

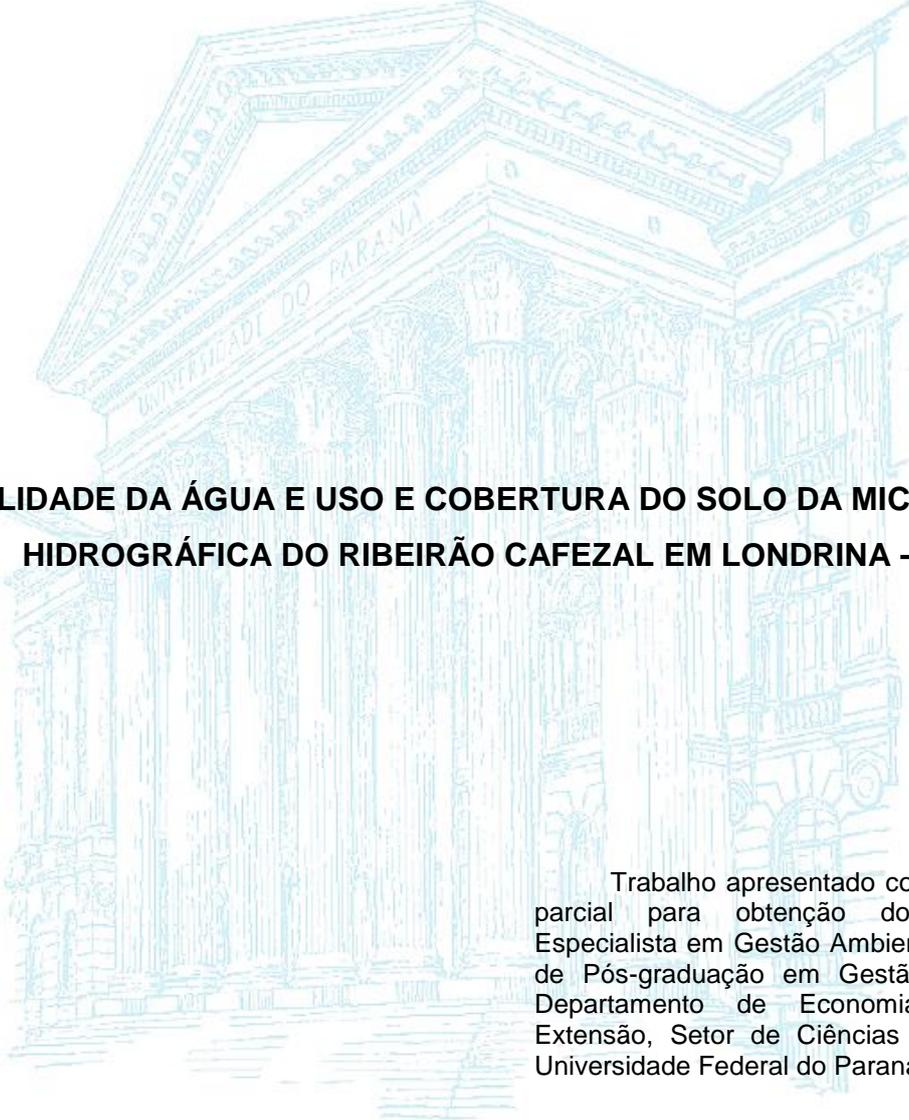
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
BRUNA BONO HERRERA

**QUALIDADE DA ÁGUA E USO E COBERTURA DO SOLO DA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO CAFEZAL EM LONDRINA - PR**

CURITIBA

2017

BRUNA BONO HERRERA



**QUALIDADE DA ÁGUA E USO E COBERTURA DO SOLO DA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO CAFEZAL EM LONDRINA - PR**

Trabalho apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Gestão Ambiental do curso de Pós-graduação em Gestão Ambiental Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Romano Timofeiczuk Junior

Co-orientador(a): Emily Giany Assunção

CURITIBA

2017

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ANA** – Agência Nacional Das Águas
- CETESB** – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- DBO** – Demanda Bioquímica de Oxigênio
- DGI – INPE** – Divisão Geral de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- ETA** – Estação de Tratamento de Água
- IAPAR** – Instituto Agrônômico do Paraná
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IQA** – Índice de Qualidade da Água
- JC** – Jusante Ribeirão Ciclone
- Landsat** – *Land Remote Sensing Satellite*
- LS** – Londrina MTE ETA Sanepar
- MaxVer** – Máxima Verossimilhança
- MTE** – Montante
- MRC** – Microbacia do Ribeirão Cafezal
- NSF** – *National Sanitation Foundation*
- OD** – Oxigênio Dissolvido
- pH** – Potencial Hidrogeniônico
- PMSB** – Plano Municipal de Saneamento Básico
- Pixel** – *Picture Element*
- SANEPAR** – Companhia de Saneamento do Paraná
- SIG** – Sistema de Informações Geográficas
- SPOT** – *Satellite Pour l'Observation de la Terre*
- SPRING** – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
- TM** – *Thematic Mapper*
- UEL** – Universidade Estadual de Londrina
- UNOPAR** – Universidade Norte do Paraná
- URLC** – Unidade Regional de Abastecimento Londrina – Cambé

RESUMO

O intenso processo de expansão das cidades aliado ao aumento da densidade demográfica tem gerado um aumento da demanda por água sob os aspectos qualitativo e quantitativo, exigindo investimentos cada vez mais significativos aos sistemas de abastecimento. Buscou-se avaliar o uso e cobertura do solo da microbacia do Ribeirão - Cafezal e sua influência na qualidade da água para os anos de 2001, 2006 e 2011. O diagnóstico temporal da qualidade da água foi realizado através do cálculo do IQA, com base nos dados de séries históricas fornecidos pelo Instituto das Águas do Paraná e Agência Nacional das Águas. Para a determinação temporal do uso e cobertura do solo foram utilizados o programa ArcGIS e imagens do satélite LANDSAT 5. Em geral, a qualidade da água dada pelo IQA apresentou classificação entre ótima e boa, com valores variando entre 56 e 81. A elaboração dos mapas de uso e cobertura do solo, permitiu verificação do aumento da classe urbana e a redução da classe de vegetação rasteira e vegetação densa entre os anos analisados.

Palavras-chave: uso e cobertura do solo, índice de qualidade de água, sensoriamento remoto, gestão ambiental.

ABSTRACT

The intense process of expansion of cities coupled with the increase in population density has led to an increase in the demand for water in qualitative and quantitative terms, requiring increasingly significant investments in supply systems. The objective of this study was to evaluate the use and soil cover of the Ribeirão-Cafezal microbasin and its influence on water quality for the years 2001, 2006 and 2011. The temporal water quality was obtained by calculating the IQA, based on data from historical series provided by the Instituto das Águas do Paraná and Agência Nacional das Águas. For the temporal determination of the land use and cover, the ArcGIS program and images of the LANDSAT 5 satellite were used. In general, the water quality presented by the IQA presented good to good, with values varying between 56 and 81. The maps of land use and cover, allowed for verification of the increase of the urban class and the reduction of the class of undergrowth and dense vegetation between the years analyzed.

Keywords: soil use and cover, water quality index, remote sensing, environmental

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	8
2.1 Objetivo geral	8
2.2. Objetivos específicos	8
2.3 Justificativa.....	8
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	9
3.1 Índice de Qualidade da Água – IQA.....	9
3.2 Geoprocessamento e sensoriamento remoto na microbacia do Ribeirão Cafezal.....	10
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
4.1 Área de estudo.....	11
4.2 Diagnóstico temporal da qualidade da água	12
4.3 Elaboração do mapa de uso e cobertura do solo.....	14
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5.1 Análise temporal da qualidade da água do Ribeirão Cafezal.....	16
5.2 Mapeamento do uso e cobertura do solo da Microbacia do Ribeirão Cafezal – MRC.....	17
6. CONCLUSÕES	21
7. REFERÊNCIAS CONSULTADAS.....	22

1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial à vida no planeta Terra, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e de domínio público, conforme a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH estabelecida na Lei Nº 9.433 (Brasil, 1997). O suprimento de água em quantidade e qualidade adequadas, desempenha um papel preponderante no desenvolvimento social, ambiental e econômico das populações. Contudo, a garantia de atendimento dessa demanda torna-se cada vez mais incerta, em virtude do déficit quantitativo e da deterioração da qualidade das águas (PAIVA & PAIVA, 2001).

Existem diversos fatores externos que prejudicam a qualidade das águas superficiais, sendo essas de natureza ambiental, como clima, vegetação, litologia, ou de origem antrópica, por intermédio do modo de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica (TUNDISI, 2003). Nesse contexto, o uso de ferramentas ambientais como o índice de qualidade da água e o sensoriamento remoto dão suporte ao controle da qualidade dos corpos hídricos, gestão do uso e ocupação da microbacia hidrográfica e nas tomadas de decisões.

Os índices e indicadores de qualidade da água vem sendo amplamente empregados no acompanhamento das alterações dos aspectos qualitativos da água, tendo como suas principais finalidades, agregar, classificar e disponibilizar informações simplificadas sobre as mudanças na qualidade da água ao longo de uma bacia hidrográfica ou do tempo, sejam elas de origem antrópica ou natural.

O sensoriamento remoto vem sendo utilizado de forma crescente para o monitoramento das mudanças da superfície terrestre, estudos ambientais, agrícolas, cartográficos, urbanos, possibilitando distinguir variações ocorridas devido às modificações naturais e antrópicas da paisagem, e por isso, são consideradas ferramentas estratégicas potenciais para o monitoramento ambiental.

Devido a importância da microbacia do Ribeirão Cafezal como manancial de abastecimento da cidade de Londrina – PR, ações de monitoramento da qualidade da água e do uso e ocupação de sua microbacia devem ser constantes a fim de se garantir a qualidade da água.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o uso e cobertura do solo da microbacia do Ribeirão-Cafezal e sua influência na qualidade da água.

2.2. Objetivos específicos

a) Realizar um diagnóstico temporal da qualidade da água no Ribeirão Cafezal utilizando dados de 2001, 2006 e 2011 provenientes de séries históricas.

b) Realizar um diagnóstico temporal do uso e cobertura do solo da microbacia do Ribeirão Cafezal com imagens captadas por satélites de sensoriamento remoto utilizando imagens de 2001, 2006 e 2011.

2.3 Justificativa

Inserida no norte do Estado do Paraná, a microbacia do Ribeirão Cafezal, abrange os municípios de Londrina, Cambé e Rolândia, constituindo-se em um dos mananciais abastecedores da cidade de Londrina, fornecendo atualmente 26% da água consumida pela população da unidade de abastecimento regional Londrina-Cambé. O acelerado desenvolvimento urbano e rural ocorrido nos últimos anos nas proximidades da microbacia do Ribeirão Cafezal, conduziram a preocupantes processos de degradação do solo, gerando o risco de contaminação do manancial e conseqüentemente a redução da qualidade de sua água. Diante do apresentado, faz-se necessária a realização de diagnósticos e investigações sobre a qualidade da água e os possíveis fatores intervenientes relacionados ao uso e cobertura do solo a fim de subsidiar futuras tomadas de decisão em questões importantes para promoção do bem-estar da sociedade e proteção ambiental.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Índice de Qualidade da Água – IQA

Existem diversos índices que auxiliam na identificação e controle da qualidade da água, um deles é o Índice de Qualidade da Água – IQA, criado pela *National Sanitation Foundation - NSF*, na década de 1970. Este índice, tem por objetivo, determinar o grau de contaminação dos cursos hídricos por meio dos resultados obtidos das análises das características físicas, químicas e biológicas da água (CETESB, 2016).

Inicialmente, para a estruturação desse índice foram selecionadas 35 variáveis indicadoras de qualidade da água para serem analisados por especialistas, destas, nove foram eleitas para compor o IQA - NSF. Para cada uma dessas variáveis, foram atribuídos pesos e estabelecidas curvas que representam a variação da qualidade da água de acordo com o estado de cada parâmetro (LOPES & LIBANIO, 2005).

O IQA é um dos mais difundidos pelo mundo, no Brasil, o interesse por índices de qualidade da água aumentou após a manifestação da necessidade de utilização dos índices para controle do meio ambiente feita pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, em seu relatório anual de 1972. A partir de então, em 1975 o IQA passou por uma remodelagem apresentada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, tendo em vista avaliar a qualidade da água bruta destinada ao abastecimento público, após o tratamento e considerando as características relativas ao tratamento dessa água (CETESB, 2016).

O IQA_{CETESB} substitui o nitrito por nitrogênio total e fosfato por fósforo total, assim, o índice incorpora nove parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas: oxigênio dissolvido – OD, coliformes termotolerantes, pH, DBO, nitrogênio total, fosfatos, temperatura, turbidez e sólidos totais. O índice apresenta ainda, algumas modificações nos pesos relativos, curvas de variação e escala de qualidade, estabelecidas para cada um deles (CETESB, 2016).

3.2 Geoprocessamento e sensoriamento remoto na microbacia do Ribeirão Cafezal

A microbacia do Ribeirão Cafezal foi alvo de estudos de uso e ocupação do solo, visando entender a dinâmica de sua ocupação. Vizintim (1990) apud Silva (2006) elaborou uma carta a partir de fotografias aéreas de 1980 da microbacia hidrográfica do Ribeirão Cafezal. O mapa foi escaneado e inserido no sistema através do módulo IMPIMA do *software Spring*. Os resultados mostraram que o uso predominante da microbacia era agropecuário, com 87,1% da área da microbacia destinada a esta finalidade, sendo 38,3% das áreas cultivadas, 29,4% pastagens e 19,4% de solo exposto e/ou culturas temporárias. As vegetações arbóreas, arbustivas e várzeas, somavam 7,3% da microbacia e a área urbanizada correspondia a apenas 5,6%.

Segundo Silva (2006), no ano de 2004 Biasiolo elaborou uma carta de uso do solo da microbacia hidrográfica do Ribeirão Cafezal utilizando imagens multiespectrais do satélite Spot 5 de 2004. Neste trabalho, as áreas cultivadas somaram 41,1%, o solo exposto e/ou culturas temporárias somaram 35,1%, vegetação densa 8,6%, corpos de água 0,4% da área da microbacia. A classificação das áreas no imageamento foi prejudicada devido à presença de nuvens em 2,1% da imagem, e a área urbanizada correspondeu a 12,7% da área da microbacia.

Morais (2015) realizou a classificação do uso e cobertura do solo da microbacia hidrográfica do Ribeirão Cafezal em 2015, utilizando imagens multiespectrais do satélite Landsat 8 e classificação do tipo Máxima Verossimilhança - Classificação Supervisionada no *software ArcGis for Desktop Esri*. Os resultados mostraram que a microbacia hidrográfica do Ribeirão Cafezal é predominantemente rural, com 50,9% da área cultivada e 25,7% de solo exposto. A área impermeabilizada correspondeu a 13,7% da área da microbacia e a vegetação densa a 9,20% na data do imageamento.

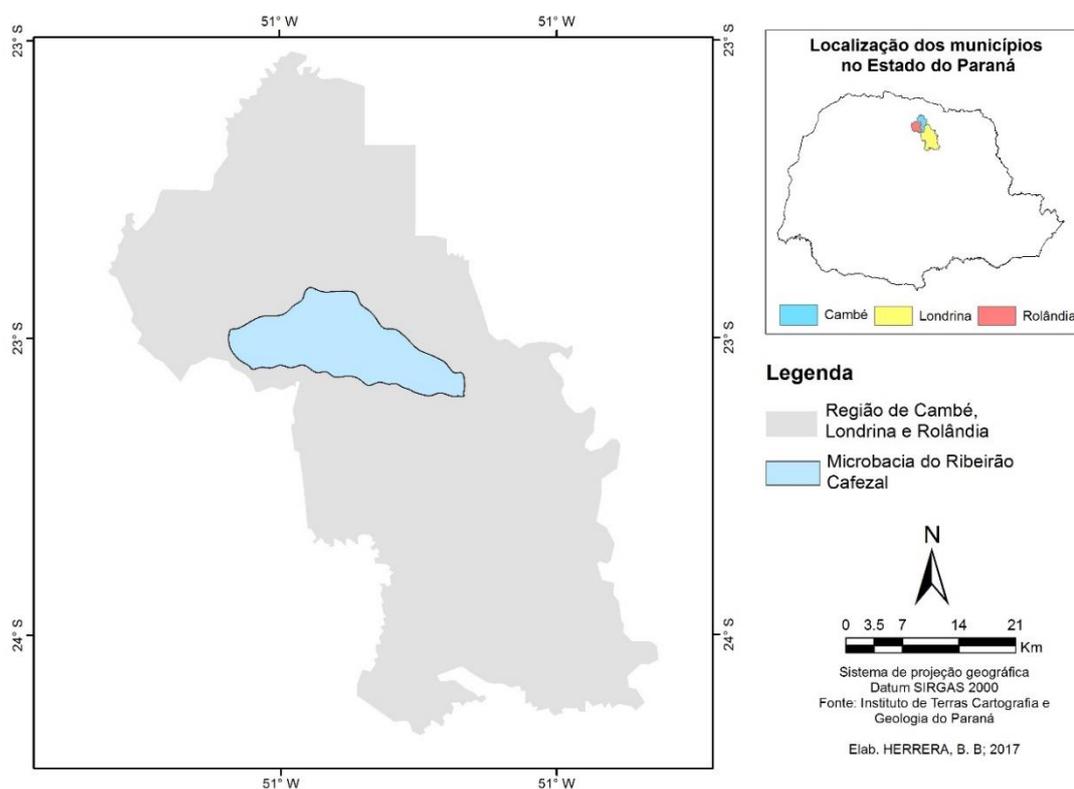
Dessa forma, verifica-se que em 1980 a área urbana representava 5,6% da área da microbacia, passando a 12,7% em 2004 e 13,7% em 2015. A vegetação densa, representada por vegetação arbórea, arbustiva e várzeas, representou 7,3% em 1980, 8,6% em 2004 e 9,2% em 2015. As áreas agrícolas (culturas, pastagens e solo exposto) passaram de 87,1% em 1980 para 76,6% em 2015.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O Ribeirão Cafezal nasce no município de Rolândia, sua microbacia abrange os municípios de Rolândia, Cambé e Londrina conforme apresentado na Figura 1, com aproximadamente 40 km de extensão e área de 20 hectares (IAP, 2010). O Ribeirão Cafezal é um afluente do Ribeirão Três Bocas, e está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi. Segundo a Resolução CONAMA 357/05, o Ribeirão Cafezal é considerado um corpo hídrico classe 2, onde, suas águas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional, a proteção das comunidades aquáticas, a recreação de contato primário, a atividade de pesca, a irrigação de hortaliças e plantas frutíferas que são consumidas cruas.

Figura 1 – Localização da Microbacia do Ribeirão Cafezal



FONTE: A autora (2017).

O Ribeirão Cafezal é um dos principais mananciais de abastecimento de água da cidade de Londrina. Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB da cidade de Londrina, em 2015, a vazão de água bruta explorada pela a Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR do Ribeirão Cafezal era de 730 L.s⁻¹, correspondendo a aproximadamente 26% da demanda total de 2.800 L.s⁻¹ da unidade regional de abastecimento Londrina - Cambé – URLC (LONDRINA, 2015).

Devido a importância da microbacia do Ribeirão Cafezal como manancial de abastecimento da cidade de Londrina, grande parte da cabeceira da microbacia apresenta zoneamento zona especial 4 e zonas residenciais 1 e 2 (baixa densidade), sendo o uso restrito para preservar a qualidade da água (SILVA, 2012). Na área da microbacia encontram-se o campus da Universidade Estadual de Londrina - UEL, a Faculdade Pitágoras de Londrina, a Universidade Norte do Paraná – UNOPAR, o Instituto agrônomo do Paraná – IAPAR, o Jardim Botânico e diversos condomínios de alto padrão.

4.2 Diagnóstico temporal da qualidade da água

Para o diagnóstico temporal da qualidade da água do Ribeirão Cafezal foram obtidos dados de monitoramento disponibilizados nos sites do Instituto das Águas do Paraná e da Agência Nacional das Águas – ANA.

Foram utilizadas as estações fluviométricas localizadas no Ribeirão Cafezal com dados de qualidade de água para os anos de 2001, 2006 e 2011 suficientes para o cálculo do IQA. As estações fluviométricas selecionadas para o desenvolvimento deste trabalho são apresentadas na Tabela 1 e na Figura 2.

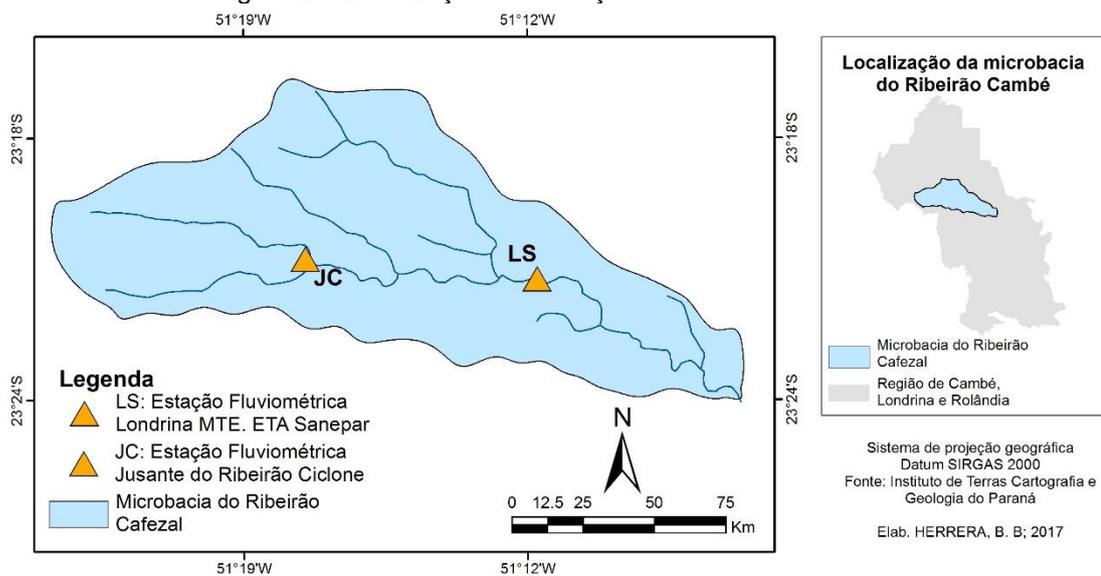
Tabela 1 – Estações fluviométricas selecionadas para o diagnóstico temporal da qualidade da água do Ribeirão Cafezal

Código	Nome	Sigla	Município	Estado	Latitude	Longitude	Altitude (m)
64504591	LONDRINA MTE ETA SANEPAR	LS	Londrina	PR	23° 21' 16"	51° 11' 46"	485
64504581	JUSANTE DO RIBEIRÃO CICLONE	JC	Cambé	PR	23° 20' 41"	51° 17' 50"	548

MTE: Montante

Fonte: ANA (2017).

Figura 2 – Localização das estações fluviométricas selecionadas



FONTE: A autora (2017).

A determinação do Índice de Qualidade da Água (IQA) foi realizado conforme a metodologia proposta pela CETESB, derivada do IQA – NSF. Desta forma, obteve-se o resultado do IQA através do produto ponderado dos fatores de qualidade das variáveis que integram o índice, de acordo com:

em que:

IQA = índice de qualidade da água, número de 0 a 100;

N = número de parâmetros;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

$$IQA = \prod_{i=1}^N q_i^{w_i}$$

Cada um dos parâmetros que constitui o IQA possui um determinado peso, relativo à medida da sua contribuição para a qualidade da água. Os valores utilizados foram aqueles apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Peso atribuído a cada parâmetro de cálculo do IQA

PARÂMETRO	PESO (w)
Coliformes termotolerantes	0,15
pH	0,12
DBO _{5,20}	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Diferença de temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totais	0,08
OD	0,17

Fonte: CETESB (2004).

A partir do resultado do cálculo do IQA, pode-se determinar a qualidade da água em um determinado corpo hídrico, variando entre péssima e ótima, numa escala de 0 a 100, representado na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação do IQA

CATEGORIA	FAIXA DE PONTUAÇÃO DE IQA
Ótima	80 – 100
Boa	52 – 79
Regular	37 – 51
Ruim	20 – 36
Péssima	0 – 19

Fonte: CETESB (2004).

4.3 Elaboração do mapa de uso e cobertura do solo

Na elaboração dos mapas de uso e cobertura do solo da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Cafezal foram utilizadas imagens de sensores multiespectrais referentes aos últimos dez anos, disponibilizadas gratuitamente no banco de dados do Catálogo de Imagens da Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - DGI-INPE.

As imagens utilizadas para o mapeamento de uso e cobertura do solo foram da série LANDSAT para os anos de 2001, 2006 e 2011. As imagens foram selecionadas preferencialmente para o mesmo período do ano e que apresentassem a mínima presença de nuvens possível.

A Tabela 4 apresenta as datas das imagens selecionadas, os satélites imageadores e as respectivas bandas multiespectrais que serão utilizadas para a composição colorida, a fim facilitar o diagnóstico do uso e cobertura do solo.

Tabela 4 - Imagens de satélite a serem utilizadas

Data	Satélite	Sensor	Ponto/órbita	Bandas
04/08/2001	LANDSAT 5	Thematic Mapper – TM	076/222	B3, B4, B5
03/09/2006	LANDSAT 5	Thematic Mapper – TM	076/222	B3, B4, B5
16/08/2011	LANDSAT 5	Thematic Mapper – TM	076/222	B3, B4, B5

FONTE: A autora (2017).

Os mapas serão elaborados utilizando o *software* ArcGIS que é um Sistema de Informações Geográficas - SIG para visualização, gestão, criação e análise de dados geográficos.

Após seleção e aquisição das imagens e respectivas bandas espectrais elaborou-se a composição colorida que consiste na seleção de três bandas espectrais e atribuição de cores primárias (vermelho - R, verde - G e azul – B) utilizando as bandas B5 – R, B4 – G e B3 – B do LANDSAT 5 de sensor TM.

Em seguida, com as imagens geradas na composição colorida e a máscara (arquivo vetorial do polígono da bacia) referente ao delineamento da área da microbacia do Ribeirão Cafezal em formato *shapefile* (*.shp), procedeu-se o recorte da área desejada utilizando-se a ferramenta *extension extract by mask*.

Com a área da microbacia recortada, foi realizada a classificação supervisionada das imagens empregando o algoritmo classificador de Máxima Verossimilhança – MAXVER, considerando características como textura (rugosidade), cor, forma, tamanho, localização e contexto, resultando em quatro classes temáticas de uso e cobertura do solo: área urbana, água, vegetação densa e vegetação rasteira. Com o resultado da classificação, gerou-se um mapa de classes temáticas, viabilizando o diagnóstico e alterações do uso e cobertura da microbacia do Ribeirão Cafezal ao longo do tempo.

Para auxiliar na definição das classes temáticas, foram analisadas imagens da área no *Google Earth*, uma vez que o mesmo apresenta ferramentas que facilitam o diagnóstico e apresentam resolução espacial das imagens melhores que as da série LANDSAT.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise temporal da qualidade da água do Ribeirão Cafezal

Os resultados dos parâmetros de qualidade da água referentes a cada estação fluviométrica estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultado dos parâmetros de qualidade da água

Estação	LS	JC	LS	JC	LS	Classe 2 (CONAMA 357/05)
Ano	2001		2006		2011	
Altitude (m)	485	548	485	548	485	-
Coliformes fecais (NMP.100m L ⁻¹)	40	220	80000	50000	2200	1000
pH	7,4	7,1	7,7	7,3	6,9	6,0 - 9,0
DBO _{5,20} (mg L ⁻¹)	2	2	2	2	2	≤ 5
Nitrogênio total (mg L ⁻¹)	0,24	0,72	0,86	0,38	0,13	-
Fósforo total (mg L ⁻¹)	0,037	0,15	0,043	0,018	0,044	0,1 ⁽²⁾
Temperatura (°C)	16	15	24	18	17	-
Turbidez (N.T.U)	16	13	18	10	19	≤100
Sólidos totais (mg L ⁻¹)	94	93	64	85	60	500
OD (mg L ⁻¹)	8,7	8,8	8,52	6,9	14,2 ⁽¹⁾	> 5

LS: Estação Fluviométrica Londrina MET. ETA Sanepar

JC: Estação Fluviométrica Jusante do Ribeirão Ciclone

⁽¹⁾ Considerando a porcentagem de saturação de OD a 17 °C, para o cálculo do IQA foi adotada concentração de OD igual a 9,17 mg L⁻¹ para a amostra LS de 2011

⁽²⁾ Ambientes lóticos

FONTE: A autora (2017).

De forma geral, não houve diferença expressiva nos valores dos parâmetros para as estações fluviométricas LS e JC.

Comparando os resultados dos parâmetros apresentados na Tabela 5 com os valores limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (classificação do Ribeirão Cafezal), foi possível observar que, as concentrações de coliformes fecais em 2006 para ambas estações fluviométricas e 2011 para a estação fluviométrica LS e de fósforo total em 2001 para a estação fluviométrica JC não atenderam aos valores limites (fósforo de até 0,1 mg L⁻¹ em ambientes lóticos e coliformes fecais de até 1000 NMP.100 mg L⁻¹) estabelecidos pela referida resolução.

A estação fluviométrica JC não apresentou para o ano de 2011 os dados dos 9 parâmetros de qualidade da água, impossibilitando a realização do cálculo do IQA para esse período.

Na Tabela 6 são apresentados os valores e classificação de IQA obtidos a partir dos resultados dos parâmetros da Tabela 5.

Tabela 6 - Valores e classificação do IQA

Estação	LS	JC
2001	81	74
2006	56	57
2011	68	-

Legenda: [52 - 79] boa; [80 - 100] ótima;
 FONTE: A autora (2017).

Analisando os valores de IQA apresentados na Tabela 6, pode-se observar que em 2001 a estação fluviométrica LS apresentou melhor qualidade quando comparado com JC, já em 2006 não houve diferença expressiva nos resultados obtidos para ambas as estações fluviométricas.

A estação fluviométrica LS apresentou de 2001 para 2006 uma piora na qualidade da água, passando de uma classificação ótima (nota 81) para boa (nota 56) provavelmente decorrentes de atividades antrópicas. Já em 2011 houve uma melhora na qualidade associada a possíveis melhorias no saneamento. No entanto não alterou sua classificação.

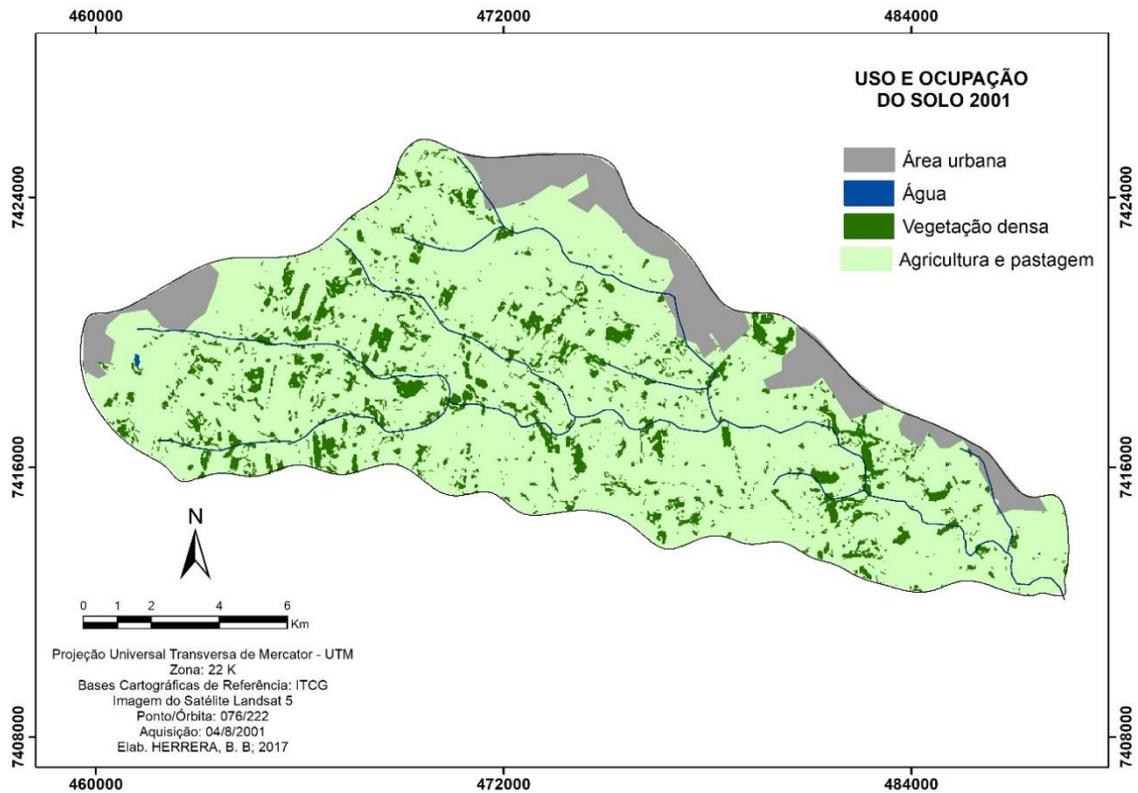
5.2 Mapeamento do uso e cobertura do solo da Microbacia do Ribeirão Cafezal – MRC

Devido as imagens a série LANDSAT possuírem resolução espacial de 30 x 30 m, impossibilitou a aplicação de mais classes de uso e cobertura do solo, tendo sido priorizadas as de maior importância e fácil distinção. Assim, não foi possível ser empregada a classificação da vegetação rasteira separadamente da classe de agricultura, pois a precisão não era suficiente para se classificar com confiabilidade pixels específicos, causando conflito entre as classes.

Os mapas foram gerados no *software* ArcGis, empregando apenas 4 classes temáticas: área urbana, água, vegetação densa e vegetação rasteira. A partir das classes temáticas empregadas foi possível analisar as mudanças da cobertura da microbacia do ribeirão Cafezal. As Figuras 3, 4 e 5 a seguir apresentam os mapas de uso e cobertura do solo da Microbacia do Ribeirão Cafezal – MRC para os anos de 2001, 2006 e 2011, respectivamente, realizado

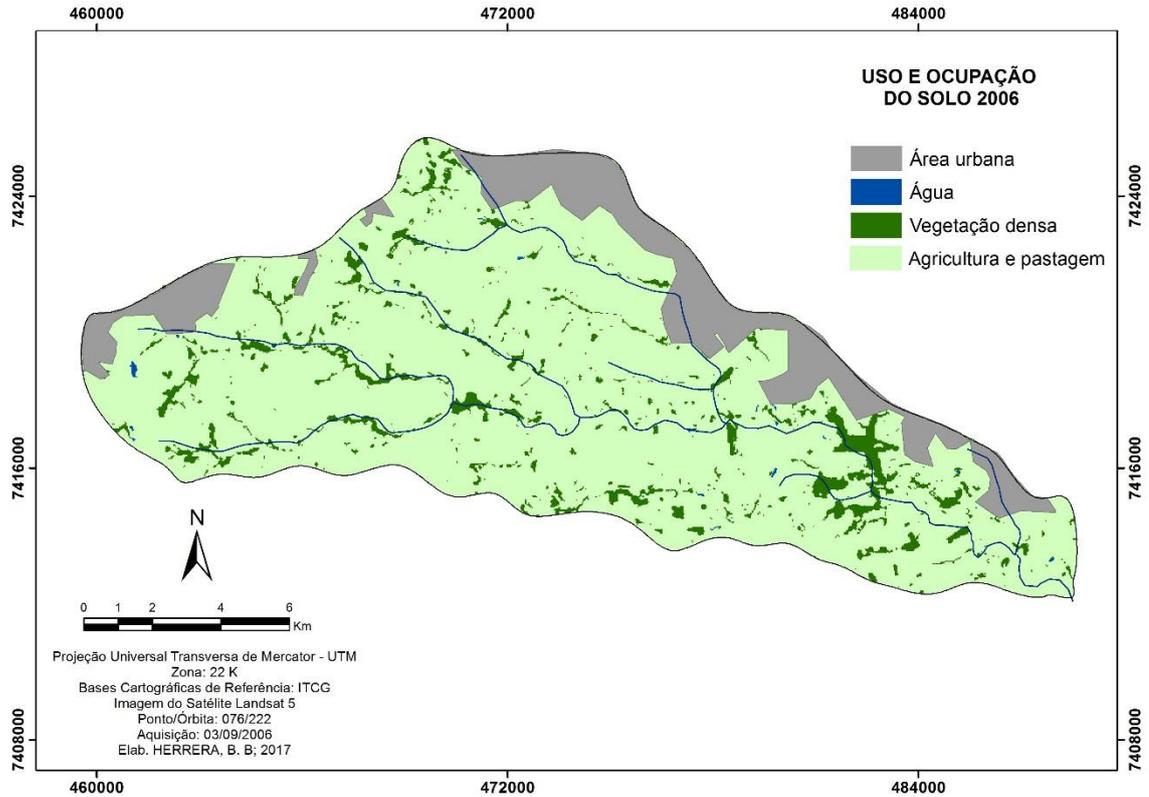
utilizando a classificação automática supervisionada pelo algoritmo classificador de Máxima Verossimilhança – MaxVer.

Figura 3 – Mapa de uso e cobertura do solo da MRC em 2001



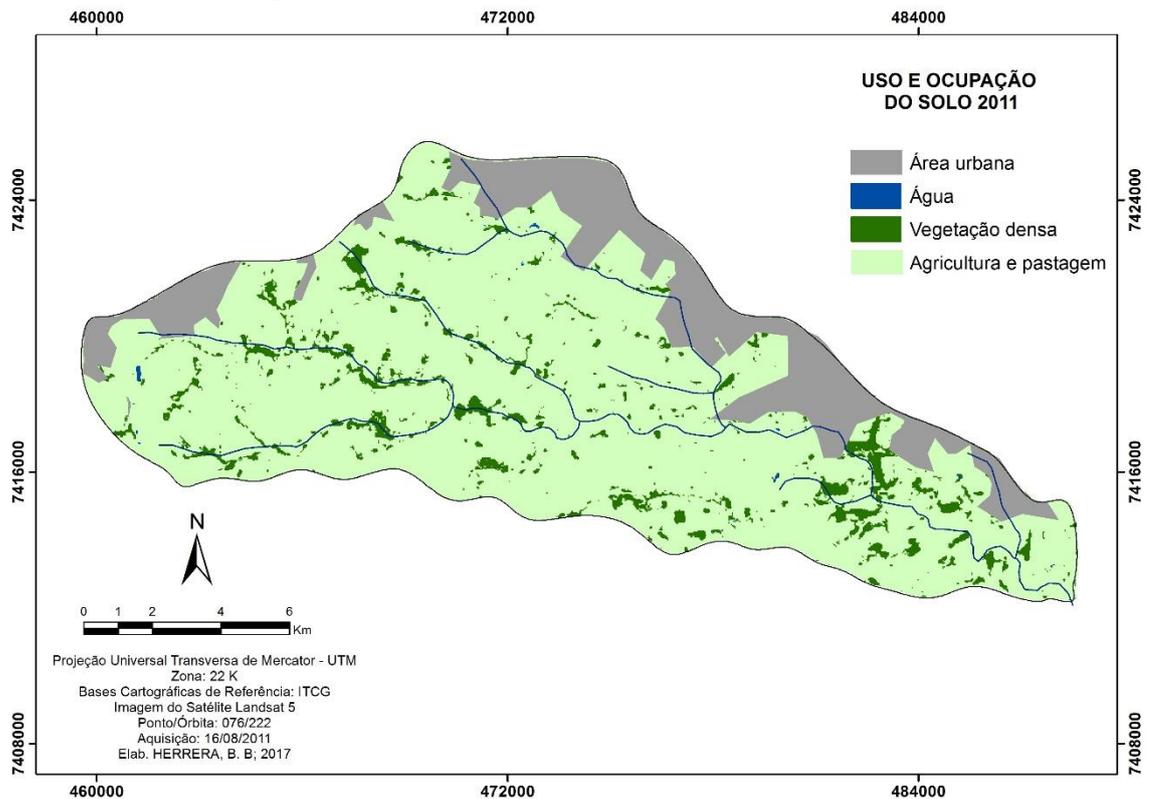
FONTE: A autora (2017).

Figura 4 – Mapa de uso e cobertura do solo da MRC em 2006



FONTE: A autora (2017).

Figura 5 – Mapa de uso e cobertura do solo da MRC em 2011



FONTE: A autora (2017).

A Tabela 7 apresenta os resultados das áreas de cada classe temática obtidos no mapeamento do uso e cobertura do solo da MRC referente aos anos de 2001, 2006 e 2011.

Tabela 7 - áreas das classes de uso e cobertura do solo da MRC

Classes	Área de uso e cobertura da MRC					
	2001		2006		2011	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Área urbana	21,47	10,45	27,63	13,45	33,91	16,50
Água	0,12	0,06	0,28	0,14	0,19	0,09
Vegetação densa	17,02	8,28	15,31	7,41	15,15	7,37
Vegetação rasteira	166,84	81,21	162,23	78,96	156,21	76,03

FONTE: A autora (2017).

Comparando a classe de área urbana foi possível observar entre os anos analisados houve um aumento gradativo da mesma, representando 10,45% da área total em 2001; 13,45% em 2006 e 16,50% em 2011. Tal fato corrobora com o crescimento populacional publicado pela IBGE (2017), demonstrando que o aumento da área da urbana ocorreu simultaneamente ao crescimento populacional das cidades.

As porcentagens referentes à classe de água variaram entre 0,06% a 0,14%, sendo bem distribuídas ao longo de toda área. Essa variação ocorreu devido aos problemas que podem gerar nas classificações automáticas e algumas áreas classificadas não corresponder ao real uso do solo, pelo fato das imagens LANDSAT possuírem resolução espacial de 30x30 m, e conseqüentemente, não possibilitar ao satélite, a percepção/identificação de objetos com área inferior a 900 m².

A área de vegetação rasteira que inclui: pastagens, agricultura e campos foi a mais abrangente nos anos analisados, no entanto, apresentou percentual decrescente passando de 81,21% em 2001 para 76,03% em 2011. A classe de vegetação densa assim como a de vegetação rasteira também apresentou um decréscimo durante o período de estudo, reduzindo de 8,28 % em 2001 para 7,37% em 2011.

Desta forma, a utilização das imagens do satélite LANDSAT 5, aliadas às técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto utilizadas, mostraram-se eficientes para atingir um dos objetivos propostos neste trabalho.

6. CONCLUSÕES

A avaliação do Índice de Qualidade da Água - IQA do ribeirão Cafezal utilizando dados de qualidade da água de série histórica indica que o rio vem sofrendo impactos. No entanto, vem apresentando pequena recuperação, possivelmente, devido a melhoria no sistema de saneamento básico.

A utilização das imagens do satélite LANDSAT 5 permitiu identificar quatro classes de uso e cobertura do solo da Microbacia do Ribeirão Cafezal para os anos de 2001, 2006 e 2011 através do *software* ArcGis. Os temas estabelecidos foram: área urbana, água, vegetação densa, vegetação rasteira.

O mapeamento do uso e cobertura do solo da Microbacia do Ribeirão Cafezal permitiram analisar o comportamento das classes temáticas ao longo dos anos e identificar a redução da área percentual de vegetação rasteira e vegetação densa em detrimento do aumento da área urbana ao longo dos anos.

7. REFERÊNCIAS CONSULTADAS

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Política Nacional e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional**. Publicado no D.O.U.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2004.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2015. Apêndice C – Índices de Qualidade das Águas**. São Paulo: CETESB, 2016.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ – IAP. **Monitoramento da qualidade das águas de microbacias urbanas na região metropolitana de Londrina, norte do estado do Paraná, no período de 2005 a 2009**. Curitiba: IAP, 2010. 40p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. SIDRA - **Sistema IBGE de Recuperação Automática**. 2017. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22 Fev 2017.

LOPES, V.; LIBANIO, M. **Proposição de um índice de qualidade de estações de tratamento de água (IQETA)**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 10, n. 4, p. 318- 328, 2005.

LONDRINA. Prefeitura de Londrina. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Londrina – PR: Renovação do PMSB 2015**. Londrina: DRZ Consultoria, 2015.

MORAIS, M. L. R. de. **Uso e Ocupação do Solo e sua relação com as características limnológicas da Bacia do Ribeirão Cafezal – Londrina/PR.** 2015. Monografia (Graduação) – Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2015.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas.** Porto Alegre, RS: ABRH, 2001.

SILVA, G. M. F. **Zoneamento urbano e qualidade hídrica: monitoramento de alguns parâmetros físico-químicos das águas superficiais da zona urbana de Londrina – PR.** 2012. 76 p. Monografia (Graduação) – Bacharelado em Geografia, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2012.

SILVA, J. A. **Tendências do Novo Rural na Bacia do Ribeirão Cafezal.** Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Centro de geociências, Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2006.

SUGUIMOTO, I. E. **Uma abordagem ambiental sobre a porção inferior da bacia hidrográfica do Ribeirão Cafezal- Londrina PR,** 2002. Monografia curso de especialização em ensino de Geografia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: enfrentando a escassez.** São Carlos: RIMA, IIE, 2003.

VINZINTIM, M. **Utilização de dados orbitais no reconhecimento de classes de uso do solo: Bacia do Ribeirão Cafezal – PR. 1990.** Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: UFMG. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 1. ed. Belo Horizonte: UFMG. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.