6	7	6	13.104,0
31	-23,33275480	-51,17495927	33,5	15	7	4	21.840,0
32	-23,33501488	-51,15368911	200	8	7	3	8.736,0
33	-23,31773464	-51,20937948	150	20	7	28	203.840,0
34	-23,32324481	-51,15942911	184	16	7	3	17.472,0
35	-23,31357475	-51,16657913	154	6	7	2,4	5.241,6
36	-23,28581445	-51,22858951	100	5	7	3	5.460,0
37	-23,31023473	-51,16856914	92	16	7	3	17.472,0
38	-23,29828458	-51,20110934	123	18	6	8	44.928,0
39	-23,31894463	-51,21273951	-	20	7	10	72.800,0
40	-23,32036479	-51,16284913	97	7	7	3	7.644,0
41	-23,33530488	-51,15469912	152	7	7	4	10.192,0
42	-23,34174482	-51,18187935	200	12	7	6	26.208,0
43	-23,30064457	-51,20896941	120	8	7	2,5	7.280,0
44	-23,31602475	-51,16887916	78,4	5	7	3	5.460,0
45	-23,31581480	-51,15414904	178	20	7	6	43.680,0
46	-23,29560451	-51,22155949	-	12	7	5	21.840,0
47	-23,33057486	-51,15414910	336	12	7	2,5	10.920,0
48	-23,32914478	-51,17824928	150	20	7	4	29.120,0
49	-23,31772478	-51,16443913	100	10	7	3	10.920,0
50	-23,28518304	-51,22589107	102	8	7	5	14.560,0
51	-23,29030450	-51,21811944	-	22	7	50	400.400,0
52	-23,29048450	-51,21659943	300	18	7	45	294.840,0
53	-23,30978473	-51,16987914	-	16	7	2,5	14.560,0
54	-23,34015491	-51,15002910	--	5	5	10	13.000,0
55	-23,32256477	-51,17284921	100	1	7	2,5	910,0
56	-23,31382475	-51,16712914	102	6	7	3	6.552,0
57	-23,31789463	-51,21191950	120	3	7	5	5.460,0
58	-23,34863491	-51,15912920	100	2	7	4,4	3.203,2
59	-23,29110449	-51,22082947	150	10	5	2,5	6.500,0

Continua

60	-23,32081476	-51,17394922	170	2	7	3	2.184,0
61	-23,29665456	-51,20520937	300	10	7	4	14.560,0
62	-23,31245464	-51,20134940	90	2	7	3,5	2.548,0
63	-23,33547483	-51,16938923	150	20	7	3	21.840,0
64	-23,31593463	-51,20754946	150	20	7	22	160.160,0
65	-23,32513475	-51,18192929	220	12	7	3	13.104,0
66	-23,33467479	-51,18101932	200	10	7	2,5	9.100,0
67	-23,31758477	-51,16721915	190	14	7	3	15.288,0
68	-23,31983463	-51,21275951		2	7	5	3.640,0
69	-23,30869469	-51,17964922	150	8	7	2,2	6.406,4
70	-23,31312474	-51,16968915	100	6	7	3	6.552,0
71	-23,29320454	-51,20965939	93	16	6	6	29.952,0
72	-23,34564484	-51,17795934	120	2	6	4	2.496,0
73	-23,33980480	-51,18328936	200	20	7	6	43.680,0
74	-23,34564485	-51,17740933	100	16	7	4	23.296,0
75	-23,28529445	-51,22593949	126	3	7	9	9.828,0
76	-23,31376476	-51,16522912	229	8	7	3	8.736,0
77	-23,32823483	-51,15920913	170	20	7	3,5	25.480,0
78	-23,31420474	-51,17211918	200	10	7	3	10.920,0
79	-23,32619473	-51,19068936	25	16	7	5	29.120,0
80	-23,33553487	-51,15596913	200	16	7	2,5	14.560,0
81	-23,29560451	-51,22155949	-	12	7	5	21.840,0
82	-23,32663482	-51,16029913	98	20	7	8,8	64.064,0
83	-23,29678451	-51,22320951	100	10	7	5	18.200,0
84	-23,28962451	-51,21324940	152	12	7	10	43.680,0
85	-23,35650507	-51,11927892	150	10	7	5	18.200,0
86	-23,35254140	-51,15227020	189	5	7	4	7.280,0
87	-23,30982605	-51,21234226	150	10	7	10	36.400,0
Total Parcial Outorgas de captação						640,90	3.490.609,20
1	-23,28299079	-51,23622721	-	24	7	1,8	15.724,8
2	-23,33473484	-51,16451919	100	24	7	1,6	13.977,6

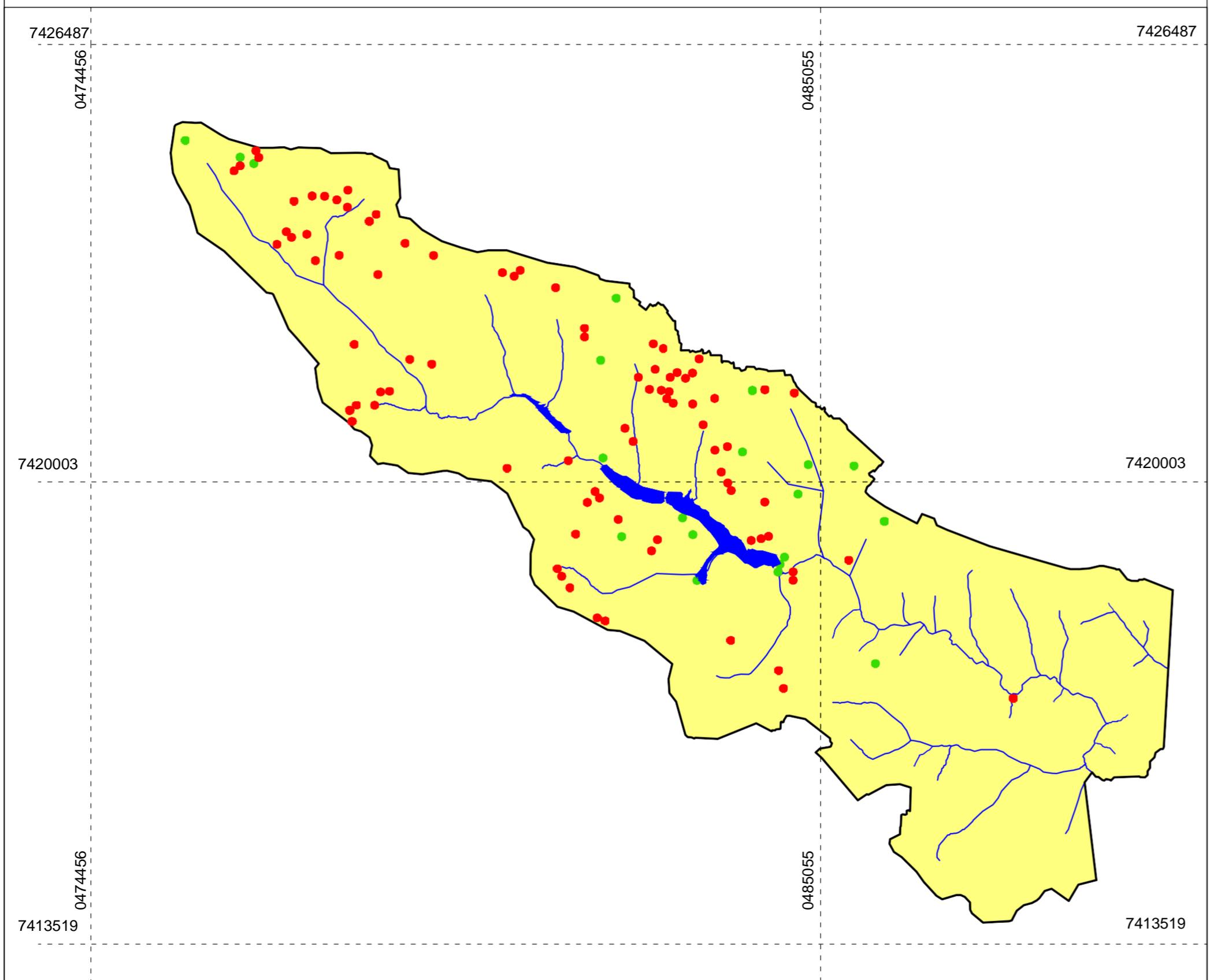
Continua

3	-23,32586488	-51,14152898	-	24	7	1,8	15.724,8
4	-23,30385469	-51,17514916	-	24	7	1,8	15.724,8
5	-23,28586454	-51,22641070	150	-	-	0	-
6	-23,34078487	-51,16381921	150	-	-	0	-
7	-23,33880490	-51,15226911	-	24	7	1,8	15.724,8
8	-23,32398482	-51,15723910	240	-	-	0	-
9	-23,33256483	-51,16581920	186	4	7	0	-
10	-23,33503481	-51,17442927	306	24	7	1,8	15.724,8
11	-23,32480476	-51,17713925	-	24	7	1,8	15.724,8
12	-23,32947487	-51,14936906	-	24	7	1,8	15.724,8
13	-23,32563486	-51,14801903	-	24	7	1,8	15.724,8
14	-23,31196471	-51,17739921	-	24	7	1,8	15.724,8
15	-23,33841490	-51,15200911	-	24	7	1,8	15.724,8
16	-23,33888490	-51,15226911	-	24	7	1,8	15.724,8
17	-23,28525445	-51,22836951	-	24	7	1,8	15.724,8
18	-23,33313972	-51,13726826	250	-	-	0	-
19	-23,35160499	-51,13852905	300	3	7	1,8	1.965,6
20	-23,31596964	-51,15589201	-	-	-	0	-
Total Parcial - Cadastros de usuários de captações dispensados de outorga						25,00	204.640,80
Total Geral – sistemas independentes						665,90	3.695.250,00

Obs. Considerou-se uma média de 52 semanas/ano.

Fonte: a própria autora

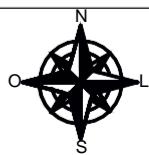
FIGURA 27: POÇOS TUBULARES PROFUNDOS NA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DO RIB. CAMBÉ



LEGENDA

- DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA
- LAGOS
- ↙ CURSOS D'ÁGUA
- POÇOS - DISPENSADOS DE OUTORGA DE CAPTAÇÃO
- POÇOS - COM OUTORGA DE CAPTAÇÃO

SISTEMA DE COORDENADAS
COORDENADAS PLANAS, SISTEMA UTM
DATUM HORIZONTAL - SAD 69



ESCALA GRÁFICA



ELABORADO POR MICHEL IURI CAETANO
ORGANIZADO POR MARCIA R. L. ARANTES
FONTE: DADOS DE OUTORGAS DO ESTADO DO PARANÁ.
ÁGUAS PARANÁ. PARANÁ, MAIO, 2018.

A partir dos valores obtidos da extração de água subterrânea na bacia através dos poços tubulares profundos, aplicou-se a equação para o cálculo da pegada hídrica do abastecimento de água:

$$PHabast. = \sum (OC + CDO) \text{ [volume/tempo]}$$

$$PHabast. = \sum (3.490.609,20 + 204.640,80) \text{ [volume/tempo]}$$

$$\mathbf{PHabast. = 3.695.250,00 m^3/ano}$$

Onde: PHabast.: pegada hídrica do abastecimento de água.

\sum : soma em volume e tempo.

OC: outorgas de captação (m^3/ano).

CDO: captações dispensadas de outorga (m^3/ano).

Estes resultados representam unicamente a pegada hídrica da água retirada diretamente da bacia hidrográfica urbana avaliada, conforme estabelecido no modelo proposto por Hoekstra et. al. (2011), considerando que o consumo direto relativo à disponibilidade da Concessionária SANEPAR ocorre através das captações superficiais oriundas de fontes externas – bacias hidrográficas do rio Tibagi e ribeirão Cafezal.

4.3 PEGADA HÍDRICA DOS ALIMENTOS

A pegada hídrica dos alimentos representa uma contribuição significativa para a contabilidade total, em virtude de que grande parte da água consumida pelas pessoas está inserida de forma indireta nos alimentos. Tendo como base na tabela “Aquisição alimentar domiciliar per capita anual por grupos, subgrupos e produtos”, as subdivisões entre itens do mesmo gênero (tipos de feijões e de bananas, por exemplo) foram agrupadas, considerando o total do item consumido, visto que a literatura não apresenta pegadas hídricas por produtos com estas especificações de gênero. Descartou-se a categoria “outros produtos”, “não especificado”, “outras”, “outros” e “mistos” da tabela, quando não havia meios de distinção em relação ao produto consumido.

Cada produto foi então avaliado individualmente em relação aos valores correspondentes à pegada hídrica média da produção de alimentos disponibilizados na

literatura, sendo descartados os produtos que ainda não foram avaliados em relação à pegada hídrica.

O cálculo da pegada hídrica dos pescados foi estabelecido inicialmente através do levantamento do consumo alimentar per capita deste produto para o Brasil, que segundo o IBGE (2008-2009), foi de 4,032 Kg para o ano de 2008. Em face do total da população brasileira daquele ano calculada em 189.612.814 habitantes foi possível estabelecer um consumo final de 764.518.866,048 Kg/ano de pescados para a população brasileira.

Os dados relativos ao consumo total de pescados envolvem o consumo de origem extrativista e o consumo por aquicultura, portanto, foi definido um segundo recorte referente à produção total da aquicultura no Brasil. O primeiro levantamento do gênero foi efetuado no ano de 2013, por este motivo utilizou-se este dado, mais próximo ao levantamento do POF. O IBGE (2013) oferece estes dados através da pesquisa da Pecuária Municipal, na plataforma Sidra (Figura 28).

Figura 28 - Produção da aquicultura no Brasil

https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940#resultado

A SGS atua no Brasil há mais de 75 anos, oferecendo as melhores soluções em sustentabilidade.
sgssustentabilidade.com.br/sgs-atua-no-brasil-ha-mais-de-75-anos-oferecendo-as-melhores-solucoes-em-sustentabilidade/

Tabela 3940 - Produção da aquicultura, por tipo de produto

Variável - Produção da aquicultura (Quilogramas)

Brasil

Ano - 2013

Tipo de produto da aquicultura

Carpa	Curimatã, curimbatá	Dourado	Jatuarana, piabanha e piracanjuba	Lambari	Matrinxã	Pacu e patinga	Piau, piapara, piauçu, piava	Pintado, cachara, cachapira e pintachara, surubim	Pirapitinga	Pirarucu	Tambacu, tambatinga	Tambaqui	Tilápia	Traíra e trairão	Truta	Tucunaré	Outros peixes
18.836.860	2.774.029	139.058	855.202	255.635	5.486.253	13.652.901	3.793.363	15.714.717	4.765.900	2.300.994	60.463.372	88.718.502	169.306.011	1.155.492	957.016	147.267	3.169.95

Fonte: IBGE - Pesquisa da Pecuária Municipal

Tabela 3940 - Produção da aquicultura, por tipo de produto

Variável - Valor da produção (Mil Reais)

Brasil

Ano - 2013

Tabelas abertas: Tabela 3940.xlsx, serie_2001_2013_T...pdf

Exibir todos

Fonte: IBGE (2013)

A soma da produção de pescados através da aquicultura para a população brasileira no ano de 2013 foi de 476.521.060 Kg/ano. Comparando este valor com o total do consumo de pescados obteve-se o total com origem extrativista, com uma porcentagem de 37,67% para a origem extrativista e 62,33% para a aquicultura. Estes percentuais foram transferidos para o Estado do Paraná, totalizando 0,862 Kg/ano/per capita de consumo de pescados relativos à produção em aquicultura (Tabela 14).

Tabela 14 – Consumo e produção de pescados através da aquicultura e extrativismo

Consumo e produção de pescados	Brasil		Paraná	
	Totais Kg/ano/ pop. total	Percentuais	Totais Kg/ano/ per capita	Percentuais
Consumo total	764.518.866,048	100%	1,383	100%
Produção Aquicultura	476.521.060,000	62,33%	0,862	62,33%
Produção Extrativismo	287.997.806,048	37,67%	0,520	37,67%

Fonte: a própria autora

Em relação ao consumo de produtos alimentícios por pessoa, combinados os dados referentes ao consumo anual de produtos por pessoa (IBGE, 2008-2009) em Kg, com a pegada hídrica de cada produto consumido (em Litros por Kg), obteve-se a pegada hídrica anual per capita da bacia por produto em Litros (L) que foi transformada posteriormente em metros cúbicos. Multiplicando-se estes valores pelo total da população residente na bacia hidrográfica (201.394 pessoas), obteve-se os resultados disponíveis na tabela 15. Os valores alusivos às pegadas hídricas dos produtos foram obtidos de Mekonnen, M. M. e Hoekstra, A. Y. (2011) e Mekonnen, M. M. e Hoekstra, A. Y. (2012), à exceção dos valores referentes à pegada hídrica da acelga, agrião e melão, que foram extraídos de Strasburg, V. J. e Jahno V. D. (2015) enquanto os dados relativos à pegada hídrica dos pescados foram obtidos de Pahlow, et al. (2015).

Tabela 15 – Pegada hídrica anual dos alimentos na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé

Grupos	Produtos	Total consumo anual/per capita/ Kg	PH do produto L/Kg ⁻¹	PH anual per capita/L	PH anual per capita/m ³	PH anual total bacia/m ³
Cereais e leguminosas	Arroz	24,585	2.172	53.398,620	53,398	10.752.425,66
	Milho	2,479	1.314	3.257,406	3,257	654.530,50
	Feijão	7,439	5.053	37.589,267	37,589	7.568.386,52
Hortaliças	Acelga	0,078	237	18,486	0,018	3.625,09
	Agrião	0,044	237	10,428	0,010	2.013,94
	Alface	1,426	237	337,962	0,337	67.869,77
	Couve-brócolis	0,194	285	55,290	0,055	11.076,67
	Couve-flor	0,258	285	73,530	0,073	14.701,76
	Repolho	1,525	280	427,000	0,427	85.995,23
	Abóbora	0,528	336	177,408	0,177	35.646,73
	Abobrinha	0,578	336	194,208	0,194	39.070,43
	Berinjela	0,188	362	68,056	0,068	13.694,79
	Cebola	3,526	272	959,072	0,959	193.136,84
	Pepino fresco	0,855	353	301,815	0,301	60.619,59
	Pimentão	0,398	379	150,842	0,150	30.209,10
	Quiabo	0,117	576	67,392	0,067	13.493,39
	Tomate	5,379	214	1.151,106	1,151	231.804,49
	Vagem	0,159	561	89,199	0,089	17.924,06
	Alho	0,549	589	323,361	0,323	65.050,26
	Batata	8,592	287	2.465,904	2,465	494.436,21
	Batata-doce	0,564	383	216,012	0,216	43.501,10
	Cenoura	1,433	195	279,435	0,279	56.188,92
	Nhame	0,028	343	9,604	0,009	1.812,54
	Mandioca	2,294	564	1.293,816	1,293	260.402,44
Frutas	Abacate	0,298	1.981	590,338	0,590	118.822,46
	Abacaxi	1,351	255	344,505	0,344	69.279,53
	Banana	9,126	790	7.209,540	7,209	1.451.849,34
	Goiaba	0,068	1.800	122,400	0,122	24.570,06

Continua

Laranja	7,192	560	4.027,520	4,027	811.013,63
Limão	0,410	642	263.220	0,263	52.966,62
Mamão	2,420	460	1.113.200	1,113	224.151,52
Manga	0,887	1.800	1.596.600	1,596	321.424,82
Melancia	4,153	235	975.955	0,975	196.359,15
Melão	0,584	235	137.240	0,137	27.590,97
Tangerina	1,429	748	1.068.892	1,068	215.088,79
Ameixa	0,192	2.180	418.560	0,418	84.182,69
Maçã	3,087	822	2.537.514	2,537	510.936,57
Morango	0,285	347	98.895	0,098	19.736,61
Pera	0,361	922	332.842	0,332	66.862,80
Pêssego	0,424	910	385.840	0,385	77.536,69
Uva	0,948	608	576.384	0,576	116.002,94
Coco-da-Bahia	0,039	1.256	48.984	0,048	9.666,91
Castanhas e nozes	0,163	2.750	448.250	0,448	90.224,51
Farinhas, féculas e massas					
Farinha mandioca	0,917	1.878	1.722.126	1,722	346.800,46
Farinha de trigo	11,349	1.849	20.984.301	20,984	4.226.051,69
Amido de milho	0,135	1.671	225.585	0,225	45.313,65
Fécula mandioca	0,221	2.254	498.134	0,498	100.294,21
Flocos de aveia	0,080	2.416	193.280	0,193	38.869,04
Flocos de milho	0,334	1.081	361.054	0,361	72.703,23
Fubá de milho	1,608	1.314	2.112.912	2,112	425.344,12
Macarrão	4,883	1.849	9.028.667	9,028	1.818.185,03
Panificados					
Pão francês	8,011	1.608	12.881.688	12,881	2.594.156,11
Carnes					
Carnes bovina	18,173	15.415	280.136.795	280,136	56.417.869,69
Carne suína	10,133	5.988	60.676.400	60,670	12.219.863,70
Carne de cabrito	0,023	5.521	126.983	0,126	25.375,64
Carne de carneiro	0,026	10.412	270.712	0,270	54.376,38
Vísceras					
Vísceras bovinas	0,467	15.415	7.198,80	7,198	1.449.634,01
Vísceras suínas	0,101	5.988	604.788	0,604	121.641,97

Continua						
Pescados	Pescados	0,862	1.974	1.701,588	1,701	342.571,19
Aves e ovos	Aves	11,877	4.325	51.368,025	51,368	10.345.206,99
	Ovos de galinha	3,864	3.265	12.615,960	12,615	2.540.585,31
Laticínios	Leite vaca fresco	11,790	1.020	12.025,800	12,025	2.421.762,85
	Leite vaca pasteuriz.	36,390	1.020	37.117,800	37,117	7.475.141,09
	Leite pó desengordur.	0,015	4.745	71,175	0,071	14.298,97
	Leite pó integral	0,270	4.745	1.281,150	1,281	257.985,71
	Queijo (tipos)	0,108	5.060	9.401,480	9,401	1.893.304,99
	Manteiga	0,078	5.553	433,134	0,433	87.203,60
Açúcares, doces e produtos de confeitoraria	Açúcar cristal	11,265	1.666	18.767,490	18,767	3.779.561,19
	Açúcar refinado	3,921	1.782	6.987,222	6,987	1.407.139,87
	Chocolate tablete	0,322	17.196	5.537,112	5,537	1.115.118,57
	Chocolate em pó	0,902	15.636	14.103,672	14,103	2.840.259,58
Óleos e gorduras	Azeite de oliva	0,143	14.431	2.063,633	2,063	415.475,82
	Óleo de girassol	0,079	6.792	536,568	0,536	107.947,18
	Óleo de canola	0,099	4.301	425,799	0,425	85.592,45
	Óleo de milho	0,183	2.575	471,225	0,471	94.856,57
	Óleo de soja	7,550	4.190	31.634,500	31,634	6.370.897,79
Bebidas e infusões	Cerveja	7,274	298	2.167,652	2,167	436.420,79
	Café moído	2,762	18.925	52.270,850	52,270	10.526.864,38
	Chá-mate	1,886	8.856	16.702,416	16,702	3.363.682,58
Totais (m³)				799,879	161.084.239,04	

Fonte: a própria autora

Os dados obtidos pela soma da pegada hídrica anual per capita do consumo de alimentos foi aplicado para a equação abaixo, em razão da multiplicação pela população residente, resultando na pegada hídrica total anual para o processo em análise:

$$\text{PHalim.} = \sum (\text{PHalim.} \cdot \text{pop. total}) \quad [\text{volume/tempo}]$$

$$\text{PHalim.} = \sum (799,849 \text{ m}^3/\text{ano} \cdot 201.394) \quad [\text{volume/tempo}]$$

$$\text{PHalim.} = \mathbf{161.084.239,04 \text{ m}^3/\text{ano}}$$

Onde: PHalim.: pegada hídrica dos alimentos.

\sum : soma em volume e tempo.

PHalim.: pegada hídrica dos alimentos (anual/per capita).

Pop. total: População total da bacia hidrográfica urbana.

Os resultados relativos à pegada hídrica de alimentos per capita por grupos e produtos fornece um amplo arcabouço para discussões acerca da substituição/redução no consumo de determinados tipos de alimentos considerando as conexões com a água e a energia despendidas para a sua produção.

4.4 PEGADA HÍDRICA DO SANEAMENTO

Segundo os dados disponíveis para o Estado do Paraná, apresentados na plataforma do Instituto das Águas do Paraná (PARANÁ, 2018a), existem 958 Outorgas de lançamento de efluentes e 60 Cadastros de usuários de lançamento de efluentes dispensados de outorga, sendo que deste total 15 Outorgas de lançamento estão cadastradas no Município de Londrina e 3 no Município de Cambé. Não há Cadastros de usuários de lançamento de efluentes dispensados de outorga registrados para os dois municípios. Na tabela 16 estão demonstrados os municípios avaliados e as porcentagens em relação ao Estado do Paraná.

Tabela 16 – Outorgas de lançamento de efluentes e Cadastros de usuários de lançamento de efluentes dispensados de outorga – Cambé, Londrina e Paraná

Localização	Quantidade de Outorgas		Porcentagens em relação ao Estado do Paraná	
	Outorgas Lançamento efluentes	Dispensas de outorgas de lançamento efluentes	Outorgas Lançamento efluentes	Dispensas de outorgas de lançamento efluentes
Cambé	3	0	0,31%	0%
Londrina	15	0	1,56%	0%
Paraná	958	60	100%	100%

Fonte: Paraná (2018a). Org.: a própria autora

Como não há dados de outorgas de lançamento de efluentes por bacia hidrográfica, foram avaliadas as coordenadas geográficas de cada ponto de lançamento outorgado, sendo que dos 18 pontos avaliados (3 em Cambé e 15 em Londrina) somente uma Outorga vigente está situada na área em análise, com finalidade de diluição de efluentes pertencente à Confepar Agro-Industrial Cooperativa Central, indústria do ramo de laticínios, que utiliza o córrego da Mata, afluente de primeira ordem do ribeirão Cambé como corpo hídrico receptor com as concentrações de qualidade do efluente disponíveis na tabela 17:

Tabela 17 – Concentrações de qualidade de efluente para lançamento - Confepar

Ponto lançamento	Latitude	Longitude	Conc. máxima DQO (mg/L)	Conc. máxima DBO (mg/L)
1	-23,31325497	-51,20478634	150	30

Fonte: Paraná (2018a). Org.: a própria autora

A vazão outorgada anual total de lançamento dos efluentes para o ponto analisado foi determinada pela Portaria de outorga 648/2016 - DPCA, em 120 m³/h, e o detalhamento de horas de lançamento, dias e meses estão detalhados na tabela 18.

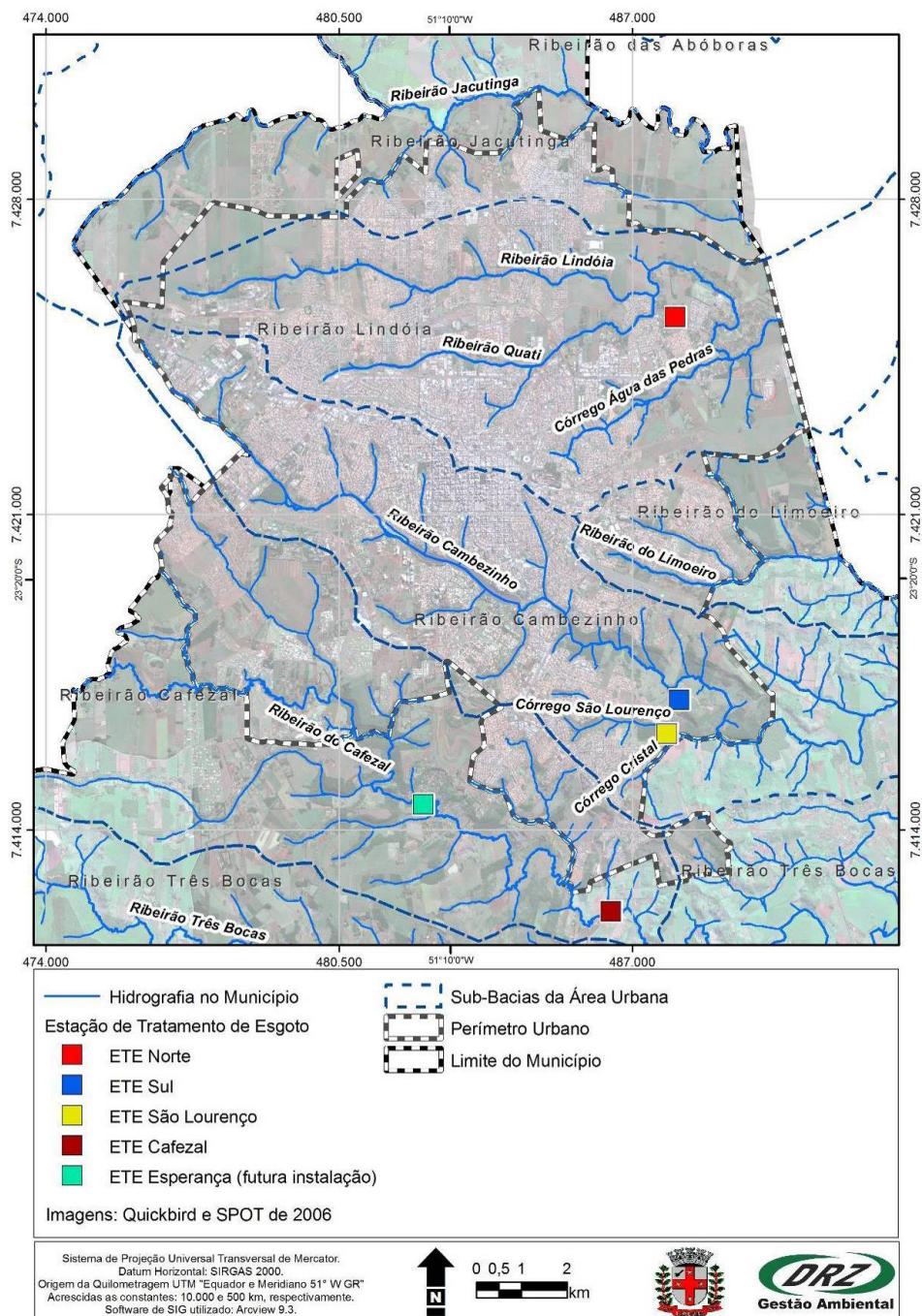
Tabela 18 – Dados gerais do ponto de lançamento efluentes - Confepar

Ponto lançamento	Horas (dia)	Dias (mês)	Meses (ano)	Total (m³/h)
1	24	30	12	120

Fonte: Paraná (2018a). Org.: a própria autora

Além deste ponto de lançamento de efluente individual outorgado, a bacia comporta duas Estações de Tratamento de Esgoto: ETE Sul e ETE São Lourenço (Figura 29) localizadas no ribeirão Cambé e no córrego Cristal respectivamente, onde o esgoto recebido passa pelas etapas de tratamento composta por: Reator Anaeróbio, Filtro Aeróbio e Decantador na ETE Sul e Reator Anaeróbio e Lagoa anaeróbia na ETE São Lourenço (LONDRINA, 2015b, p.53-59).

Figura 29 – Localização das estações de tratamento de esgoto em Londrina



Fonte: Londrina (2008/2009, p. 180)

Os valores de lançamento e concentrações das duas estações de tratamento estão disponibilizados no Plano da Bacia do Rio Tibagi (PARANÁ, 2015, p. 89) e descritos individualmente nas Tabelas 19 e 20.

Tabela 19 – ETE São Lourenço – Dados de carga e vazão do efluente

Características da ETE					
Nome: ETE São Lourenço		Corpo hídrico: Córrego Cristal			
Estágio: em operação		Órgão responsável: SANEPAR			
Características do efluente					
Valor médio de lançamento	Valor cadastro de outorga	Concentração da Classe de Análise (Classe 3)	Q diluição requerida (m ³ /h)	Q outorgável (50% Q _{95%}) (m ³ /h)	
Vazão (m ³ /h)	DBO (mg/L)				
150,3	46,0	191,5	60,0	10	957,3
Características do corpo receptor					
Verificação da diluição	Comprimento do trecho em desconformidade com classe 3 (m)	Descrição do trecho em conformidade com a classe 3	Tipo área que a ETE percorre: urbana/rural	DBO da zona de mistura	
Insuficiente	9.594	Ponto de lançamento da ETE São Lourenço, até a confluência com o rio Cambé, até confluência com ribeirão Três Bocas	U	53,8	

Fonte: Paraná (2015). Org. a própria autora

Tabela 20 – ETE Sul – Dados de carga e vazão do efluente

Características da ETE					
Nome: ETE Sul		Corpo hídrico: Ribeirão Cambé			
Estágio: em operação		Órgão responsável: SANEPAR			
Características do efluente					
Valor médio de lançamento	Valor cadastro de outorga	Concentração da Classe de Análise (Classe 3)	Q diluição requerida (m ³ /h)	Q outorgável (50% Q _{95%}) (m ³ /h)	
Vazão (m ³ /h)	DBO (mg/L)				
1.110,0	38,0	-	-	10	3.108,0
Características do corpo receptor					
Verificação da diluição	Comprimento do trecho em desconformidade com classe 3 (m)	Descrição do trecho em conformidade com a classe 3	Tipo área que a ETE percorre: urbana/rural	DBO da zona de mistura	
Insuficiente	12.016	Ponto de lançamento da ETE sul até confluência com ribeirão Três Bocas	U	29,4	

Fonte: Paraná (2015). Org. a própria autora

Os cálculos referentes à estimativa da carga poluente para os pontos de descarga existentes seguiram a proposta de Vieira e Sousa Júnior (2015, p. 237), onde a concentração média do parâmetro DBO₅ (mg/L) foi multiplicada pela vazão de saída (L/s) para o ponto de lançamento industrial e para as duas ETEs, separadamente. A aplicação da equação em cada ponto de análise está detalhada nos itens a seguir:

Carga poluente para o ponto de lançamento industrial – para DBO₅

$$Lefluente = \sum (Cefluente \times Qsaída)$$

$$Lefluente = ? (Cefluente \times Qsaída)$$

$$Lefluente = ? (30,0 \times 33,3)$$

$$\mathbf{Lefluente = 999,0 \text{ mg/s}}$$

Onde: *Lefluente* = Carga poluente do efluente, em mg/s;

Cefluente = Concentração do parâmetro no efluente, em mg/L;

Qsaída = Vazão de saída do ponto de lançamento, em L/s.

Carga poluente para a ETE São Lourenço – para DBO₅

$$Ltrat. = \sum (Ctrat. \times Qsaída)$$

$$Ltrat. = ? (Ctrat. \times Qsaída)$$

$$Ltrat. = ? (46,0 \times 41,75)$$

$$\mathbf{Ltrat. = 1.920,5 \text{ mg/s}}$$

Onde: *Ltrat.* = Carga poluente do esgoto tratado, em mg/s;

Ctrat. = Concentração do parâmetro no esgoto tratado, em mg/L;

Qsaída = Vazão de saída da ETE São Lourenço, em L/s.

Carga poluente para a ETE Sul – para DBO₅

$$Ltrat. = \sum (Ctrat. \times Qsaída)$$

$$Ltrat. = ? (Ctrat. \times Qsaída)$$

$$Ltrat. = ? (38,0 \times 308,33)$$

$$\mathbf{Ltrat. = 11.716,54 \text{ mg/s}}$$

Onde: Ltrat. = Carga poluente do esgoto tratado, em mg/s;

Ctrat. = Concentração do parâmetro no esgoto tratado, em mg/L;

Qsaída = Vazão de saída da ETE Sul, em L/s.

O cálculo da pegada hídrica cinza exige a análise da estimativa da concentração máxima permitida do poluente no corpo d'água receptor de acordo com as Classes de enquadramento e a estimativa da concentração natural no corpo hídrico de referência.

Assim, de acordo com a Resolução CERH/PR 100/2016 (PARANÁ, 2016), o ponto de lançamento industrial está enquadrado como Classe 2 (ribeirão Cambé e seus afluentes) e as duas ETEs na Classe 3, com o ponto de referência UTM 488.040,043m E, 7.417.298,926m N (ETE sul) até a confluência com o ribeirão Três Bocas e a coordenada 488.019,043m E, 7.416.016,931m N até a confluência com o córrego São Lourenço para o córrego Cristal; e da confluência com o córrego Cristal até a confluência com o ribeirão Cambé para o córrego São Lourenço (ETE São Lourenço). Para o ponto de lançamento industrial que está localizado no trecho do curso d'água enquadrado como Classe 2 (Resolução CONAMA 357/2005) a concentração máxima de DBO₅ é de 5 mg/L O₂ enquanto para as duas ETEs localizadas nos trechos enquadrados como Classe 3 (Resolução CONAMA 357/2005), a concentração é de 10 mg/L O₂.

Para a concentração natural no corpo d'água receptor, o valor adotado é = 0, seguindo a proposta de Hoekstra, et al. (2011, p. 29)

A concentração natural em um corpo d'água receptor corresponde à concentração que ocorreria se não houvesse intervenções humanas na bacia hidrográfica. Para substâncias de origem humana, que naturalmente não ocorrem na água, cnat = 0.

Para o Estado do Paraná, os afluentes indiretos do rio Tibagi receptores de efluentes domésticos são enquadrados no Grupo 2 das Áreas Estratégicas de Gestão e a concentração natural do corpo receptor também foi definido como 0 mg/L (PARANÁ, 2015).

Aplicando-se os valores estipulados acima para a equação proposta por Hoekstra, et al. (2011, p. 29) obteve-se a pegada hídrica do saneamento para o ponto de lançamento de efluente, para a ETE São Lourenço e para a ETE Sul.

Ponto de Lançamento de efluente

$$\text{PHsaneam.:} = \frac{L}{c_{\max} - c_{\text{nat}}} \quad [\text{volume/tempo}]$$

$$\text{PHsaneam.:} = \frac{999,0}{5 - 0} \quad [\text{volume/tempo}]$$

$$\text{PHsaneam.:} = 199,8 \text{ L/s} \quad [\text{volume/tempo}] \text{ ou } \mathbf{6.300.892,80 \text{ m}^3/\text{ano}}$$

Onde: PHsaneam.: pegada hídrica do saneamento.

L: carga de poluente (massa/tempo).

cmax: concentração máxima do padrão ambiental aceitável (massa/volume).

cnat: concentração natural no corpo d'água receptor (massa/volume).

ETE São Lourenço

$$\text{PHsaneam.:} = \frac{L}{c_{\max} - c_{\text{nat}}} \quad [\text{volume/tempo}]$$

$$\text{PHsaneam.:} = \frac{1.920,5}{10 - 0} \quad [\text{volume/tempo}]$$

$$\text{PHsaneam.:} = 192,05 \text{ L/s} \quad [\text{volume/tempo}] \text{ ou } \mathbf{6.056.488,80 \text{ m}^3/\text{ano}}$$

Onde: PHsaneam.: pegada hídrica do saneamento.

L: carga de poluente (massa/tempo).

cmax.: concentração máxima do padrão ambiental aceitável (massa/volume).

cnat: concentração natural no corpo d'água receptor (massa/volume).

ETE Sul

$$PHsaneam.: = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} \quad [\text{volume/tempo}]$$

$$PHsaneam.: = \frac{11.716,54}{10 - 0} \quad [\text{volume/tempo}]$$

$$PHsaneam.: = 1.171,65 \text{ L/s} \quad [\text{volume/tempo}] \text{ ou } \mathbf{36.949.154,40 \text{ m}^3/\text{ano}}$$

Onde: PHsaneam.: pegada hídrica do saneamento.

L: carga de poluente (massa/tempo).

cmax.: concentração máxima do padrão ambiental aceitável (massa/volume).

cnat: concentração natural no corpo d'água receptor (massa/volume).

Os valores obtidos em L/s para os três pontos de lançamento foram transformados em m³/ano seguindo a padronização. Somando-se os valores, foi obtido um total de **49.306.536,00 m³/ano** de pegada hídrica do saneamento para a bacia hidrográfica urbana.

4.5 PEGADA HÍDRICA DA ENERGIA ELÉTRICA

A pegada hídrica de usinas hidrelétricas apresenta variações consideráveis, decorrentes de fatores como condições climáticas, especialmente a evaporação; topografia; hidrologia; área do reservatório e tecnologias adotadas em cada usina, como eficiência de turbinas e potência instalada. Além das questões tecnológicas e naturais, ainda fatores como demanda de mercado, aumento da disponibilidade hídrica, usos múltiplos dos reservatórios e legislações que definem o uso das usinas hidrelétricas como não consuntivo, estabelecem questionamentos quanto à generalização de um padrão global para a pegada hídrica originária de fontes hidroelétricas (BUENO e MELLO, 2015, p. 2).

Bakken, et al (2013) apresentam um levantamento efetuado em usinas hidrelétricas em vários países, com variações consideráveis entre elas e questionam a metodologia tradicional onde a pegada hídrica de uma usina hidrelétrica é obtida a partir da evaporação bruta dividida pela produção anual de energia. A análise realizada em usinas no Brasil contribuem para esta discussão, onde um estudo efetuado por Bueno e Mello (2015) para a pegada hídrica bruta e líquida, demonstra uma grande variabilidade, por exemplo, de 5,3 m³/GJ para a Usina de Itaipu e 555 m³/GJ para a Usina de Sobradinho, devido à elevada geração de energia na primeira e à alta evaporação em um extenso espelho d'água na segunda (Tabela 21).

Tabela 21 – Pegada hídrica das principais usinas hidrelétricas no Brasil, segundo metodologia da "PH Bruta" e "PH Líquida"

Usina	Rio	Reservatório (Km ²)	Potência Instalada (MW)	Geração Média (MW)	Evaporação Bruta (mm/ano)	Evaporação Líquida (mm/ano)	PH Bruta (m ³ /GJ)	PH Líquida (m ³ /G)
Itaipu	Paraná	1350	14000	10521	1305	274	5,3	1,1
Ilha Solteira	Paraná	1358	3444	1985	1597	559	35	12
Porto Primavera	Paraná	2250	1540	1190	1461	349	88	21
Furnas	Grande	1406	1312	717	1413	386	88	24
Marimbondo	Grande	452	1488	882	1536	560	25	9,1
Água Vermelha	Grande	674	1396	943	1579	556	36	13
Emborcação	Paranaíba	432	1192	455	1556	371	47	11
Itumbiara	Paranaíba	749	2082	940	1597	544	40	14
São Simão	Paranaíba	716	1710	1388	1603	569	26	9,3
Salto Santiago	Iguacu	214	1420	1023	1163	513	7,7	3,4
Gov. Bento Munhoz	Iguacu	165	1676	821	1118	273	7,1	1,7
Nova Ponte	Araguari	459	510	299	1498	551	73	27
Três Irmãos	Tietê	757	808	422	1577	558	90	32
Capivara	Paranapanema	610	618	445	1429	436	62	19
Serra da Mesa	Tocantins	1254	1275	711	1660	673	93	38
Luiz E. Magalhães	Tocantins	704	903	564	1751	477	69	19
Tucuruí	Tocantins	2430	8370	4541	1652	99	28	1,7
Três Marias	São Francisco	1040	396	252	1526	479	200	63
Sobradinho	São Francisco	4214	1050	460	1909	1121	555	326
Luiz Gonzaga	São Francisco	839	1480	873	1862	830	57	25

Fonte: Bueno e Mello (2015, p. 9). Org.: a própria autora

Diante deste impasse em estabelecer valores médios de pegada hídrica pela comunidade científica quanto a um modelo global, optou-se para este trabalho pela média apresentada por Fischmann (2016) obtida a partir de estudos em usinas hidrelétricas no sul do Brasil, sendo estes valores os mais aproximados em termos de localização geográfica e consequentemente com menor variação climática com a bacia hidrográfica analisada.

Os estudos de Fischmann (2016) indicaram um valor médio da pegada hídrica oriunda da hidroeletricidade para as usinas avaliadas em $102,3 \text{ L.hab}^{-1}\text{dia}^{-1}$, definido em decorrência das estimativas relativas às perdas de água por evaporação. Aplicando-se este valor na equação proposta para a pegada hídrica da energia elétrica obteve-se:

$$\text{PHenerg.} = \sum (\text{PHhe} \cdot \text{pop. total})$$

$$\text{PHenerg.} = \sum (102,3 \text{ L.cap.dia} \cdot 201.394)$$

$$\text{PHenerg.} = \sum (37,339 \text{ m}^3/\text{ano} \cdot 201.394)$$

$$\text{PHenerg.} = \mathbf{7.519.850,56 \text{ m}^3/\text{ano}}$$

Onde: PHenerg.: pegada hídrica da energia elétrica.

\sum : soma em volume e tempo.

PHhe: pegada hídrica hidroeletricidade.

Pop. total: População total da bacia hidrográfica urbana.

Os resultados relativos à pegada hídrica tendo como origem a energia elétrica com base na matriz energética da hidroeletricidade são importantes para discussões futuras sobre a aplicação/ampliação de outras matrizes como a solar e a eólica, por exemplo, e a utilização destes dados para a gestão local das águas a partir do tripé água-energia-alimentos.

4.6 PEGADA HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DO RIBEIRÃO CAMBÉ

A equação para a contabilização da pegada hídrica na área quanto aos processos de consumo e poluição hídrica avaliados foi a seguinte:

$\text{PHarea} = \sum q \text{ PHproc [q]} \quad [\text{volume/tempo}]$
$\text{PHarea} = \sum q \text{ ([PHabast.] [PHalim.] [PHsaneam.] [PHenerg.])} \quad [\text{volume/tempo}]$
$\text{PHarea} = \sum q \text{ ([3.695.250,00] [161.084.239,04] [49.306.536,00] [7.519.850,56])} \text{ [vol./temp.]}$
$\text{PHarea} = 221.605.875,60 \text{ m}^3/\text{ano}$

Onde: PHproc [q] : pegada hídrica de um processo “q” dentro da área delimitada geograficamente.

$\sum q$: soma de todos os processos de consumo de água ou poluição ocorridos nesta área.

Como resultado da soma das pegadas hídricas dos principais processos que ocorrem na área avaliada para o ano base de 2017, a pegada hídrica total encontrada foi de 221.605.875,60 m³ de água/ano. Os volumes de água contabilizados pelos diferentes processos e por habitante em m³/ano, m³/dia e litros/dia estão destacados nas tabelas 22 e 23.

Tabela 22 – Pegada hídrica da bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé

PRINCIPAIS PROCESSOS	PEGADA HÍDRICA (m ³ /ano/área)
Abastecimento de água	3.695.250,00
Alimentos	161.084.239,04
Saneamento	49.306.536,00
Energia elétrica	7.519.850,56
Total	221.605.875,60

Fonte: a própria autora

Tabela 23 – Pegada hídrica da bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé por habitante, segundo os principais processos

PROCESSOS	PEGADA HÍDRICA/HABITANTE		
	(m ³ /cap./ano)	(m ³ /dia/hab.)	(litros/dia/hab.)
Abastecimento de água	18,34	0,05	50,24
Alimentos	799,84	2,19	2.191,34
Saneamento	244,82	0,67	670,73
Energia elétrica	37,33	0,10	102,27
Total	1.100,33	3,014	3.014,58

Fonte: a própria autora

A contabilização da pegada hídrica por habitante em decorrência dos principais processos eleitos nesta avaliação, são de fundamental importância para as discussões acerca da pegada hídrica dos consumidores da bacia e da utilização de entrevistas e aplicação da calculadora estendida.

4.7 PEGADA HÍDRICA DOS CONSUMIDORES DA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA

A pegada hídrica obtida através da aplicação da calculadora estendida resultou em um valor total de 285.210 m³/ano/total ou de 1.864 m³/cap./ano proveniente de 153 entrevistas individuais (Tabela 24) que também foram subdivididas e distribuídas por bairros (Tabela 25), conforme os setores censitários e o agrupamento por bairros proposto pelo IBGE (2010).

Tabela 24 – Média da pegada hídrica por habitante segundo a calculadora estendida

PEGADA HÍDRICA ENTREVISTADOS (m³/ano/total)		PEGADA HÍDRICA HABITANTE		
		(m³/cap./ano)	(m³/cap./dia)	(litros/cap./dia)
	285.210	1.864,11	5,10	5.107

Fonte: a própria autora

Tabela 25 – Média da pegada hídrica por bairro (m³/ano)

Especificação	Município	Bairro	População Residente*	Quantidade entrevistados	Média PH bairro (m³/ano)
1	Londrina	Sem especificação	143	01	982
2	Londrina	Cilo II	1.591	02	1.131
3	Londrina	Cilo III	235	01	1.235
4	Londrina	Leonor	4.348	11	1.260
5	Londrina	Bandeirantes	9.744	03	1.836
6	Londrina	Champagnat	8.245	13	2.443
7	Londrina	Jamaica	10.243	12	2.145
8	Londrina	Shangri-lá	1.372	01	1.069
9	Londrina	Presidente	6.764	02	780
10	Londrina	Quebec	5.427	07	2.029
11	Londrina	Centro Histórico	31.072	33	2.313
12	Londrina	Higienópolis	3.715	02	1.915
13	Londrina	Petrópolis	4.068	01	1.843
14	Londrina	Ipiranga	5.009	03	966
15	Londrina	Vila Brasil	7.636	02	980
16	Londrina	Brasília	934	01	1.233
17	Londrina	Aeroporto	3.396	03	1.834
18	Londrina	Califórnia	12.361	01	2.066
19	Londrina	Sem especificação	921	01	1.960
20	Londrina	Sabará	3.806	03	1.384
21	Londrina	Universidade	512	01	1.572
22	Londrina	Palhano	7.201	12	1.710
23	Londrina	Vivendas Arvoredo	2.210	03	927
24	Londrina	Guanabara	8241	09	1.555
25	Londrina	Bela Suíça	485	01	1.536
26	Londrina	Tucanos	3.312	03	1.595

27	Londrina	Inglaterra	8.351	04	3.409
28	Londrina	Piza	12.386	07	1.549
29	Londrina	Pq. das Indústrias	18.189	05	2.444
30	Londrina	Sem especificação	1.394	01	945
31	Londrina	União Vitória	1.402	01	1.078
32	Cambé	Sem especificação	16.681	03	986
Quantidade entrevistas				153	

Obs.: * Incluídos todos os setores censitários que compõe a bacia hidrográfica urbana e o agrupamento por bairros.

Fonte: IBGE (2010). Org.: a própria autora

De acordo com os dados obtidos na tabela 25, a média de consumo de água de forma direta e indireta entre os 32 bairros analisados é de 1.584,68m³ (ano/bairro), sendo que os bairros com o maior consumo de água são Inglaterra, Parque das Indústrias, Champagnat e Centro Histórico; enquanto os bairros com o menor consumo são o Jd. Presidente, o Vivendas do Arvoredo e o denominado “sem especificação” localizado na divisa com Cambé, próximo ao Cilo II e III, no Município de Londrina.

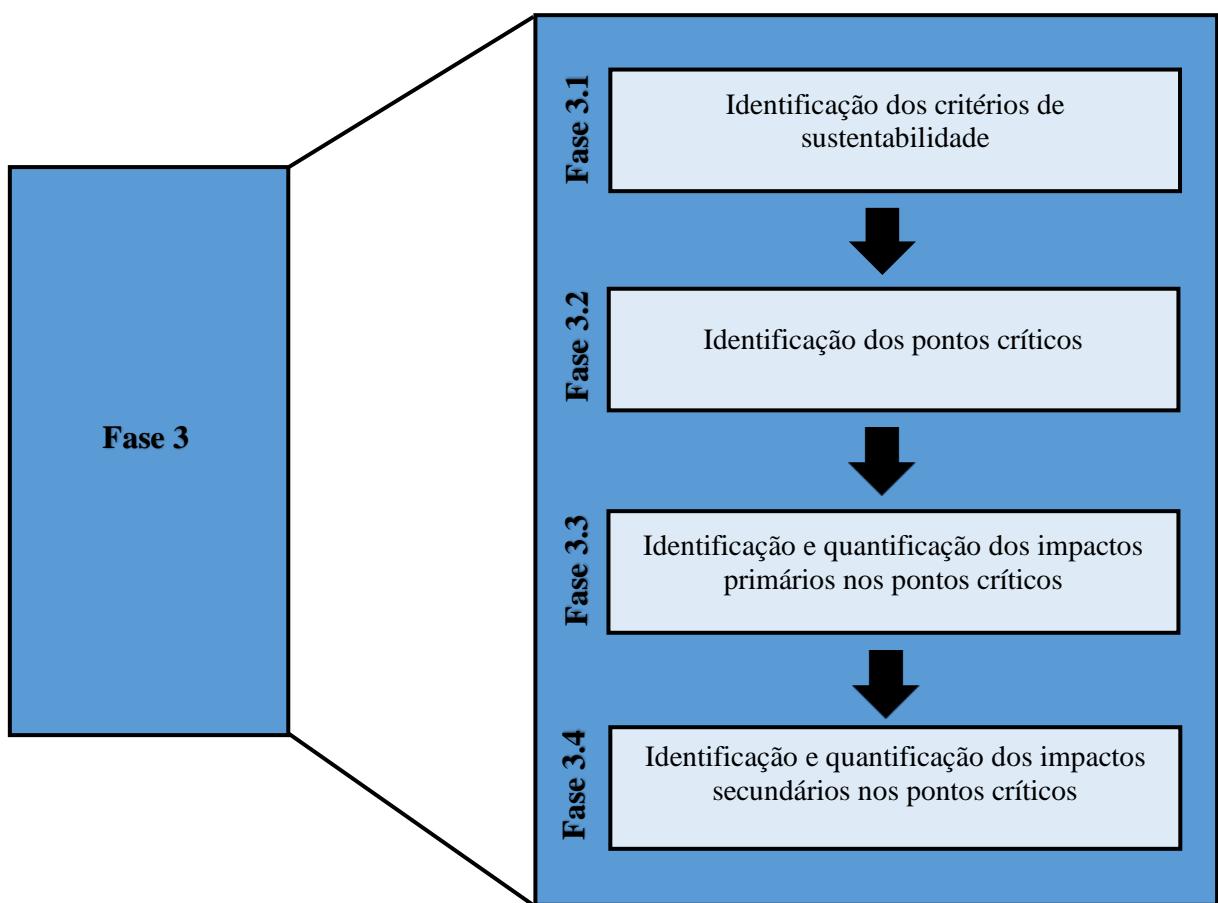
Sendo assim, as medidas relacionadas à redução da pegada hídrica poderão ter início nos bairros com o maior consumo de água direta e indireta, enquanto as práticas adotadas pela população nos bairros com o menor consumo, podem ser identificadas, analisadas e compartilhadas.

O resultado dos cálculos relativos à pegada hídrica per capita dos consumidores da bacia hidrográfica é superior ao resultado da pegada hídrica na área da bacia, uma vez que absorve o consumo direto de água fornecido pela concessionária, através das captações superficiais oriundas de fontes superficiais externas – bacia hidrográfica do rio Tibagi e ribeirão Cafetal, além de todos os demais usos, como, por exemplo, o consumo de combustíveis e a receita bruta individual, itens constantes nas entrevistas.

5. AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DA PEGADA HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DO RIBEIRÃO CAMBÉ

Conforme especificado por Hoekstra, et al. (2011, p. 69-71) o tamanho da pegada hídrica ou a avaliação de sustentabilidade da pegada hídrica está diretamente relacionada aos recursos hídricos disponíveis e envolve os aspectos sociais, ambientais e econômicos e corresponde à Fase 3 da avaliação da pegada hídrica, definida na metodologia. Em se tratando de bacias hidrográficas, as avaliações referem-se à necessidade de comparar as pegadas hídricas verdes e azuis com a disponibilidade de água verde e azul e a pegada hídrica cinza com a capacidade da bacia de assimilar os efluentes, mas evoluem às questões relativas à alocação justa e eficiente dos recursos hídricos nesta área geográfica. Assim, para ser considerada sustentável, uma bacia hidrográfica precisa atender a determinados critérios de sustentabilidade quanto ao uso e a alocação da água, e esta avaliação deverá seguir os passos determinados na figura 30, que representa as subdivisões dentro da Fase 3.

Figura 30 - Avaliação da sustentabilidade da pegada hídrica dentro de uma bacia hidrográfica



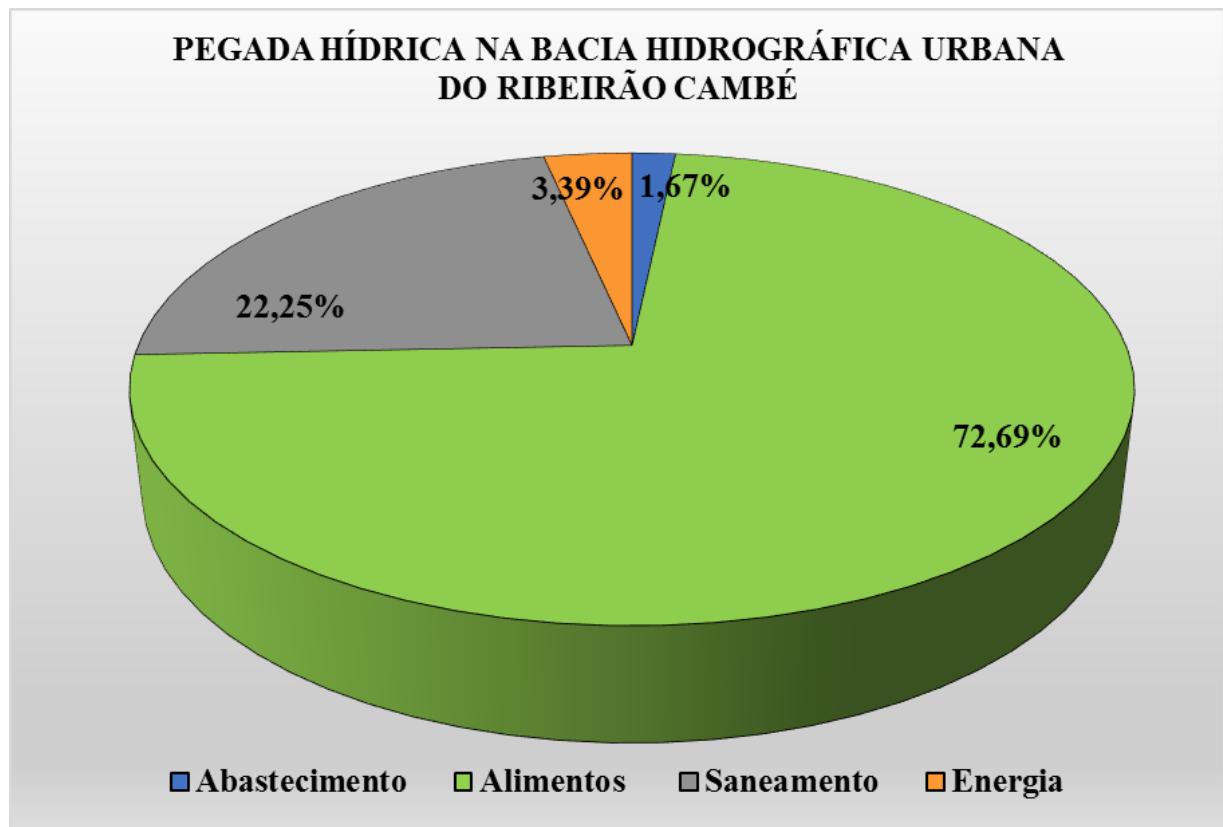
Fonte: Hoekstra, et al. (2011, p. 73). Org.: a própria autora

Para a determinação dos critérios de sustentabilidade, os resultados dos cálculos da pegada hídrica requerem inicialmente uma avaliação dos usos diretos e indiretos da água e como eles se inter-relacionam na apropriação da água doce em uma área geográfica. Posteriormente, são identificados e quantificados os pontos críticos e os impactos primários e secundários nestes pontos, para então, formular as respostas à pegada hídrica avaliada, que corresponde à quarta e última fase da metodologia adotada, onde são propostas as estratégias de gestão, políticas e atores envolvidos.

5.1 APROPRIAÇÃO DA ÁGUA DOCE E OS CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE

De acordo com os resultados obtidos para os processos de consumo e poluição avaliados, a maior contribuição da pegada hídrica na área foi atribuída aos alimentos, seguida do saneamento, da energia elétrica e do abastecimento de água (Figura 31).

Figura 31 - Percentuais relacionados aos processos de consumo e poluição avaliados na área



Fonte: a própria autora

Além das estatísticas de uso da água habitualmente utilizadas que se referem ao consumo direto, o uso consuntivo é o principal fator de impacto no sistema hídrico de uma bacia hidrográfica (HOEKSTRA, et al., 2011, p. 69), conforme evidenciado na figura 32, que apresenta as porcentagens da pegada hídrica segundo a perspectiva de uso direto e indireto relativos aos principais processos de consumo e poluição da água na área avaliada.

Figura 32 - Apropriação da água doce na bacia hidrográfica segundo os usos



Fonte: a própria autora

Em relação ao uso direto dos recursos hídricos na bacia hidrográfica avaliada que se refere a apropriação da água através do abastecimento, os volumes consumidos através das outorgas de captação e das dispensas de outorgas de captação somaram 3.695.250,00 m³/ano, conforme detalhado na tabela 26.

Tabela 26 – Pegada hídrica do abastecimento de água na bacia hidrográfica urbana (m³/ano)

PH Abastecimento de Água	m ³ /ano
Outorgas captação	3.490.609,20
Cadastros usuários captações dispensados outorga	204.640,80
Total geral	3.695.250,00

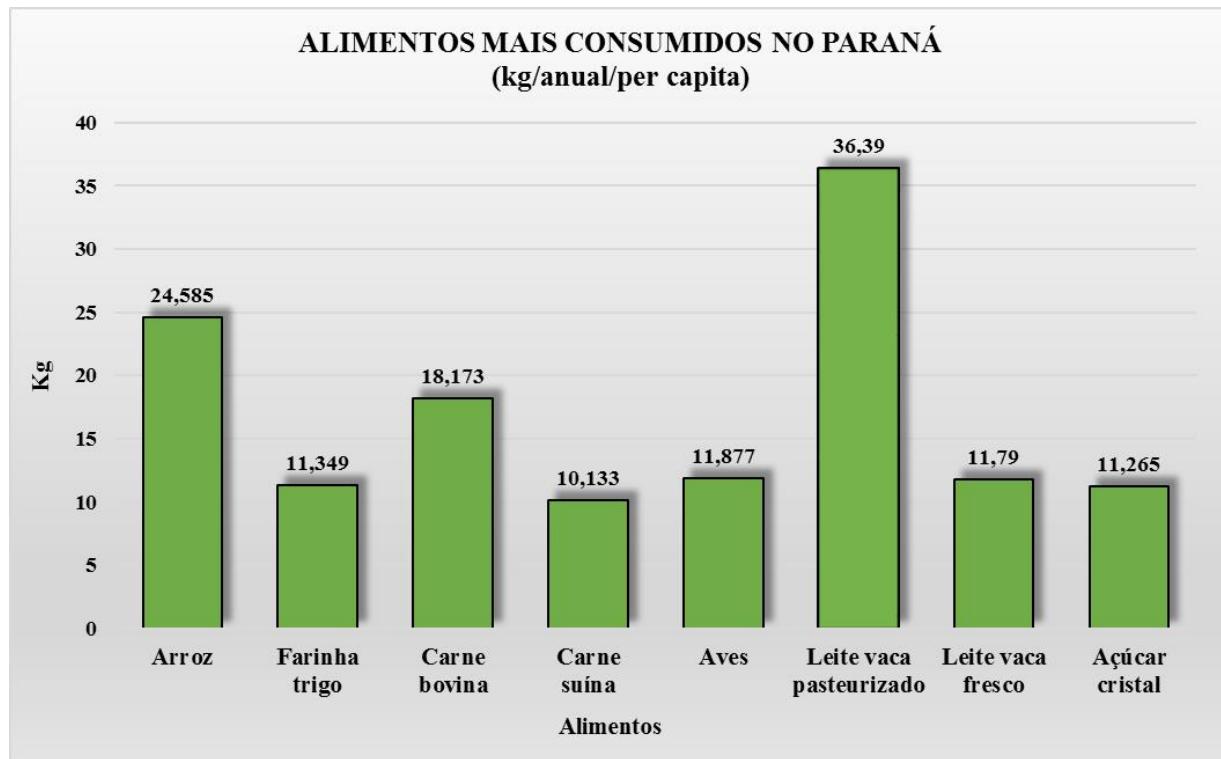
Fonte: a própria autora

Os volumes de outorgas de captação correspondem à maior pegada hídrica relativa ao abastecimento de água, perfazendo uma média de 94% em relação ao volume total, enquanto os cadastros usuários de captações dispensados de outorga são responsáveis por aproximadamente 6% do volume consumido ao ano.

Estes valores relativos ao abastecimento de água na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé não computam a água oriunda das bacias hidrográficas do ribeirão Cafezal e do rio Tibagi, conforme proposto na metodologia adotada.

Nos resultados relativos ao consumo de alimentos destaca-se o leite pasteurizado (36,390 Kg/per capita/ano), o arroz (24,585 Kg/per capita/ano) e a carne bovina (18,173 Kg/per capita/ano). As aves, o leite de vaca fresco, a farinha de trigo, o açúcar cristal e a carne suína representam os demais alimentos com consumo em quantidade superior a 10 Kg/per capita/ano em relação aos itens avaliados pelo IBGE (2008-2009) e adotados neste estudo (Figura 33).

Figura 33 - Principais alimentos consumidos anualmente em quilogramas per capita no Paraná

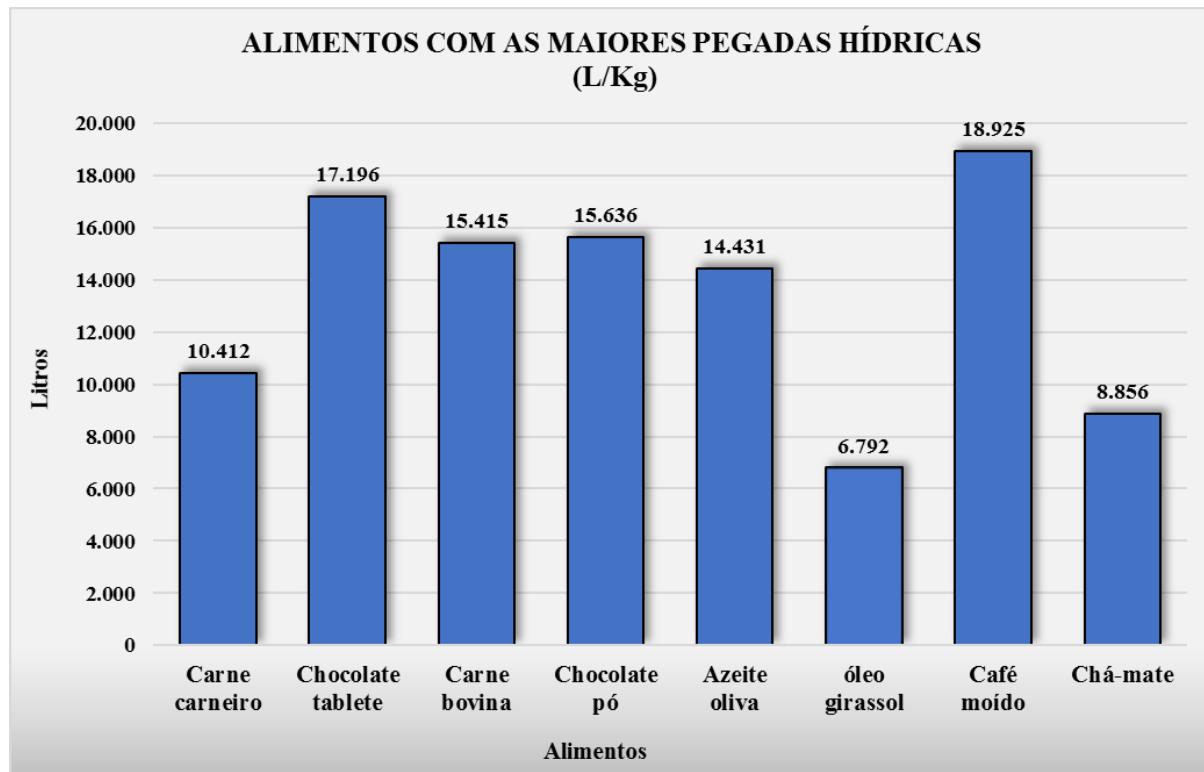


Fonte: a própria autora

Esta mesma avaliação, elaborada em relação à pegada hídrica, ou seja, ao consumo de água por quilo de alimento, segundo os estudos apresentados por Mekonnen e Hoekstra (2012) e Mekonnen e Hoekstra (2011), os maiores valores são os do café, dos chocolates em

tablete e em pó, seguido pela carne bovina, do azeite de oliva e da carne de carneiro. Destacam-se ainda as pegadas hídricas do chá-mate e do óleo de girassol (figura 34).

Figura 34 - Maiores pegadas hídricas dos alimentos consumidos anualmente no Paraná



Fonte: a própria autora

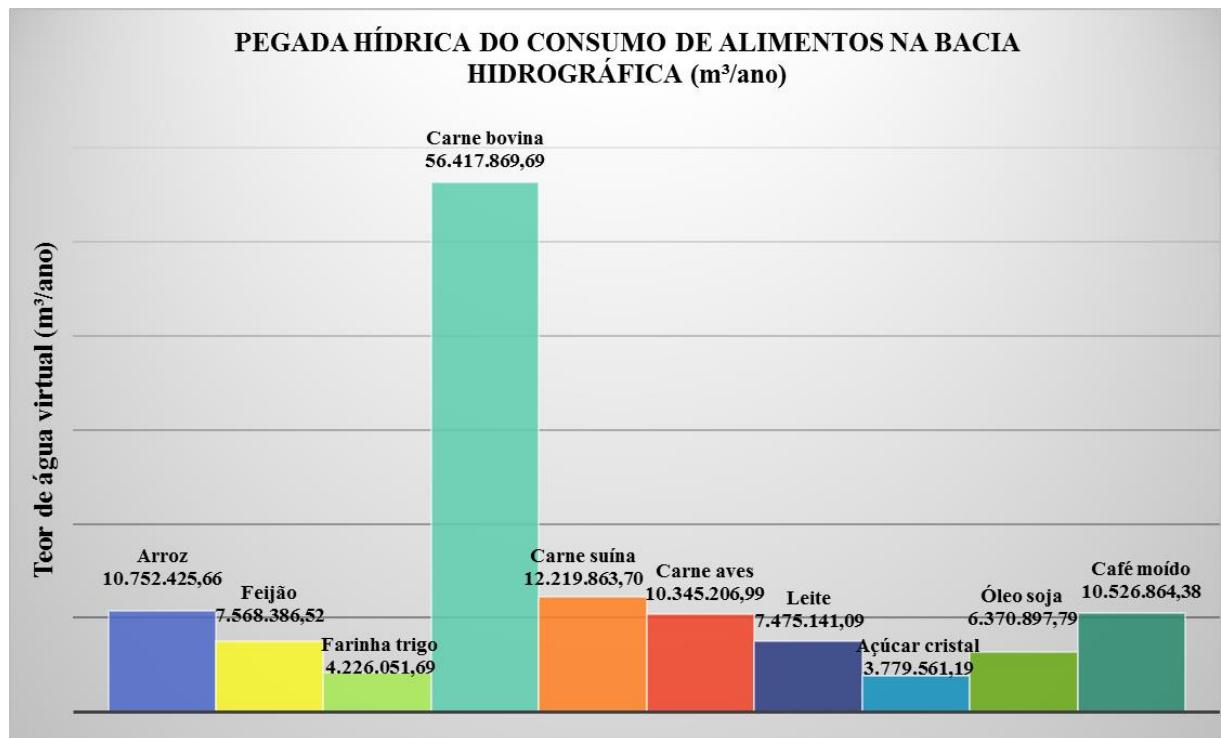
Assim, a quantidade consumida de cada produto no Paraná combinada com a pegada hídrica destes alimentos fornece uma avaliação mais concreta sobre a relação de consumo e a quantidade de água utilizada para produzir cada produto, além de apresentar elementos para a adoção de uma dieta mais equilibrada em termos de consumo de água através dos alimentos escolhidos para a ingestão no dia-a-dia, pois nem sempre um alimento com alta pegada hídrica tem um consumo elevado, a exemplo do café, dos chocolates e do azeite de oliva, enquanto alimentos com uma pegada hídrica menor podem apresentar um alto consumo, como o arroz, os leites, o açúcar e a farinha de trigo. Já a carne bovina apresenta um elevado consumo e uma alta pegada hídrica, representando o único alimento que aparece nas duas tabelas de análise.

As maiores pegadas hídricas de áreas delimitadas geograficamente, nem sempre são decorrentes de elevados consumos de alimentos ou de elevadas pegadas hídricas de produtos, mas da combinação destes dois fatores com um terceiro: a população residente na área avaliada.

Esses resultados são importantes para a análise sobre a segurança alimentar da população consumidora, uma vez que a produção de certos produtos agropecuários em determinadas regiões pode levar à escassez de água azul e consequentemente problemas relacionados ao abastecimento direto de água, desabastecimento de alimentos e aumento dos preços destes produtos.

Neste sentido, VANHAM, GAWLIK e BIDOGLIO (2017) apontam as cidades como verdadeiros *hot spots* de consumo indireto de água através dos alimentos, a exemplo da figura 35 que demonstra o consumo de 10 produtos que contribuem com as maiores pegadas hídricas na área avaliada em relação à população residente, sendo que a soma do consumo destes 10 produtos corresponde a 129.682.268,70 m³/ano (ou 80,50%) do total da pegada hídrica do consumo de alimentos que foi calculada em 161.084.239,04 m³/ano.

Figura 35 - Pegada hídrica do consumo de alimentos na bacia hidrográfica avaliada

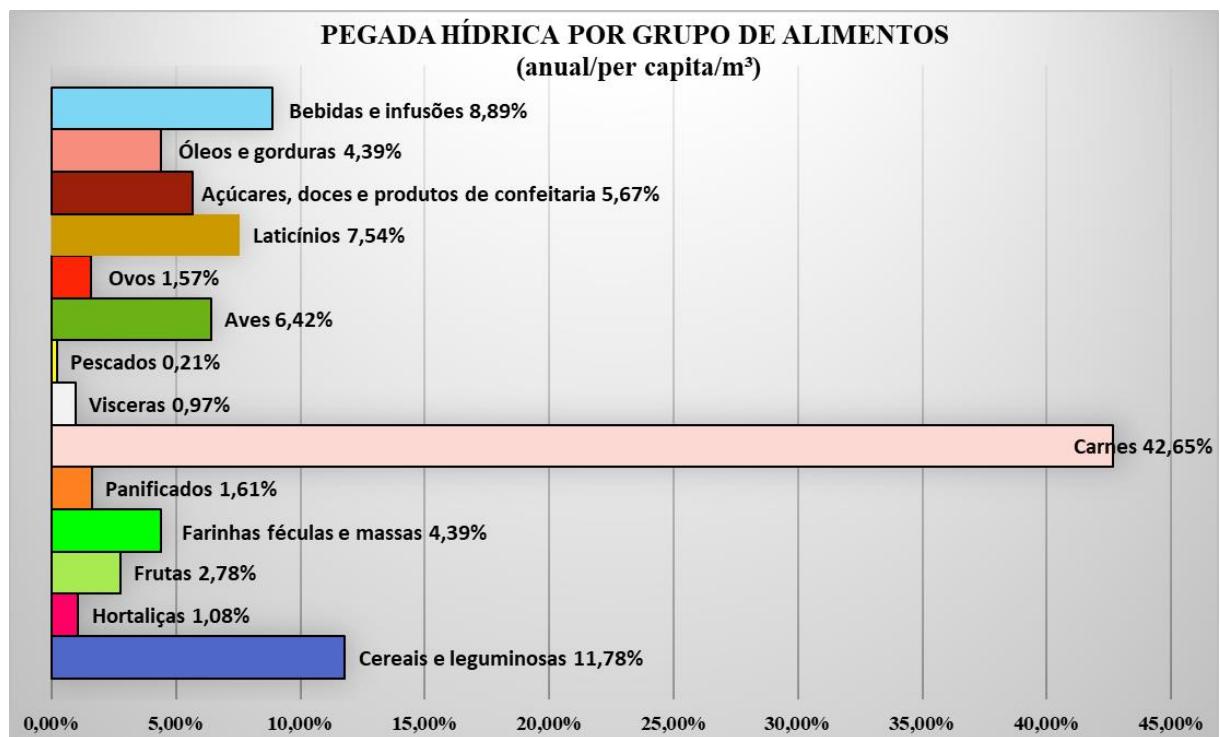


Fonte: a própria autora

Conforme pôde ser observado na figura 35, o consumo indireto de água através dos alimentos tem como maior percentual a carne bovina, seguido da carne suína, do arroz, do café moído e da carne de aves, ou seja, as carnes representam mais de 60% do total da água indireta presente nos 10 (dez) alimentos mais consumidos. Em relação aos grupos de alimentos analisados (figura 36) essa representatividade das carnes também desponta com o maior índice

(42,65%), seguido pelos cereais e leguminosas e bebidas e infusões, com 11,78% e 8,89%, respectivamente, enquanto os pescados, os ovos, os panificados e as hortaliças apresentam os alimentos com as menores pegadas hídricas. As vísceras apresentam valores reduzidos em decorrência do consumo restrito, já que também residem no grupo das carnes, embora enquadradas em outro grupo pelo POF (IBGE, 2008-2009).

Figura 36 - Pegada hídrica por grupo de alimentos na bacia hidrográfica



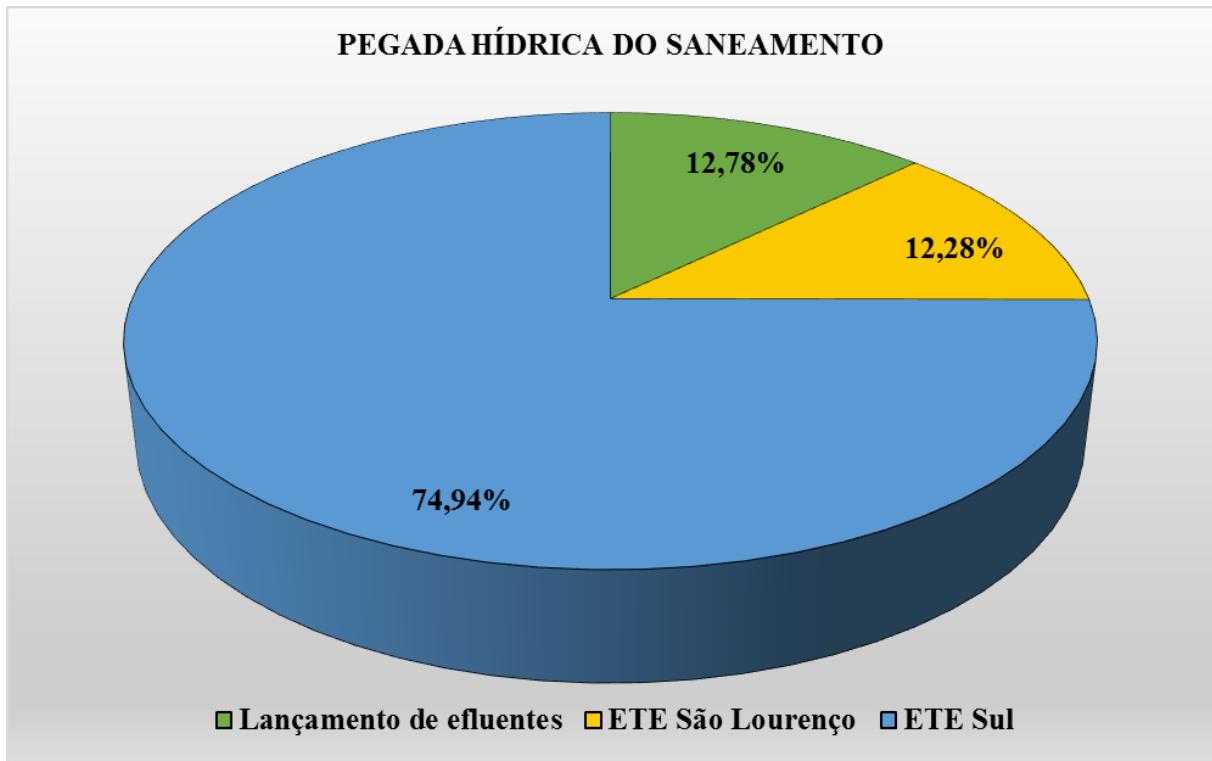
Fonte: a própria autora

As contribuições da pegada hídrica cinza relativas ao ponto de lançamento do efluente industrial outorgado e das estações de tratamento de esgoto doméstico implantadas no curso d'água do ribeirão Cambé estão detalhadas na figura 37. Esta análise trata dos lançamentos pontuais outorgados, ou seja, não estão incluídos os pontos de lançamento de esgoto doméstico e/ou efluentes industriais clandestinos bem como a poluição difusa que são de extrema importância nas análises urbanas, mas difíceis de mensurar.

A maior porcentagem de água consumida para diluição dos poluentes ocorreu no ponto de lançamento de esgoto na ETE Sul após o tratamento, com mais de 70% em relação aos outros dois pontos de lançamento. Sob outro aspecto, um único ponto de lançamento de efluente industrial, sendo também o único outorgado na bacia hidrográfica estudada, é responsável pela segunda maior parcela de água consumida da bacia para diluição de poluentes,

superior à de uma ETE – São Lourenço – que realiza o tratamento de esgoto de 7.305 economias residenciais. Essas identificações pormenorizadas de pontos críticos são facilitadas em avaliações de alta resolução espacial, como no caso de pequenas bacias hidrográficas.

Figura 37 - Pegada hídrica do saneamento



Fonte: a própria autora

A pegada hídrica relacionada à energia é grandemente influenciada pelas diversas fontes que compõe a matriz energética de países, estados e regiões. De acordo com Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2018, p. 37) a geração de energia elétrica mundial por fonte possui uma predominância de combustíveis fósseis, com 65,6% do total, seguida pela hidrelétrica (16,6%) e nuclear (10,6%), sendo as energias renováveis responsáveis por apenas 5% do total, subdividida em eólica (3,6%), biomassa e resíduos sólidos (2,3%), solar (1,1%), geotérmica (0,3%) e maremotriz (0,0%).

No Brasil, a principal fonte de energia é hidráulica, com um percentual de 80,4% (BRASIL, 2019) seguida do gás natural com 6,4% e eólica/fotovoltaica, com 5,98% do total. A reduzida pegada hídrica da energia elétrica (3,39%) em relação aos demais processos avaliados na bacia hidrográfica urbana em análise deve-se, aparentemente, à matriz hidroelétrica utilizada no Estado do Paraná, que é superior à média nacional, com um percentual maior que 90% (FISCHMANN, 2016, p. 32) mas ainda necessita de avaliações locacionais mais específicas,

uma vez que é fortemente influenciada por fatores naturais como áreas dos reservatórios e consequentemente aos índices de evaporação, além das tecnologias adotadas, podendo influenciar consideravelmente nos resultados finais.

Considerando as análises estabelecidas, os critérios de sustentabilidade avaliados para a área geográfica da bacia hidrográfica analisada, foram balizados em relação às demandas de vazões ambientais para os principais processos – água, alimentos e energia – e o comprometimento dos padrões de qualidade do curso hídrico em relação ao seu estado natural - saneamento.

Para Chini, Konar e Stillwell (2016, p. 316, tradução nossa) “a crescente população urbana cria pontos críticos de consumo de recursos que exigem grandes fluxos de água, alimentos e energia”, sendo assim, garantir a sustentabilidade ambiental, onde os padrões de qualidade da água se mantenham dentro dos limites impostos pelas legislações; a sustentabilidade social, com uma alocação mínima de água doce que garanta o uso doméstico e a produção de alimentos; e a sustentabilidade econômica, através da eficiência na alocação e utilização da água; são os grandes desafios para os gestores públicos na atualidade.

Para garantir a alocação eficiente da água, a identificação dos pontos críticos é o segundo passo para a avaliação da sustentabilidade da pegada hídrica em uma bacia hidrográfica, seguido da identificação e quantificação dos impactos primários e secundários para esses pontos críticos, que são definidos pelas sub-bacias, e os períodos do ano em que a pegada hídrica é considerada insustentável. Segundo Hoekstra, et al. (2011, p. 72-84) “[...] a vantagem de procurar pontos críticos no nível de sub-bacias relativamente pequenas (até 100 km²) é a possibilidade de identificar pontos críticos que podem desaparecer em um nível de resolução menor, como no caso de grandes bacias”.

Em decorrência da pequena área da bacia hidrográfica analisada para este trabalho, considerada de pequena extensão de acordo com a proposta metodológica adotada, com sub-bacias de primeira e segunda ordem, com cursos d’água de comprimentos que variam entre 230m e 2.500m e ausência de dados pormenorizados relativos à disponibilidade da água e capacidade de assimilação de poluentes nestas sub-bacias, que seriam primordiais para avaliações pontuais de problemas de escassez, poluição e/ou conflitos pelo uso da água, optou-se por definir como pontos críticos, os locais de acumulação de poluentes identificados durante a fase de investigação – ETEs e ponto de lançamento de efluente, que comprometem os padrões de qualidade da água, sendo necessárias medidas de redução da pegada hídrica nestes locais.

Estes pontos críticos são quantificados como impactos primários, uma vez que alteram significativamente a qualidade da água, conforme indicado nos resultados relativos às

cargas poluentes, onde os padrões de qualidade extrapolam os limites estabelecidos pela legislação vigente (tabela 27).

Tabela 27 – Pontos de análise e relação da carga poluente com o enquadramento legal

Ponto de análise	Carga Poluente (DBO₅ mg/L)	Enquadramento	
		Resolução CONAMA 357/2005	Resolução CERH/PR 100/2016
		DBO₅ mg/L	
		Classe 2	Classe 3
Lançamento industrial	30,0	até 5,0 mg/L O ₂	-
ETE São Lourenço	46,0	-	até 10,0 mg/L O ₂
ETE Sul	38,0	-	até 10,0 mg/L O ₂

Fonte: Paraná (2013a, p. 19-32); Brasil (2005); Paraná (2016). Org.: a própria autora

Estes valores elevados de cargas poluentes implicam em análises mais detalhadas quanto às dimensões ambientais, sociais e econômicas, caracterizando-se nos impactos secundários, ou seja, como esses meios são afetados negativamente na área pelos impactos primários. Em se tratando de uma bacia hidrográfica urbana, a alteração na qualidade da água afeta a saúde pública e o meio ambiente, através da redução da biodiversidade nos cursos d'água e o comprometimento da saúde dos moradores que eventualmente venham a utilizar desta fonte, especialmente à jusante da área em questão analisada, caracterizada como área rural, com pequenas propriedades (até 20.000m²), trazendo ainda desdobramentos de ordem social e econômica, como a proliferação de doenças de veiculação hídrica e o acréscimo nos gastos direcionados à saúde pública e ao controle da poluição ambiental.

Nesse sentido, Lima, Silva e Orrico (2015, p. 4-8) enfatizam que a manutenção e conservação de mananciais superficiais, mesmo que não utilizados como fonte de abastecimento de água “são de essencial importância para os ecossistemas locais, para a sustentabilidade na bacia hidrográfica, assim como para a proteção das águas subterrâneas, uma vez que a poluição nas águas superficiais pode contaminar o lençol freático”. Os autores realizaram a avaliação da pegada hídrica azul e cinza na cidade de Alagoinhas/BA e para este último componente destacaram

Os serviços de saneamento vêm cumprindo a sua função de promover a saúde com o fornecimento de água com qualidade e, ainda de forma incipiente, afastando da população o contato direto com os esgotos, mas com um grande custo ao meio ambiente devido ao comprometimento da qualidade de suas águas (LIMA, SILVA E ORRICO, 2015, p. 8).

Estudos semelhantes efetuados na bacia hidrográfica do rio Porce na Colômbia através de avaliações ambientais, sociais e econômicas aplicadas em 31 sub-bacias revelaram a identificação de pontos-chave objetivando a proteção destes cursos d'água através de decisões concretas e eficazes no espaço e no tempo (CENTRO DE CIÊNCIA Y TECNOLOGIA DE ANTIOQUIA, 2013).

A análise ambiental efetuada em cada sub-bacia, apontou insustentabilidade quando a pegada hídrica azul excedeu a oferta natural ou regulamentada no período e unidade geográfica estudada; para os setores agropecuários, foi estabelecida a disponibilidade de água verde mensal inferior à pegada hídrica verde como indicativo de risco à sustentabilidade dos ecossistemas e serviços ambientais; quando a capacidade total de assimilação da poluição gerada pelos diferentes setores excedeu o volume do corpo hídrico analisado, a pegada hídrica cinza também apresentou insustentabilidade em determinadas sub-bacias ou períodos.

Para os estudos da sustentabilidade econômica foram estabelecidos critérios de comparação dos recursos hídricos disponíveis com as principais atividades econômicas na bacia - agrícola, pecuária, geração de energia, mineraria e industrial - através da análise dos custos relacionados à produtividade aparente de água azul, produtividade aparente de água verde, produtividade aparente da terra e os custos com a descontaminação da água.

A avaliação da sustentabilidade social no território foi estabelecida através do entendimento do contexto social da bacia e sua interação com os componentes econômicos e ambientais onde a pegada hídrica azul

[...] foi comparada com o suprimento natural disponível (oferta natural menos o fluxo ecológico mínimo e menos o fluxo de dotações para suprimento humano) e o suprimento regulamentado disponível na bacia (oferta regulada menos o fluxo ecológico mínimo e menos o fluxo de provisionamento para fornecimento humano). Identificando para estas situações, possíveis pontos geograficamente e temporariamente explícitos onde ocorre o estresse hídrico (CENTRO DE CIÊNCIA Y TECNOLOGIA DE ANTIOQUIA, 2013, p. 49, tradução nossa).

A análise social ainda abordou o critério de saúde pública, através da identificação de casos de doenças de veiculação hídrica e risco de consumo da água, aferidos aos resultados geográficos da pegada hídrica cinza, objetivando futura intervenção administrativa. A situação da cobertura dos serviços de abastecimento de água potável foi confrontada com a pegada hídrica azul baixa ou alta e detectados pontos de competição pelo recurso entre o setor produtivo e a população e a eficiência na gestão político-administrativa. A cobertura do saneamento também “foi avaliada e comparada com a pegada da água cinza, identificando áreas com baixa

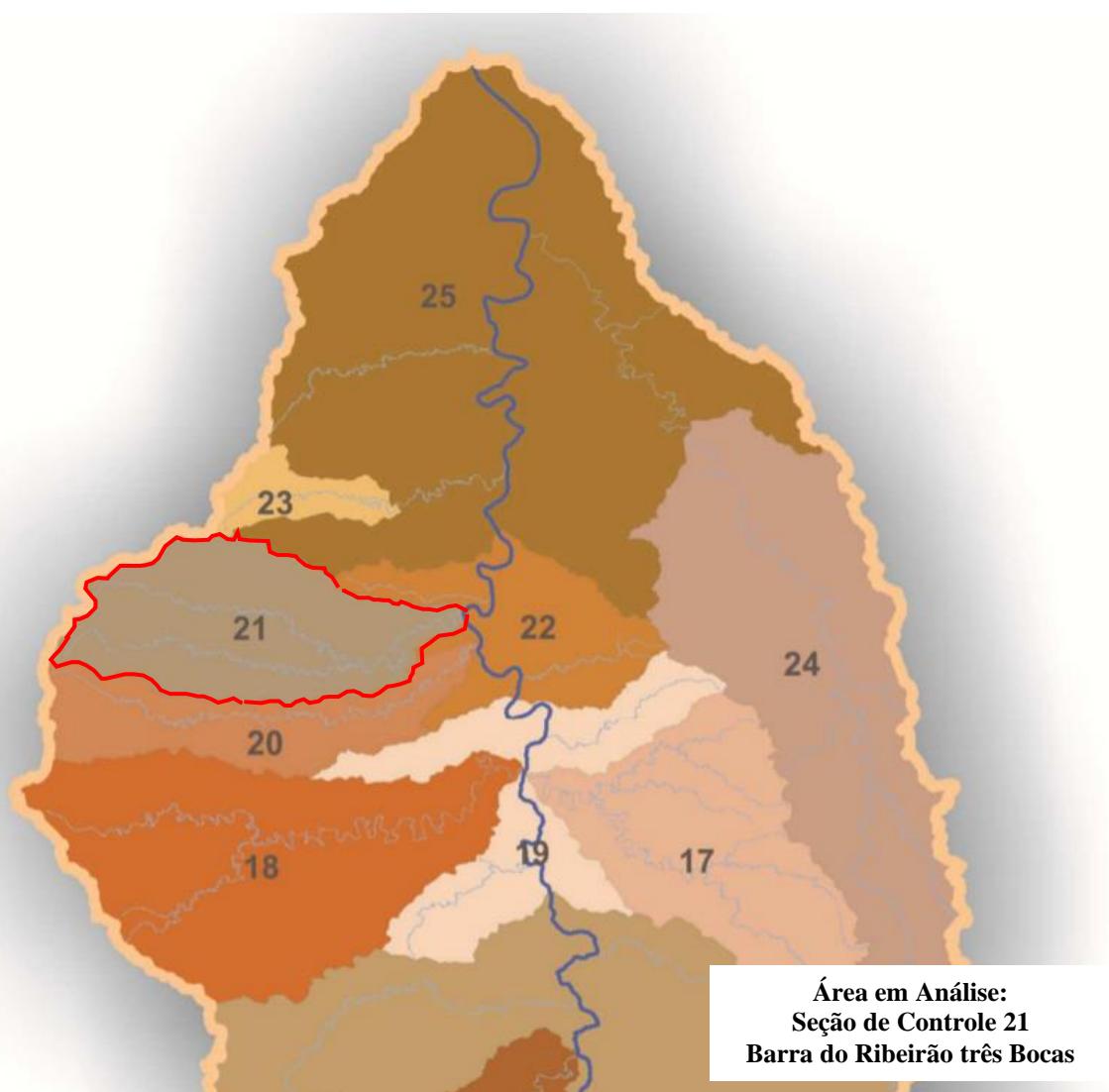
capacidade de assimilação, associada à falta de sistemas de saneamento que dependem de vontade política e gestão pública” (CENTRO DE CIÊNCIA Y TECNOLOGIA DE ANTIOQUIA, 2013, p. 49, tradução nossa).

Sendo assim, as demandas por água doce em bacias hidrográficas, especialmente em áreas urbanas, podem ser avaliadas utilizando-se indicadores específicos e estabelecendo-se critérios de ordem ambiental, econômica e social e suas inter-relações para o planejamento de intervenções públicas temporais e espaciais mais adequadas.

5.2 COMPARAÇÃO ENTRE A DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA COM A PEGADA HÍDRICA DA BACIA

Para a comparação entre a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea existente na área avaliada com a pegada hídrica total calculada, foram utilizados os dados para a Seção denominada Barra do Ribeirão Três Bocas (figura 38), onde a bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé está inserida e ocupa 11,52% da área total desta Seção, tendo em vista que é a estação de monitoramento mais próxima com dados disponíveis. De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Paraná “as Seções de Controle representam pontos estratégicos dentro da divisão hidrográfica com o objetivo de monitorar o efeito das ações previstas na qualidade e quantidade dos recursos” (Paraná, 2013, p. 11).

Figura 38 - Seções de controle no Baixo Tibagi

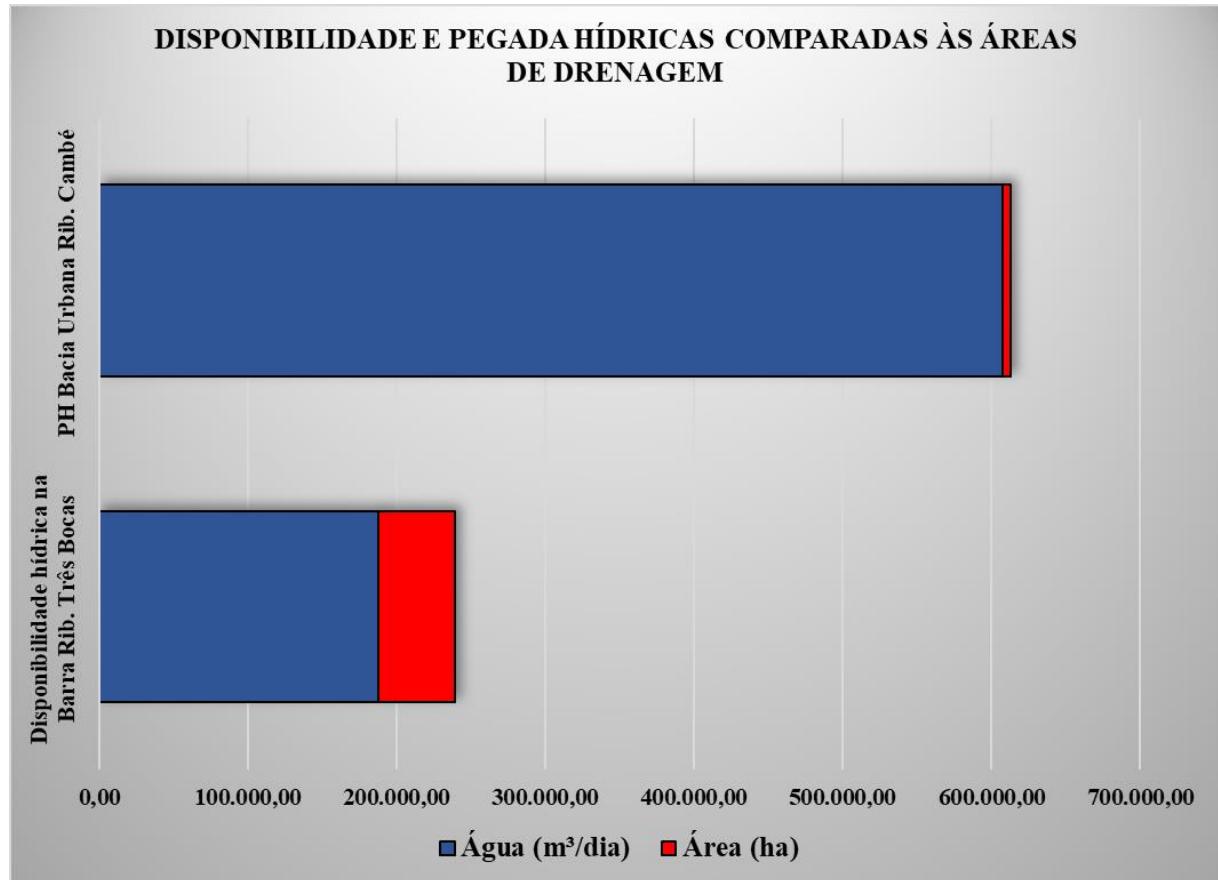


Fonte: Paraná (2013, p. 43). Org.: a própria autora

A disponibilidade hídrica desta Seção é de 117.955,70 m³/dia para a água superficial e 69.493,28m³/dia para a água subterrânea, correspondente a 50% da disponibilidade Q_{95%} para a primeira e 20% da disponibilidade Q_{95%} para a segunda (PARANÁ, 2013, p. 39).

A figura 39 apresenta a comparação entre a disponibilidade total de água na área da Barra do ribeirão Três Bocas (187.448,98 m³/dia), que corresponde à soma da água superficial e a água subterrânea em uma área de drenagem de 51.792,00 ha, com a pegada hídrica da bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé (607.139,38 m³/dia), com 5.971,60 ha de área de drenagem.

Figura 39 - Comparação entre a disponibilidade de água e a pegada hídrica nas áreas avaliadas



Fonte: Paraná (2013, p. 39), Paraná (2013a, p. 60). Org.: a própria autora

Em relação aos dados populacionais, a Barra do Ribeirão Três Bocas conta com 325.838 residentes na área urbana e 6.737 pessoas na área rural, totalizando 332.575 habitantes (PARANÁ, 2013a, p. 18), enquanto a área urbana da bacia hidrográfica do ribeirão Cambé abriga uma população de 201.394 pessoas.

Confrontando o valor entre a disponibilidade de água superficial e subterrânea da Barra do Ribeirão Três Bocas com a pegada hídrica da bacia hidrográfica urbana analisada, as áreas de drenagem e a população residente, foram obtidos os valores percentuais constantes na tabela 28.

Tabela 28 – Análise comparativa entre a disponibilidade de água na Barra do Ribeirão Três Bocas e a pegada hídrica na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé

Denominação	Área de drenagem		População		Disponibilidade		Pegada hídrica	
	ha	%	Total	%	Total (m³/dia)	%	Total (m³/dia)	%
Barra rib. Três Bocas	51.792,00	100	332.575	100	187.448,98	100	-	-
BHU rib. Cambé	5.971,60	11,52	201.394	60,55	-	-	607.139,38	323,89

Fonte: Paraná (2013a), Paraná (2013). Org.: a própria autora

A análise da tabela permite concluir que embora a bacia hidrográfica analisada represente 11,52% da área de drenagem da Barra do Ribeirão Três Bocas e abrigue 60,55% da população total, a demanda de água, representada pelos principais usos e diluição, supera a disponibilidade de água em toda a área de drenagem, superficial e subterrânea, em 323,89%, demonstrando a insustentabilidade hídrica na bacia.

Essa condição fica ainda mais evidente com os resultados do balanço hídrico qualitativo elaborado para o Estado do Paraná e representado pela vazão de diluição necessária, comparado às curvas de duração das vazões em cada célula, com a carga remanescente dos parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Fósforo total (P) para uma contribuição *per capita* de 54 g/hab.dia para a DBO e 1 g/hab.dia para P, com eficiência de 30% na remoção de P e DBO para população sem sistema de coleta e tratamento de esgoto e as médias de eficiência nas ETEs existentes em cada município para o cálculo da remoção para população com coleta e tratamento (PARANÁ, 2013a, p. 21-57), onde os resultados para a bacia hidrográfica avaliada foram distribuídos em relação ao enquadramento proposto pela Resolução CONAMA 357/2005 para as classes 1, 2 e 3 (BRASIL, 2005) e comparados com níveis de risco de não diluição maior ou igual a 5 para cada classe, resultando no nível de risco 7, o maior na escala utilizada (tabela 29).

Tabela 29 – Análise comparativa entre as áreas e a população com o nível de risco na Barra do Ribeirão Três Bocas (Resolução CONAMA 357/2005)

Área Estratégica de Gestão	Áreas e população em células com nível de risco de não diluição para Classe 1 maior ou igual 5			
	Área (ha)	Área em risco > 50% (ha)	População total (hab.)	População em área com nível de risco > 50%
	51.791,60	16.488,79	332.575	324.534
Áreas e população em células com nível de risco de não diluição para Classe 2 maior ou igual 5				
	Área (ha)	Área em risco > 50% (ha)	População total (hab.)	População em área com nível de risco > 50%
Barra Rib. Três Bocas	51.791,60	12.929,81	332.575	323.767
Áreas e população em células com nível de risco de não diluição para Classe 3 maior ou igual 5				
	Área (ha)	Área em risco > 50% (ha)	População total (hab.)	População em área com nível de risco > 50%
	51.791,60	9.945,82	332.575	321.131

Fonte: Paraná (2013a, p. 60-62), Brasil (2005). Org.: a própria autora

Em relação às avaliações quantitativas que corresponde à obtenção de dados da área de captação superficial para o município de Londrina, os níveis de risco do balanço entre demanda e disponibilidade por sub-bacia também apresentaram resultados insatisfatórios, com nível de risco 7. Estes níveis de risco foram associados aos balanços hídricos sendo que as análises

[...] são realizadas a partir da agregação, em algum nível significativo, das informações de disponibilidade hídrica, demandas e carga poluidora em cada célula de análise. Os riscos são quantificados em termos da probabilidade da ocorrência de déficit em cada um desses balanços, baseando-se na permanência da vazão necessária para equilibrar as demandas projetadas ou da vazão necessária para trazer as concentrações de poluentes para dentro da faixa adotada de enquadramento (PARANÁ, 2013a, p. 19).

Em decorrência do nível de risco 7 para a caracterização quantitativa, a faixa de permanência da demanda é de “Demanda>QMÉDIA” e face aos instrumentos de gestão possui “risco altíssimo, acima da capacidade teórica de regularização”. Para a caracterização qualitativa, a faixa de permanência da vazão de diluição é de “Qdiluição >Q10%” e como

resultado da frequência de ocorrência, apresenta “risco altíssimo, mais de 90% do tempo não ocorre diluição adequada” (PARANÁ, 2013a, p. 19-20).

Em outra perspectiva, onde se analisa a entrada da água no sistema de abastecimento na cidade de Londrina e Cambé derivada das bacias hidrográficas do rio Tibagi (62%) e ribeirão Cafezal (30%), além dos 8% provenientes de poços artesianos e poços tubulares profundos e; considerando que o sistema Cafezal está incluído nas caracterizações quantitativas e qualitativas elaboradas pelo Estado para a Seção de Controle Barra do Ribeirão Três Bocas, e ainda, não há sistemas de abastecimento públicos subterrâneos sendo utilizados na bacia hidrográfica do ribeirão Cambé, ainda resta uma entrada de água através do sistema Tibagi, que foi contabilizada nos valores finais relativos à disponibilidade de água na Barra do ribeirão Três Bocas, mas não foi incluída nos valores relativos à pegada hídrica do abastecimento para a bacia, conforme preconiza a metodologia proposta por Hoekstra, et al. (2011).

Para esta entrada de água a SANEPAR considera uma variação no consumo per capita/dia entre 147L e 153L e utiliza uma média de 150L/per capita/dia ou 0,150 m³/per capita/dia para o consumo relativo ao abastecimento público nos municípios atendidos. Assim, tendo em vista que o sistema Tibagi representa 62% do volume de água consumido para a população da bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé estimada em 201.394 pessoas, teríamos uma entrada de água de aproximadamente 18.729,642 m³/dia relativos ao abastecimento público originado do sistema Tibagi.

A água contabilizada para abastecimento público retorna na forma de esgoto sanitário e a geração de esgoto corresponde a um coeficiente de retorno de aproximadamente 80% relativo ao consumo de água (SPERLING, 1996) uma vez que os outros 20% ficam retidos no uso, através da infiltração no solo, dessedentação, evaporação, etc. Aplicando-se a literatura vigente, com o retorno na forma de esgoto sanitário, serão aproximadamente 14.983,713 m³/dia contabilizados na disponibilidade hídrica na Barra do Ribeirão Três Bocas. Acrescenta-se a este valor o índice de 33,9% (LONDRINA, 2015b, p. 22) correspondente aos vazamentos no sistema (perda real).

Assim, a tabela 30 foi elaborada utilizando o volume de perdas, em razão da população residente na bacia hidrográfica urbana e a média de consumo per capita/dia, uma vez que a aplicação do índice de perdas em relação ao volume total captado iria abranger toda a área urbana de Londrina e Cambé e não o recorte espacial da bacia sendo, portanto, um valor aproximado. O resultado foi então aplicado para os 62% correspondentes à porcentagem relativa ao sistema Tibagi.

Tabela 30 – Volume de perdas de água na bacia hidrográfica – Sistema Tibagi

População Bacia	Consumo per capita (m ³ /dia)	Índice perda real (%)	Sistema Tibagi	Volume perdas (m ³ /dia)
201.394	0,150	33,9%	62%	6.349,34

Fonte: Londrina (2015). Org.: a própria autora

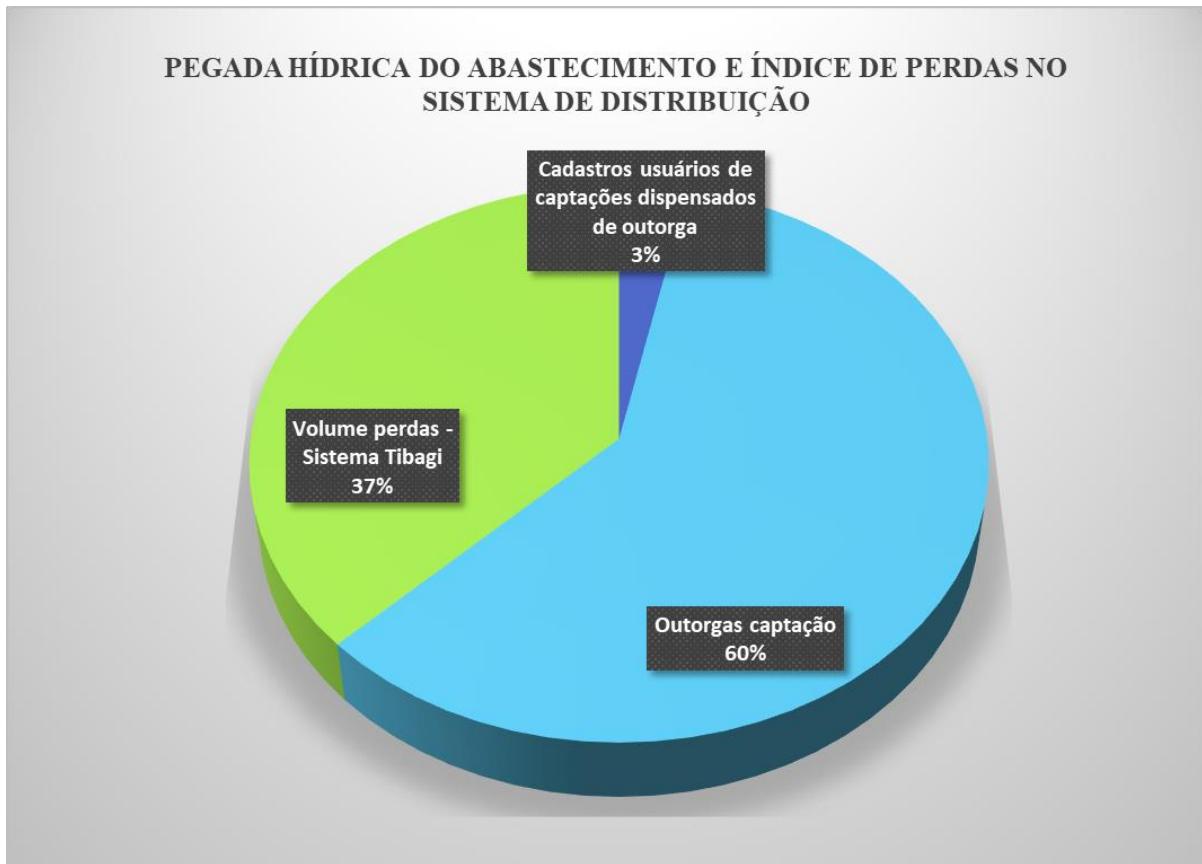
Aplicando-se os valores relativos à entrada de água proveniente do Sistema Tibagi para a Barra do Ribeirão Três Bocas, como retorno na forma de esgoto sanitário somado às perdas reais de água provenientes deste mesmo sistema, foi obtido um volume total da ordem de 21.333,05 m³/dia, originário de fora da bacia em análise, agravando ainda mais o comprometimento quanto à alocação da água.

Desta forma, o valor relacionado à disponibilidade de água superficial e subterrânea da Barra do Ribeirão Três Bocas que é de 187.448,98 m³/dia possui, em média, 21.333,05 m³/dia natural de outra bacia hidrográfica, ou 11,38% do volume, sendo que este valor retorna para a bacia do rio Tibagi, à exceção dos processos naturais de evaporação e demais usos antrópicos.

Embora o índice de perdas dos sistemas de abastecimento na bacia hidrográfica (33,9%) esteja abaixo da média brasileira, que apresenta 39,2% (2017), ainda pode ser considerado alto, se comparado a outros países como Senegal, com 33,2% (2014), Equador com 31,1% (2010), África do Sul que possui uma média de 33,7% (2017), México com média de 24,1% (2012), China com 20,5% (2012), Estados Unidos com 12,8% (2011) e Dinamarca com 6,9% em 2015 (TRATA BRASIL, 2019).

Outra breve análise comparativa entre o consumo direto de água na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé originado de poços tubulares profundos (Outorgas de captação e Cadastros usuários de captações dispensados de outorga) apresentou um volume total de 3.695.250,00 m³/ano, com o índice de perdas no sistema, decorrente do abastecimento do sistema Tibagi, da ordem de 6.349,34m³/dia ou 2.317.509,10 m³/ano (figura 40) onde foi possível constatar que somente os volumes de perdas giram em uma porcentagem aproximada de 40% em relação a todo o volume de abastecimento local por fontes subterrâneas.

Figura 40 - Análise comparativa entre o volume de perdas do sistema Tibagi e a pegada hídrica do abastecimento de água na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé por sistemas subterrâneos



Fonte: Londrina (2015). Org.: a própria autora

Sendo assim, os fluxos de água virtuais e reais e a análise da sustentabilidade em sistemas urbanos dependem essencialmente dos recursos hídricos disponíveis, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, em uma análise temporal, sendo afetados diretamente por investimentos em infraestrutura de captação superficial e subterrânea, investimentos na redução de perdas no sistema de distribuição e políticas públicas de planejamento urbano.

5.3 CENÁRIOS PARA AS PEGADAS HÍDRICAS URBANAS

Não foram encontrados estudos relativos a pegada hídrica em pequenas bacias hidrográficas urbanas, portanto, guardada a variabilidade espacial de comparação, as contribuições relativas aos fluxos da água virtual na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé foram relacionadas com os resultados obtidos em discussões sobre pegadas hídricas e água virtual em escalas urbanas.

Em ambientes urbanos, a maior parte da pegada hídrica direta é originária dos serviços públicos de abastecimento de água, com contribuições relativamente pequenas de outras fontes como água subterrânea e captação de água de chuva. A pegada hídrica indireta, calculada através do aporte de alimentos, energia, esgoto, emissão de CO₂ e combustíveis apresentam valores fortemente superiores às pegadas hídricas diretas.

Em Milão, Vanham e Bidoglio (2014) apontaram que a cidade é um grande consumidor de água virtual, dependente diretamente de recursos externos, com 92% do consumo (5.639 L/cap./d.) representado pela importação de produtos agrícolas, que são produzidos fora das fronteiras da cidade ou do país, tendo como principais fornecedores França, Alemanha, Brasil e Indonésia. Desta forma, dos 6.139 L/cap./d. de consumo de água virtual total, 1% ou 52 L/cap./d. é atribuído à água doméstica e 7% ou 448 L/cap./d. ao consumo de produtos industriais e a pegada hídrica relativa à produção de água local resume-se ao consumo doméstico, que tem como origem principal as águas subterrâneas.

O volume total de 2,93 km³/ano para a pegada hídrica de consumo por habitante de Milão, é quase 3 vezes o valor obtido para o consumo de água na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé para os principais processos e diluição de poluentes, que apresentou um volume na ordem de 1,10 km³/ano. No entanto, os percentuais relativos ao consumo de alimentos também são os mais expressivos, com 72,69% para a bacia avaliada e 92% de entrada de produtos agrícolas na cidade europeia.

Enquanto o resultado para a pegada hídrica na bacia hidrográfica urbana analisada reportou um volume de água considerável para o saneamento, a segunda maior porcentagem para a cidade de Milão apontou o consumo de produtos industriais nesta categoria, sendo utilizado o valor nacional, já que a maior parte das indústrias se localizam fora das fronteiras da cidade e não há dados individualizados.

Análises e comparações mais aprofundadas ficariam prejudicadas considerando que a quantificação para a pegada hídrica cinza da cidade de Milão foi definida como zero após o tratamento, uma vez que o sistema existente cobre 100% da descarga urbana e não foram realizados estudos referentes à diluição destes poluentes e às fontes de energia, embora os autores também assumissem os valores relativos à pegada hídrica para a produção de produtos industriais e para produtos agrícolas da cidade de Milão como zero, assim como as avaliações para a pegada hídrica da bacia hidrográfica avaliada, uma vez que a “produção agrícola dentro das fronteiras da cidade em comparação aos valores nacionais é insignificante” (VANHAM e BIDOGLIO, 2014, p.791, tradução nossa).

Hong Kong é a única cidade a possuir dados específicos sobre o consumo urbano de alimentos e diante deste cenário, Vanham, Gawlik e Bidoglio (2017) realizaram uma investigação sobre as condições de escassez hídrica das regiões ou países exportadores, apontando risco à segurança alimentar local, que apresenta uma pegada hídrica de consumo de alimentos da ordem de 4.727 L/cap./dia, assim como a necessidade de mudanças de hábitos alimentares e a redução no desperdício de alimentos. A exemplo de Milão, a pegada hídrica cinza também não foi incluída nos estudos, uma vez que o esgotamento sanitário em Hong Kong tem como destino final o oceano e, enquanto naquela, a captação de água para uso municipal, que inclui pequenas empresas, hotéis, escolas, hospitais, escritórios e para residentes não permanentes fosse de 529 L/cap./dia para o período de 2000-2007, nesta cidade, os valores são de 326 L/cap./dia para o ano de 2013, sendo 192 L/cap./dia destinados ao uso doméstico.

A comparação da pegada hídrica do consumo de alimentos em Hong Kong (4.727 L/cap./dia) com os resultados obtidos para a bacia hidrográfica analisada (2.190 L/cap./dia) permite concluir que a pegada hídrica do consumo de alimentos naquele país é 53,68% superior ao avaliado em uma bacia hidrográfica urbana da região sul-brasileira; enquanto o uso doméstico da água em Hong Kong excede em 21,87% os valores obtidos na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé.

Vanham, Mak e Gawlik (2016) também avaliaram a dependência dos recursos hídricos para consumo alimentar por parte dos habitantes de sete cidades holandesas. Amsterdam, Dordrecht e Rotterdam (municípios extremamente urbanizados, com 2.500 ou mais endereços por km²) apresentaram um consumo de 3.245 L/cap./dia de água para a produção de alimentos enquanto em Eindhoven Massatricht, Nieuwegein e Venlo (municípios fortemente urbanizados com 1500 a 2000 endereços por km²) o valor da água incorporado no consumo de alimentos foi de 3.126 L/cap./dia.

Segundo os autores, Amsterdam possui os maiores indicadores de sustentabilidade ambiental urbanos da Europa, com um índice de perdas no sistema de abastecimento de 3%, o mais baixo entre as capitais. “Além disso, o tratamento das águas residuais é de 100% e as políticas da Waternet (empresa de abastecimento de água) inclui o uso de fontes renováveis de energia, a geração de energia através do lodo de esgoto, bem como a recuperação do fosfato das águas residuais” (Vanham, Mak e Gawlik, 2016, p. 237, tradução nossa).

Apesar disso, os indicadores não consideram o uso de recursos hídricos externos às áreas urbanizadas e são “correlacionados com o PIB por pessoa, eficiência dos edifícios, coleta e reciclagem de resíduos, transporte, gestão da água no transporte urbano, qualidade do ar, consumo de energia e emissão de CO₂” (Vanham, Mak e Gawlik, 2016, p. 238, tradução nossa).

Desta forma, o índice de sustentabilidade das cidades seria distinto caso fossem avaliadas as dietas, e consequentemente, o volume de água incorporado nos alimentos, uma vez que pesquisas apontam que o aumento do PIB gera, em tese, um consumo excessivo de produtos alimentares.

Para os estudos em que são analisados o consumo de água direta e virtual para Milão (VANHAM e BIDOGlio, 2014), Hong Kong (VANHAM, GAWLIK e BIDOGlio, 2017) e as cidades holandesas (VANHAM, MAK e GAWLIK, 2016) os autores destacam em comum, as dietas com muitos açucares, óleos vegetais, carnes, gorduras animais, leite e derivados, e propõe uma redução da dependência de recursos hídricos das cidades em relação a outras regiões ou países através da adoção de uma dieta mais sustentável, pesco-vegetariana ou vegetariana, adaptando o consumo de produtos e consequentemente, contribuindo para a diminuição do estresse hídrico nas regiões de produção destes alimentos.

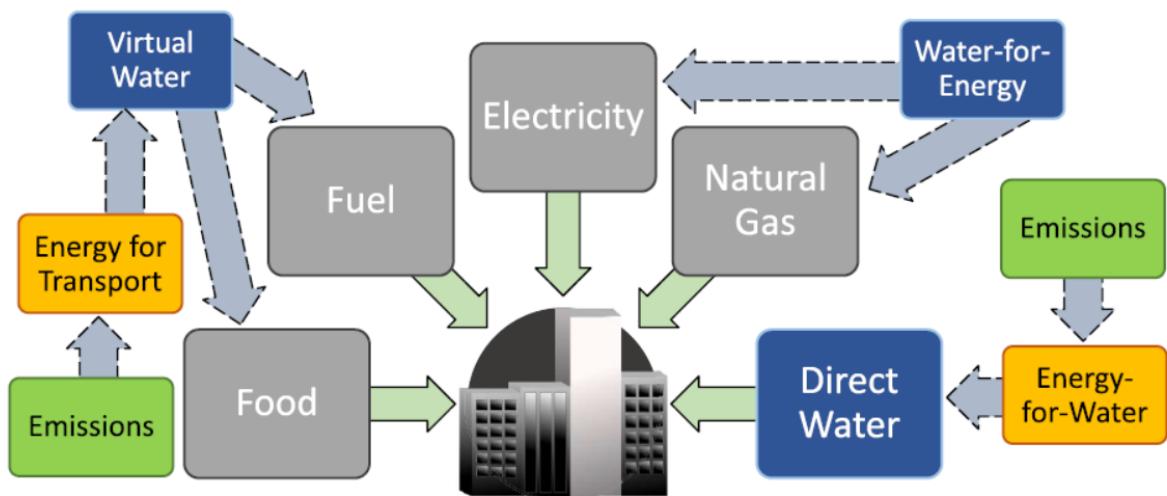
As contribuições das pegadas hídricas destas cidades e da bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé apresentaram em comum o maior volume percentual de uso indireto de água ocorre através do consumo de alimentos: Milão com 92%; Hong Kong (93,5%); Amsterdam, Dordrecht e Rotterdam (96,1%) e Eindhoven Massatricht, Nieuwegein e Venlo com 96,3% e a bacia analisada com 72,6% em relação aos volumes totais de consumo e poluição avaliados.

No entanto, em razão das diferenças relacionadas às metodologias aplicadas aos estudos mencionados, torna-se necessário um ajuste para melhor avaliar estes percentuais. A metodologia adotada para a cidade de Milão assume o consumo da água através dos alimentos, a água doméstica e a água incorporada aos produtos industriais; para Hong Kong e as cidades holandesas são considerados o consumo de água residencial, juntamente com comercial e perdas no sistema e a água incorporada nos alimentos. Em nenhum dos casos são analisados a água necessária para a diluição de esgotos e efluentes industriais ou utilizada para a produção de energia elétrica, como a metodologia assumida para a bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé.

Assim, uma avaliação onde seriam considerados apenas o consumo de água doméstica e o consumo de água incorporado nos alimentos, o percentual de uso indireto de água através do consumo alimentar na área avaliada, seria da ordem de 97,7%. Tendo em vista os volumes de entrada de água através de outras bacias hidrográficas, este percentual seria de 93,5%, idêntico ao consumo de Hong Kong e muito próximo aos demais, demonstrando a importância na ampliação destas avaliações a exemplo dos estudos relacionados à pegada hídrica urbana realizados por Chini, Konar e Stillwell (2016) em 71 áreas metropolitanas dos EUA.

Através da combinação de várias bases de dados oficiais para entrada de fluxos de água virtual foi obtido um volume de água direta e indireta de 6.200 m³/pessoa/ano ou 17.000 L/pessoa/dia, calculado em razão dos serviços de abastecimento público para o consumo direto e através dos alimentos, combustíveis, eletricidade e gás natural para o consumo indireto (figura 41), tendo como produto final o percentual relativo à pegada hídrica indireta, com um volume 20 vezes superior em relação à pegada hídrica direta.

Figura 41 - Recursos hídricos e energéticos usados para quantificar a pegada hídrica total das áreas urbanas nos EUA



Fonte: Chini, Konar e Stillwell (2016, p. 319)

A metodologia utilizada incluiu o fluxo de *commodities* para os diferentes tipos de alimentos e combustíveis e a água consumida para geração de energia elétrica e gás natural. Os autores defendem que “uma população urbana global crescente cria pontos críticos nacionais e globais de consumo de recursos que exigem grandes fluxos de água, alimentos e energia” e fatores externos como secas, mudanças climáticas e poluição também causam estresse hídrico nestes ambientes, além de implicações diretas para a segurança hídrica e alimentar (Chini, Konar e Stillwell, 2016, p. 316-317, tradução nossa). A exemplo das cidades europeias e asiáticas e o estudo realizado na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé, a pegada hídrica urbana nos EUA é dominada pelo consumo indireto da água e a maior parcela também está relacionada aos alimentos, com 87,6% da pegada hídrica indireta total, seguida pelo consumo de combustíveis, com um percentual de 11,9%.

A quantificação da demanda de água para geração de energia elétrica apresentou uma alta variabilidade, com 22,2% para a cidade de Mobile, 11,5% para Las Vegas, 7,8% para

Tucson e 6,1% para Greensboro, com média de 0,5% em relação à pegada hídrica indireta total. Para a bacia analisada este percentual foi de 3,39% em relação ao consumo total de água e 3,34% sobre a pegada hídrica indireta. Para os autores, esta variabilidade está relacionada aos tipos de fontes e as altas taxas de evaporação originadas da hidroeletricidade, especialmente para os Estados do Sudeste e Sudoeste do país (CHINI, KONAR e STILLWELL, 2016, p. 323). A pegada hídrica relativa ao saneamento também não foi explorada nas análises das áreas metropolitanas americanas.

Por outro lado, avaliações das pegadas hídricas nas cidades de Quito, La Paz e Lima elaboradas pela Fundación Futuro Latinoamericano y Servicios Ambientales (2014, p. 17), através da metodologia embasada em Hoekstra, et al. (2011), mas dividida por setores de consumo: residencial, industrial, comercial e público, apontaram que a principal contribuição foi para o uso residencial, com uma média de 96% em Lima e 85% em Quito e La Paz, sendo que deste total, a pegada hídrica cinza representou 99% da pegada hídrica total em Lima e La Paz, enquanto para Quito este valor foi de 96%, apontando a necessidade de investimentos no tratamento das águas residuárias para estas cidades e evidenciando a pluralidade da ferramenta da pegada hídrica, que revela os resultados em razão do tipo de recorte espacial e setorial de análise.

A partir deste estudo, que apresenta dados relativos à pegada hídrica cinza, é possível apontar algumas relações entre os valores apontados para as cidades investigadas e a bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé. As legislações que definem os limites das cargas poluidoras foram analisadas preliminarmente para evitar que comparações entre pegadas hídricas sejam superiores ou inferiores não em relação ao volume de água necessário para diluição dos poluentes, mas decorrentes de normas legais mais ou menos restritivas, conforme detalhado na tabela 31.

Tabela 31 – Áreas analisadas e normativa legal

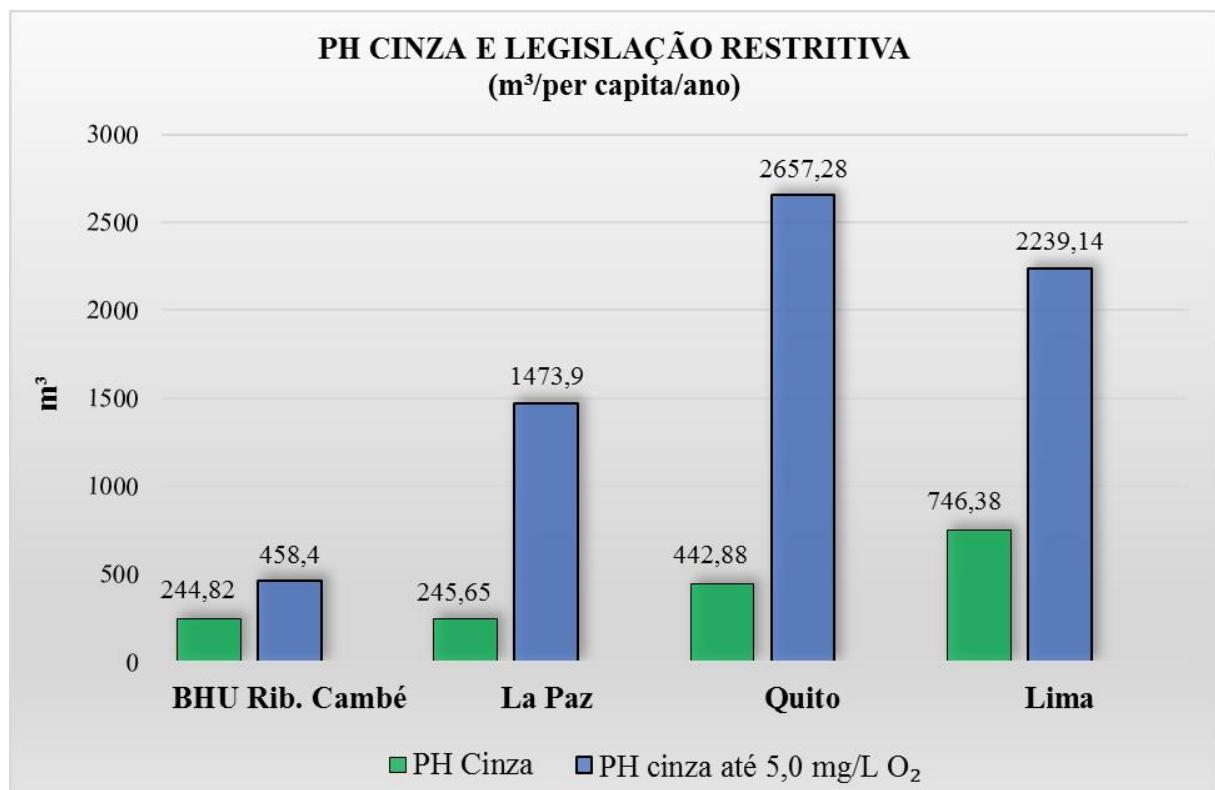
Áreas analisadas	Normativa legal DBO₅ mg/L
BHURC - Lançamento industrial	até 5,0 mg/L O ₂
BHURC – ETE Sul	até 10,0 mg/L O ₂
BHURC – ETE São Lourenço	até 10,0 mg/L O ₂
Lima	até 15,0 mg/L O ₂
Quito	até 30,0 mg/L O ₂
La Paz	até 30,0 mg/L O ₂

Fonte: Brasil (2005); Paraná (2016). Fundación Futuro Latinoamericano e pelo Servicios Ambientales (2014, p. 11). Org.: a própria autora

De acordo com dados apresentados na tabela 31, as normas paranaenses aplicadas à bacia hidrográfica do rio Tibagi, à qual pertence a bacia hidrográfica do ribeirão Cambé são mais restritivas se comparadas às legislações das cidades de Lima, Quito e La Paz, sendo três vezes superior em relação às duas últimas cidades para os pontos relativos às ETEs e seis vezes mais restritivas quando comparadas ao ponto de lançamento do efluente industrial. Para a cidade de Lima, a confrontação restritiva revelou-se mais reduzida, mas ainda assim, superior.

Além da discordância relativa à normativa legal, o cálculo da pegada hídrica para as cidades andinas (Fundación Futuro Latinoamericano e Servicios Ambientales, 2014, p. 12-17) foi elaborado utilizando-se a setorização por usos – residencial, comercial, industrial, público e serviços municipais – enquanto para a bacia hidrográfica em estudo foram avaliados os principais processos de uso e poluição hídricos, optando-se por realizar um comparativo das pegadas hídricas cinzas per capita, com os dados brutos, através da aplicação da menor restrição legal (até 5,0 mg/L O₂), configurando equidade de dados (figura 42).

Figura 42 - Comparativo entre os valores brutos e com a maior restrição legal para as pegadas hídricas cinzas da BHU do ribeirão Cambé, La Paz, Quito e Lima



Fonte: Brasil (2005); Paraná (2016). Fundación Futuro Latinoamericano e pelo Servicios Ambientales (2014, p. 12-17). Org.: a própria autora

A análise da figura permite constatar que embora a aplicação de normativas legais mais rígidas signifiquem uma maior pegada hídrica per capita cinza, os valores devem ser comparados em razão das normas legais impostas para as áreas em análise. No caso em questão, a pegada hídrica cinza da bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé e da cidade de La Paz são praticamente idênticas, com $244,82\text{ m}^3/\text{per capita/ano}$ e $245,65\text{ m}^3/\text{per capita/ano}$, respectivamente. No entanto, com uma norma legal onde a DBO_5 pode ser de até $30,0\text{ mg/L O}_2$ para La Paz, quando aplicada a legislação paranaense para a DBO_5 de até 5 mg/L O_2 a pegada hídrica tem um acréscimo de aproximadamente 600%.

Outro exemplo são as pegadas hídricas cinzas de Quito e Lima; enquanto a primeira apresentou um valor de $442,88\text{ m}^3/\text{per capita/ano}$ para uma DBO_5 de até $30,0\text{ mg/L O}_2$ a segunda apontou $746,38\text{ m}^3/\text{per capita/ano}$ para uma DBO_5 de até $15,0\text{ mg/L O}_2$. Com a aplicação da norma igualitária (5 mg/L O_2) os valores relativos à pegada hídrica cinza de Quito, que na primeira análise apresentava um total de $303,50\text{ m}^3/\text{per capita/ano}$ menor em relação a Lima, passaram a apresentar um total superior da ordem de $418,14\text{ m}^3/\text{per capita/ano}$.

No Brasil, o Projeto Pegada de Cidades foi elaborado para as cidades de Fortaleza para o ano de 2014 (FORTALEZA; SERVICIOS AMBIENTALES S.A., 2015) e Recife relativo ao ano de 2015 (RECIFE; SERVICIOS AMBIENTALES S.A., 2017) onde seguiu a metodologia de divisão por setores conforme as cidades andinas, com o objetivo de mitigar e adaptar as cidades às mudanças climáticas frente à vulnerabilidade, especialmente quanto à disponibilidade de recursos hídricos e emissão de gases do efeito estufa nestes espaços geográficos.

As maiores pegadas hídricas também foram do setor residencial (91% para Fortaleza e 88% para Recife) com o predomínio da pegada hídrica cinza nos percentuais totais avaliados, com 91,6% na cidade de Fortaleza e 99,4% em Recife. No entanto, uma análise mais detalhada aponta diferenças consideráveis entre as duas capitais. A pegada hídrica para Fortaleza foi de $493,88\text{ m}^3/\text{per capita/ano}$, enquanto em Recife, este volume foi da ordem de $1.109\text{ m}^3/\text{per capita/ano}$ e uma das explicações está no fato de que enquanto a primeira possui 54,8% da população com rede de esgoto, a segunda é servida com 40% de rede de esgoto e efluentes residuais, agravado com o recebimento destes efluentes industriais nas ETEs com percentuais de mais de 100% acima das normas estabelecidas, e ainda que os 60% restantes da população encaminham os esgotos diretamente para os rios ou para fossas.

Uma análise somente com fins demonstrativos e que não foi representada nos números totais da pesquisa, relativa à cesta básica nas cidades apontou que o consumo de alimentos da cesta familiar representou uma pegada hídrica de $897\text{ m}^3/\text{hab./ano}$ para a cidade

de Fortaleza e 798 m³/hab./ano para a cidade do Recife, aproximando-se bastante dos 799,84 m³/hab./ano identificados na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé. As disparidades foram reveladas entre os alimentos com maior participação neste tipo de pegada, pois enquanto a cidade de Fortaleza e a bacia hidrográfica avaliada apresentaram a carne bovina com a maior porcentagem, para a cidade do Recife os valores apontaram o consumo de pão e cereais como responsáveis por 45% do total da pegada hídrica dos alimentos, seguido das carnes e derivados de carne. Além das carnes, que ocupam destaque em todas as avaliações, o arroz também desponta com porcentagens elevadas e os peixes frescos ficam em evidência na cidade de Fortaleza, embora estejam incluídos como segunda maior participação na cidade de Recife, uma vez que para esta, as carnes não foram subdivididas por tipo como nas demais, conforme pode ser observado na tabela 32 onde estão representados os alimentos com maior contribuição para a pegada hídrica.

Tabela 32 – Participação dos alimentos na pegada hídrica para a BHU do ribeirão Cambé, Fortaleza e Recife

Classificação	BHU do ribeirão Cambé	Fortaleza	Recife
1	Carne bovina	Carne bovina	Pão e cereais
2	Carne suína	Arroz	Carnes e derivados de carne
3	Arroz	Feijão	Produtos lácteos e ovos
4	Café moído	Aves	Verduras, frutas e tubérculos
5	Carne aves	Peixes frescos e preparações	Açúcares e óleos/azeites

Fonte: Fortaleza e Servicios Ambientales S.A. (2015, p. 31-32); Recife e Servicios Ambientales S.A. (2017, p. 67-68). Org.: a própria autora

Caso o valor da pegada hídrica relativo aos alimentos tivesse sido incluído nos estudos das cidades nordestinas, as pegadas hídricas totais e per capitais apresentariam números bastante diferentes dos originais, considerando que para Fortaleza, os 897 m³/hab./ano em consumo de alimentos representaria um volume de consumo de água indireta da ordem de 181% superior em relação a pegada hídrica per capita calculada para a cidade (493,88 m³/hab./ano), situação semelhante a de Recife, onde os 798 m³/hab./ano acrescentaria aproximadamente 72% na pegada hídrica per capita calculada para a cidade (1.109 m³/hab./ano).

As análises relativas ao consumo de alimentos, especialmente ao tipo de alimentos consumidos obedecem aos modelos ligados a padrões de consumo e à oferta de produtos; por exemplo, nas cidades litorâneas como Fortaleza, os peixes frescos correspondem à quinta maior contribuição da pegada hídrica, devido ao volume consumido, da mesma forma que o arroz e

feijão que são a base da alimentação brasileira, assumem protagonismo nas avaliações da pegada hídrica. Por outro lado, enquanto em cidades europeias a batata ocupa este papel de protagonista no lugar das carnes e dos cereais, em Hong Kong, cidade litorânea (VANHAM, GAWLIK e BIDOGlio, 2017, p. 04), o consumo de peixes e frutos do mar corresponde a apenas 28,14% em relação ao consumo de outros tipos de carne e 34,04% em relação aos cereais.

O estudo proposto por Vieira e Sousa Júnior (2015) para o município de Caraguatatuba/SP apresenta referências para avaliação quanto à pegada hídrica das atividades de pastagem e agropecuária, pertencentes ao componente da pegada hídrica verde; ao esgoto, referente à pegada hídrica cinza e ao consumo de água relativo à pegada hídrica azul proveniente do abastecimento público. Embora esteja incluído todo o território municipal, o tratamento de esgoto atende parcialmente a área urbana e sua eficiência pode ser comparada com a bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé, situação igualmente relatada para o abastecimento, que envolve somente a população urbana, com água originária, em sua maioria, de outras bacias hidrográficas, localizadas fora dos limites urbanos.

Para uma população de 104.150 habitantes em 2012 Caraguatatuba apontou uma pegada hídrica de 11.703.870 m³/ano para o abastecimento de água e 339.158.663 m³/ano para o esgoto tratado e não tratado da cidade, ou seja, 112,37 m³/cap./ano e 3.256,44 m³/cap./ano, respectivamente, correspondente a 3% e 85% da pegada hídrica total avaliada, sendo os 12% restantes pertencentes à pegada hídrica verde.

Relacionando estes valores das pegadas hídricas azuis e cinzas de Caraguatatuba com a bacia hidrográfica analisada apontou-se diferenças consideráveis. Para o abastecimento público de água, os valores per capita obtidos para aquela cidade, superaram em mais de 6 vezes os totais obtidos para este estudo (112,37 m³/cap./ano e 18,34 m³/cap./ano) nesta ordem, devido, em parte, às diferentes metodologias aplicadas para os referidos estudos, uma vez que para a bacia hidrográfica analisada não foi considerada a água para abastecimento originária de outras bacias hidrográficas conforme preconiza Hoekstra, et. al (2011). Na hipótese de serem considerados os volumes de água fornecidos pela Companhia de Saneamento (54,75 m³/cap./ano) e o índice de perdas para a cidade de Londrina (33,9%) que acrescentaria mais 18,56 m³/cap./ano, e desconsiderando os valores referentes aos poços tubulares profundos, os volumes finais para comparação equitativa seriam de 73,31 m³/cap./ano para a bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé, ficando pouco mais de 50% superior ao volume identificado para a cidade litorânea paulista.

O domínio da pegada hídrica cinza fica demonstrado bem como a importância da avaliação legislativa vigente, sendo considerado a DBO₅ de até 5,0 mg/L O₂ como concentração máxima permitida nos corpos d'água avaliados para a Classe 2 no estudo elaborado para a cidade de Caraguatatuba, enquanto para a bacia do ribeirão Cambé estes valores foram de até 5,0 mg/L O₂ para a DBO₅ no ponto relativo ao Lançamento de efluentes e de até 10,0 mg/L O₂ para a DBO₅ nas ETE's Sul e São Lourenço.

Com a aplicação de 5,0 mg/L O₂ para a DBO₅ nas ETE's avaliadas, o resultado final da pegada hídrica para a bacia hidrográfica relativa ao saneamento saltaria para 458,36 m³/cap./ano, ainda assim, mais de 7 vezes inferior aos 3.256,44 m³/cap./ano obtido para Caraguatatuba. Esses valores podem ser explicados, em parte, pelo índice de atendimento do sistema de esgotamento sanitário no município, que atinge 63,5% da população, enquanto na bacia hidrográfica avaliada este índice foi de 100%.

Desta forma, as possibilidades de investigação utilizando-se a ferramenta da pegada hídrica ficam evidenciadas nas respostas obtidas a partir de diferentes recortes espaciais, objetivos e focos de avaliações em cenários urbanos. Enquanto os diagnósticos que incluem os fluxos de água, alimentos e energia apresentam resultados em que a pegada hídrica para os alimentos se destaca; a pegada hídrica cinza, no entanto, assume o papel de protagonista quando as análises do consumo de alimentos não são efetivadas, portanto, o maior ou menor nível de detalhe nas contabilizações dependem da definição dos objetivos da pesquisa e dos componentes avaliados e consequentemente, as indicações sobre os padrões de sustentabilidade quanto ao consumo e poluição das águas sofrem alterações significativas. No entanto, fica evidente a elevada vulnerabilidade quanto a disponibilidade de recursos hídricos e a necessidade do desenvolvimento de ferramentas de planejamento e gestão municipais que visem a mitigação de impactos, adaptação e resiliência das cidades.

5.4 ANÁLISE DA PEGADA HÍDRICA DOS CONSUMIDORES

A obtenção da pegada hídrica per capita dos consumidores da bacia hidrográfica urbana foi efetuada através da caracterização dos componentes analisados na calculadora da pegada hídrica estendida: hábitos alimentares, uso doméstico da água, consumo de bens industriais e as inter-relações entre estes elementos.

Os resultados referentes à pegada hídrica total destes consumidores foram da ordem de 1.864,11 m³/cap./ano e ficou acima da pegada hídrica total per capita brasileira que foi calculada por Hoekstra e Chapagain (2007, p. 42) em 1.381 m³/cap./ano, assim como a pegada

hídrica relativa à água doméstica interna, ou seja, a água consumida de forma direta nas residências, que foi de 70 m³/cap./ano. no referido estudo, enquanto para a bacia analisada a média foi de 354,87 m³/cap./ano. Este valor também foi superior em mais de 6 vezes à média de 54,75 m³/cap./ano utilizada pela empresa de saneamento estadual que opera na cidade de Londrina.

A calculadora da pegada hídrica processa os dados relativos ao consumo doméstico de água utilizando as seguintes variáveis: quantidade de banhos diários, duração dos banhos, tipos de chuveiro, quantidade de banhos semanais, quantidade diária de escovação de dentes e lavagem de mãos, escovação de dentes com a torneira aberta ou fechada, quantidade semanal de lavagem de roupas, existência de descarga dupla em vasos sanitários, quantidade diária de lavagem de louças à mão e duração da lavagem em minutos, quantidade de lavagem de louça à máquina, quantidade semanal de lavagem de carro, quantidade semanal de rega dos jardins e tempo por rega em minutos, lavagem de quintal e calçadas em minutos por semana, capacidade da piscina e esvaziamento anual em números.

Em Portugal, um estudo elaborado por Dantas (2012) onde foram comparadas a pegada hídrica nacional com a pegada hídrica do norte do país, obtida através da aplicação da calculadora estendida, também resultou em valores consideravelmente distintos. Para a primeira, o valor per capita foi de 2.505 m³/ano e para o estudo, os resultados apontaram uma pegada hídrica média de 677 m³/cap./ano.

Para o caso em análise, o autor considerou duas questões que podem ser estendidas para o estudo efetuado na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé, embora para aquele, a pegada hídrica esteja abaixo da média nacional e para este, encontra-se acima, tanto em valores nacionais quanto locais. A primeira questão refere-se à “dificuldade, por parte dos inquiridos, em avaliar as quantidades – sejam elas de peso ou volume” (DANTAS, 2012, p. 65). Mesmo aplicando a maior parte dos questionários de forma presencial, para a área analisada também notou-se uma grande dificuldade dos entrevistados em ponderar as quantidades, podendo gerar dados de origem inconclusivos.

A segunda questão ocupa-se das situações de escassez hídrica em diferentes territórios, que podem influenciar diretamente os resultados. No caso da cidade de Londrina, não são observados problemas relativos à escassez hídrica, especialmente na bacia hidrográfica avaliada, o que poderia explicar parcialmente o maior consumo (ou desperdício) de água durante as tarefas/usos cotidianos.

Esta associação quanto à disponibilidade do recurso hídrico e a pegada hídrica também foi discutida por Maracajá, Araújo e Da Silva (2014) que realizaram um levantamento

no Estado da Paraíba, onde apontaram outro fator relativo ao poder aquisitivo onde, embora a mesorregião da Mata Paraibana, com chuvas mais intensas e regulares, tenha apresentado a maior pegada hídrica do Estado, enquanto a mesorregião da Borborema tenha apresentado a menor pegada hídrica “esse fato não está totalmente associado à disponibilidade hídrica da região” [...] “isso pode estar principalmente associado ao poder aquisitivo da população”.

Na aplicação da calculadora estendida da pegada hídrica, o componente denominado “consumo de bens industriais” está diretamente associado a um único item que é a renda bruta anual individual, e pode apresentar relação com o consumo de alimentos, conforme constatado nos estudos das mesorregiões paraibanas “os resultados aqui apresentados permitem inferir que a renda *per capita* exerce um impacto maior na PH em face de consumo maior de produtos de origem animal e industrial” (MARACAJÁ, ARAÚJO e DA SILVA, 2014, p. 118).

Esta relação entre a pegada hídrica e a renda bruta anual per capita vinculada ao consumo de bens industriais foi investigada na bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé, onde os resultados não foram conclusivos portanto, não foi possível estabelecer essa tendência, uma vez que, das 153 entrevistas realizadas, somente 24 pessoas optaram por contribuir com os dados relativos à renda, o que prejudicou a análise global.

Para os três maiores rendimentos (R\$ 200.000,00; R\$ 168.000,00 e R\$ 140.000,00) os valores correlativos às pegadas hídricas foram de 1.040 m³, 1.315 m³ e 1.257 m³. No entanto, para os três menores rendimentos, representados por R\$ 5.550,00; R\$ 8.000,00; e R\$ 10.000,00, somente para o segundo rendimento a relação entre renda e pegada hídrica foi estabelecida através de uma pegada de 612 m³; para o primeiro menor rendimento, a pegada foi de 1.423 m³, a décima primeira maior entre as 24 entrevistas respondidas para este quesito; e o terceiro menor rendimento representou a oitava maior pegada, com 1.631 m³.

Por outro lado, as maiores pegadas hídricas (3.407 m³; 3.271 m³; 3.243 m³) apresentaram uma vinculação mediana com as rendas (R\$ 120.000,00, R\$ 57.600,00 e R\$ 60.000,00 respectivamente), não sendo possível afirmar que uma maior renda tenha impacto direto no consumo de bens industriais na bacia hidrográfica urbana analisada.

O mesmo se observa na relação entre a renda e pegada hídrica vinculada ao consumo de alimentos. A análise aponta que as três maiores rendas (R\$ 200.000,00; R\$ 168.000,00 e R\$ 140.000,00) possuem pegadas hídricas alimentares consideradas baixas (681 m³; 626 m³ e 650 m³, respectivamente) enquanto as maiores pegadas hídricas do componente hábitos alimentares, estão associadas a rendas medianas, com 2.603 m³ para uma renda de R\$ 57.600,00, 2.393 m³ para a renda de R\$ 60.000 e 2.075 m³ vinculada a uma renda de R\$ 120.000,00.

Embora não apontando uma tendência, a menor pegada hídrica do consumo de alimentos (428 m^3) pertence à segunda menor renda (R\$ 8.000,00), enquanto a segunda, com um consumo de 615 m^3 está vinculada à quarta menor renda (R\$ 17.000,00) e a terceira (632 m^3) já pode ser considerada com vínculo à renda mediana de R\$ 60.000,00. As três menores rendas, com R\$ 5.500,00, R\$ 8.000,00 e R\$ 10.000,00 indicam pegadas do consumo de alimentos da ordem de 1.202 m^3 , 428 m^3 e 1.171 m^3 , respectivamente.

Ao contrário, a pegada hídrica do componente hábitos alimentares exerce forte influência na pegada hídrica total e aponta uma estreita relação com o consumo de carnes nos bairros delimitados pela bacia hidrográfica (Tabela 33). A média da pegada hídrica do consumo de alimentos corresponde a 74,33% da pegada hídrica total por bairro, sendo o consumo de carnes responsável pela maior porcentagem, equivalente a 53,85%, seguido do consumo de cereais, com 12,51% e de estimulantes (chá e café) com 10,49%.

Tabela 33 – Média da pegada hídrica do consumo de alimentos (m^3/ano) e percentuais dos principais alimentos consumidos por bairro

Município	Bairros*	Média PH total (m^3/ano)	Média PH alimentos (m^3/ano)	Média PH carnes (%)	Média PH cereais (%)	Média PH estimulantes (%)
Londrina	Sem espec.	982	550	49,09	5,45	14,54
Londrina	Cilo II	1.131	801	75,00	10,02	0,00
Londrina	Cilo III	1.235	960	42,29	16,66	15,10
Londrina	Leonor	1.260	867	44,05	20,77	7,23
Londrina	Bandeirantes	1.836	1.578	39,66	14,36	21,08
Londrina	Champagnat	2.443	1.989	49,97	12,14	11,60
Londrina	Jamaica	2.145	1.775	50,24	11,29	10,16
Londrina	Shangri-lá	1.069	764	52,87	10,99	6,54
Londrina	Presidente	780	494	59,69	8,13	3,47
Londrina	Quebec	2.029	1.441	48,81	12,73	17,65
Londrina	Centro Hist.	2.313	1.813	53,81	12,24	10,16
Londrina	Higienópolis	1.915	1.470	42,60	2,95	17,67
Londrina	Petrópolis	1.843	931	43,39	9,02	26,53
Londrina	Ipiranga	966	673	52,97	7,77	10,02
Londrina	Vila Brasil	980	813	64,75	7,46	14,70
Londrina	Brasília	1.233	878	68,90	10,02	1,36
Londrina	Aeroporto	1.834	1.384	50,74	13,06	15,14
Londrina	Califórnia	2.066	1.726	70,16	7,30	4,75
Londrina	Sem espec.	1.960	1.541	65,47	13,62	2,66
Londrina	Sabará	1.384	965	55,88	12,86	9,14
Londrina	Universidade	1.572	1.256	64,25	13,37	0,00
Londrina	Palhano	1.710	1.078	51,49	18,92	8,37
Londrina	Viv. Arvor.	927	715	44,83	33,46	9,31
Londrina	Guanabara	1.555	1.042	56,39	7,42	10,37
Londrina	Bela Suíça	1.536	1.279	55,27	9,38	6,88

Londrina	Tucanos	1.595	1.028	50,53	18,15	7,32
Londrina	Inglaterra	3.409	3.034	62,52	9,23	7,08
Londrina	Piza	1.549	1.065	52,06	8,60	14,13
Londrina	Pq. Indústr.	2.444	1.810	48,07	13,15	14,38
Londrina	Sem espec.	945	713	56,24	21,03	20,19
Londrina	União Vitór.	1.078	729	55,28	11,11	7,54
Cambé	Sem espec.	986	535	46,18	17,76	10,78

* Obs.: Os setores censitários da bacia hidrográfica urbana foram agrupados por bairros.

Fonte: a própria autora

O resultado da pegada hídrica relativa ao consumo de alimentos para os consumidores da bacia hidrográfica - 1.178,03 m³/cap./ano, reflete os valores obtidos por Hoekstra e Chapagain (2007, p. 42) para o Brasil no item referente aos bens agrícolas, com uma pegada hídrica interna da ordem de 1.155 m³/cap./ano e uma pegada hídrica externa de 87 m³/cap./ano, com um total de 1.242 m³/cap./ano.

A ingestão de estimulantes não pôde ser comparada em termos de volume uma vez que a calculadora estendida representa este item na forma de un./dia mas a representatividade é expressiva, uma vez que ocupou a terceira maior porcentagem média da pegada hídrica dos alimentos. Esse resultado pode ser explicado em parte, pelo elevado consumo de café na região e sua pegada hídrica (18.925 L/Kg), considerada a maior dentre os produtos avaliados por Mekonnen e Hoekstra (2011, p. 1589).

Os consumidores vegetarianos, com 4,57% do total de entrevistados, apresentaram as menores pegadas hídricas, mesmo com um alto consumo de cereais, frutas, legumes, ovos e raízes. A relação na adoção de uma dieta vegetariana por parte dos consumidores reduziria a pegada hídrica dos alimentos em 53,85% ficando praticamente idêntica à avaliação efetuada em Hong Kong, da ordem de 53% (VANHAM, GAWLIK e BIDOGlio, 2017) demonstrando a importância do conhecimento relativo à pegada hídrica de alimentos e produtos e consequentemente, da mudança dos hábitos alimentares e de consumo para a redução da pegada hídrica mundial.

O consumo direto de água avaliado na bacia hidrográfica (354,87 m³/cap./ano) e de bens industriais (331,21 m³/cap./ano) mostraram-se superiores aos valores obtidos por Hoekstra e Chapagain (2007, p. 42) que foram de 70 m³/cap./ano e 69 m³/cap./ano, respectivamente. Diante dos resultados obtidos, onde a ausência de dados robustos relativos à renda não permitiu uma avaliação satisfatória e das diferenças apontadas em relação às médias nacionais, torna-se necessária a adoção de um processo de avaliação contínua da pegada hídrica dos consumidores, com o objetivo de aferir rigorosamente os dados obtidos, objetivando a implantação de práticas de redução no consumo direto e indireto de água adequadas à região.

6. EXPLORAÇÕES NA APLICAÇÃO DE UM MODELO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: água virtual e pegada hídrica em bacias hidrográficas urbanas

O (re) conhecimento do consumo de água, seja na forma direta ou indireta, ou ainda através da necessidade deste precioso recurso para a diluição final dos efluentes industriais e/ou esgotos domésticos potencializados nas cidades, que concentram em um espaço reduzido, os elementos que compõe a pegada hídrica - uso e poluição -, apresenta-se como um desafio para a implementação de ferramentas públicas de gestão urbana através das águas.

Nesta visão, a inclusão dos atores compreendidos pelos moradores da bacia hidrográfica e por todos os que fazem uso deste espaço – comerciantes, industriais, visitantes e gestores públicos, são o ponto de partida para as ações necessárias à execução de um modelo de gestão de recursos hídricos em pequenas bacias hidrográficas urbanas, empregando os conceitos de água virtual e pegada hídrica por meio de decisões político-administrativas com participação popular.

Embora os estudos técnicos nacionais e a legislação brasileira ofereçam as bases conceituais para a implementação de um banco de dados para o reconhecimento da água virtual e a contabilização da pegada hídrica em grande escala e tendo as bacias hidrográficas como referencial, sejam urbanas ou rurais, existe a necessidade de realizar adaptações objetivando a adoção do endereço hidrográfico, do licenciamento ambiental por bacias hidrográficas e das informações relativas à pegada hídrica nos dados oficiais governamentais.

Estas propostas cumprem a última etapa de avaliação da pegada hídrica proposta por Hoekstra, et al. (2011), através da adoção de estratégias de conscientização e de políticas públicas direcionadas ao controle, reaproveitamento e redução no uso dos recursos hídricos urbanos, visando a sustentabilidade e mitigação dos impactos sociais, econômicos e ambientais, através da adaptação e resiliência frente às mudanças climáticas globais em uma sociedade eminentemente urbana.

O combate à escassez de alimentos, ao desperdício de água direta e indireta e o controle de pontos críticos de poluição podem ser inferidos através da adoção de novos modelos de atuação públicos e privados, conforme proposto neste trabalho, utilizando como exemplo a bacia hidrográfica urbana do ribeirão Cambé, podendo ser adaptado para outros cenários urbanos. A proposta de implantação deste modelo de gestão está fundamentada em dois pontos principais:

- inclusão do endereço hidrográfico na base de dados do IBGE, Estados e Municípios, incorporando efetivamente as bacias hidrográficas nos dados governamentais;

- adequação dos processos de licenciamento ambiental para a adoção das bacias hidrográficas e do consumo indireto da água para os diversos tipos de uso, seguindo as diretrizes da pegada hídrica.

Apoiado nestas adaptações aos dados oficiais espera-se obter informações importantes quanto a capacidade de assimilação de poluentes, avaliações de escassez e sustentabilidade hídricos, conflitos pelo uso da água e pontos críticos de poluição, dentre outros, objetivando futuras intervenções político-administrativas mais eficientes.

6.1 O RECORTE ESPACIAL DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

A metodologia proposta por Hoekstra et.al (2011) demonstram a necessidade do recorte espacial e temporal para a elaboração dos cálculos e a avaliação da pegada hídrica em todas as suas possíveis dimensões, enquanto Chini, Konar e Stillwell (2016) enfatizam a importância do conhecimento dos fluxos de água direto e indiretos para a segurança alimentar e hídrica da crescente população urbana aliados a fatores como mudanças climáticas e ciclo urbano da água. Conforme exposto neste trabalho, a variabilidade temporal na obtenção de dados oficiais e a ausência da adoção efetiva das bacias hidrográficas como áreas espaciais de análise pelo Censo e demais documentos oficiais governamentais, limitam o escopo de avaliação, tornando as estimativas altamente conservadoras.

Sendo os recursos hídricos essenciais para a sustentabilidade de um sistema urbano, a proposta de soluções conjuntas entre os principais atores que fazem uso de espaços geográficos delimitados, podem resultar na implementação de medidas que levem à redução da pegada hídrica em bacias hidrográficas urbanas. Além disso, novas ferramentas de classificação territorial tornam-se fundamentais para um maior reconhecimento local, nacional e internacional e consequentemente fornecem os requisitos necessários para o gerenciamento governamental mais eficaz.

Desta forma, para que o modelo de gestão ambiental seja efetivamente baseado em bacias hidrográficas, é necessária a inclusão dos dados relativos a estas áreas geográficas nos levantamentos efetuados pelo IBGE.

Atualmente, o critério base adotado no Brasil é a divisão legal ou político administrativa, delimitada por decisão legislativa dos municípios. No entanto, o Instituto realizará o próximo Censo Demográfico Brasileiro através de uma nova classificação territorial de espaços rurais e urbanos (IBGE, 2017), baseando-se em experiências internacionais, especialmente de países americanos e europeus, órgãos internacionais como a OCDE

(Organisation for Economic Co-Operation and Development) e a União Europeia, com foco em ações públicas e privadas para o planejamento territorial brasileiro frente aos cenários de intensa urbanização no país e às novas dinâmicas rurais.

Os estudos efetuados pelo IBGE neste sentido apontaram que embora grande parte dos órgãos estatísticos nacionais adotem a divisão administrativa ou o patamar demográfico da localidade, podem ser associados outros critérios de análise, atendendo uma escala global onde

[...] além da Nova Agenda Urbana tem grande destaque na Habitat III, a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - ODS, em especial o ODS 111, que propõe tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. O envolvimento da comunidade internacional na implementação de um objetivo com metas e indicadores dedicados à temática urbana e aos assentamentos humanos demonstra o grande impacto da urbanização nos territórios nacionais (IBGE, 2017, p. 09).

Baseando-se nestes princípios, a nova classificação metodológica proposta pelo IBGE trabalha a tipologia municipal rural-urbano através do critério principal da densidade demográfica, não se limitando à divisão política, sendo proposto o seguinte recorte espacial de análise: município predominantemente urbano; município intermediário adjacente; município intermediário remoto; município rural adjacente; e município rural remoto.

Esta abordagem demonstra o aprimoramento constante do órgão em discussões acerca de um refinamento de informações frente a amplitude e complexidade no desenvolvimento de reflexões, conceitos e técnicas contemporâneas voltadas ao detalhamento na base de dados, abrindo caminhos para novas classificações e abordagens.

Embora a última coleta de dados relativas à contagem da população fosse dividida em agregados por bairro, agregados por distrito e agregados por setores censitários, realizada por meio de entrevista presencial com computador de mão (PDA – Personal Digital Assistant) e a unidade de investigação e análise fosse efetuada através de pessoa e domicílio, o Instituto utiliza o recorte das bacias hidrográficas para os temas relacionados ao saneamento básico desde os anos 2000, acompanhando as promulgações de legislações federais.

O Atlas de Saneamento 2011 (IBGE, 2011, p.1) enfatiza a importância dos processos sistêmicos que ocorrem neste espaço geográfico para garantir a sustentabilidade no planejamento e manejo dos recursos hídricos e apresenta informações relativas à vulnerabilidade dos elementos naturais, sociais e econômicos e os serviços ambientais existentes na bacia, [...] “através do levantamento de dados de população, uso do solo, produção e consumo da sociedade, qualidade e quantidade disponível de água, bem como os usos dados

às mesmas [...]”, utilizando informações agregadas por bacias hidrográficas nível 2, ou seja, uma subdivisão das 12 grandes bacias do país em 83 unidades hidrográficas, sendo possível, no futuro, ampliar esses levantamentos ao nível de bacias hidrográficas de pequena extensão, ou de primeira ordem, a exemplo do Programa “O rio da minha rua” criado pela equipe técnica do Núcleo de Recursos Hídricos da Secretaria Municipal do Ambiente de Londrina em meados dos anos 2000 (LONDRINA, 2007).

Essa importância estratégica de um recorte detalhado garantirá as análises de dados referentes aos recursos hídricos essenciais para a sustentabilidade dos sistemas urbanos locais e pode ser implantada através da adoção das informações relativas às bacias hidrográficas de primeira ordem na coleta de dados do Censo pelo IBGE. Para o Recenseamento 2020 o Instituto apresenta de forma experimental, o Questionário Básico composto de 26 perguntas e o Questionário da Amostra, com 76 questões. Baseando-se nestes documentos oficiais, se propõe a inclusão do endereço hidrográfico na identificação do domicílio, conforme figuras 43 e 44. Esta identificação deverá ser inserida pelo recenseador treinado pelo IBGE, fundamentado nos bancos de dados das bacias hidrográficas de primeira ordem e servirá de base para implementação da pegada hídrica através dos licenciamentos ambientais.

Figura 43 - Questionário básico (IBGE) com o endereço hidrográfico

 Censo Demográfico 2020 CD 2020 QUESTIONÁRIO BÁSICO (Censo Experimental)	MUNICÍPIO: <input type="text"/> AGÊNCIA: <input type="text"/>						
1 IDENTIFICAÇÃO DO DOMICÍLIO							
1.01 UF	1.02 MUNICÍPIO	1.03 DISTRITO	1.04 SUBDISTRITO	1.05 SETOR	1.06 Nº DA QUADRA	1.07 Nº DA FACE	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
1.08 SEQ ENDEREÇO		1.09 SEQ COLETIVO		1.10 SEQ ESPÉCIE			
<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>			
 Endereço hidrográfico							

Fonte: IBGE (2020b). Org. a própria autora

Figura 44 - Questionário amostra (IBGE) com o endereço hidrográfico

The figure shows a screenshot of the 2020 Brazilian Census (Censo Demográfico 2020) sample questionnaire. At the top left is the IBGE logo with the text 'censo 2020'. To the right, there are fields for 'MUNICÍPIO:' and 'AGÊNCIA:'. Below this is section 1 titled 'IDENTIFICAÇÃO DO DOMICÍLIO' (Identification of Residence). This section contains several input fields: 1.01 UF (UF), 1.02 MUNICÍPIO (Municipality), 1.03 DISTRITO (District), 1.04 SUBDISTRITO (Subdistrict), 1.05 SETOR (Sector), 1.06 Nº DA QUADRA (Number of Block), 1.07 Nº DA FACE (Number of Face), 1.08 SEQ ENDEREÇO (Address Sequence), 1.09 SEQ COLETIVO (Collective Sequence), and 1.10 SEQ ESPÉCIE (Species Sequence). A blue arrow points from the 'Endereço hidrográfico' label at the bottom right towards the 1.08 SEQ ENDEREÇO field.

Fonte: IBGE (2020c). Org. a própria autora

Esta proposta de uso do endereço hidrográfico nos recenseamentos configura um importante passo no aprimoramento dos dados existentes e na construção efetiva do planejamento e gestão públicos eficientes para a regulação do uso das águas, avaliando os desdobramentos das ações humanas sobre o equilíbrio hidrológico destes sistemas, seus componentes, processos e interações, sendo estratégico na tomada de decisões acerca de uma visão sistêmica e integrada dos ambientes urbano e rural.

6.2 A INCLUSÃO DA ÁGUA VIRTUAL E DA PEGADA HÍDRICA NOS LICENCIAMENTOS AMBIENTAIS

Baseando-se nos processos de licenciamentos ambientais no Brasil que são divididos em três esferas de competência, sem superposição: federal, estadual e municipal pretende-se aqui apresentar um modelo com diretrizes contemporâneas acerca da inclusão dos conceitos da pegada hídrica e da água virtual em bacias hidrográficas urbanas de pequena extensão, através de complementações no modelo existente para o município de Londrina e que pode ser adaptado para outros municípios brasileiros, assegurado o cumprimento das legislações específicas relativas a cada localidade.

A proposta de implantação de um modelo de licenciamento ambiental municipal que inclua os dados relativos ao cálculo da pegada hídrica exige também ajustes nas esferas de análise do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) e do IAT (Instituto Água e Terra) uma vez que os processos de autorizações/licenciamentos ambientais devem ser obtidos obedecendo as legislações vigentes,

que vinculam a competência do órgão licenciador aos seguintes requisitos: localização, natureza da atividade, potencial poluidor e porte do empreendimento a ser implantado.

Portanto, esta proposta sugere as adequações necessárias com a inclusão de dados que permitam o desenvolvimento de uma plataforma única de licenciamento nacional, com a base territorial de análise apoiada nas bacias hidrográficas de primeira ordem, onde a capacidade de suporte de um corpo receptor seja facilmente detectada por ocasião da solicitação de implantação de um novo empreendimento em determinada bacia hidrográfica, independente da esfera do órgão licenciador, conforme preconiza a Resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011a) e os conceitos da pegada hídrica, através do uso consuntivo do fluxo de escoamento superficial e/ou subterrâneo e o volume de água necessário para a assimilação de poluentes e ainda, mapear os usos diretos e indiretos dos recursos hídricos para os empreendimentos licenciáveis.

6.2.1 Licenciamento Ambiental Federal

A implantação de quaisquer empreendimentos, deverá obedecer ao enquadrado nos parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira. De acordo com a Lei Complementar 140/2011, a união é responsável pelos licenciamentos ambientais de empreendimentos e atividades indicados no art. 7º, inciso XIV, alíneas “a” a “h” e parágrafo único

[...]

- a) localizados ou desenvolvidos conjuntamente no Brasil e em país limítrofe;
- b) localizados ou desenvolvidos no mar territorial, na plataforma continental ou na zona econômica exclusiva;
- c) localizados ou desenvolvidos em terras indígenas;
- d) localizados ou desenvolvidos em unidades de conservação instituídas pela União, exceto em Áreas de Proteção Ambiental (APAs);
- e) localizados ou desenvolvidos em 2 (dois) ou mais Estados;
- f) de caráter militar, excetuando-se do licenciamento ambiental, nos termos de ato do Poder Executivo, aqueles previstos no preparo e emprego das Forças Armadas, conforme disposto na Lei Complementar nº 97, de 9 de junho de 1999;
- g) destinados a pesquisar, lavrar, produzir, beneficiar, transportar, armazenar e dispor material radioativo, em qualquer estágio, ou que utilizem energia nuclear em qualquer de suas formas e aplicações, mediante parecer da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen); ou
- h) que atendam tipologia estabelecida por ato do Poder Executivo, a partir de proposição da Comissão Tripartite Nacional, assegurada a participação de um membro do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), e considerados os critérios de porte, potencial poluidor e natureza da atividade ou empreendimento;

Parágrafo único. O licenciamento dos empreendimentos cuja localização compreenda concomitantemente áreas das faixas terrestre e marítima da zona costeira será de atribuição da União exclusivamente nos casos previstos em tipologia estabelecida por ato do Poder Executivo, a partir de proposição da Comissão Tripartite Nacional, assegurada a participação de um membro do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e considerados os critérios de porte, potencial poluidor e natureza da atividade ou empreendimento (BRASIL, 2011b).

O Decreto Federal 8.437/2015 (BRASIL, 2015) regulamenta a alínea “h” e o Parágrafo Único define, detalhadamente, quais os empreendimentos e atividades que demandam o licenciamento ambiental federal (LAF) evitando assim, quaisquer sobreposições com os demais órgãos licenciadores estaduais ou municipais (Tabela 34)

Tabela 34 – Empreendimentos e atividades com competência de licenciamento pelo IBAMA

Empreendimento ou atividade	Casos em que a competência é do Ibama
Rodovias Federais	<ul style="list-style-type: none"> a. Implantação; b. Pavimentação e ampliação de capacidade com extensão igual ou superior a duzentos quilômetros; c. Regularização ambiental de rodovias pavimentadas, podendo ser contemplada a autorização para as atividades de manutenção, conservação, recuperação, restauração, ampliação de capacidade e melhoramento; d. Atividades de manutenção, conservação, recuperação, restauração e melhoramento em rodovias federais regularizadas. <p>O disposto no item a e b, em qualquer extensão, não se aplica nos casos de contornos e acessos rodoviários, anéis viários e travessias urbanas.</p>
Ferrovias federais	<ul style="list-style-type: none"> a. Implantação; b. Ampliação de capacidade; c. Regularização ambiental de ferrovias federais. <p>Não se aplica nos casos de implantação e ampliação de pátios ferroviários, melhoramentos de ferrovias, implantação e ampliação de estruturas de apoio de ferrovias, ramais e contornos ferroviários.</p>
Hidrovias federais	<ul style="list-style-type: none"> a. Implantação; b. Ampliação de capacidade cujo somatório dos trechos de intervenções seja igual ou superior a duzentos quilômetros de extensão.
Portos organizados	<p>Todos, com exceto das instalações portuárias que movimentem carga em volume inferior a 450.000 TEU/ano ou a 15.000.000 ton./ano.</p>
Terminais de uso privado e instalações portuárias	<p>Terminais de uso privado e instalações portuárias que movimentem carga em volume superior a 450.000 TEU/ano ou a 15.000.000 ton./ano.</p>

Petróleo, gás natural e outros hidrocarbonetos fluidos	a. Exploração e avaliação de jazidas, compreendendo as atividades de aquisição sísmica, coleta de dados de fundo (piston core), perfuração de poços e teste de longa duração quando realizadas no ambiente marinho e em zona de transição terra-mar (offshore); b. Produção, compreendendo as atividades de perfuração de poços, implantação de sistemas de produção e escoamento, quando realizada no ambiente marinho e em zona de transição terra-mar (offshore); c. Produção, quando realizada a partir de recurso não convencional de petróleo e gás natural, em ambiente marinho e em zona de transição terra-mar (offshore) ou terrestre (onshore), compreendendo as atividades de perfuração de poços, fraturamento hidráulico e implantação de sistemas de produção e escoamento.
Usinas hidrelétricas	Usinas hidrelétricas com capacidade instalada igual ou superior a trezentos megawatt.
Usinas termelétricas	Usinas termelétricas com capacidade instalada igual ou superior a trezentos megawatt.
Usinas eólicas	Empreendimentos e atividades offshore e zona de transição terra-mar.

Fonte: Brasil (2015). Org.: a própria autora

O LAF está disponível no Portal do IBAMA e a solicitação do licenciamento ambiental federal ocorre através do preenchimento da Ficha de Caracterização de Atividade – FCA onde são disponibilizados, pelo empreendedor, os dados relativos à caracterização do projeto conceitual do empreendimento e da área de intervenção, através da relação entre os principais elementos do negócio proposto e os dados espaciais. Desta forma, a localização do empreendimento e de todos os elementos que compõe o arranjo conceitual do projeto e os limites de abrangência dos impactos sobre os meios físico, biótico e socioeconômico que poderão ser causados durante as fases de instalação e operação do futuro empreendimento, deverão subsidiar as etapas seguintes de avaliação dos impactos ambientais.

Em decorrência dos tipos de empreendimentos e atividades que demandam licenciamento ambiental federal em relação à sua abrangência, relevância e/ou extensão, define-se as categorias de informações para os dados ambientais disponibilizados por órgãos públicos de âmbito federal, a exemplo da figura 45, onde a categoria de informação para a hidrografia utiliza a divisão hidrográfica nacional, com 12 (doze) regiões hidrográficas, conforme discutido no capítulo 1 deste estudo, sendo sugerida a inclusão do endereço hidrográfico para cada corpo hídrico afetado pelo empreendimento em análise, através da utilização das bacias hidrográficas de primeira ordem.

Figura 45 - Categorias de Informação – FCA/IBAMA com o endereço hidrográfico

CATEGORIA DA INFORMAÇÃO (EDGV)	CATEGORIA DA INFORMAÇÃO (IBAMA)	NOME DAS CAMADAS	ÓRGÃO RESPONSÁVEL
Hidrografia	Corpos Hídricos	Massa d'água	ANA
		Curso d'água	ANA
		Divisão hidrográfica nacional	ANA
Limites	Limites administrativos	Unidades da Federação	IBGE
		Municípios	IBGE
		Unidades de conservação	MMA
	Áreas especiais	Terras indígenas	FUNAI
		Comunidades quilombolas	INCRA
		Amazônia legal	IBGE
Estrutura econômica	Mineração	Biomias	IBGE
		Processos minerários	DNPM
	Petróleo e gás	Blocos exploratórios	BDEP-ANP
Relevo		Campos de produção	BDEP-ANP
		Área do pré-sal	BDEP-ANP
		Batimetria	BDEP-ANP

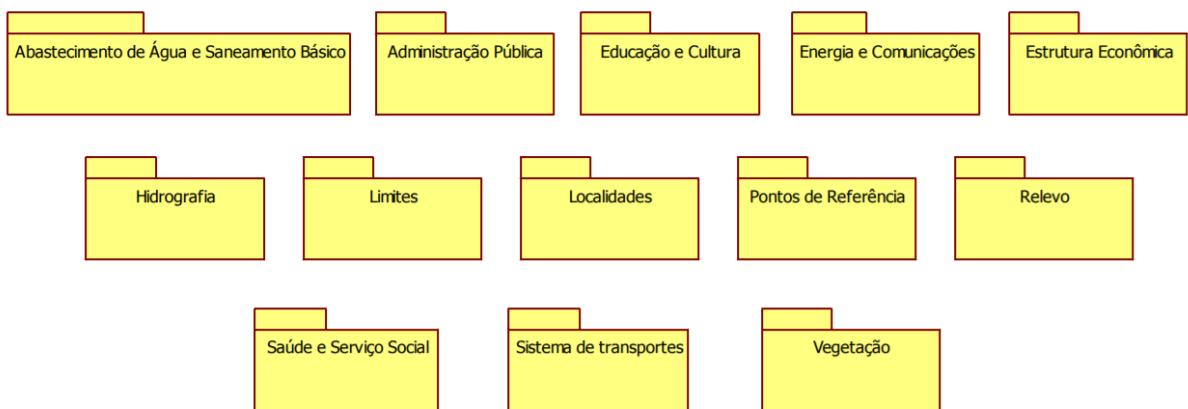
Endereço hidrográfico

Fonte: Brasil (2019a, p. 51). Org. a própria autora

A definição do(s) endereço(s) hidrográfico(s) será efetuada em decorrência da área de estudo proposta e da necessidade de avaliação de cada meio (físico, biótico e socioeconômico) identificando todos os cursos d'água afetados nos “mapas temáticos”, sub-item “hidrografia-curso d'água” disponibilizados na plataforma do IBAMA.

O pacote de dados disponibilizados na FCA obedece aos padrões nacionais de dados geográficos vetoriais pelo INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais) que tem como um dos objetivos “promover o adequado ordenamento na geração, no armazenamento, no acesso, no compartilhamento, na disseminação e no uso dos dados geoespaciais de origem federal, estadual, distrital e municipal, em proveito do desenvolvimento do País” (BRASIL, 2019b, p. 44) onde as informações são agrupadas por natureza e funcionalidades (figura 46)

Figura 46 - Diagrama de pacotes de categorias de informação da Estrutura de Dados Geoespaciais Vetoriais – EDGV, homologada pela Concar



Fonte: Brasil (2019a, p. 49)

Este escopo, embora fundamental para suportar os licenciamentos, caracterizar detalhadamente o local de estudo e as áreas afetadas pelos potenciais impactos ambientais, de acordo com os meios analisados, representam dados relativos somente ao consumo e poluição diretos da água. No entanto, oferecem a estrutura necessária para a proposta de inclusão das informações relacionadas à pegada hídrica e água virtual com dados específicos, fortalecendo futuras avaliações do consumo e poluição indiretos da água e do ciclo hidrológico urbano, conforme especificado na proposta de gestão – seção 6.3.

6.2.2 Licenciamento Ambiental Estadual

Excetuados os casos de competência federal, os Estados definem os critérios e procedimentos a serem adotados para os processos de licenciamento através de normatizações específicas. No Estado do Paraná, a Lei 20.070/2019 incorporou o Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG) e o Instituto das Águas do Paraná (Águas Paraná) pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), originando o Instituto Água e Terra (IAT) que apresenta como uma das finalidades básicas definidas no Art. 3º, inciso III

[...]

conceder o Licenciamento Ambiental, Autorização Ambiental e Outorga de Recursos Hídricos de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental [...] (PARANÁ, 2019).

O sistema de licenciamento ambiental online adotado é o SGA – Sistema de Gestão Ambiental (PARANÁ, 2020) que recebe licenciamentos e autorizações ambientais e autorizações florestais das atividades industriais; comerciais e de serviços; agropecuárias para suinocultura e avicultura; imobiliárias; tratamento, armazenamento e disposição final de resíduos sólidos industriais, urbanos e de serviços de saúde; e postos de combustíveis. As demais atividades licenciáveis são protocoladas de forma física junto aos escritórios regionais do IAT e todos os processos estão fundamentados na Resolução CEMA 105/2019, que dispõe sobre o licenciamento ambiental quanto à localização, instalação, ampliação e operação para empreendimentos, atividades ou obras degradadoras e/ou modificadoras do meio ambiente no Estado (PARANÁ, 2019a).

O porte, a localização e o potencial poluidor, de acordo com a norma citada, são os pilares da classificação/enquadramento de empreendimentos e das tipologias de atividades passíveis de licenciamento ambiental através da utilização dos seguintes atos administrativos para os controles ambientais, salvo Resoluções específicas e respeitadas as legislações municipais:

- Declaração de Dispensa de Licenciamento Ambiental Estadual (DLAE);
- Declaração de Inexigibilidade de Licença Ambiental (DILA);
- Licença Ambiental Simplificada (LAS);
- Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO);
- Autorização Ambiental (AA);
- Autorização Florestal (AF).

De acordo com a Resolução CEMA 105/2019, art. 27, inciso I, para os recursos hídricos superficiais, subterrâneos e costeiros, os controles restringem-se à poluição causada por efluentes líquidos, resíduos sólidos, sedimentos e produtos químicos, não havendo quaisquer detalhamentos objetivando avaliações acerca da quantidade de água necessária à diluição destes poluentes, capacidade de suporte do corpo receptor e/ou zona de mistura (PARANÁ, 2019a).

O Estado possui ainda normas específicas com regulamentações, critérios orientadores e limites normativos para o licenciamento ambiental de atividades relativas à implantação de empreendimentos para armazenagem e comercialização de agrotóxicos; assentamento e reforma agrária; aterro sanitário; avicultura; fornos para produção de carvão; picadores de lenha e resíduos; pequenas explorações de cascalheiras para prefeituras; cemitérios; despalha de cana de açúcar; drenagem urbana; eletrificação rural; embalagem pós-consumo de óleo lubrificante; empreendimento de fauna silvestre; empreendimentos

hidrelétricos de geração, transmissão e subestação; empreendimentos imobiliários; empreendimentos industriais em geral; empreendimentos comerciais e de serviços; empreendimentos náuticos; fábrica do agricultor; fundição de chumbo; gerenciamento de resíduos sólidos no que se refere a transporte, armazenamento, tratamento e disposição final; incinerador de resíduos; lavadores de veículos; mineração; programa de irrigação noturna; piscicultura; postos de combustíveis; queima de resíduos em caldeira; manutenção de rodovias; saneamento; serviços de saúde; suinocultura e transporte (PARANÁ, 2020a).

As avaliações em relação as informações solicitadas sobre os recursos hídricos para os processos de licenciamento ambientais, incluindo os que possuem normas específicas, estão relacionados na sequência, divididos por atos administrativos, conforme disponibilizados no site do IAP e no SGA (PARANÁ, 2020).

Os documentos e informações necessários para a DLAE incluem o cadastro de empreendimentos industriais (CEI – Anexo B) que apresenta campos relacionados à localização, utilização, tratamento e disposição final dos recursos hídricos:

- Campo 22: corpo hídrico receptor (se for ocaseo) ou corpo hídrico mais próximo;
- Campo 23: bacia hidrográfica;
- Campo 30: água utilizada - origem (rede pública, poços, cursos d'água, outros);
- Campo 31: consumos previstos (m^3/dia) humano;
- Campo 32: consumos previstos (m^3/dia) industrial;
- Campo 33: despejos previstos (m^3/dia) esgoto sanitário;
- Campo 34: despejos previstos (m^3/dia) efluente industrial líquido;
- Campo 35: destino final (no caso de lançamentos em ETE informar nome da mesma) do esgoto sanitário;
- Campo 36: destino final (no caso de lançamentos em ETE informar nome da mesma) do efluente industrial líquido.
- Campo 49: despejos líquidos: fontes geradoras dos despejos líquidos;
- Campo 50: despejos líquidos: destinação;
- Campo 51: despejos líquidos: quantidade;
- Campo 61: despejos líquidos: descrição do sistema de tratamento e/ou disposição final dos efluentes industriais líquidos.

As informações relativas às fontes de energia e equipamentos, matérias-primas utilizadas, produtos e subprodutos elaborados, resíduos sólidos, despejos líquidos e emissões atmosféricas associadas aos sistemas de tratamento adotados também compõe o requerimento.

O cadastro para empreendimentos comerciais e de serviços (CCS – Anexo C) segue o padrão do CEI, com algumas modificações como consumo previsto para outros usos, despejo e destino final de efluentes líquidos, campos específicos para resíduos sólidos do serviço de saúde, produtos armazenados e a capacidade de armazenamento e número de leitos (para hotéis, pousadas, hospitais, clínicas, etc).

Para a LAS, além do CEI ou CCS, é solicitado croqui de localização do empreendimento, contendo nascentes e/ou corpos hídricos em um raio de 100 m [...] além de “dispensa de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos da Suderhsa para utilização de recursos hídricos, inclusive para o lançamento de efluentes líquidos em corpos hídricos, se for o caso”. Nesta modalidade também está contemplado o Projeto Simplificado do Sistema de Controle de Poluição Ambiental, com as seguintes informações hídricas:

- Fonte abastecedora de água;
- Corpo receptor;
- Descrição do sistema de captação e disposição de águas pluviais;
- Informações sobre a quantidade e qualidade (caracterização) dos efluentes líquidos industriais;
- Descrição do (s) sistema (s) de tratamento (s) adotado (s) para o tratamento do esgoto sanitário;
- Dimensionamento (memorial de cálculo) das unidades que compõem o sistema;
- Descrição do (s) sistema (s) de tratamento (s) adotado (s) para o tratamento de efluentes líquidos industriais;
- Caracterização do corpo receptor;
- descrição técnica da metodologia de disposição de efluentes no solo para uso agrícola;
- Projetos de disposição de efluentes líquidos industriais, após tratamento, no solo.

Quando a modalidade de licenciamento apontar o enquadramento como LP, LI e LO são utilizados os mesmos requisitos descritos para a LAS, acrescidos da necessidade da apresentação de autorização da concessionária dos serviços de água e esgoto para lançamento de efluentes industriais na rede coletora de esgotos sanitários, informando a respectiva ETE e de estudos ambientais a serem definidos por Termos de Referência elaborados pelo órgão ambiental competente, baseados em diretrizes específicas para cada empreendimento ou atividade, conforme o art. 54 da Resolução CEMA 105/2019, incisos I a IX

“Estudo de Impacto Ambiental-EIA; Estudo Ambiental Simplificado-EAS; Estudo de Conformidade Ambiental-ECA; Plano de Controle Ambiental-PCA; Projeto de Controle de Poluição Ambiental-PCPA; Relatório de Impacto Ambiental-RIMA; Relatório Ambiental Prévio-RAP; Relatório Ambiental Simplificado-RAS; Estudo de Passivo Ambiental (PARANÁ, 2019a).

Para os licenciamentos enquadrados nas Autorizações Ambientais (AA) o formulário correspondente é o Cadastro Simplificado para Obras Diversas (COD – Anexo D) que apresenta dois campos específicos para sinalização e caracterização dos recursos hídricos:

- Campo 28: corpos d’água, rios ou bacias transpostos;
- Campo 33: croqui da obra (detalhar rios próximos do empreendimento).

As solicitações de Autorização Florestal são efetuadas diretamente no Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (Sinaflor) e não exigem quaisquer informações acerca dos recursos hídricos, enquanto a DILA, embora mencionada na Resolução CEMA 105/2019 (PARANÁ, 2019a) ainda não está inserida no site do Instituto (PARANÁ, 2020a).

Ressalta-se que nos atos administrativos DLAE, LAS, LP, LO e LO, os cadastros de empreendimentos industriais possuem um campo destinado aos tipos e quantidades de matérias-primas utilizadas nos processos; e os produtos e subprodutos gerados, sendo importantes instrumentos para o cálculo da pegada hídrica, especialmente a indireta. Ainda, são solicitadas informações e autorizações relativas ao uso dos recursos hídricos, conforme Resolução CEMA 105/2019 art. 11

Em se tratando de empreendimentos, atividades ou obras que necessitem de uso de recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos (captação, lançamento ou derivação), o empreendedor deverá requerer a Outorga Prévia e de Direito de Uso dos Recursos Hídricos emitida pelo órgão ambiental estadual ou manifestação da Agência Nacional de Águas - ANA, quando for o caso (PARANÁ, 2019a).

O Instituto das Águas do Paraná, recentemente incorporado pelo IAT, é o órgão responsável pela emissão de outorgas prévias e outorgas de direito para o uso de águas superficiais e subterrâneas e para intervenções que alterem a quantidade ou qualidade de um corpo hídrico sob domínio estadual, baseado no Decreto 9.957/2014, art. 6º

I - derivações ou captação de parcela de água existente em um corpo hídrico, para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

III - lançamento em corpo de água, de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

IV - usos de recursos hídricos para aproveitamento de potenciais hidrelétricos;

V - intervenções de macrodrenagem urbana para retificação, canalização, barramento e obras similares que visem ao controle de cheias;

VI - outros usos e ações e execução de obras ou serviços necessários à implantação de qualquer intervenção ou empreendimento, inclusive as intervenções visando o controle de erosão e a proteção sanitária, que demandem a utilização de recursos hídricos, ou que impliquem em alteração, mesmo que temporária, do regime, da quantidade ou da qualidade da água, superficial ou subterrânea, ou, ainda, que modifiquem o leito e margens dos corpos de água (PARANÁ, 2014).

A documentação a ser apresentada para o órgão outorgante inclui dados relativos à “localização, apresentada em carta geográfica publicada por entidade oficial, em escala adequada, dos pontos correspondentes a derivação, a captação ou extração de recursos hídricos [...] aos lançamentos de efluentes [...] aos empreendimentos, aproveitamentos e intervenções” (PARANÁ, 2020b).

O órgão atua com 04 tipos de requerimentos para outorga prévia de recursos hídricos, com informações detalhadas para cada tipo de intervenção e meio físico afetado:

- Requerimento para captação - RCA: captações superficiais e subterrâneas;
- Requerimento para lançamento de efluentes - RLE: diluição de efluentes;
- Requerimento para aproveitamento hidrelétrico - RAH: geração de energia elétrica;
- Requerimento para intervenções e obras - RIO: obras de canalizações e/ou bueiros, retificações, travessias, barragens, dragagens, proteção de leito/margem e outras obras.

Estabelece também um Requerimento para cadastro de uso independente de outorga – RUO, destinado ao cadastro para dispensa de outorgas, baseado na Resolução SEMA 39/2004, que define, em seu art. 1º, incisos I a III, os usos insignificantes

I - Acumulações com volume de até 15.000 m³, ou com área de espelho d’água inferior ou igual 10.000 m², ou com altura de barramento inferior a 1,5 m;
 II – Derivações e captações individuais até 1,8 m³/h;
 III – Lançamentos de efluentes em corpos d’água com vazão até 1,8 m³/h (PARANÁ, 2004).

Os parágrafos 1º e 2º apresentam as restrições quanto às vazões outorgáveis e de diluição

§ 1º Quando a soma das derivações e captações consideradas insignificantes atingir 20 % da vazão outorgável em um dado manancial, não mais devem ser dispensadas ou permitidas novas derivações ou captações, ficando sujeitas aos procedimentos legais de outorga.

§ 2º Os lançamentos de efluentes com a vazão acima só serão considerados insignificantes se a vazão para diluição do efluente for igual ou inferior a 50% da Q95 (vazão natural com permanência de 95% do tempo), e mesmo que

considerados insignificantes, deverão ser licenciados pelo Instituto Ambiental do Paraná – IAP (PARANÁ, 2004).

A análise dos requerimentos aponta que as informações gerais como tipo, identificação do requerente, identificação do recurso hídrico, finalidade e características do uso, outras informações e dados do responsável pelas informações fazem parte do escopo geral de avaliações solicitadas para as outorgas de recursos hídricos no Paraná.

A identificação do recurso hídrico, presente em todos os requerimentos, assegura campos relativos ao nome do manancial/corpo receptor/corpo d'água/curso d'água e bacia hidrográfica à exceção do RUIO; as coordenadas dos pontos de captação/lançamento/eixo da barragem/intervenção, conforme a finalidade proposta e os campos destinados às informações relativas à finalidade e características do uso são os que mais se diferem, exigindo um maior detalhamento.

No RCA são requeridos dados de consumo humano e abastecimento público, com consumo per capita e previsão de perdas, consumo de água e previsão de perdas para os processos/produção industriais, cultura, área, tipo de irrigação e de reservatório e períodos de cultivo para irrigação. Para a aquicultura incluem tipo de criação, número de tanques, área e profundidade da lâmina d'água, número de cabeças e consumo per capita para dessedentação de animais. Acrescenta também o consumo de água previsto para outras finalidades como combate a incêndio, controle de emissão de partículas e envase de água, lavagem de areia, artigos têxteis, produtos de origem vegetal e veículos, lazer, limpeza, pesquisa/monitoramento, pulverização agrícola, uso geral e outros. Inclui as horas, dias e meses de captação para cada uso e os equipamentos que serão utilizados, com suas respectivas potências e demais características que interferem diretamente na captação.

O RLE aponta a origem do efluente e a contribuição diária per capita, com vazão em horas, dias e meses de lançamento; descrição e eficiência percentual do tratamento proposto; monitoramento do corpo receptor a montante e jusante do ponto de lançamento; a origem e o tipo de captação da água utilizada; reuso, reciclo e descarte.

No requerimento destinado ao aproveitamento hidrelétrico as finalidades e características do uso são específicas para a geração de energia elétrica e, ainda, possui um campo destinado à autorização da ANEEL.

A exemplo do RCA, o requerimento para intervenções e obras (RIO) apresenta várias finalidades de uso, adaptadas a cada tipo de obra para a qual será solicitada a intervenção e os dados requeridos seguem esta diversidade. Neste caso, a identificação do recurso hídrico

afetado possui as coordenadas de intervenção para um espaço geográfico e não para um ponto específico, como nos requerimentos anteriores. O RUO apresenta uma versão adaptada, porém resumida dos outros documentos, excetuando-se o requerimento específico destinado ao aproveitamento hidrelétrico.

As referências correspondentes ao licenciamento ambiental e às concessões são demandadas em todos os requerimentos, enquanto as autorizações junto ao DNPM seguem o modelo proposto no RCA para o RIO e para o RUO. Informações relacionadas ao local de lançamento dos efluentes complementam as informações do RCA, os dados de captação são solicitados para o RLE e os registros e autorizações da ANEEL fundamentam o RAH.

Desta forma, foi possível constatar que os dados solicitados nos documentos para outorgas no Águas Paraná contemplam as informações relativas a origem, ao consumo de água e à diluição de efluentes, sendo necessárias adaptações para inclusão do endereço hidrográfico e pegada hídrica, a serem estendidas aos processos de licenciamento ambientais, criando uma rede de informações concisas e pertinentes a todos os tipos de usos das águas, incluindo os usos insignificantes que também são importantes a nível do cálculo da pegada hídrica em bacias hidrográficas de pequena extensão, principalmente em áreas urbanas, quando a concentração de várias atividades, mesmo as consideradas insignificantes em um espaço territorial reduzido, podem resultar em pegadas hídricas consideráveis, especialmente as pegadas hídricas azuis e cinzas.

No Estado do Paraná, de acordo com a SEDEST - Secretaria do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo (PARANÁ, 2020c) os municípios que possuem descentralização dos licenciamentos ambientais aprovados e que podem compor o futuro banco de dados para o consumo e poluição hídricos diretos e indiretos proposto neste trabalho são: Arapongas, Araucária, Campo Largo, Cascavel, Castro, Clevelândia, Curitiba, Diamante do Sul, Fazenda Rio Grande, Foz do Iguaçu, Guarapuava, Guaratuba, Ipiranga, Jaguariaíva, Londrina, Maringá, Paranaguá, Paranavaí, Pinhais, Pinhalão, Piraquara, Ponta Grossa, Quatro Barras, São José dos Pinhais, Alto Paraíso, Altônia, Icaraíma, Guaíra, São Jorge do Patrocínio e Terra Roxa, totalizando 30 dos 399 Municípios do Estado.

Considerando que o Município de Cambé ainda não está contemplado com a descentralização, serão detalhados os procedimentos para o licenciamento ambiental instaurado no Município de Londrina.

6.2.3 Licenciamento Ambiental Municipal

Com a mudança na legislação federal, a Lei Complementar 140/2011 fixou normas de cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios para atender os incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal

[...]

III - proteger os documentos, as obras e outros bens de valor histórico, artístico e cultural, os monumentos, as paisagens naturais notáveis e os sítios arqueológicos;

VI - proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas;

VII - preservar as florestas, a fauna e a flora;

Parágrafo único. Leis complementares fixarão normas para a cooperação entre a União e os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, tendo em vista o equilíbrio do desenvolvimento e do bem-estar em âmbito nacional (BRASIL, 1988).

Essas normas de cooperação envolvem as ações administrativas “relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora” (Art. 1º) e ainda prezam pela proteção, defesa e conservação ambientais através da gestão descentralizada, democrática e eficiente, com vistas a “garantir o equilíbrio do desenvolvimento socioeconômico com a proteção do meio ambiente” (Art. 3º, incisos I e II) (BRASIL, 2011b).

Para alcançar os objetivos propostos, a referida Lei Complementar lista uma série de ações administrativas que deverão ser adotadas pela União, Estados e Municípios. Assim, os Municípios receberam várias atribuições, dentre as quais destacam-se:

I - executar e fazer cumprir, em âmbito municipal, as Políticas Nacional e Estadual de Meio Ambiente e demais políticas nacionais e estaduais relacionadas à proteção do meio ambiente;

II - exercer a gestão dos recursos ambientais no âmbito de suas atribuições;

III - formular, executar e fazer cumprir a Política Municipal de Meio Ambiente;

[...]

VI - promover o desenvolvimento de estudos e pesquisas direcionados à proteção e à gestão ambiental, divulgando os resultados obtidos;

VII - organizar e manter o Sistema Municipal de Informações sobre Meio Ambiente;

[...]

XI - promover e orientar a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a proteção do meio ambiente;

[...]

XIII - exercer o controle e fiscalizar as atividades e empreendimentos cuja atribuição para licenciar ou autorizar, ambientalmente, for cometida ao Município (Art. 9º) (BRASIL, 2011b).

Baseado na norma federal, o Conselho Estadual do Meio Ambiente do Paraná publicou a Resolução CEMA nº 088/2013 com critérios, tipologias e procedimentos a serem adotados para atividades, obras e empreendimentos que causem ou possam causar impacto de âmbito local a serem assumidos pelos municípios, desde que comprovada a capacitação através da implantação de normas regulamentadoras, Conselho, fundo municipal, servidores com competência técnica e Sistema Municipal de Informações Ambientais, organizados e em funcionamento (PARANÁ, 2013b). O Anexo Único da Resolução detalha as atividades que podem ser licenciadas divididas por grupos de atividades, atividades específicas e classificação por porte e potencial poluidor/degradador que inclui dados e valores relativos à localização; área construída, impermeabilizada ou superfície ocupada; número de empregados; investimento; quantitativo de produção; tipos e volumes de resíduos gerados; tipos de espécies florestais, tratamentos e equipamentos.

O Município de Londrina adotou o licenciamento ambiental municipal em 2015 e em maio de 2019 a Prefeitura instituiu o SGA “como o sistema oficial de gestão de processos de licenciamento ambiental da Secretaria do Ambiente do Município de Londrina” através da publicação do Decreto 660/2019, evidenciando a necessidade de “uniformização e otimização do processo de licenciamento ambiental municipal” (LONDRINA, 2019a), seguindo os mesmos critérios e documentações solicitadas pelo órgão estadual, excetuados os empreendimentos e atividades enquadrados de pequeno porte e baixo impacto ambiental, que obedecem à Portaria SEMA-GAB nº 7, art. 1º, denominados DLAM (Dispensa de Licenciamento Ambiental Municipal)

[...] empreendimentos comerciais e de serviços, industriais, e de serviços médico, hospitalar, laboratorial e veterinário, cuja atividade atenda todos os critérios abaixo:

- I. Possuir até 10 funcionários;
- II. Possuir até 400 m² de área construída;
- III. Não gerar qualquer efluente líquido além de esgotos sanitários;
- IV. Não gerar resíduos sólidos Classe I (perigosos), conforme normas técnicas vigentes, assim como não ser enquadrado como grande gerador de acordo com a legislação municipal vigente;
- V. Não gerar resíduos de serviços de saúde;
- VI. Não gerar emissões atmosféricas (LONDRINA, 2018).

Conforme demonstrado, o Município de Londrina implementou as normas legais e os instrumentos técnicos que podem ser utilizados para a adoção do modelo de gestão de recursos hídricos proposto neste estudo, viabilizado através de mecanismos de controle existentes nos processos de alvará de funcionamento, licenciamento e autorizações ambientais.

6.3 O LICENCIAMENTO AMBIENTAL COMO INSTRUMENTO PARA AS ANÁLISES DE PEGADA HÍDRICA E ÁGUA VIRTUAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: PROPOSTA DE GESTÃO

A gestão dos recursos hídricos, as análises de vulnerabilidade das bacias hidrográficas e a sustentabilidade dos sistemas de água, energia e alimentos diante da variabilidade climática em áreas urbanas exigem a elaboração de planos de ação locais, através de diagnósticos, projeções e recomendações, que podem ser implementados utilizando a ferramenta da pegada hídrica e as normas legislativas, compartilhadas através das bases de dados dos licenciamentos ambientais.

A introdução de um modelo de governança das águas integrado, participativo e descentralizado, indicado pela ANA, está previsto no pacto nacional pela gestão das águas, onde apontou-se a necessidade da “integração dos aspectos de quantidade e qualidade, integração da gestão de águas com a gestão ambiental, integração da gestão dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e integração da política de recursos hídricos com as políticas setoriais” e os desafios em sua operacionalização (BRASIL, 2013a, p. 3).

Este modelo proposto pelo governo federal impõe a necessidade da implementação de instrumentos de gestão locais para uma atuação administrativa mais eficiente, visando os usos múltiplos, diretos e indiretos das águas, garantindo a sustentabilidade das bacias hidrográficas urbanas.

Desta forma, pretende-se incorporar o endereço hidrográfico, a fusão das plataformas de licenciamento nas três esferas de análise e as informações relativas à pegada hídrica e à água virtual na construção de um modelo para a cidade de Londrina utilizando-se as normas legais e o licenciamento ambiental municipal existentes.

A inclusão do endereço hidrográfico deverá ser oficializada nos documentos municipais, vinculada ao número do IPTU do imóvel e incluída no sistema de gestão ambiental utilizado para os licenciamentos ambientais (Figura 47), devendo o município exigir a inclusão desta informação através da promulgação de uma norma municipal, empregando o conceito de análise de bacia hidrográfica urbana de primeira ordem. Ainda, poderão ser realizadas parcerias para a adoção do endereçamento hidrográfico em faturas de energia elétrica, água e esgoto,

telefonia, comércio e prestadores de serviço, instituições financeiras, meios de comunicação, dentre outros.

Figura 47 – Proposta de inclusão do endereço hidrográfico na identificação do imóvel - SGA

Fonte: Paraná (2020). Org. a própria autora

Esta adoção incorpora, consequentemente, os dados no sistema estadual, uma vez que o município utiliza este sistema de forma integrada. Ajustes serão necessários quanto à definitiva inclusão de todas as modalidades de licenciamento e autorizações ambientais nesta plataforma, considerando que o órgão estadual ainda trabalha com processos físicos e a Prefeitura de Londrina utiliza o sistema SEI (Sistema Eletrônico de Informações) em casos de limitações no sistema SGA.

É necessário também compatibilizar a plataforma SGA com a plataforma SisG-LAF utilizada para os licenciamentos federais, garantindo assim a avaliação adequada relativa ao suporte de cada bacia hidrográfica urbana, por ocasião da solicitação de um novo licenciamento ambiental, independente da instância de análise, estando em concordância com o inciso II do art. 18 da Resolução CEMA 105/2019 que estabelece a obrigatoriedade de [...] “considerar os níveis de tolerância para a carga poluidora na região solicitada” [...] quando da avaliação dos procedimentos relativos ao licenciamento ambiental pelo órgão competente (PARANÁ, 2019a).

Findadas as fases da delimitação territorial, ajustes nos sistemas municipal e estadual e a compatibilização de uso das plataformas de licenciamento ambiental, inicia-se a introdução das informações relativas ao consumo e poluição diretos e indiretos da água, que

deverão ser incorporadas ao SGA, ao SisG-LAF e aos demais documentos oficiais municipais disponíveis, com o intuito de formalizar o maior banco de dados possível com os instrumentos existentes, sendo um trabalho contínuo, que não se resume às explorações aqui iniciadas.

A base de análise para a distribuição setorial das informações necessárias à composição deste banco de dados está fundamentada na Lei de Uso e Ocupação do Solo do Município de Londrina (Lei 12.236/2015), art. 5º que estabelece as categorias de usos

- I. Residencial (R): destinado à moradia permanente;
- II. Comercial (C): destinado aos estabelecimentos comerciais;
- III. Serviço (S): destinado aos estabelecimentos de serviços;
- IV. Industrial (IND): destinados às atividades de produção e transformação;
- V. Institucional (INS): destina-se às atividades públicas, privadas e comunitárias (LONDRINA, 2015).

Para os empreendimentos que não se enquadram em nenhuma modalidade de licenciamento ambiental como a categoria residencial, as informações poderão ser incluídas no alvará de licença para construção e no habite-se. A solicitação do alvará de licença para construção está vinculada ao SEI Municipal onde são efetuadas as análises e aprovações dos projetos de construção, reforma ou ampliação, que devem obedecer ao Código de Obras e as suas regulamentações.

No caso das construções existentes, os dados podem ser os utilizados pela Secretaria de Fazenda e vinculados ao IPTU, que possui a área construída e a área permeável de cada imóvel, devendo ser introduzida a proposta do endereço hidrográfico para todos os casos.

O cálculo referente à evaporação pode ser efetuado em relação à área permeável obrigatória no município, que segundo a Lei 12.236/2015, art. 227 é [...] “na proporção de 20% (vinte por cento) da área total do lote, dentro dos seus limites” (LONDRINA, 2015).

Embora as informações relativas à evaporação não vinculada à produção agropecuária ou industrial, não seja utilizada nos cálculos para as pegadas hídricas, são dados valiosos para uma gestão hídrica urbana eficiente, devido à necessidade da preservação da biodiversidade vinculada à evapotranspiração através da manutenção de áreas verdes.

O município dispõe ainda de regras específicas relativas às construções/obras e aos recursos hídricos no que se refere ao aproveitamento das águas pluviais e reuso de água, através do Código Ambiental Municipal (Lei 11.471/2012), art. 92

Para o licenciamento de construções acima de 200 m² (duzentos metros quadrados) e para o exercício de atividades que utilizem acima de 30 m³ (trinta metros cúbicos) de água por mês, será exigido a implantação de sistema de

aproveitamento de água de chuva e reuso de água, conforme regulamentação específica (LONDRINA, 2012).

A regulamentação específica para a reutilização das águas cinzas e servidas das edificações está especificada na Lei 11.552/2012, arts. 1º e 2º

1º As edificações residenciais e comerciais do Município de Londrina ficam obrigadas a reutilizar a água por meio da reciclagem dos constituintes dos efluentes das águas cinza e águas servidas das edificações, com o objetivo de induzir à conservação do uso racional da água, para que a gestão dos recursos hídricos possa propiciar o uso múltiplo das águas.

2º As disposições desta lei se aplicam às obras novas e às obras de ampliação e/ou reformas que tenham consumo de volume igual ou superior a 20 (vinte) metros cúbicos de água por dia (LONDRINA, 2012a).

O reuso das águas cinzas a nível de lote não está incorporado nos cálculos da pegada hídrica, mas também é uma importante ferramenta com vistas ao tratamento primário na fonte e a redução no desperdício quantitativo de água potável.

A limitação legislativa de área construída (acima de 200 m²) e água utilizada (acima de 30 m³), exigidos para a implantação destes sistemas pode ser revista e ampliada, com o objetivo de instituir esta obrigatoriedade em todas as novas construções e/ou reformas, reduzindo a demanda de água para usos não potáveis e o escoamento superficial direto nos cursos d'água receptores e consequentemente, as inundações e poluição difusa nos exutórios das bacias, além da permanência da água no ciclo urbano por um período temporal maior.

Como a análise da pegada hídrica residencial demanda o número de moradores, podem ser utilizadas as referências disponibilizadas pelo IBGE, de acordo com a média do número de pessoas por domicílio.

O uso direto da água em residências pode ser identificado através dos volumes faturados de água em informações disponibilizadas pela empresa de saneamento quando da utilização de abastecimento público, a captação da água da chuva e por meio dos cadastros de usuários de captações existentes nas plataformas do Águas Paraná no caso de perfuração de poços para a utilização de águas subterrâneas e captações superficiais. O consumo de água oceânica poderá ser útil em municípios litorâneos.

A pegada hídrica indireta pode ser calculada através do consumo dos bens e serviços adquiridos e poluição gerados, desdobrando-se em outras análises de informações, que serão agregadas ao sistema futuramente. Para esta proposta inicial é recomendada a utilização dos dados elaborados pela empresa responsável pelo fornecimento de energia elétrica, vinculados às porcentagens relativas à água virtual das principais matrizes (hidrelétrica, eólica,

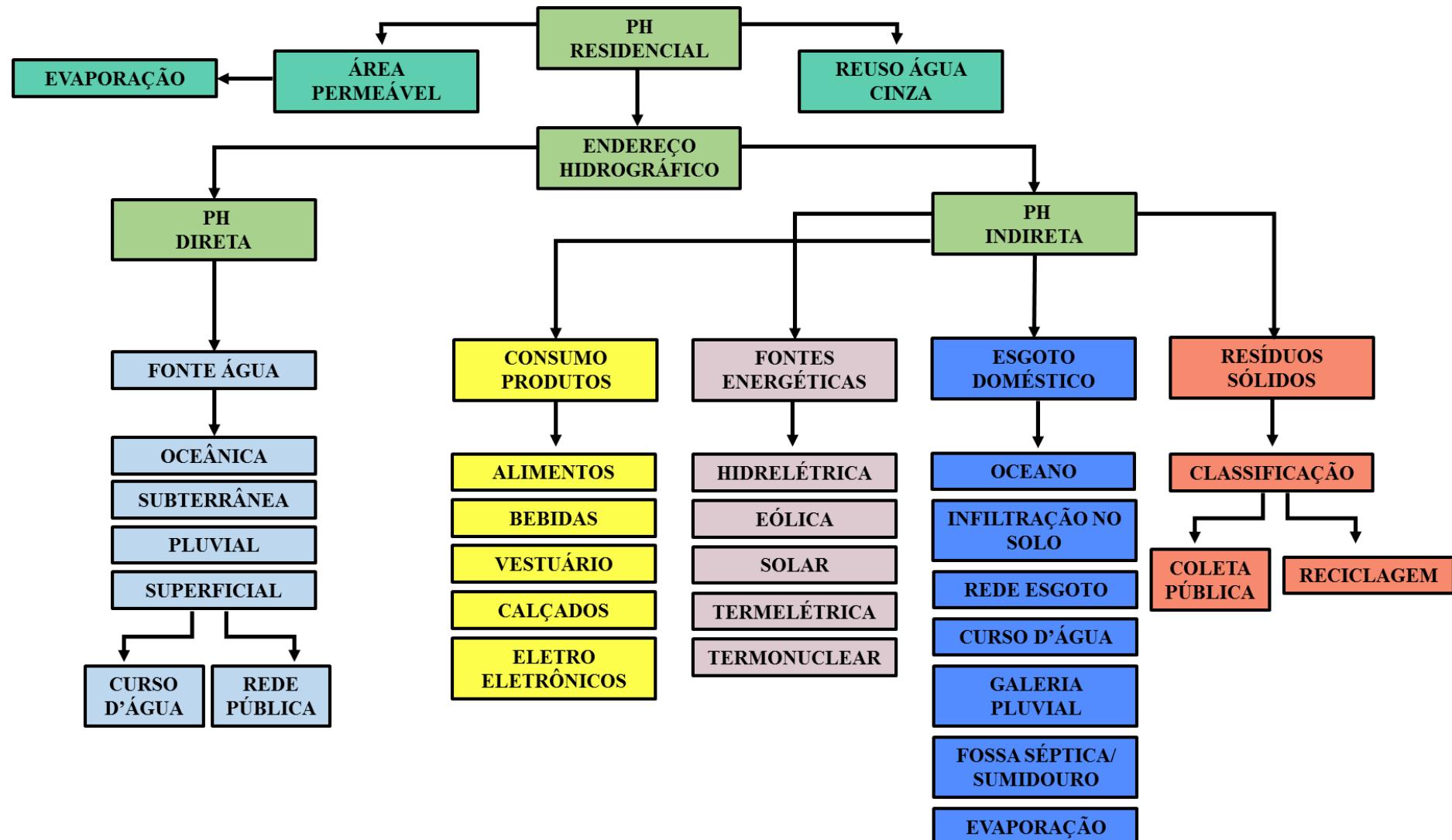
solar, termelétrica, termonuclear). Os dados relacionados ao consumo de alimentos, bebidas, vestuário, calçados e eletrodomésticos pode ser amparado pela pesquisa efetuada pelo IBGE, através do POF.

A pegada hídrica do esgotamento sanitário pode ser obtida através da análise de informações fornecidas pela Prefeitura Municipal e/ou empresa de saneamento referente à cobertura de rede coletora de esgoto e/ou sistema de tratamento públicos e percentual de bairros e bacias hidrográficas com escoamento diretamente nos cursos d'água superficiais, oceano e galerias pluviais ou infiltração no solo e fossas sépticas/sumidouros.

Pesquisas demonstram que a pegada hídrica da geração de resíduos pode ser calculada a nível de lote, através da avaliação de entrada da água virtual, presente em produtos, bens e tipo de consumo dos moradores do lote analisado e saída através dos resíduos sólidos, conforme proposto por Fernandez e Mendiondo (2011).

Desta forma, os cálculos para a pegada hídrica indireta poderão basear-se na literatura global, regional e/ou local, considerando a disponibilidade das referências. A figura 48 apresenta uma proposta de informações que podem compor o banco de dados relativo à pegada hídrica residencial em Londrina.

Figura 48 – Proposta de contribuição das diferentes categorias de consumo e poluição para a pegada hídrica residencial



Fonte: a própria autora

Os usos destinados a comércios, serviços e instituições, seguem o padrão adotado para as residências quanto às bases de dados e às literaturas disponíveis para o cálculo da pegada hídrica, à exceção do consumo de produtos. Esses dados deverão ser incluídos no sistema do licenciamento ambiental que abrange parte destes usos e que pode ser aprimorado para obter um acréscimo de dados locais de consumo e poluição para todas estas atividades e consequentemente, refinar os cálculos existentes na literatura, introduzindo novas informações nas plataformas existentes. Neste contexto, a tabela 35 certifica as atividades e o porte de empreendimentos onde o município de Londrina é responsável pelo licenciamento ambiental, sendo que os portes superiores são de competência do Estado (Instituto Água e Terra).

Tabela 35 – Atividades comerciais, de serviços e institucionais licenciadas pelo Município

	Atividades	Detalhamento	Porte
Comerciais e Serviços	Lavador de veículos	Todos	
	Prestador de serviço de controle fitossanitário e de vetores e pragas urbanas	Todos	
	Transportadora de cargas, exceto de resíduos perigosos e produtos perigosos	Todos	
	Oficina mecânica e estabelecimento para manutenção e reparo de veículo automotor	Todos	
	Supermercado	Até 50.000 m ² de área construída e/ou impermeabilizada	
	Shopping center	Até 100.000 m ² de área construída e/ou impermeabilizada	
	Meios de hospedagem	Todos, desde que localizados em área urbana consolidada	
	Estabelecimento de ensino público e privado	Todos	
	Gráfica	Até 2.000 m ² de área construída	
	Lavanderia	Todos, exceto lavanderia industrial	
Serviços médico, hospitalar, laboratorial e veterinário	Postos de Combustíveis e/ou Retalhistas de Combustíveis	Novos empreendimentos a partir da publicação desta resolução	
	Hospital	Até 80 leitos	
	Empreendimentos de serviços de saúde	Com volume de geração de resíduos até 30 litros/dia, exceto os que produzem resíduos quimioterápicos	

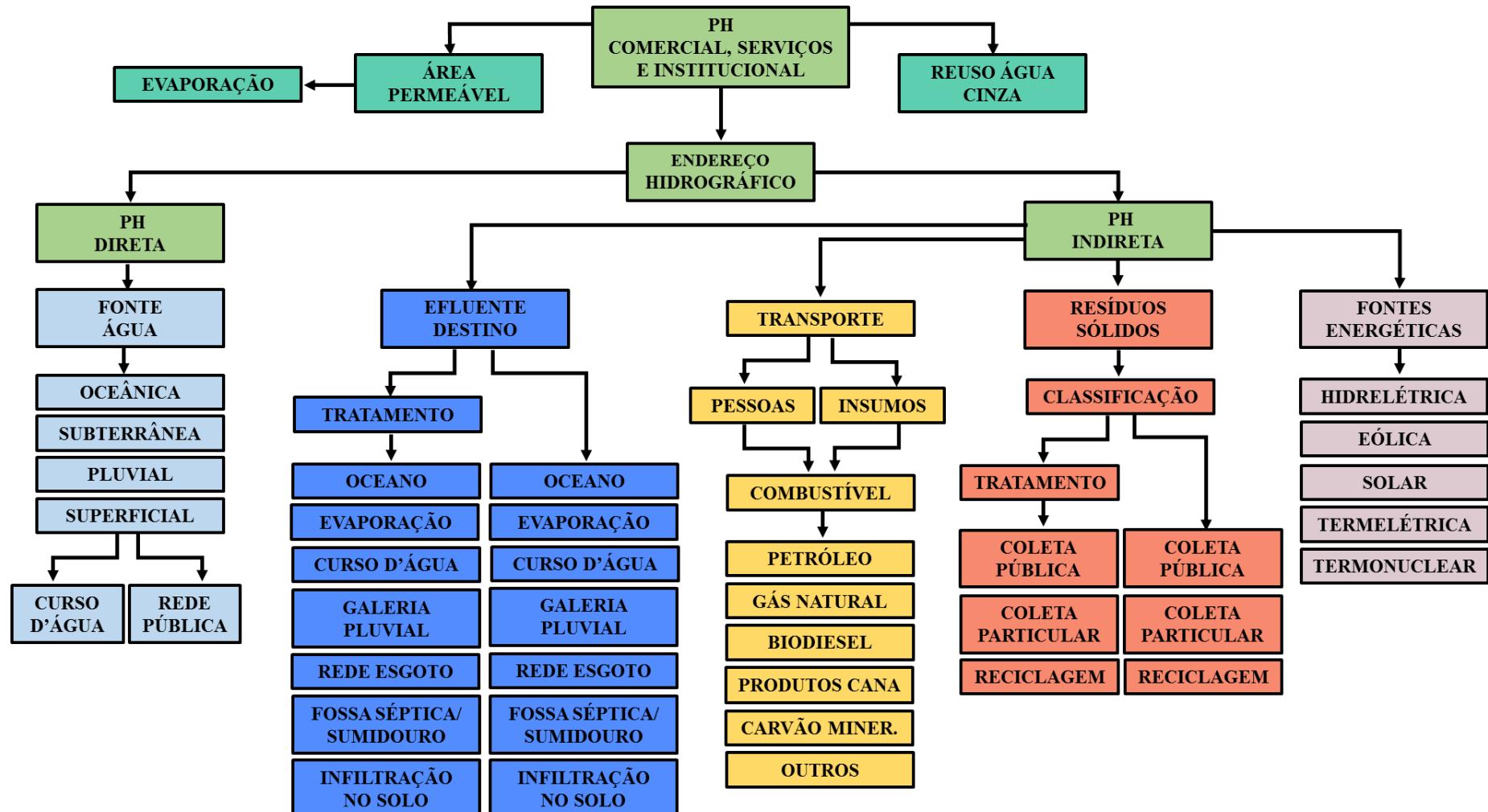
Fonte: Londrina (2020); Londrina (2020a). Org. a própria autora

Os licenciamentos municipais para as categorias elencadas exigem informações minuciosas dos empreendimentos relativas à localização, à bacia hidrográfica, ao abastecimento de água e esgotamento sanitário e à geração de resíduos sólidos para todas as categorias. Para as atividades específicas de lavador de veículos, oficina mecânica e manutenção e reparação de veículo automotor, lavanderia, postos de combustíveis com lavador de veículos, transporte de cargas, exceto resíduos e produtos perigosos com lavador de veículos e demais atividades que gerem efluentes líquidos e/ou gasosos, são solicitadas informações complementares referentes às fontes de energia e sistemas de tratamento dos efluentes líquidos e/ou gasosos. Os dados para a modalidade de hospedagem são a existência de lavanderias e caldeiras, além do número de leitos; enquanto para as atividades de posto de combustíveis e/ou retalhistas de combustíveis as informações solicitadas são sobre os tipos de combustíveis comercializados, capacidade de armazenamento, lavadores de veículos e troca de óleo.

No requerimento direcionado para os serviços médico, hospitalar, laboratorial e veterinário, são elencados os dados relacionados à origem da água, média de consumo e despejos que são denominados como insumos; a existência de caldeiras e o combustível utilizado nas mesmas; e os resíduos sólidos gerados, de acordo com a classificação da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). No Estado, os documentos seguem o mesmo padrão da Prefeitura de Londrina, com dados específicos por tipo de uso.

Fundamentado nas informações solicitadas nos requerimentos de licenciamento municipais e estaduais para este grupo de atividades, sugere-se a composição de novos dados relativos ao consumo e poluição indiretos da água para serem incluídos nos sistemas de licenciamento ambiental. As referências de endereçamento hidrográfico, área permeável e reuso da água cinza devem ser incorporadas através dos registros municipais, conforme detalhado para o uso residencial. Foram acrescentadas informações necessárias para a composição dos cálculos para a pegada hídrica em relação ao transporte de pessoas e insumos e aos combustíveis utilizados através das principais fontes utilizadas no país – petróleo, gás natural, carvão mineral, biodiesel, produtos de cana, dentre outros - e a implantação de informações relativas a tratamentos prévios para efluentes líquidos e resíduos sólidos, sendo que o último também se utiliza de coletas particulares, especialmente para os resíduos dos serviços de saúde (Figura 49).

Figura 49 – Proposta de contribuição das diferentes categorias de consumo e poluição para a pegada hídrica em atividades comerciais, de serviços e institucionais



Fonte: a própria autora

Os empreendimentos industriais representam o maior desafio para o cálculo da pegada hídrica uma vez que a água incorporada nos produtos pode ser originada de várias fases e processos, sendo necessária uma análise minuciosa para evitar a duplicidade de contabilização para um insumo que compõe o produto final ou a água de reuso e de reciclagem por exemplo, que devem ser determinadas em relação ao produto final, impedindo a duplicidade ou junção com o reuso da água cinza em atividades não vinculadas ao processo industrial.

As determinações relativas às unidades de medida são determinadas por Hoekstra (2011, p. 21) “uma pegada hídrica é expressa em termos de volume de água por unidade de produto ou através do volume de água por unidade de tempo [...] a pegada hídrica de um processo é expressa como o volume de água por unidade de tempo”.

O mapeamento da origem dos insumos considerando o endereçamento hidrográfico também é uma ferramenta precisa para evitar essa duplicidade de contabilidade da pegada hídrica e a avaliação de pegadas externas e internas.

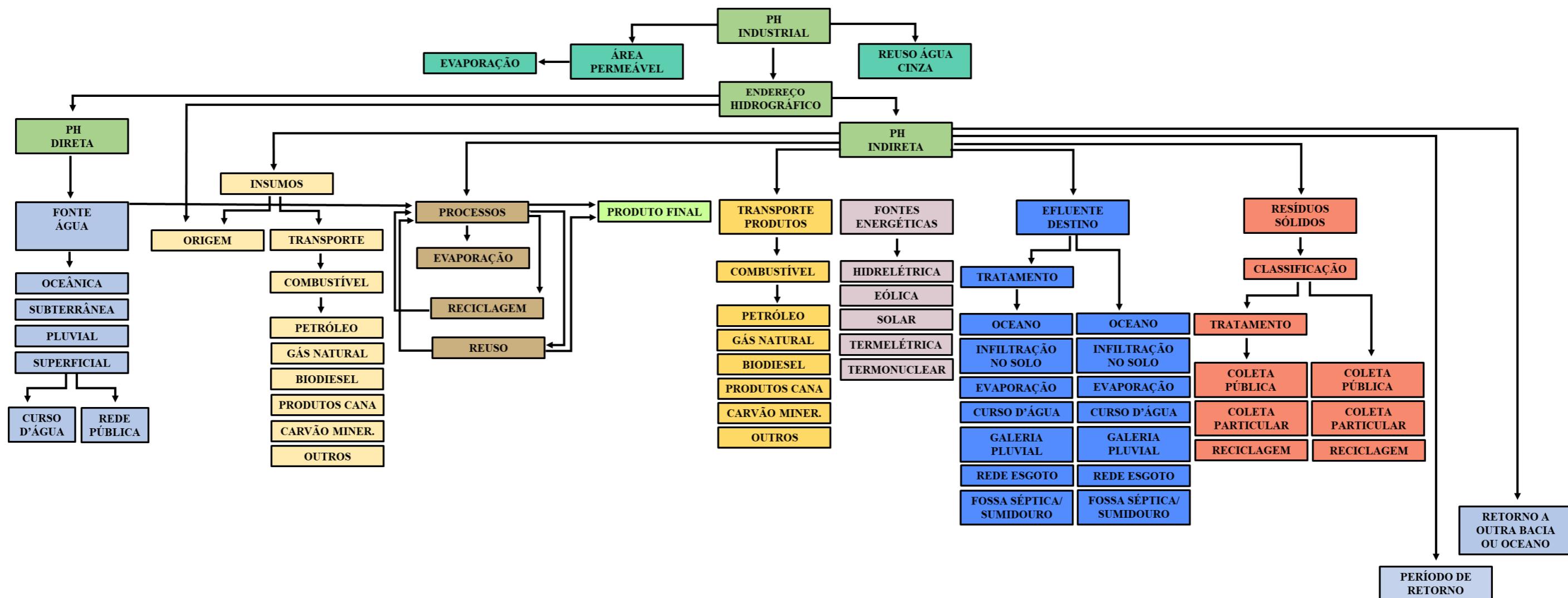
A água captada em uma bacia hidrográfica, não incorporada no produto ou evaporada e que retorna para outra bacia hidrográfica ou para o oceano é um dos fatores considerados como perda de água e portanto, contabilizado no sistema, ao contrário da água definida como vazão de retorno ou uso não-consultivo, ou seja, que retorna para a mesma bacia. No entanto, o tempo deste retorno deve ser avaliado, porquanto esta água deverá retornar à mesma bacia e estar disponível para reuso no mesmo período de retirada, caso contrário, também será contabilizada na pegada hídrica.

O fluxo de evaporações das operações/processos de uma indústria, composto pela água que evapora nos processos de armazenamento, transporte, processamento e lançamentos de efluentes deve ser contabilizado, além da água incorporada nos combustíveis utilizados no transporte de insumos, produtos e nas fontes energéticas adotadas.

Os resultados relativos à evaporação do lançamento de efluentes, devem ainda ser somados à quantidade de água necessária para a diluição dos mesmos, procedimento semelhante à avaliação relacionadas aos resíduos sólidos oriundos dos processos produtivos.

A figura 50 apresenta um diagrama das principais informações que deverão compor os licenciamentos ambientais, especialmente no que se refere à pegada hídrica indireta.

Figura 50—Proposta de contribuição das diferentes categorias de consumo e poluição para a pegada hídrica em atividades industriais



Fonte: própria autora

Desta forma, a legislação municipal deverá, seguindo a Lei Municipal de Uso e Ocupação do Solo, incorporar o licenciamento ambiental de todas as atividades comerciais, prestadores de serviços e institucionais, que incluem todas as atividades constantes no Anexo II da referida norma.

O automonitoramento, definido no art. 2º da Resolução CEMA 105/2019 como o “instrumento de gestão que objetiva acompanhar a relação de um empreendimento com o meio ambiente onde ele se insere, permitindo a identificação e a quantificação dos possíveis impactos ambientais causados por este, e as suas expensas” pode ser utilizado como a ferramenta oficial para a inclusão das informações sugeridas, de acordo com as categorias de usos, necessárias à composição de um banco de dados relativo ao consumo e poluição diretos e indiretos da água.

Ressalta-se ainda a necessidade de análises aprofundadas para determinados prestadores de serviço com alto potencial de pegada hídrica indireta através do consumo de água para depuração de efluentes e acumulação de poluentes, muitas vezes superiores a determinados ramos industriais, como os cemitérios, depósitos de resíduos, ETE’s e ETA’s, sendo fundamental a adoção de medidas de monitoramento e redução da pegada hídrica para estas atividades urbanas.

A partir da implantação do banco de dados pormenorizado e o automonitoramento a nível de bacia hidrográfica para os diferentes usos urbanos, será possível elaborar avaliações com alta resolução espacial e definir as melhores estratégias locais e específicas de controle para áreas ou pontos críticos relativos à escassez e à acumulação de poluentes e eventuais conflitos pelo uso da água, objetivando a redução da pegada hídrica; e evoluir as análises no sentido de avaliar as fontes difusas de poluição, uma vez que as pontuais estarão mapeadas e monitoradas; incluir incentivos governamentais para a redução no consumo direto e indireto da água residencial e de mudanças nos hábitos alimentares; incentivar a implantação das ISOs nas indústrias e a rotulagem de produtos com pegada hídrica reduzida e a definição de políticas e diretrizes para a implantação de programas de educação ambiental direcionadas à água virtual, utilizando-se da participação de atores dos setores públicos e privados, dentre outras várias medidas proporcionadas através da aplicação desta ferramenta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gerenciamento das águas baseado na sustentabilidade ecológica, segurança e equidade é uma necessidade histórica e ao mesmo tempo iminente, diante do crescimento da população e da cultura consumista na sociedade atual. Nesse sentido, as pesquisas relativas ao planejamento e gestão hídricos demonstrou que governos e usuários tem atribuído uma parca relevância ao comércio virtual da água entre países importadores e exportadores e como esta transferência afeta significativamente a disponibilidade dos recursos hídricos, seja através das avaliações da escassez em determinados territórios exportadores ou na ampliação da oferta em regiões importadoras, especialmente por meio da água incorporada nos alimentos.

Enquanto países com recursos naturais abundantes e dependência política e econômica suprem a necessidade de matéria-prima e alimentos e importam produtos industrializados com maior valor comercial agregado de países muitas vezes com escassez hídrica, as relações de comércio internacional e especialmente os valores de *commodities* de produtos primários seriam superiores se calculados os custos para o meio ambiente, incluindo a água virtual agregada e os impactos socioculturais promovidos pelas monoculturas de exportação. No futuro próximo, estas premissas deverão definir as políticas comerciais entre países, sendo o acesso à terra e à água recursos estratégicos de dimensões que extrapolam as simples práticas de comércio, impactando a geopolítica global.

A pegada hídrica aprimorou o conceito de água virtual vinculando entendimentos oriundos da pegada ecológica através da indicação da apropriação quantitativa direta e indireta dos recursos hídricos, representada pela pegada hídrica azul, verde e cinza, que se relacionam com as questões de escassez e poluição e por este motivo, é uma ferramenta que possibilita diversos recortes para análises pormenorizadas, sendo a bacia hidrográfica a unidade espacial natural para as avaliações comparativas dos usos/processos com a disponibilidade de água, os conflitos e a proposição de medidas de redução no consumo e poluição hídricos.

Ficou demonstrada a necessidade da construção de novas bases epistemológicas para a aplicação dos estudos da pegada hídrica e da água virtual, portanto, torna-se imprescindível uma estruturação das bases tanto teóricas quanto metodológicas, pois o que se encontra na literatura hodierna, está bastante disperso entre as várias ciências ambientais.

Aferiu-se que a legislação ambiental federal brasileira e nas esferas normativas estaduais e municipais apresenta-se robusta e alinhada com as pesquisas científicas,

apreendendo as bacias hidrográficas como unidades de análise, planejamento e gestão adequadas para a implantação de programas de gerenciamento no âmbito físico, social e econômico, embora não ficasse demonstrada a aplicação efetiva deste arcabouço legislativo nas condutas executivas nos municípios de Londrina e Cambé.

O início da ocupação urbana destas cidades teve como delimitador natural os espiões, através de uma definição cartesiana, que se estendiam até os fundos de vale, portanto a origem no uso e ocupação do espaço urbano local definiu-se pelas águas, embora a importância desta relação represente-se bastante contraditória conforme constatado na avaliação da ocupação da bacia hidrográfica, com elementos que remetem à permanência de áreas verdes que acompanham grande parte dos cursos d'água e, em contrapartida, a intensa urbanização aliada à ausência de um planejamento adequado que evidenciou impactos socioambientais, a exemplo da supressão da vegetação original e a substituição por espécies exóticas, impermeabilização de grandes porções do solo, assoreamento dos cursos d'água e lagos, perda da biodiversidade, enchentes, poluição pontual e difusa. A análise demonstrou a implantação de atividades poluidoras e/ou causadoras de impactos diretos como cemitérios, aterro sanitário, depósitos de resíduos e aterros em áreas frágeis com solo raso ou próximos às nascentes, cursos d'água e remanescentes florestais.

Foi constatado que as avaliações da pegada hídrica em cenários urbanos necessitavam de uma delimitação geográfica robusta, sendo a proposta central de aplicação do conceito, através da compreensão de novas perspectivas na análise e contabilização do uso oculto da água por diferentes setores da sociedade e das diferentes formas de utilização desta ferramenta.

Neste contexto, a grande maioria dos estudos apontaram que o volume de apropriação indireta da água doce pelos usuários é muito superior ao volume direto e o Brasil avançou na adoção da normatização da pegada hídrica com a publicação da ISO 14046:2014 em conformidade com as normas internacionais, sendo um importante instrumento de avaliação, mas ainda pouco explorado pelos diversos setores.

Outro fator exposto no estudo é a ausência de coordenação técnica, especialmente pelos agentes públicos e institucionais, na aplicação concreta da legislação vigente e da adoção da gestão através do recorte espacial das bacias hidrográficas, urbanas ou rurais, vastamente referendada por especialistas e instituições de pesquisa.

Diante dos exemplos de avaliações de pegadas hídricas em literaturas disponíveis foi possível apurar que até o momento não haviam estudos relacionados às análises em bacias hidrográficas essencialmente urbanas, sendo que os trabalhos concentram-se em avaliações acerca de produtos, linhas de produção, pegadas hídricas cinzas de sistemas e tratamento de esgotos ou efluentes industriais, bacias hidrográficas rurais com destaque para o uso do solo destinado à produção agrícola, agropecuária ou reflorestamento e áreas urbanas com delimitações administrativas.

Neste sentido, a inserção destes conceitos para a aplicação da contabilização da pegada hídrica em uma área delimitada geograficamente em um contexto urbano apresentou-se como um desafio, uma vez que a metodologia estabelece o recorte espacial e temporal como suporte para a contabilização da pegada hídrica e o referencial imprescindível para avaliar a sustentabilidade e formular propostas que resultem na redução do uso da água direto e indireto neste espaço geográfico delimitado.

O grau de detalhamento exigido a nível de pequenas bacias, através da contabilização das estimativas reais de consumo e poluição, com o objetivo de formular estratégias locais de redução, na resolução espaço-temporal necessária, só foi alcançado nesta pesquisa através do recorte físico-espacial da bacia hidrográfica combinado com os dados de população residente disponível nos setores censitários do IBGE, que embasaram as análises da pegada hídrica do consumo de alimentos e energia. Processo semelhante foi adotado para a contabilização do abastecimento de água e do saneamento, onde as referências de outorgas de captação de água e de lançamento de efluentes foram relacionadas às coordenadas geográficas de cada ponto outorgado combinado com a delimitação física da bacia hidrográfica, uma vez que os dados disponibilizados pelo Estado também acompanham a divisão administrativa municipal.

Ainda em relação à disponibilidade de referências oficiais, base fundamental para os trabalhos relativos à pegada hídrica, o recorte temporal foi definido em razão das publicações mais recentes como representativas para as condições atuais, embora haja uma lacuna de mais de 10 anos no período avaliado, limitando os estudos e remetendo à condição de resultados altamente conservadores, sendo necessária uma revisão nacional quanto às definições temporais para levantamentos de dados oficiais.

Não obstante o contexto insatisfatório para a obtenção de dados na resolução espaço-temporal estabelecida, constatou-se que a aplicação da metodologia demonstrou-se

eficiente, considerando que foi possível, com os dados disponíveis, inferir resultados e compará-los com outras áreas urbanas, sendo que as contribuições das pegadas hídricas são análogas com análises elaboradas em áreas urbanas de diferentes continentes, em que o consumo de alimentos assume o protagonismo quando avaliado em relação aos demais processos de consumo; e a pegada hídrica cinza, através das investigações relativas ao saneamento público e efluentes industriais, ocupam um lugar de destaque quando a metodologia abrange a divisão por setores de uso do solo, sendo indispensável lembrar que as legislações que definem os limites das cargas poluidoras podem apresentar restrições distintas em relação a países ou regiões, acarretando resultados não-equiparados.

A partir destas observações, a redução da dependência de recursos hídricos através da alteração nas dietas é uma das estratégias globais para reduzir o estresse hídrico nas regiões produtoras de alimentos, uma vez que as áreas urbanas representam espaços de concentração de pessoas e consequentemente, do consumo de alimentos, muitas vezes compostos de produtos com elevada pegada hídrica, a exemplo das carnes.

No entanto, os percentuais utilizados para os cálculos relativos à pegada hídrica de alimentos, bebidas, combustíveis, energia, etc, ainda são baseados, via de regra, em médias globais ou regionais e estes valores possuem uma variação considerável em decorrência do país ou localidade de produção, tipos e técnicas empregadas, características climáticas, tipo de solo e políticas públicas, sendo necessário portanto, um modelo local de obtenção de dados para a efetivação da gestão ambiental urbana através das águas, beneficiando a população e criando cidades resilientes.

Assim, considerando a precariedade das referências espaço-temporais oficiais e a necessidade na produção de dados locais, se propõe a adoção do endereço hidrográfico na base de dados do IBGE nacional e do SGA a nível de estado e município e a inclusão de informações relativas ao consumo e poluição hídricos indiretos nas plataformas dos processos de licenciamentos ambientais para as esferas federal, estadual e municipal, como forma de obter o suporte necessário a estudos fundamentados em recortes de análise efetivos, com a finalidade de obter o consumo direto e indireto de água em residências e atividades comerciais, de serviços, institucionais e industriais, objetivando a redução da pegada hídrica nas bacias hidrográficas urbanas locais como fator estratégico para a definição das melhores práticas de produção e consumo, valorizando o uso eficiente da água.

Desta forma, foi possível avaliar as limitações e as potencialidades da aplicação dos conceitos da pegada hídrica e água virtual em uma pequena bacia hidrográfica urbana, e permitiu a proposição para inclusão do endereço hidrográfico que será a base de informações imprescindível para a efetiva adoção destas unidades territoriais como unidades de análise, planejamento e gestão e o desenvolvimento de um modelo para contabilização da pegada hídrica utilizando os licenciamentos ambientais, que disponibilizará dados locais e poderá ser aplicado em diferentes bacias hidrográficas urbanas no país.

Através desta, pretendeu-se proporcionar uma reflexão mais acurada, tanto para as esferas políticas e governamentais, quanto para a academia com o propósito precípua de ampliar e aprimorar o conhecimento dessa questão, no intuito de se buscar alternativas para o equacionamento dessa grave crise que caracteriza a sociedade contemporânea.

Espera-se que esta pesquisa contribua para um melhor entendimento da pegada hídrica que pode ser vislumbrado através do conhecimento relativo ao tema, da identificação das formas de uso e poluição a serem enfrentadas, da maneira como a pegada hídrica afeta as vazões e a qualidade da água e como agrega-se e impacta a saúde, o bem-estar da população e a biodiversidade; e da formulação de novas políticas públicas através da adoção de medidas para redução da pegada hídrica perante a problemática que assola o mundo atual, ou seja, a escassez de água, temática que vem sendo preocupação da maioria dos estudiosos sobre os recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

- AGENDA SAUDÁVEL. **Tabela de medidas**, 2018. Disponível em: <<http://www.agendasaudavel.com.br/tablet/tabela-medida>>. Acesso em 06 abr. 2018.
- ÁGUA BRASIL. **Pegada Hídrica das Bacias Hidrográficas**: Cancã-Moinho/SP Guariroba/MS Pipiripau/DF e GO Peruaçu/MG Lençóis/SP Igarapé Santa Rosa/AC Longá/PI. 2015?. Disponível em: <http://bbaguabrasil.com.br/wp-content/uploads/2015/03/publicacao_pegada_hidrica_bacias_agua_brasil.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2018.
- ALDAYA, et. al. Strategic importance of green water in international crop trade. **Ecological Economics**. v. 69, ed. 4, p. 887-894, 2010. Disponível em: <http://waterfootprint.org/media/downloads/Aldaya-Allan-Hoekstra-2010_1.pdf>. Acesso em 08 set. 2016.
- ALLAN, J.A. Fortunately there are Substitutes for Water Otherwise our Hydro-political Futures would be Impossible. In: **Priorities for Water Resources Allocation and Management**. Londres, Reino Unido: ODA: 13–26, 1993. Disponível em: <<https://www ircwash.org/sites/default/files/210-93PR-11967.pdf#page=18>>. Acesso em 24 ago. 2019.
- ALLAN. J. A. Virtual water: A long term solution for water short Middle Eastern economies? Artigo apresentado no Festival de Ciência da Associação Britânica de 1997. Universidade de Leeds, 9 setembro de 1997. Disponível em: <<https://www.soas.ac.uk/water/publications/papers/file38347.pdf>>. Acesso em 02 dez. 2018.
- ALLAN, J. A. et al. **Virtual Water – the water, food, and Trade Nexus Useful Concept or Misleading Metaphor?** IWRA, Water International, Volume 28, Number 1, March 2003. Disponível em <<https://www.soas.ac.uk/water/publications/papers/file38394.pdf>>. Acesso em 05 mai. 2016.
- ARAÚJO, R. S. **Micro Bacia do Ribeirão Cambé-Londrina-PR**: Levantamento Ambiental Utilizando Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. 2004. 140 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2004.
- BAKKEN, T. H. et al. Water consumption from hydropower plants – review of published estimates and an assessment of the concept. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, p. 3983–4000, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/260363040_Water_consumption_from_hydropower_production_Review_of_published_estimates>. Acesso em: 19 out. 2018.
- BARBOSA, F. A. R. et al. Bacia Hidrográfica como Unidade de Análise e realidade de Integração Disciplinar. In: PAULA, J. A. de (coord). **Biodiversidade, População e Economia**: uma região de mata atlântica. Belo Horizonte: UFMG/Adeplar; ECMXC; PADCT/CIAMB, 1997.

BARROS, et al. **Atlas Ambiental da Cidade de Londrina**. 2008. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/atlasambiental/>>. Acesso em: 05 out. 2015.

BECKER, M. et al. **A pegada ecológica de Campo Grande e a família de pegadas**. Brasília: WWF-Brasil, 2012. 131 p. Disponível em:<http://www.footprintnetwork.org/images/article_uploads/pegada_ecologica_campo_grande_2012.pdf>. Acesso em 12 out. 2015.

BENINCASA, M. Algumas relações entre a bacia hidrográfica, o microclima e o comportamento vegetal. In: TAUK, Sânia Maria; GOBBI, Nívar; FOWLER, Harold Gordon (org.). **Análise Ambiental**: uma visão multidisciplinar. São Paulo: Editora Universidade Estadual Paulista: FAPESP: SRT: FUNDUNESP, 1991. p. 120-125.

BOTELHO, R. G. M. ; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. VITTE, Antonio C. ; GUERRA, Antonio J. T. (org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 153-192.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Ministério do Meio Ambiente. **Planos de Recursos Hídricos e Enquadramento dos Corpos de Água**. Cadernos de capacitação em recursos hídricos. v. 5. Brasília, 2013a. Disponível em: <http://www.cbh.gov.br/EstudosETrabalhos/20140108101800_CadHidrico_vol5_completo.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil - 2013**. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil/ANA_CRHB_capitulo8.pdf>. Acesso em: 15 out. 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração**: capacidade de geração no Brasil. 2018. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em 18 out. 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Informações Gerenciais**: março 2019. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+de+Informa%C3%A7%C3%A3o%20de%20Gerenciais+-+1%C2%BA+trimestre+de+2019/b860054f-79ec-6608-951a-fb2288701434?version=1.1>>. Acesso em 21 set. 2019.

BRASIL. Banco Central do Brasil. **Conversor de Moedas**. 2019a. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/conversao>>. Acesso em: 30 set. 2019.

BRASIL. Constituição. **Constituição da República Federativa do Brasil**, de 5 de outubro de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em 3 fev. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu

enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em 21 abr. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 430, de 13 de maio de 2011a. Complementa e altera a Resolução nº 357/2005. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em 21 abr. 2017.

BRASIL. Decreto Federal 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em 05 fev. 2017.

BRASIL. Decreto Federal 8.437, de 22 de abril de 2015. Regulamenta o disposto no art. 7º, caput, inciso XIV, alínea “h”, e parágrafo único, da Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011, para estabelecer as tipologias de empreendimentos e atividades cujo licenciamento ambiental será de competência da União. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Decreto/D8437.htm>. Acesso em 05 jan. 2020.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

Licenciamento ambiental – LAF. Guia Prático FCA 2019b. Disponível em:

<http://ibama.gov.br/phocadownload/licenciamento/GUIA_FCA_v20140523.pdf>. Acesso em 10 jan. 2020.

BRASIL. Lei 3.071, de 1º de janeiro de 1916. Código Civil dos Estados Unidos do Brasil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L3071.htm>. Acesso em: 10 fev. 2017.

BRASIL. Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm>. Acesso em 27 fev. 2017.

BRASIL. Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em 01 abr. 2017.

BRASIL. Lei 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9984.htm>. Acesso em: 10 fev. 2019.

BRASIL. Lei Complementar 140, de 8 de dezembro de 2011b. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das

paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp140.htm>. Acesso em: 09 jun. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Paraná.** Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006a, p. 28.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Resolução 181, de 7 de dezembro de 2016. Aprova as Prioridades, Ações e Metas do Plano Nacional de Recursos Hídricos para 2016-2020. Disponível em:

<http://www.participa.br/articles/0055/4391/Resolu_o_cnrh_181_Prioridades_do_PNRH_2016_2020_Com_Anexo.pdf>. Acesso em 28 mar. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos:** Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil. Brasília: MMA, v. 1, 2006. 288 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos:** Prioridades 2012-2015. Brasília: MMA, 2011. 124 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos:** Programas de desenvolvimento da gestão integrada de recursos hídricos do Brasil. Brasília: MMA, v. 1, 2008. 152 p.

BUENO, E. O. ; MELLO, C. R. Pegada hídrica de usinas hidrelétricas. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2015, Brasília. **Anais.** Disponível em: <http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-237_pegada-hidrica-de-usinas-hidrelectricas>. Acesso em 02 out. 2018.

CAMBÉ. Lei Orgânica do Município de Cambé de 29 de dezembro de 2001. Disponível em: <<http://www.cambe.pr.leg.br/lei-organica-atualizada-ate-09-2018/view>>. Acesso em 03 set. 2017.

CAMBÉ. Lei 2.194, de 19 de junho de 2008. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano do município de Cambé e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.net10.com.br/leis/Lei.asp?cliente=cambe&id=2570>>. Acesso em 03 set. 2017.

CAMBÉ. Lei 2.371, de 11 de agosto de 2010. Modifica o Parágrafo 2º e acrescenta o Parágrafo 3º ao Art. 65 da Lei Nº. 2.194, de 19 de junho de 2008 (Parcelamento do Solo). Disponível em: <[file:///C:/Users/User/Downloads/2Parcelamento-Lei2.371-2010_ALTERA_A_LEI_N%C2%BA_2.194-_2008%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/2Parcelamento-Lei2.371-2010_ALTERA_A_LEI_N%C2%BA_2.194-_2008%20(1).pdf)>. Acesso em 03 set. 2017.

CAMBÉ. Lei 2.720, de 15 de maio de 2015a. Altera a Lei 2.196/2008, que dispõe sobre o Zoneamento do uso e Ocupação do Solo Urbano no Município de Cambé. Disponível em: <https://sapl.cambe.pr.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2015/3298/3298_texto_integral.pdf>. Acesso em 20 abr. 2018.

CAMBÉ. Lei 2.723, de 15 de maio de 2015. Altera a Lei Municipal nº 2.194/2008, de 19 de junho de 2008, alterada pela Lei nº 2.371/2010, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano do município de Cambé. Disponível em:

<file:///C:/Users/User/Downloads/3Parcelamento-Lei2.723-2015-
 _ALTERA_A_LEI_N%C2%B0_2.194-_2008%20(2).pdf>. Acesso em 03 set. 2017.

CAMBÉ. Mapa de zoneamento. 2018. Disponível em:
 <file:///C:/Users/User/Downloads/MAPA_ZONEAMENTO-2015%20(1).pdf>. Acesso em 21
 de abr. 2018.

CAMBÉ. Revisão do Plano Diretor Municipal de Cambé, 2017. Disponível em:
 <file:///C:/Users/User/Downloads/1.4_Aspecto_Socioespaciais%20(5).pdf>. Acesso em 21
 abr. 2019.

CARSON. R. Primavera Silenciosa. Tradução Cláudia Sant'Anna Martins. 1 ed. São Paulo:
 GAIA, 2010.

CASARIL, C. C. A expansão físico-territorial da cidade de Londrina e seu processo de verticalização: 1950-2000. In: **Revista Geografia**. Londrina, PR. v. 18, n. 1, p. 65-94, jan/jun. 2009. Disponível em:
 <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/viewFile/2326/2275>>. Acesso em 28 abr. 2019.

CENTRO DE CIÊNCIA Y TECNOLOGIA DE ANTIOQUIA. Evaluación De La Huella Hídrica En La Cuenca Del Rio Porce. Resumen de Resultados. Mayo 2013. Disponível em:
 <https://cta.org.co/descargables-biblionet/agua-y-medio-ambiente/Evaluacion_de_la_Huella_Hidrica_en_la_cuenca_del_rio_Porce-Mayo_2013.pdf>. Acesso em 30 dez. 2019.

CHINI, C. M. ; KONAR, M. ; STILLWELL, A. S. Direct and indirect urban water footprints of the United States, **Water Resour.** Res., 53, 316–327, 2016.

CMTU. Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização de Londrina. Quantidade total de viagens e volume transportado - 2017. Destinatário: Marcia Regina Lopez Arantes. Londrina, 14 fev. 2018. 1 mensagem eletrônica.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: **GUERRA, A. J. T. ; CUNHA, S. B. da (org.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 93-148.

COLTRO, L.; KARASKI, T. U. **Pegada Hídrica:** do conceito à normatização. 2015. Disponível em:
 <http://www.cetea.ital.sp.gov.br/informativo/v27n1/artigos/v27n1_artigo2.pdf>. Acesso em 10 out. 2015.

COPATI. Consórcio do Rio Tibagi. História. 2018. Disponível em:
 <<http://copati.org.br/index.php/copati/historia.html>>. Acesso em 01 abr. 2018.

DAMASIO, B. C. R. Caracterização Limnológica e Contaminação de Peixes por Cádmio na Bacia do Ribeirão Cambé (Londrina-PR). 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2017. Disponível em: <

[>.](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10834/1/LD_COEAM_2018_2_04.pdf)
Acesso em 19 de nov. 2019.

DANTAS, E. J. da C. **Análise Comparativa entre a Pegada Hídrica do Norte de Portugal e a Pegada Hídrica Nacional.** 2012. Dissertação (Mestrado) Universidade do Minho. Escola de Economia e Gestão. Portugal. 2012. Disponível em:
[<https://repository.sduum.uminho.pt/bitstream/1822/23468/1/Eduardo%20Jorge%20da%20Cruz%20Dantas.pdf>](https://repository.sduum.uminho.pt/bitstream/1822/23468/1/Eduardo%20Jorge%20da%20Cruz%20Dantas.pdf). Acesso em 04 de abr. 2017.

DO CARMO, R. L. et al. Água virtual, escassez e gestão: o Brasil como grande exportador de água. **Ambiente & Sociedade.** v. X. n. 1. Campinas, Jan/Jun. 2007.

EMPINOTTI, V. ; WARNER, J. Água Virtual e Pegada Hídrica: as contribuições e desafios que estes conceitos trouxeram à maneira como discutimos os recursos hídricos. EMPINOTTI, V. ; JACOBI, P. R. (Org.). **Pegada Hídrica:** inovação, corresponsabilização e os desafios de sua aplicação, Editora Annablume: São Paulo, 2012.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018.** Ano base 2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2018vf.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2019.

FARINA, J. C. **História de Londrina.** 2013. Disponível em:
[<https://historiadelondrina.blogspot.com/2013/09/fotos-antigas-de-londrina-de-1930-1980.html>](https://historiadelondrina.blogspot.com/2013/09/fotos-antigas-de-londrina-de-1930-1980.html). Acesso em 21 jul. 2019.

FERNANDEZ, J. A. B. ; MENDIONDO, E. M. **Água Virtual na Gestão de Águas Urbanas Sob Cenários de Adaptação.** XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH: Maceió, 2011. Disponível em:
[<http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/3c6e9ff325a3f3ef1d7dd6b41481084b_9e23fab32f1c6f2fcfd6b50dbecef5b6c.pdf>](http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/3c6e9ff325a3f3ef1d7dd6b41481084b_9e23fab32f1c6f2fcfd6b50dbecef5b6c.pdf). Acesso em 28 de set. 2015.

FISCHMANN, F. **Estimativa da pegada hídrica de aproveitamentos hidrelétricos no sul do Brasil.** 2016. 140 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2016.

FORTALEZA; SERVICIOS AMBIENTALES S.A. **Projeto Pegada de Cidades:** avaliação da pegada de carbono e da pegada hídrica. Cidade de Fortaleza-Brasil, 2015. Disponível em:
[<https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/mudancas-climaticas/2%C2%B0_inventario_de_emissoes_de_gee.pdf>](https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/mudancas-climaticas/2%C2%B0_inventario_de_emissoes_de_gee.pdf). Acesso em 23 de nov. 2019.

FRESCA, T. M. Mudanças recentes na expansão físico-territorial de Londrina. **Revista do Depto. de Geociências.** v.11, n. 2, 2002. Disponível em:
[<file:///C:/Users/User/Downloads/6728-24483-1-PB.pdf>](file:///C:/Users/User/Downloads/6728-24483-1-PB.pdf). Acesso em 04 de ago. 2019.

FUNDACIÓN FUTURO LATINOAMERICANO Y SERVICIOS AMBIENTALES.
Proyecto Huella de Ciudades: Reporte de Síntesis. Proyecto Huella de Ciudades La Paz-

Quito-Lima. La Paz: Alianza Clima y Desarrollo. 2014. Disponível em: <http://www.huelladeciudades.com/ToolBox/ReporteSintesis/REPORTE%20DE%20SINTESIS_IS.pdf>. Acesso em 28 de out. 2019.

GEPHART, J. A ; PACE, M. L. ; D'ODORICO, P. Freshwater savings from marine protein consumption. **Environmental Research Letters**. v. 9, n. 1, p. 14005, 2014. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/1/014005/pdf>>. Acesso em 30 ago. 2018.

GIACOMIN, G. S. ; OHNUMA, A. A. Análise de resultados de pegada hídrica por países e produtos específicos. In: **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v. 8, nº 8, p. 1562-1572, set-dez, 2012. Disponível em: <[file:///C:/Users/User/Downloads/6721-33765-2-PB%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/6721-33765-2-PB%20(2).pdf)>. Acesso em 20 ago. 2018.

GOIÁS. Secretaria do Estado de Educação, Cultura e Esporte. **Tabela de medidas**. Goiás, 2018. Disponível em: <<http://www.seduc.go.gov.br/educacao/servicos/merendaescolar/pdf/tabela.pdf>>. Acesso em 06 abr. 2018.

GONÇALVES, G. W. P. **Urbanização e qualidade da água: monitoramento em lagos urbanos de Londrina/PR**. 2008. 186 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Londrina. Londrina. 2008.

HOEKSTRA, et al. **Calculadora pessoal – estendida**. 2005. Disponível em: <<http://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/personal-water-footprint-calculator/personal-calculator-extended/>>. Acesso em 29 jul. 2018.

HOEKSTRA, A.Y.; CHAPAGAIN, A. K. Water footprint of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. **Water Resources Management**, [S. l.], v. 21, p. 35-48, 2007. DOI 10.1007/s11269-006-9039-x. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/Hoekstra_and_Chapagain_2007.pdf>. Acesso em 09 set. 2017.

HOEKSTRA, et al. **Manual de Avaliação da Pegada Hídrica**: estabelecendo um padrão global. Tradução de Solução Supernova. Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil em parceria com a Water Footprint Network, 2011. 216 p. Disponível em: <<http://www.ayhoekstra.nl/pubs/Hoekstra-et-al-2013-ManualDeAvaliacaoDaPegadaHidrica.pdf>>. Acesso em 15 out. 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas de Saneamento 2011**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv53096_cap6.pdf>. Acesso em 26 dez. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 2010**: sinopse por setores. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/>>. Acesso em 05 set. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2020.** Questionário amostra. Rio de Janeiro, 2020c. Disponível em:
https://censo2020.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/bd918f26b77d18d86c251e7b1f7c1a70.pdf. Acesso em 02 jan. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2020.** Questionário básico. Rio de Janeiro, 2020b. Disponível em:
https://censo2020.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/ba7ebcb8ad1eb3d4d1e103c9033d5404.pdf. Acesso em 02 jan. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades:** Cambé, panorama, população estimada 2019. Rio de Janeiro, 2020a. Disponível em:
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/cambe/panorama>. Acesso em 22 de mar. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades:** Londrina, panorama, população estimada 2019. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em:
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/londrina/panorama>. Acesso em 22 de mar. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil:** uma primeira aproximação. 2017. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/rural_urbano/. Acesso em 26 dez. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares:** POF - 2008-2009. Rio de Janeiro, 2008-2009. Disponível em:
<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/2393#resultado>. Acesso em 04 abr. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da aquicultura no Brasil.** 2013. Rio de Janeiro, 2013.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 14046:2014 (en):** environmental management – water footprint – principles, requirements and guidelines. 2014. Disponível em:
<https://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=18808772&objAction=browse&viewType=1>. Acesso em 09 set. 2017.

ISO. International Organization for Standardization. **About ISO.** 2018. Disponível em:
<https://www.iso.org/about-us.html>. Acesso em 01 jun. 2018.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 14000 family:** environmental management. 2018a. Disponível em: <https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html>. Acesso em 01 jun. 2018.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO Survey of certifications to management system standards:** full results. 2018b. Disponível em:
<https://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=18808772&objAction=browse&viewType=1>. Acesso em 01 jun. 2018.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 14040.** 2006. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework. Geneva: ISO, 2006. 20p.

LEÃO, R. S. Pegada Hídrica: visões e reflexões sobre sua aplicação. **Revista Ambiente & Sociedade**. São Paulo. v. XVI, n. 4. p.159-162. out-dez, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2013000400010&lng=en&nrm=iso&tlang=en#back1>. Acesso em 19 mar. 2017.

LIMA, V. F.; SILVA, E. H. B. C.; ORRICO, S. R. M. Avaliação da pegada hídrica de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário em uma cidade de médio porte – caso de Alagoinhas – BA. **Anais. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável: desafios do conhecimento e da gestão.** 2015, Brasília/DF. Disponível em: <<file:///C:/Users/User/Downloads/PAP020809.pdf>>. Acesso em 25 set. 2018.

LONDRINA. **Bacias hidrográficas do município.** 2019. Disponível em: <<http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?Itemid=840>>. Acesso em 26 dez. 2019.

LONDRINA. Conselho Municipal do Meio Ambiente de Londrina. **Resolução 11 de 4 de dezembro de 2006.** Regulamenta a correta destinação dos resíduos, estabelecendo a separação dos materiais recicláveis dos demais resíduos. CONSEMMA, 2006. Disponível em: <http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/consemma/Resolucoes/resolucao_o_consemma_11_separacao_reciclageis.pdf>. Acesso em 15 set. 2016.

LONDRINA. **Decreto Municipal 660 de 29 de maio de 2019a.** Institui o Sistema de Gestão Ambiental - SGA como o sistema oficial de gestão de processos de licenciamento ambiental da Secretaria do Ambiente do Município de Londrina, e dá outras providências. Disponível em: <https://www2.londrina.pr.gov.br/jornaloficial/images/stories/jornalOficial/jornal_3823_assinado.pdf>. Acesso em 20 fev. 2020.

LONDRINA. **Decreto Municipal 768 de 23 de setembro de 2009.** Institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil no Município de Londrina-PR, disciplina os transportadores de resíduos em geral e dá outras providências. Londrina, PR, 23 set. 2009a. Disponível em: <http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec_ambiente/gestao%20residuos/decreto_768_2009.pdf>. Acesso em 15 set. 2016.

LONDRINA. **Decreto Municipal 769, de 23 de setembro de 2009a.** Regulamenta a gestão dos resíduos orgânicos e rejeitos de responsabilidade pública e privada no Município de Londrina e dá outras providências. Londrina, PR, 23 set. 2009b. Disponível em: <http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec_ambiente/gestao%20residuos/decreto_769_2009.pdf>. Acesso em 15 set. 2016.

LONDRINA. **Decreto Municipal 770 de 23 de setembro de 2009b.** Institui o Cadastro de Gestão de Resíduos nos Serviços Públicos e Privados do Município de Londrina. Londrina, PR, 23 set. 2009c. Disponível em: <http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec_ambiente/gestao%20residuos/decreto_770_2009.pdf>. Acesso em 15 set. 2016.

LONDRINA. Decreto Municipal 798 de 4 de outubro de 2011. Regulamenta a Lei Municipal nº 10.967, de 26 de julho de 2010, no que se refere à fiscalização do despejo de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec_ambiente/gestao%20residuos/jornal_1675_assinado.pdf>. Acesso em 15 set. 2016.

LONDRINA. Decreto Municipal 1.050 de 23 de setembro de 2009c. Altera dispositivos do Decreto nº 769, de 23 de setembro de 2009, que dispõe sobre a regulamentação da gestão dos resíduos orgânicos e rejeitos de responsabilidade pública e privada no Município de Londrina. Londrina, PR, 23 set. 2009d. Disponível em: <http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec_ambiente/gestao%20residuos/Jornal%20Oficial%201201.pdf>. Acesso em 15 set. 2016.

LONDRINA. Lei 10.849, de 29 de dezembro de 2009d. Fixa normas para o licenciamento ambiental no Município de Londrina, institui taxas relativas ao licenciamento ambiental e dá outras providências. Disponível em: <http://200.155.38.23/dados/images/stories/Storage/sec_ambiente/gestao%20residuos/lei_10849_taxa.pdf>. Acesso em 06 abr. 2018.

LONDRINA. Lei 11.471, de 5 de janeiro de 2012. Institui o Código Ambiental do Município de Londrina. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/l/londrina/lei-ordinaria/2012/1147/11471/lei-ordinaria-n-11471-2012-institui-o-codigo-ambiental-do-municipio-de-londrina>>. Acesso em 06 abr. 2018.

LONDRINA. Lei 11.552, de 24 de abril de 2012a. Dispõe sobre a obrigatoriedade do reuso da água no Município de Londrina e dá outras providências. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/l/londrina/lei-ordinaria/2012/1156/11552/lei-ordinaria-n-11552-2012-dispoe-sobre-a-obrigatoriedade-do-reuso-da-agua-no-municipio-de-londrina-e-da-outras-providencias?q=11552>>. Acesso em 06 fev. 2019.

LONDRINA. Lei 11.996, de 30 de dezembro de 2013. Institui o Plano Diretor de Arborização Urbana do Município de Londrina. Jornal Oficial [do] Município de Londrina, Londrina, PR, 13 dez. 2013. Edição 2334, Caderno Único, fls. 18 a 31. Disponível em: <<http://www2.cml.pr.gov.br/leis/2013/web/LE119962013consol.html>>. Acesso em 06 abr. 2018.

LONDRINA. Lei 12.236, de 29 de janeiro de 2015. Dispõe sobre o Uso e a Ocupação do Solo no Município de Londrina e dá outras providências. Jornal Oficial [do] Município de Londrina, Londrina, PR, 02 fev. 2015a. Edição 2637. Disponível em: <http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/ippul/legislacao_urbanistica/Lei_%20n_%2012236_2015_Uso_%20e_%20Ocupacao_do_Solo_16_03_2017.pdf>. Acesso em 06 abr. 2018.

LONDRINA. Lei 12.628, de 18 de dezembro de 2017a. Institui alterações na Lei nº 10.849, de 29 de dezembro de 2009, que fixa normas para o licenciamento ambiental no Município de Londrina, institui taxas relativas ao licenciamento ambiental e dá outras providências. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/l/londrina/lei-ordinaria/2017/1262/12628/lei-ordinaria-n-12628-2017-institui-alteracoes-na-lei-n-10849-de-29-de-dezembro-de-2009-que-fixa-normas-para-o-licenciamento-ambiental-no-municipio-de->>

londrina-institui-taxas-relativas-ao-licenciamento-ambiental-e-da-outras-providencias>. Acesso em 06 abr. 2018.

LONDRINA. Mapa de zoneamento. 2015a. Disponível em: <http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/ippul/mapas_tematicos/usocup_015.jpg>. Acesso em 21 abr. 2018.

LONDRINA. O Rio da Minha Rua: uma experiência de Londrina/PR. Relatório de Implantação do Projeto na cidade de Londrina. Secretaria Municipal do Ambiente. Arquivo pessoal, 2007.

LONDRINA. Perfil do Município de Londrina 2017 (ano-base 2016). Londrina, 2017. Disponível em: <http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec_planejamento/perfil/Perfil_2017.pdf>. Acesso em 05 mai. 2018.

LONDRINA. Plano Municipal de Saneamento Básico de Londrina/PR: Diagnóstico 2008/2009. Disponível em: <http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/gabinete/PMSB/diagnostico_londrina_completo_corrigido29out09.pdf>. Acesso em 03 jan. 2018.

LONDRINA. Plano Municipal de Saneamento Básico de Londrina/PR: Renovação do PMSB – 2015b. Disponível em: <http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/gabinete/PMSB/pmsb_completo_corrigido_2015.pdf>. Acesso em 03 jan. 2018.

LONDRINA. Portaria SEMA-GAB nº 7, de 16 de julho de 2018. Dispensa de Licenciamento Ambiental Municipal empreendimentos e atividades de pequeno porte e baixo impacto ambiental. Disponível em: <<https://repositorio.londrina.pr.gov.br/index.php/menu-ambiente/dca/15494-portaria-sema-n-07-2018/file>>. Acesso em 24 fev. 2020.

LONDRINA. Secretaria Municipal do Ambiente. Licenciamento ambiental municipal: comerciais e serviços. 2020. Disponível em: <<https://www.londrina.pr.gov.br/licenciamento-ambiental-municipal?start=8>>. Acesso em 26 mar. 2020.

LONDRINA. Secretaria Municipal do Ambiente. Licenciamento ambiental municipal: serviços médico, hospitalar, laboratorial e veterinário. 2020a. Disponível em: <<https://www.londrina.pr.gov.br/licenciamento-ambiental-municipal?start=9>>. Acesso em 26 mar. 2020.

MARACAJÁ, K. F. B. ; ARAÚJO, L. E. de ; DA SILVA, V. P. R. Regionalização da Pegada Hídrica do Estado da Paraíba. **REUNIR: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, Campina Grande, vol. 4, n. 1, p. 105-122, 2014.

DOI: <https://doi.org/10.18696/reunir.v4i1.206>. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/Regionalizacao_da_Pegada_Hidrica_do_Estado_da_Para.pdf>. Acesso em 05 out. 2019.

MARTIN, N. B. Manejo de microbacias: o caso do Paraná-Rural. In: LOPES, Ignez Vidigal. et al. **Gestão ambiental no Brasil**: experiência e sucesso. Rio de janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas, 1996. 408 p.

MATTES, D. A sustentabilidade do sistema de drenagem urbana. In: DOWBOR, L.; TAGNIN, R. A. (org.). **Administrando a água como se fosse importante**: gestão ambiental e sustentabilidade. São Paulo: Editora Senac. São Paulo, 2005. p. 61-71.

MEKONNEN, M. M. ; HOEKSTRA, A. Y. A global assessment of the water footprint of farm animal products. **Ecosystems**. v. 15, n. 3. 2012. p. 401-415. Disponível em: <<https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/6808498/Mekonnen-Hoekstra-2012-WaterFootprintFarmAnimalProducts.pdf>>. Acesso em 30 ago. 2018.

MEKONNEN, M. M. ; HOEKSTRA, A. Y. Global Gray Water Footprint and Water Pollution Levels related to Anthropogenic Nitrogen Loads to Fresh Water. **Environmental Science & Technology**. v. 49, 2015. p. 12860-12868. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.5b03191>> Acesso em 15 mai. 2016.

MEKONNEN, M. M. ; HOEKSTRA, A. Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. **Hydrology and Earth System Sciences**. v. 15, p. 1577-1600, 2011. DOI:10.5194/hess-15-1577-2011. Disponível em: <https://waterfootprint.org/media/downloads/Mekonnen-Hoekstra-2011-WaterFootprintCrops_2.pdf>. Acesso em 30 ago. 2018.

ONU. **Declaração do Milênio**. Nova Iorque, 6-8 de setembro de 2000. Disponível em: <<https://www.unric.org/html/portuguese/uninfo/DecdoMil.pdf>>. Acesso em 24 mar. 2018.

PAHLOW, et al. Increasing pressure on freshwater resources due to terrestrial feed ingredients for aquaculture production. **Science of the Total Environment**. v. 536, p. 847–857, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969715304666>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

PARANÁ. Águas Paraná: Instituto das Águas do Paraná. **Comitês de Bacia Hidrográfica**. 2018. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=204>>. Acesso em 01 abr. 2018.

PARANÁ. Águas Paraná: Instituto das Águas do Paraná; Governo do Paraná; COBRAPE. **Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi**: Produto 01: Cenários Alternativos. 2013a. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/Tibagi/Plano_de_Bacia/Produto_01_Cenarios_Alternativos_Rev1.pdf>. Acesso em 05 abr. 2018.

PARANÁ. Águas Paraná: Instituto das Águas do Paraná; Governo do Paraná; COBRAPE. **Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi**: Produto 05: Proposta de Enquadramento. Revisão 05. Agosto/2015. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/TIBAGI/plano_de_bacia/Produto_05_Proposta_de_Enquadramento_Revisao_5.pdf>. Acesso em 16 nov. 2018.

PARANÁ. Águas Paraná: Instituto das Águas do Paraná; Governo do Paraná; COBRAPE.

Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi: Resumo Executivo.

2013. Disponível em:

<http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/TIBAGI/plano_de_bacia/Plano_Bacia_Tibagi_resumo_executivo.pdf>. Acesso em 05 abr. 2018.

PARANÁ. Águas Paraná: Instituto das Águas do Paraná. Dados para Download. **Dados de**

outorgas do Estado do Paraná. Maio 2018a. Disponível em:

<<http://www.aguasparana.pr.gov.br/pagina-79.html>>. Acesso em 17 mai. 2018.

PARANÁ. Águas Paraná: Instituto das Águas do Paraná. **Outorga de Uso Recursos**

Hídricos [*]. 2020b. Disponível em:

<<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=10>>. Acesso em 20 fev. 2020.

PARANÁ. Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Resolução 100, de 17 de agosto de 2016.** Aprova o

enquadramento dos corpos de água superficiais na área de abrangência do comitê da bacia do rio tibagi, em classes, de acordo com os usos preponderantes. 2016. Disponível em:

<http://www.recursoshidricos.pr.gov.br/arquivos/File/CERH_-_28_RO/resolucao_100_cerh_enquadramento_tibagi.pdf>. Acesso em 31 mar 2018.

PARANÁ. Decreto 5790, de 13 de junho de 2002. Institui o Comitê da Bacia do Rio Tibagi e designa seus integrantes. Diário Oficial do Estado do Paraná, Curitiba, 13 jun. 2002.

Disponível em: <<http://www.leisestaduais.com.br/pr/decreto-n-5790-2002-parana-institui-o-comite-da-bacia-do-rio-tibagi-e-designa-seus-integrantes>>. Acesso em 06 abr. 2018.

PARANÁ. Decreto 9957, de 23 de janeiro de 2014. Dispõe sobre o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos e adota outras providências. Diário Oficial do Estado do Paraná, Curitiba, 23 jan. 2014. Disponível em:

<<https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=113097&indice=1&totalRegistros=1&dt=22.1.2020.9.19.28.247>>. Acesso em 20 fev. 2020.

PARANÁ. Instituto Ambiental do Paraná. **Monitoramento da qualidade das águas de microbacias urbanas, na região metropolitana de Londrina, norte do Estado do Paraná, no período de 2007 a 2009.** Curitiba: IAP, 2011. 40 p.

PARANÁ. Instituto Ambiental do Paraná. **SGA – Sistema de Gestão Ambiental.** 2020.

Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1389>>. Acesso em 01 fev. 2020.

PARANÁ. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Tabela 4.5.3 –**

Produto interno bruto per capita, segundo os municípios do Paraná – 2009a. Disponível em: <http://www.ipardes.pr.gov.br/anuario_2010/4economia/tab4_5_3.htm>. Acesso em: 30 set. 2019.

PARANÁ. Lei 12.726 de 26 de novembro de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e adota outras providências. Diário Oficial do Estado do Paraná n. 5628, Curitiba, 29 nov. 1999. Disponível em:

<<https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=exibir&codAto=5849&codItemAto=39972#39972>>. Acesso em 29 mar. 2018.

PARANÁ. Lei 16.242 de 13 de outubro de 2009. Cria o Instituto das Águas do Paraná, conforme especifica e adota outras providências. Diário Oficial do Estado do Paraná n. 8075, Curitiba, 13 out. 2009. Disponível em:

<<https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=exibir&codAto=52454&codItemAto=407282>>. Acesso em 29 mar. 2018.

PARANÁ. Lei 20.070 de 18 de dezembro de 2019. Autoriza a incorporação do Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná e do Instituto das Águas do Paraná, pelo Instituto Ambiental do Paraná, e dá outras providências. Disponível em:

<<https://www.documentos.dioe.pr.gov.br/dioe/consultaPublicaPDF.do;jsessionid=663DEB5DD8A19D66E5AC93A76ED283FA?action=pgLocalizar&enviado=true&numero=&dataInicialEntrada=19%2F12%2F2019&dataFinalEntrada=19%2F12%2F2019&search=&diarioCodigo=3&submit=Localizar&localizador=>>. 2019a. Acesso em 20 jan. 2020.

PARANÁ. Paraná Inteligência Artificial. Solicitar licenciamento ambiental. 2020a. Disponível em: <<https://www.pia.pr.gov.br/servicos/Servicos/Municipios/Solicitar-licenciamento-ambiental-9OoqbNG0>>. Acesso em 01 fev. 2020.

PARANÁ. Resolução CEMA nº 088 de 27 de Agosto de 2013b. Estabelece critérios, procedimentos e tipologias para o licenciamento ambiental municipal de atividades, obras e empreendimentos que causem ou possam causar impacto de âmbito local e determina outras providências. Disponível em:

<<https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=exibir&codAto=101120&codTipoAto=&tipoVisualizacao=original>>. Acesso em 09 de jun. 2019.

PARANÁ. Resolução CEMA 105, de 17 de dezembro de 2019a. Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece critérios e procedimentos a serem adotados para as atividades poluidoras, degradadoras e/ou modificadoras do meio ambiente e adota outras providências. Disponível em:

<<https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=230603&indice=1&totalRegistros=8&dt=23.0.2020.10.38.32.699>> 2019b. Acesso em 01 fev. 2020.

PARANÁ. Resolução SEMA 39, de 26 de novembro de 2004. O Secretário de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, no uso das atribuições que lhe são conferidas pela Lei nº 10.066, de 27.07.92, Lei nº 11.352, de 13.02.96, Lei nº 8.485, de 03.06.87, considerando a necessidade da quantificação e qualificação dos usos considerados insignificantes. Disponível em:

<http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLU COES/RESOLUCAO_SEMA_39_2004_FICAM_DISPENSADOS_OUTORGA_USO_INSI GNIFICANTE_AGUAS.pdf>. Acesso em 03 out. 2018.

PARANÁ. Secretaria do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo. Conselho Estadual de Meio Ambiente – CEMA. Municípios Descentralizados 2020c. Disponível em: <<http://www.sedest.pr.gov.br/CEMA>>. Acesso em 23 jan. 2020.

PARANÁ. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto das Águas do Paraná. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Paraná:** Resumo Executivo. Out. 2010.

Disponível em:

<http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/PLERH/resumo_executivo_PLERH.pdf>.

Acesso em 26 mar. 2018.

PIRES, J. S. R. ; SANTOS, J. E. ; DEL PRETTE, M. E. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: SCHIAVETTI, A. ; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas:** teorias e aplicações. Ilhéus, BA: Editus, 2002. 293 p. Disponível em:

<http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/conceitos_de_bacias.pdf>. Acesso em 27 jan. 2018.

RECIFE; SERVICIOS AMBIENTALES S.A. **Projeto Pegada de Cidades:** inventário de emissões de gases de efeito estufa (2012-2015) e pegada hídrica (2015) do Recife, 2017.

Disponível em:

<http://meioambiente.recife.pe.gov.br/sites/default/files/midia/arquivos/pagina-basica/projeto_pegadas_da_cidade_-_inventario.pdf>. Acesso em 23 de nov. 2019.

SIMCIC, E. **O crescimento urbano na década de 1990/2000:** o caso da cidade de Cambé-PR. 2001. 77 p. Monografia (Bacharelado em Geografia). Universidade Estadual de Londrina. Londrina. 2001.

SOUZA JÚNIOR, W. C. **Gestão das Águas no Brasil:** reflexões, diagnósticos e desafios. IEB: Instituto Internacional de Educação do Brasil. São Paulo: Petrópolis, 2004. 164 p.

SOUZA, J. L. et al. Pegada hídrica de uma comunidade de consumidores em Fortaleza/CE/Brasil: análise das pegadas rápida e estendida na metodologia “water footprint network”. In: **Ver. Econ. NE**, Fortaleza, v.45, n. 3, p. 17-32, jul-set., 2014. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/projwebren/Exec/artigoRenPDF.aspx?cd_artigo_ren=1496>. Acesso em 27 ago. 2016.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

STRASBURG, V. J. ; JAHNO V. D. Sustentabilidade de cardápio: avaliação da pegada hídrica nas refeições de um restaurante universitário. **Revista Ambiente & Água:** An Interdisciplinary Journal of Applied Science / Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas. Taubaté. v. 10, n. 4, p. 903-914, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v10n4/1980-993X-ambiagua-10-04-00903.pdf>>. Acesso em 27 ago. 2018.

TRATA BRASIL. **Perdas de água 2019 (SNIS 2017): Desafios para Disponibilidade Hídrica e Avanço da Eficiência do Sistema Básico.** 2019. 68 p. Disponível em: <http://tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/Estudo_de_Perdas_2019_5.pdf>. Acesso em 06 de out. 2019.

TROELL, M. et al. Comment on “Water footprint of marine protein consumption – aquaculture’s link to agriculture. **Environmental Research Letters**. v. 9, n. 10, p. 109001, 2014. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/10/109001/pdf>>. Acesso em 30 de ago. 2018.

TUCCI, C. E. M. ; MENDES, C. A. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. Brasília: MMA, 2006. 302 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/sqa_3.pdf>. Acesso em 13 de abr. 2016.

TUNDISI, José Galízia. **Água no século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 2003. 248 p.

VANHAM, D. ; BIDOGLIO, G. The water footprint of Milan. **Water Science & Technology**, 2014. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/ee1c/4c30c389bd1e2ff8e53bd10f09b59bfc217a.pdf>>. Acesso em 12 dez. 2019.

VANHAM, D. ; GAWLIK, B. M. ; BIDOGLIO, G. Cities as hotspots of indirect water consumption: The case study of Hong Kong. **Journal of Hydrology**, [S. l.], v. 573, p. 1075-1086, jun. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.12.004>. Disponível em: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0022169417308223?token=C08DFB7CAF77F81FA06ACF77CC530E395F71A1522A230FA7A781056096529F4E056F58EC3E6A18448DCDB1C555BC93F4>>. Acesso em 12 out. 2018.

VANHAM, D. ; MAK, T. N. ; GAWLIK, B. M. Urban food consumption and associated water resources: The example of Dutch cities. **Science of the Total Environment**, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716308750>>. Acesso em 16 dez. 2019.

VIEIRA, B. ; SOUSA JÚNIOR, W. Contribuições para abordagem municipal da pegada hídrica: estudo de caso no litoral de São Paulo. In: **Ambiente & Sociedade**. São Paulo: v. XVIII, n. 3, p. 231-252, jul-set, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v18n3/1809-4422-asoc-18-03-00231.pdf>>. Acesso em 10 out. 2018.

VIEIRA, W. **Foto panorâmica da bacia hidrográfica do ribeirão Cambé**. Londrina-PR. Disponível em: <<http://crillon.com.br/destino-londrina>>. Acesso em 01 jan. 2019.

WATER FOOTPRINT NETWORK. **Personal calculator – extended**. 2005. Disponível em: <<http://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/personal-water-footprint-calculator/personal-calculator-extended/>>. Acesso em 24 set. 2017.

YABE, M. J. S. ; DE OLIVEIRA, E. Metais Pesados em Águas Superficiais como Estratégia de Caracterização de Bacias Hidrográficas. In: **Química Nova**. V. 21, n.5, 1998, p. 551-556. Disponível em: <http://www.quimicanova.sbj.org.br/imagebank/pdf/Vol21No5_551_v21_n5_%282%29.pdf>. Acesso em 04 ago. 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Pessoas residentes por setores censitários na bacia hidrográfica do ribeirão Cambé – Londrina/PR.

Município	Vertente	Setor Censitário	Bairro	População Residente
Londrina	Esquerda	411370005000010	Sem especificação	143
Londrina	Esquerda	411370005030001	Cilo III	146
Londrina	Esquerda	411370005030029	Leonor	534
Londrina	Esquerda	411370005030023	Leonor	1149
Londrina	Esquerda	411370005030022	Leonor	912
Londrina	Esquerda	411370005030021	Leonor	972
Londrina	Esquerda	411370005030038	Cilo II	861
Londrina	Esquerda	411370005030039	Cilo II	529
Londrina	Esquerda	411370005030037	Cilo II	201
Londrina	Esquerda	411370005030040	Bandeirantes	979
Londrina	Esquerda	411370005030047	Bandeirantes	1070
Londrina	Esquerda	411370005030002	Cilo III	12
Londrina	Esquerda	411370005030003	Cilo III	72
Londrina	Esquerda	411370005030031	Leonor	781
Londrina	Esquerda	411370005030004	Cilo III	5
Londrina	Esquerda	411370005030046	Bandeirantes	928
Londrina	Esquerda	411370005030045	Bandeirantes	1295
Londrina	Esquerda	411370005030041	Bandeirantes	820
Londrina	Esquerda	411370005030044	Bandeirantes	838
Londrina	Esquerda	411370005030043	Bandeirantes	1049
Londrina	Esquerda	411370005030042	Bandeirantes	917
Londrina	Esquerda	411370005030050	Bandeirantes	975
Londrina	Esquerda	411370005030048	Bandeirantes	293
Londrina	Esquerda	411370005030049	Bandeirantes	580
Londrina	Esquerda	411370005030069	Champagnat	161
Londrina	Esquerda	411370005030068	Champagnat	824
Londrina	Esquerda	411370005030067	Champagnat	1032
Londrina	Esquerda	411370005030066	Champagnat	862
Londrina	Esquerda	411370005030065	Champagnat	686
Londrina	Esquerda	411370005030064	Champagnat	1167
Londrina	Esquerda	411370005030063	Champagnat	936
Londrina	Esquerda	411370005030062	Jamaica	723
Londrina	Esquerda	411370005030061	Jamaica	416
Londrina	Esquerda	411370005030060	Jamaica	1364
Londrina	Esquerda	411370005030059	Jamaica	128
Londrina	Esquerda	411370005030058	Jamaica	788
Londrina	Esquerda	411370005030057	Jamaica	997
Londrina	Esquerda	411370005030056	Jamaica	994
Londrina	Esquerda	411370005030055	Jamaica	631
Londrina	Esquerda	411370005030054	Jamaica	1477
Londrina	Esquerda	411370005030053	Jamaica	646
Londrina	Esquerda	411370005030052	Jamaica	1045

Londrina	Esquerda	411370005030051	Jamaica	1034
Londrina	Esquerda	411370005030073	Champagnat	451
Londrina	Esquerda	411370005030072	Champagnat	631
Londrina	Esquerda	411370005010063	Shangri-lá	6
Londrina	Esquerda	411370005010064	Shangri-lá	67
Londrina	Esquerda	411370005010054	Shangri-lá	576
Londrina	Esquerda	411370005010055	Shangri-lá	471
Londrina	Esquerda	411370005030074	Champagnat	767
Londrina	Esquerda	411370005030075	Champagnat	533
Londrina	Esquerda	411370005030076	Champagnat	195
Londrina	Esquerda	411370005030083	Presidente	98
Londrina	Esquerda	411370005030082	Presidente	1018
Londrina	Esquerda	411370005030086	Presidente	17
Londrina	Esquerda	411370005030087	Presidente	1118
Londrina	Esquerda	411370005030080	Presidente	515
Londrina	Esquerda	411370005030077	Presidente	874
Londrina	Esquerda	411370005030081	Presidente	686
Londrina	Esquerda	411370005030088	Presidente	410
Londrina	Esquerda	411370005010062	Shangri-lá	252
Londrina	Esquerda	411370005010109	Quebec	119
Londrina	Esquerda	411370005010105	Quebec	631
Londrina	Esquerda	411370005010104	Quebec	937
Londrina	Esquerda	411370005010103	Quebec	761
Londrina	Esquerda	411370005010102	Quebec	883
Londrina	Esquerda	411370005010107	Quebec	269
Londrina	Esquerda	411370005010101	Quebec	874
Londrina	Esquerda	411370005010106	Quebec	74
Londrina	Esquerda	411370005010100	Quebec	756
Londrina	Esquerda	411370005010108	Quebec	123
Londrina	Esquerda	411370005030079	Presidente	1056
Londrina	Esquerda	411370005030078	Presidente	751
Londrina	Esquerda	411370005030084	Presidente	221
Londrina	Esquerda	411370005010031	Centro Histórico	1023
Londrina	Esquerda	411370005010032	Centro Histórico	556
Londrina	Esquerda	411370005010029	Centro Histórico	577
Londrina	Esquerda	411370005010030	Centro Histórico	768
Londrina	Esquerda	411370005010017	Centro Histórico	949
Londrina	Esquerda	411370005010028	Centro Histórico	490
Londrina	Esquerda	411370005010053	Centro Histórico	548
Londrina	Esquerda	411370005010052	Centro Histórico	492
Londrina	Esquerda	411370005010027	Centro Histórico	747
Londrina	Esquerda	411370005010016	Centro Histórico	686
Londrina	Esquerda	411370005010035	Centro Histórico	738
Londrina	Esquerda	411370005010002	Centro Histórico	998
Londrina	Esquerda	411370005010003	Centro Histórico	848
Londrina	Esquerda	411370005010026	Centro Histórico	783
Londrina	Esquerda	411370005010041	Centro Histórico	487
Londrina	Esquerda	411370005010025	Centro Histórico	442
Londrina	Esquerda	411370005010015	Centro Histórico	829
Londrina	Esquerda	411370005010014	Centro Histórico	974
Londrina	Esquerda	411370005010013	Centro Histórico	613

Londrina	Esquerda	411370005010001	Centro Histórico	526
Londrina	Esquerda	411370005010037	Centro Histórico	400
Londrina	Esquerda	411370005010051	Centro Histórico	411
Londrina	Esquerda	411370005010024	Centro Histórico	476
Londrina	Esquerda	411370005010040	Centro Histórico	537
Londrina	Esquerda	411370005010012	Centro Histórico	681
Londrina	Esquerda	411370005010011	Centro Histórico	1034
Londrina	Esquerda	411370005010008	Centro Histórico	1239
Londrina	Esquerda	411370005010009	Centro Histórico	398
Londrina	Esquerda	411370005010010	Centro Histórico	734
Londrina	Esquerda	411370005010023	Centro Histórico	410
Londrina	Esquerda	411370005010049	Centro Histórico	589
Londrina	Esquerda	411370005010050	Centro Histórico	336
Londrina	Esquerda	411370005010022	Centro Histórico	578
Londrina	Esquerda	411370005010048	Centro Histórico	368
Londrina	Esquerda	411370005010034	Centro Histórico	760
Londrina	Esquerda	411370005010039	Centro Histórico	636
Londrina	Esquerda	411370005010007	Centro Histórico	284
Londrina	Esquerda	411370005010038	Centro Histórico	743
Londrina	Esquerda	411370005010006	Centro Histórico	527
Londrina	Esquerda	411370005010005	Centro Histórico	1320
Londrina	Esquerda	411370005010043	Centro Histórico	101
Londrina	Esquerda	411370005010018	Centro Histórico	566
Londrina	Esquerda	411370005010044	Centro Histórico	552
Londrina	Esquerda	411370005010021	Centro Histórico	665
Londrina	Esquerda	411370005010047	Centro Histórico	403
Londrina	Esquerda	411370005010020	Centro Histórico	677
Londrina	Esquerda	411370005010033	Centro Histórico	295
Londrina	Esquerda	411370005010046	Centro Histórico	499
Londrina	Esquerda	411370005010019	Centro Histórico	374
Londrina	Esquerda	411370005010045	Centro Histórico	405
Londrina	Esquerda	411370005010112	Higienópolis	476
Londrina	Esquerda	411370005010110	Higienópolis	1448
Londrina	Esquerda	411370005010111	Higienópolis	826
Londrina	Esquerda	411370005010113	Higienópolis	499
Londrina	Esquerda	411370005010115	Higienópolis	428
Londrina	Esquerda	411370005010114	Higienópolis	38
Londrina	Esquerda	411370005010131	Petrópolis	10
Londrina	Esquerda	411370005010130	Petrópolis	544
Londrina	Esquerda	411370005010129	Petrópolis	468
Londrina	Esquerda	411370005010128	Petrópolis	1106
Londrina	Esquerda	411370005010127	Petrópolis	415
Londrina	Esquerda	411370005010126	Petrópolis	775
Londrina	Esquerda	411370005010133	Petrópolis	750
Londrina	Esquerda	411370005010120	Ipiranga	602
Londrina	Esquerda	411370005010124	Ipiranga	660
Londrina	Esquerda	411370005010119	Ipiranga	417
Londrina	Esquerda	411370005010125	Ipiranga	211
Londrina	Esquerda	411370005010123	Ipiranga	387
Londrina	Esquerda	411370005010122	Ipiranga	632
Londrina	Esquerda	411370005010121	Ipiranga	467

Londrina	Esquerda	411370005010118	Ipiranga	527
Londrina	Esquerda	411370005010117	Ipiranga	654
Londrina	Esquerda	411370005010116	Ipiranga	452
Londrina	Esquerda	411370005010138	Vila Brasil	689
Londrina	Esquerda	411370005010136	Vila Brasil	706
Londrina	Esquerda	411370005010139	Vila Brasil	379
Londrina	Esquerda	411370005010144	Vila Brasil	548
Londrina	Esquerda	411370005010140	Vila Brasil	1035
Londrina	Esquerda	411370005010143	Vila Brasil	448
Londrina	Esquerda	411370005010137	Vila Brasil	733
Londrina	Esquerda	411370005010146	Vila Brasil	3990
Londrina	Esquerda	411370005010141	Vila Brasil	676
Londrina	Esquerda	411370005010142	Vila Brasil	707
Londrina	Esquerda	411370005010145	Vila Brasil	426
Londrina	Esquerda	411370005010147	Vila Brasil	899
Londrina	Esquerda	411370005040064	Brasília	3
Londrina	Esquerda	411370005040085	Aeroporto	146
Londrina	Esquerda	411370005040053	Brasília	931
Londrina	Esquerda	411370005040086	Aeroporto	231
Londrina	Esquerda	411370005040089	Aeroporto	644
Londrina	Esquerda	411370005040088	Aeroporto	463
Londrina	Esquerda	411370005040087	Aeroporto	390
Londrina	Esquerda	411370005040083	Aeroporto	828
Londrina	Esquerda	411370005040084	Aeroporto	694
Londrina	Esquerda	411370005040118	Califórnia	20
Londrina	Esquerda	411370005040121	Califórnia	465
Londrina	Esquerda	411370005040110	Califórnia	985
Londrina	Esquerda	411370005040112	Califórnia	1275
Londrina	Esquerda	411370005040111	Califórnia	845
Londrina	Esquerda	411370005040109	Califórnia	1324
Londrina	Esquerda	411370005040108	Califórnia	658
Londrina	Esquerda	411370005040119	Califórnia	852
Londrina	Esquerda	411370005040114	Califórnia	1131
Londrina	Esquerda	411370005040115	Califórnia	1103
Londrina	Esquerda	411370005040117	Califórnia	604
Londrina	Esquerda	411370005040120	Califórnia	583
Londrina	Esquerda	411370005040113	Califórnia	1373
Londrina	Esquerda	411370005040116	Califórnia	1143
Londrina	Esquerda	411370005000018	Sem especificação	921
Cambé	Direita	410370105000112	Sem especificação	681
Cambé	Direita	410370105000038	Sem especificação	732
Cambé	Direita	410370105000040	Sem especificação	1178
Cambé	Direita	410370105000084	Sem especificação	1255
Cambé	Direita	041037010500062	Sem especificação	1684
Cambé	Direita	410370105000041	Sem especificação	877
Cambé	Direita	410370105000042	Sem especificação	848
Cambé	Direita	410370105000043	Sem especificação	734
Cambé	Direita	410370105000046	Sem especificação	971
Cambé	Direita	410370105000044	Sem especificação	1043
Cambé	Direita	410370105000045	Sem especificação	777
Cambé	Direita	410370105000047	Sem especificação	934

Cambé	Direita	410370105000048	Sem especificação	695
Cambé	Direita	410370105000049	Sem especificação	578
Cambé	Direita	410370105000050	Sem especificação	1348
Cambé	Direita	410370105000051	Sem especificação	914
Cambé	Direita	410370105000057	Sem especificação	663
Cambé	Direita	410370105000054	Sem especificação	769
Londrina	Direita	411370005030091	Sabará	798
Londrina	Direita	411370005030092	Sabará	642
Londrina	Direita	411370005030093	Sabará	714
Londrina	Direita	411370005030090	Sabará	926
Londrina	Direita	411370005030089	Sabará	726
Londrina	Direita	411370005030107	Universidade	240
Londrina	Direita	411370005030109	Universidade	199
Londrina	Direita	411370005030104	Universidade	73
Londrina	Direita	411370005030118	Palhano	807
Londrina	Direita	411370005030117	Palhano	355
Londrina	Direita	411370005030126	Palhano	386
Londrina	Direita	411370005030127	Palhano	606
Londrina	Direita	411370005030116	Palhano	483
Londrina	Direita	411370005030122	Palhano	933
Londrina	Direita	411370005030124	Palhano	1078
Londrina	Direita	411370005030119	Palhano	668
Londrina	Direita	411370005030123	Palhano	584
Londrina	Direita	411370005030125	Palhano	618
Londrina	Direita	411370005030115	Palhano	683
Londrina	Direita	411370005050015	Vivendas do Arvoredo	767
Londrina	Direita	411370005050017	Vivendas do Arvoredo	438
Londrina	Direita	411370005050016	Vivendas do Arvoredo	1005
Londrina	Direita	411370005050012	Guanabara	1191
Londrina	Direita	411370005050008	Guanabara	1018
Londrina	Direita	411370005050009	Guanabara	1149
Londrina	Direita	411370005050006	Guanabara	286
Londrina	Direita	411370005050004	Guanabara	701
Londrina	Direita	411370005050010	Guanabara	729
Londrina	Direita	411370005050003	Guanabara	1015
Londrina	Direita	411370005050011	Guanabara	251
Londrina	Direita	411370005050001	Guanabara	134
Londrina	Direita	411370005050002	Guanabara	1592
Londrina	Direita	411370005050005	Guanabara	175
Londrina	Direita	411370005050013	Bela Suíça	138
Londrina	Direita	411370005050014	Bela Suíça	347
Londrina	Direita	411370005050022	Tucanos	7
Londrina	Direita	411370005050018	Tucanos	113
Londrina	Direita	411370005050021	Tucanos	661
Londrina	Direita	411370005050019	Tucanos	1342
Londrina	Direita	411370005050020	Tucanos	1189
Londrina	Direita	411370005050023	Inglaterra	651
Londrina	Direita	411370005050024	Inglaterra	710
Londrina	Direita	411370005050025	Inglaterra	849
Londrina	Direita	411370005050026	Inglaterra	814
Londrina	Direita	411370005050028	Inglaterra	803

Londrina	Direita	411370005050034	Inglaterra	558
Londrina	Direita	411370005050033	Inglaterra	513
Londrina	Direita	411370005050032	Inglaterra	523
Londrina	Direita	411370005050027	Inglaterra	509
Londrina	Direita	411370005050030	Inglaterra	719
Londrina	Direita	411370005050029	Inglaterra	1048
Londrina	Direita	411370005050035	Inglaterra	654
Londrina	Direita	411370005050037	Piza	1185
Londrina	Direita	411370005050038	Piza	803
Londrina	Direita	411370005050039	Piza	1042
Londrina	Direita	411370005050040	Piza	1076
Londrina	Direita	411370005050041	Piza	961
Londrina	Direita	411370005050042	Piza	883
Londrina	Direita	411370005050043	Piza	278
Londrina	Direita	411370005050044	Piza	989
Londrina	Direita	411370005050045	Piza	1375
Londrina	Direita	411370005050046	Piza	854
Londrina	Direita	411370005050047	Piza	593
Londrina	Direita	411370005050048	Piza	1030
Londrina	Direita	411370005050049	Piza	636
Londrina	Direita	411370005050050	Piza	681
Londrina	Direita	411370005050083	Pq. das Indústrias	765
Londrina	Direita	411370005050066	Pq. das Indústrias	512
Londrina	Direita	411370005050067	Pq. das Indústrias	1261
Londrina	Direita	411370005050068	Pq. das Indústrias	1103
Londrina	Direita	411370005050069	Pq. das Indústrias	923
Londrina	Direita	411370005050070	Pq. das Indústrias	1047
Londrina	Direita	411370005050071	Pq. das Indústrias	839
Londrina	Direita	411370005050082	Pq. das Indústrias	488
Londrina	Direita	411370005050072	Pq. das Indústrias	960
Londrina	Direita	411370005050074	Pq. das Indústrias	986
Londrina	Direita	411370005050075	Pq. das Indústrias	772
Londrina	Direita	411370005050076	Pq. das Indústrias	1261
Londrina	Direita	411370005050081	Pq. das Indústrias	837
Londrina	Direita	411370005050078	Pq. das Indústrias	1380
Londrina	Direita	411370005050079	Pq. das Indústrias	920
Londrina	Direita	411370005050084	Pq. das Indústrias	1006
Londrina	Direita	411370005050077	Pq. das Indústrias	644
Londrina	Direita	411370005050085	Pq. das Indústrias	1258
Londrina	Direita	411370005050086	Pq. das Indústrias	615
Londrina	Direita	411370005050080	Pq. das Indústrias	612
Londrina	Direita	411370005050026	Sem especificação	1394
Londrina	Direita	411370005050098	União Vitória	1402

ANEXOS

ANEXO A – Calculadora Estendida da Pegada Hídrica

PEGADA HÍDRICA INDIVIDUAL

Olá,

A sua pegada hídrica é o total de água necessária para produzir os bens e serviços consumidos todos os dias. Este questionário faz parte de uma pesquisa de doutorado - UEL para analisar a pegada hídrica dos moradores de Londrina.

Gostaríamos muito que você participasse.

Os dados precisam ser individuais e considerar todo o seu consumo e hábitos diários, independente do local do consumo e dos hábitos (residência, escola, trabalho, academia, etc).
Considerar uma semana com 7 dias.

Caso precise de auxílio, preparamos uma legenda, que está disponível na página 3.

Muito obrigado pela sua colaboração!!

Cada brasileiro consome em média

5,559 mil Litros de água por dia

Esta conta é feita somando toda a água utilizada, direta e indiretamente, para a produção de bens de consumo, e também nas atividades cotidianas



Vamos lá:

1. Endereço completo: _____
2. Número de moradores na residência: _____. Data: ___/___/___.
3. Consumo de cereais (trigo, arroz, feijão, milho, etc.): ____ kg/semana (média).
4. Carne (todos os tipos): ____ kg/semana (média).
5. Laticínios (queijo, manteiga, iogurte, etc.): ____ kg/semana (média).
6. Ovos: ____ Un/semana (média).
7. Como você prepara e consome seus alimentos:
 - teor de gordura médio.
 - teor de gordura baixo.
 - teor de gordura alto.
8. Consumo de açúcar:
 - médio.
 - baixo.
 - alto.
9. Legumes: ____ Kg/semana (média).
10. Frutas: ____ Kg/semana (média).
11. Raízes (batata, mandioca, cenoura, etc.): ____ Kg/semana (média).
12. Xícaras de café: ____ Un/dia (média).
13. Xícaras de chá: ____ Un/dia (média).
14. Banhos: ____ Un/dia.
15. Duração banho: ____ min/por banho (média).
16. Tipo de chuveiro:
 - padrão.
 - baixo fluxo.
17. Banhos: ____ Un/semana.
18. Escovação de dentes e lavagem das mãos: ____ Un/dia (média).
19. Escova os dentes com a torneira aberta?
 - sim.
 - não.
20. Lavagem de roupas: ____ Un/semana (considerar a lavagem individual).
21. Vaso sanitário com descarga dupla:
 - sim.
 - não.
22. Lavagem de louça (à mão): ____ Un/dia.
23. Duração lavagem louça: ____ min/por lavagem (média).
24. Lavagem de louça (máquina): ____ Un/semana.
25. Lavagem do carro: ____ Un/semana (independente do local de lavagem).
26. Rega do jardim: ____ Un/semana.
27. Rega do jardim: ____ min/por rega (média).
28. Lavagem de quintal e calçadas: ____ min/por semana.
29. Capacidade da piscina (se houver): ____ m².
30. Esvaziamento da piscina (se houver): ____ vezes/ano.
31. Receita bruta anual (individual): ____ R\$/ano.
32. Combustível: etanol gasolina diesel. Litros ____ /mês (média).
33. Consumo água mensal individual: ____ m³ (este dado de consumo total da residência está disponível na fatura de água).

As calculadoras da pegada de água estão sob direitos autorais de Arian Y. Hoekstra, Ashok K. Chapagain e Mesfin M. Mekonnen. Disponível em: <http://waterfootprint.org/en/>

Consumo de itens (exemplos mais comuns e pesos aproximados):

Item 3 - Cereais:

Pão francês: 50g (1unidade)
 Pão de forma: 25 g (1 fatia)
 Farinha de trigo: 15g (1 colher de sopa)
 Farinha de mandioca: 12g (1 colher de sopa)
 Arroz: 85g (1 escumadeira)
 Feijão: 140g (1 concha média)
 Fubá de milho: 10g (1 colher de sopa)
 Macarrão cozido: 110g (1 pegador)

Item 4 - Carnes:

Bife grelhado: 100g (1unidade)
 Carne assada: 90g (1 fatia média)
 Hambúrguer: 180g (unidade)
 Frango: 180g (1 peito médio)
 40g (1 coxa média)
 10g (1 colher sopa desfiada)
 Peixe: 120g (1 filé médio)
 Bisteca porco: 155g (1 unidade)

Item 5 – Laticínios:

Queijo branco: 30g (1 fatia média)
 Queijo muçarela: 20g (1 fatia média)
 Manteiga: 10g (1 colher de sopa)
 Iogurte: 200g (1 pote)
 Leite: 180g (1 copo americano)

Item 9 – Legumes:

Abóbora: 50g (1 pedaço médio)
 Berinjela: 25g (1 colher sopa)
 Chuchu: 20g (1 colher sopa)
 Beterraba: 125g (1 unidade média)
 Brócolis: 10g (1 colher sopa)
 Cebola: 10g (1 colher sopa)
 Couve: 10g (1 colher sopa)
 Tomate: 15g (1 colher sopa)
 Vagem: 15g (1 colher sopa)

Item 10 - Frutas

Abacaxi: 75g (1 fatia média)
 Banana: 70g (1 unidade média)
 Goiaba: 170g (1 unidade média)
 Laranja: 180g (1 unidade média)
 Maçã: 130g (1 unidade média)
 Pera: 110g (1 unidade média)
 Melão: 90g (1 fatia média)
 Melancia: 200g (1 fatia média)
 Mamão papaia: 270g (1 unidade média)

Item 11 – Raízes:

Batata: 140g (1 unidade média)
 Batata purê: 45g (1 colher sopa)
 Cenoura: 12g (1 colher sopa)
 Mandioca: 35g 15g (1 colher sopa)

ANEXO B – Cadastro de Empreendimentos Industriais (CEI)

ANEXO 1 – CADASTRO DE EMPREENDIMENTOS INDUSTRIALIS

CADAstro DE EMPREENDIMENTOS INDUSTRIALIS				CEI		
DOCUMENTO DESTINADO AO CADASTRAMENTO DE EMPREENDIMENTOS INDUSTRIALIS PARA QUALQUER MODALIDADE DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL						
		01 USO DO IAP 01 PROTOCOLO SID				
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS	DIRETORIA DE CONTROLE DE RECURSOS AMBIENTAIS					
02 IDENTIFICAÇÃO DO REQUERENTE						
02 Nome (pessoa física)/Razão Social (pessoa jurídica)		03 CPF (pessoa física)/CNPJ (pessoa jurídica)				
04 RG (PESSOA FÍSICA)/INSCRIÇÃO ESTADUAL (PESSOA JURÍDICA)		05 TELEFONE (DDD - NÚMERO)	06 FAX (DDD - NÚMERO)			
07 ENDEREÇO						
08 BAIRRO	09 MUNICÍPIO/UF			10 CEP		
11 NOME PARA CONTATO		12 CARGO	13 TELEFONE PARA CONTATO (DDD - N ^o - RAMAL)			
03 CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO						
14 ATIVIDADE		15 N ^o do SERFLOR usuário de matéria prima florestal				
16 Endereço		17 Coordenadas Geográficas e/ou UTM				
18 Bairro	19 Município/UF			20 CEP		
22 Corpo hídrico receptor (se for o caso) ou corpo hídrico mais próximo		23 Bacia hidrográfica	24 Área ocupada prevista	25 Área livre prevista		
26 N ^o DE EMPREGADOS PREVISTOS OU EXISTENTES	27 HORARIO DE FUNCIONAMENTO		28 EXISTENCIA DE VEGETAÇÃO ARBOREA NO LOCAL	29 NECESSIDADE DE SUPPRESSAO DE VEGETAÇÃO ARBOREA		
	DAS	ATÉ	SIM	NAO	SIM	NAO
AGUA UTILIZADA					DESTINO FINAL	
ORIGEM (rede Pública, Poços, Cursos d'Áqua, Outros)	CONSUMOS PREVISTOS (m ³ /dia)		DESPESOS PREVISTOS (m ³ /dia)		(NO CASO DE LANÇAMENTO EM ETE INFORMAR NOME DA MESMA)	
	HUMANO	INDUSTRIAL	EGOTO SANITÁRIO	EFLUENTE INDUSTRIAL LÍQUIDO	Esgoto Sanitário	Effluente Industrial Líquido
30	31	32	33	34	35	36
TIPO DE FONTE	EQUIPAMENTO CONSUMIDOR (ESPECIFICAR A POTÊNCIA EM MW, SE FOR O CASO)				CONSUMO DIARIO	
					QUANTIDADE	UNIDADE DE MEDIDA
37	38			39	40	
MATERIAIS-PRIMAS					PRODUTOS E SUBPRODUTOS	
DESCRIÇÃO (CITAR PRINCIPALMENTE AS TOXICAS, INFLAMÁVEIS, COMBUSTIVEIS, REAETIVAS, INDICANDO NÚMERO DA ONU)	QTDE. DIÁRIA (INDICAR A UNIDADE DE MEDIDA)		DESCRIÇÃO (INDICAR NÚMERO DA ONU QUANDO SE APPLICAR)	QTDE. DIÁRIA (INDICAR A UNIDADE DE MEDIDA)		
41	42		43	44		
45 DESCRIÇÃO DETALHADA DO PROCESSO INDUSTRIAL.						

VIA ÚNICA - A SER ANEXADA AO PROCEDIMENTO ADMINISTRATIVO

Verso do Cadastro Industrial

04 INFORMAÇÕES SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS, DESPEJOS LÍQUIDOS E EMISSÕES ATMOSFÉRICAS GERADAS NO EMPREENDIMENTO/ATIVIDADE							
RESÍDUOS SÓLIDOS							
48 DESCRIÇÃO DOS RESÍDUOS		47 DESTINAÇÃO			49 QUANTIDADE		
DESPEJOS LÍQUIDOS							
49 FONTES GERADORAS DOS DESPEJOS LÍQUIDOS		50 DESTINAÇÃO			51 QUANTIDADE		
EMISSÕES ATMOSFÉRICAS							
52 N° DO EQUIPAMENTO GERADOR DE EMISSÃO	53 CAPACIDADE DO EQUIPAMENTO EM CONDIÇÕES NORMAIS DE OPERAÇÃO	54 ALTURA CHAMINÉ EM METROS	55 TIPO DE COMBUSTÍVEL	56 CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DIÁRIO	57 POTÊNCIA TÉRMICA NOMINAL EM MW	58 TEMPO DE OPERAÇÃO	
1						HORAS POR SEMANA	SEMANAS POR ANO
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
05 DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, EFLUENTES LÍQUIDOS E EMISSÕES ATMOSFÉRICAS							
RESÍDUOS SÓLIDOS							
60 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO E/OU DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS							
DESPEJOS LÍQUIDOS							
61 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO E/OU DISPOSIÇÃO FINAL DOS EFLUENTES INDUSTRIAL LÍQUIDOS							
EMISSÕES ATMOSFÉRICAS							
62 N° DO EQUIPAMENTO	63 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DAS EMISSÕES GASOSAS						
MENÚ							
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
06 INFORMAÇÕES SOLICITADAS NOS DIVERSOS CAMPOS							
⇒ ESTE CADASTRO DEVERÁ SER PREENCHIDO PELOS PRÓPRIOS INTERESSADOS, QUE DEVERÃO FORNECER, OBRIGATORIAMENTE, TODAS AS INFORMAÇÕES SOLICITADAS EM SEUS DIVERSOS CAMPOS.							
07 FLUXOGRAMA DO PROCESSO INDUSTRIAL							
ANEXAR FLUXOGRAMA COMPLETO DO PROCESSO INDUSTRIAL, INCLUINDO OS EQUIPAMENTOS USADOS E OS PONTOS DE GERAÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS E ATMOSFÉRICOS.							
08 RESPONSÁVEL PELAS INFORMAÇÕES							
64 NOME COMPLETO					65 CPF - CADASTRO DE PESSOA FÍSICA		
66 LOCAL E DATA							
ASSUMO SOB AS PENAS DA LEI, QUE AS INFORMAÇÕES PRESTADAS SÃO VERDADEIRAS					67 ASSINATURA		

ANEXO C – Cadastro de Empreendimentos Comerciais e de Serviços (CCS)

ANEXO 1

CADASTRAMENTO DE EMPREENDIMENTOS COMERCIAIS E DE SERVIÇOS						CCS		
DOCUMENTO DESTINADO AO CADASTRAMENTO DE EMPREENDIMENTOS COMERCIAIS E DE SERVIÇOS PARA QUALQUER MODALIDADE DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL QUALQUER MODALIDADE DE								
	 INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ		01 USO DO IAP 01 PROTOCOLO SID					
02 IDENTIFICAÇÃO DO REQUERENTE								
02 NOME (PESSOA FÍSICA)/RAZÃO SOCIAL (PESSOA JURÍDICA)				03 CPF (PESSOA FÍSICA)/CNPJ (PESSOA JURÍDICA)				
04 RG (PESSOA FÍSICA)/INSCRIÇÃO ESTADUAL (PESSOA JURÍDICA)		05 TELEFONE (DDD – NÚMERO)		06 FAX (DDD – NÚMERO)				
07 ENDEREÇO								
08 BAIRRO		09 MUNICÍPIO/UF		10 CEP				
11 NOME PARA CONTATO			12 CARGO		13 TELEFONE PARA CONTATO (DDD – N° - RAMAL)			
03 CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO								
14 ATIVIDADE				15 CNAE – CÓDIGO NACIONAL DE ATIVIDADE ECONÔMICA (CONTIDO NO CARTÃO DO CNPJ)				
16 ENDEREÇO				17 COORDENADAS E/OU UTM				
18 BAIRRO		19 MUNICÍPIO/UF		20 CEP				
21 CORPO RECEPTOR				22 BACIA HIDROGRÁFICA				
23 ÁREA OCUPADA PREVISTA		24 ÁREA LIVRE PREVISTA		25 INVESTIMENTO TOTAL EM UPF/PR				
26 N.º DE EMPREGADOS PREVISTOS OU EXISTENTES		27 HORARIO DE FUNCIONAMENTO		28 N.º DE LEITOS (PARA HOTEIS, Pousadas, HOSPITAIS, CLÍNICAS, ETC)				
PARA EMPREENDIMENTOS DE ARMAZENAMENTO (INCLUSIVE ARMAZENADORAS DE AGROTÓXICOS):								
29 PRODUTOS ARMAZENADOS			30 CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO, ESPECIFICANDO A UNIDADE (TON, M ³ , N.º DE CONTAINERS)					
31 NO CASO DE ARMAZENAMENTO EM SILOS ESPECIFICAR O TIPO:				HORIZONTAIS	VERTICais			
ÁGUA UTILIZADA								
ORIGEM (REDE PÚBLICA, POÇOS, CURSOS D'ÁGUA, OUTROS)		CONSUMO S PREVISTOS (M/DIA)		DESPEJOS PREVISTOS (M/DIA)		DESTINO FINAL		
		HUMANO	OUTROS USOS	ESGOTO SANITÁRIO	EFLUENTES E LÍQUIDO	ESGOTO SANITÁRIO	EFLUENTE LÍQUIDO	
32	33	34	35	36	37	38		
COMBUSTIVEIS USADOS (ENERGIA ELÉTRICA, ÓLEO BPF, GLP, OUTROS)								
TIPO DE FONTE		EQUIPAMENTO CONSUMIDOR			CONSUMO DIÁRIO			
		(ESPECIFICAR A POTÊNCIA EM MW, SE FOR O CASO)			QUANTIDADE	UNIDADE DE MEDIDA		
39	40				41	42		
RESÍDUOS SÓLIDOS (EXCLUSIVAMENTE PARA RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE)								
GRUPO A – RESÍDUOS INFECTANTES			GRUPO B – RESÍDUOS QUÍMICOS					
TIPO	QUANTIDADE	DESTINO	TIPO	QUANTIDADE	DESTINO			
43	44	45	46	47	48			
GRUPO C - REJEITOS			GRUPO D – RESÍDUOS COMUNS			GRUPO E – RESÍDUOS PERFORANTES OU ESCARIFICANTES COMUNS		
TIPO	QTDade	DESTINO	TIPO	QTDade	DESTINO	TIPO	QTDade	DESTINO
49	50	51	52	53	54	55	56	57

VERSO DO FORMULARIO CADASTRO DE EMPREENDIMENTOS COMERCIAIS E DE SERVIÇOS

04 INFORMAÇÕES SOBRE RESÍDUOS								
DESCRÍÇÃO	ORIGEM	COMPONENTES	QTDE. DIÁRIA (M³)	SISTEMA DE TRATAMENTO				
58	59	60	61	62				
63 TEMPO DE EMISSÕES								
RESÍDUOS GASOSOS								
84 EQUIPAMENTO GERADOR DE EMISSÃO	85. CAPACIDADE DO EQUIPAMENTO EM CONDIÇÕES NORMAIS DE OPERAÇÃO	86 ALTURA CHAMINÉ EM METROS	87 TIPO DE COMBUSTÍVEL	88 TIPO DE COMBUSTÍVEL VEL DIÁRIO	89 POTÊNCIA TÉRMICA NOMINAL EM MW	TEMPO DE OPERAÇÃO		72 SISTEMA DE TRATAMENTO DAS EMISSÕES
						70 HORAS POR SEMANA	71 SEMANAS POR ANO	
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								
RESÍDUOS SOLIDOS						77 TRATAMENTO	78 DESTINO FINAL	
73 TIPO	74 ORIGEM	75 COMPONENTES	76 QTDE. DIÁRIA (M³, TON., ...)					
05 RESPONSÁVEL PELAS INFORMAÇÕES						80 CPF - CADASTRO DE PESSOA FÍSICA		
79 NOME COMPLETO								
81 LOCAL E DATA								
ASSUMO SOB AS PENAS QUE AS INFORMAÇÕES PRESTADAS SÃO VERDADEIRAS				82 ASSINATURA				

ANEXO D – Cadastro Simplificado para Obras Diversas (COD)

CADASTRO SIMPLIFICADO PARA OBRAS DIVERSAS DOCUMENTO DESTINADO AO CADASTRAMENTO DE OBRAS DIVERSAS			COD
		01 USO DO IAP 01 PROTOCOLO SID	
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS	DIRETORIA DE CONTROLE DE RECURSOS AMBIENTAIS		
02 IDENTIFICAÇÃO DO REQUERENTE			
02 RAZÃO SOCIAL		03 CGC	
04 INSCRIÇÃO ESTADUAL	05 FONE (DDD - NÚMERO)	06 FAX (DDD - NÚMERO)	
07 ENDEREÇO			
08 BAIRRO	09 MUNICIPIO/UF	10 CEP	
11 NOME PARA CONTATO	12 CARGO	13 FONE PARA CONTATO	
03 IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO PELA OBRA			
14 NOME		15 QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL	
16 Nº CADASTRO NO CONSELHO DE CLASSE		17 REGIAO	18 FONE PARA CONTATO
19 ENDEREÇO COMPLETO			
20 BAIRRO	21 CEP	22 MUNICIPIO / UF	
04 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA			
23 ATIVIDADE		24 CÓDIGO	
25 OBRA OBJETO DO CADASTRAMENTO			
26 MUNICIPIO(S) AFETADO(S)			
27 MUNICIPIOS TRANSPASSADOS			
28 CORPOS D'ÁGUA, RIOS OU BACIAS TRANSPORTADOS			
29 SITUAÇÃO DO EMPREENDIMENTO (EM PLANEJAMENTO, EM PROJETO OU EM EXECUÇÃO PARCIAL)			
30 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
31 CARACTERÍSTICAS GERAIS (TOPOGRAFIA, VEGETAÇÃO, GEOLOGIA, ETC)			

VIA ÚNICA - A SER ANEXADA AO PROCEDIMENTO ADMINISTRATIVO

VERSO DO CADASTRO SIMPLIFICADO DE OBRA & DIVERSAS

32 OBSERVAÇÕES

33 CROQUI DA OBRA (DETALHAR RIOS PRÓXIMOS DO EMPREENDIMENTO; CITAR E LOCALIZAR VIAS DE ACESSO E INTERLIGAÇÕES COM OUTRAS VIAS; LOCALIZAR AS TRAVESSIAS URBANAS E CIDADES PRÓXIMAS)



05 RESPONSÁVEL PELAS INFORMAÇÕES

34 NOME COMPLETO

35 CPF - CADASTRO DE PESSOA FÍSICA

36 LOCAL E DATA

ASSUMO SOB AS PENAS DA LEI, QUE AS INFORMAÇÕES PRESTADAS SÃO VERDADEIRAS

37 ASSINATURA DO RESPONSÁVEL TÉCNICO

38 ASSINATURA DO RESPONSÁVEL PELA OBRA OBJETO DO CADASTRO