



MARIA CINTIA MATIAS DE MORAIS

**ELABORAÇÃO DE UM INDICADOR DE
CONSERVAÇÃO AMBIENTAL PARA BACIAS
HIDROGRÁFICAS**

Sorocaba
2017

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências
ambientais*



unesp
Sorocaba

MARIA CINTIA MATIAS DE MORAIS

**ELABORAÇÃO DE UM INDICADOR DE
CONSERVAÇÃO AMBIENTAL PARA BACIAS
HIDROGRÁFICAS**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” na Área de Geoprocessamento e Modelagem Matemática Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Wagner Lourenço

Coorientador: Prof. Me. Lúcia Ferrari Torella di Romagnano.

Sorocaba
2017

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

ciências
ambientais



unesp
Sorocaba

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Unesp
Instituto de Ciência e Tecnologia – Câmpus de Sorocaba

Morais, Maria Cintia Matias de.

Elaboração de um indicador de conservação ambiental para
bacias hidrográficas / Maria Cintia Matias de Moraes, 2017.
71 f.: il.

Orientador: Roberto Wagner Lourenço.

Coorientador: Ligia Ferrari Torella di Romagnano.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista "Júlio
de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de
Sorocaba), 2017.

1. Indicadores ambientais. 2. Água - Qualidade. 3.
Geoprocessamento. I. Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de
Sorocaba). II. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Elaboração de um indicador de Conservação ambiental para Bacias Hidrográficas

AUTORA: MARIA CINTIA MATIAS DE MORAIS

ORIENTADOR: ROBERTO WAGNER LOURENCO

COORDINADORA: LÍGIA FERRARI TORELLA DI ROMAGNANO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIAS AMBIENTAIS, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ROBERTO WAGNER LOURENCO
Ciências Ambientais / UNESP Sorocaba



Profa. Dra. KELLY CRISTINA TONELLO
Departamento de Engenharia Florestal / UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS



Profa. Dra. SANDRA REGINA MONTEIRO MASALSKIENE ROVEDA
Coordenadoria Executiva / UNESP - Campus de Sorocaba / UNESP Sorocaba

Sorocaba, 04 de setembro de 2017

Aos meus pais, Noeme e Francisco, por todo incentivo.

*Ao meu esposo, Nelson, pelo amor e apoio incondicionais em todos os momentos,
principalmente nos de incerteza.*

A minha irmã Beatriz, por toda admiração e crédito em meu potencial.

*A minha sobrinha Ana Alice, que já amo muito, por ter nos proporcionado imensa alegria e
renovo com seu nascimento.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre ao meu lado guiando os meus passos, me dando refrigério quando preciso, e por assim me ter propiciado mais esta realização.

Ao meu orientador Roberto Wagner Lourenço, pela confiança que me foi dada durante todo momento, agradeço imensamente pelas oportunidades proporcionadas ao meu crescimento profissional e pessoal.

A minha coorientadora Ligia Ferrari Torella di Romagnano que contribuiu com meu crescimento pessoal, acadêmico e profissional durante os anos de curso.

Aos meus pais, Noeme e Francisco, por toda dedicação demonstrada até aqui, por darem cada gota de suor pela minha formação e por me apoiarem em minhas decisões. O incentivo de vocês sempre foi essencial para eu seguir os caminhos que ansiei.

Ao meu esposo Nelson, todo o apoio e carinho demonstrado me fizeram forte nos momentos em que o desânimo tomou conta, a você meu mais sincero agradecimento por ter feito deste meu sonho, o nosso sonho! E por ser sonho você não me deixou desistir, todo o potencial que não enxerguei em mim você me fez acreditar que existe e fez deste trabalho possível.

A minha irmã Bia, pelo refúgio encontrado quando precisei desabafar, por todo companheirismo mesmo com a distância e por ter me presenteado com o um dos bens mais preciosos, a Ana Alice.

Aos meus amigos, simplesmente por escolherem estarem comigo, pelas risadas compartilhadas e pelas lágrimas também. Em especial à Me, a Gi e a Ra, que estavam ali todos os dias, já no “Bom dia”, e sempre ouvi: “Ci, é claro que você vai conseguir!”.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – *Campus Sorocaba* e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela oportunidade de desenvolver meu projeto de mestrado.

A Fundação Instituto de Pesquisas Tecnológica - FIPT pelo apoio financeiro desta pesquisa.

As técnicas do laboratório de biologia, química e solos, Sandra, Letícia e Susan, respectivamente, por toda ajuda empregada e por me auxiliarem nos momentos que mais precisei, sou muito agradecida a vocês.

Aos amigos de campo e laboratório, Darllan, Elfany, Jomil, José Carlos, Jocy Ana e Naia, com vocês os campos se tornaram menos árduos e a caminhada mais leve.

*“Valeu a pena? Tudo vale a pena
Se a alma não é pequena.
Quem quer passar além do Bojador
Tem que passar além da dor.”
(Fernando Pessoa)*

RESUMO

A percepção da importância da preservação e dos cuidados na utilização e racionalização da água tem aumentado a partir do momento em que se nota que este é um recurso finito, com custos elevados para tratamento e recuperação. Diversas fontes podem causar a poluição e o comprometimento de corpos hídricos, como efluentes domésticos, industriais e escoamento superficial agrícola e urbano. No Estado de São Paulo o sistema de gestão relacionado aos recursos hídricos é dividido em 22 unidades de gerenciamento, denominadas Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI). Desta forma, esta pesquisa teve por objetivo estudar uma dessas unidades em termos da relação do uso do solo e cobertura vegetal com a qualidade de seus recursos hídricos. Foi escolhida a sub bacia do rio Una, por se tratar de uma importante bacia pertencente ao sistema da UGRHI do Sorocaba-Médio-Tietê e por possuir poucos estudos relacionados à interferência do uso do solo e cobertura vegetal, além de ser um dos mais importantes rios que formam um reservatório de água responsável pelo abastecimento de mais de 600 mil pessoas na região. Para o desenvolvimento desta pesquisa foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto para análise de mapas temáticos relacionados ao uso do solo e cobertura vegetal, bem como coletas em campo para obtenção de índices de qualidade da água. Por fim, gerou-se uma metodologia de integração dos resultados obtidos a partir do mapeamento e dos índices de qualidade da água e determinou-se, no âmbito das ciências ambientais, como o uso do solo e cobertura vegetal da bacia do Rio Una interferem na qualidade hídrica e acredita-se que os resultados possam contribuir com mecanismos e propostas de planejamento e gestão da área.

Palavras-chave: Recursos Hídricos; Índice de Qualidade da Água; Geoprocessamento.

ABSTRACT

The perception of the importance of preservation and care in the use and rationalization of water has increased since it is noticed that this is a finite resource, with high costs for treatment and recovery. Various sources can cause pollution and the involvement of water bodies, such as domestic, industrial effluents and agricultural and urban surface runoff. In the State of São Paulo, the management system related to water resources is divided into 22 management units, called Water Resources Management Units (UGRHI). Thus, this research had as objective to study one of these units in terms of the relation of the land use and vegetal cover with the quality of its water resources. The sub basin of the Una river was chosen because it is an important basin belonging to the UGRHI of Sorocaba-Médio-Tietê and because it has few studies related to the interference of the land use and vegetation cover, besides being one of the most important Rivers that form a reservoir of water responsible for supplying more than 600 thousand people in the region. For the development of this research, remote sensing techniques were used to analyze thematic maps related to land use and vegetation cover, as well as field surveys to obtain water quality indexes. Finally, a methodology was generated to integrate the results obtained from the mapping and water quality indexes and determined, within the environmental sciences, how the land use and the vegetation cover of the Una River basin interfere in the Water quality and it is believed that the results can contribute with mechanisms and proposals of planning and management of the area.

Keywords: Water resources; Water Quality Index; Geoprocessing.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2.1 RECURSOS HÍDRICOS	2
2.2 CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA E SAÚDE PÚBLICA	4
2.3. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA	5
2.3.1 Parâmetros físicos, físico-químicos e químicos	6
2.3.2. Parâmetros Biológicos	9
2.3.2.1. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	9
2.4. GEOTECNOLOGIAS	10
3. OBJETIVOS	11
3.1. OBJETIVO GERAL	11
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1. ÁREA DE ESTUDO	12
4.2. MÉTODOS	13
4.2.1. Construção da base cartográfica de apoio	13
4.2.2. Mapeamento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal	14
4.2.3. Delimitação das Áreas de Proteção Permanente (APPs)	14
4.2.4. Elaboração do Índice de Qualidade da Água	15
4.2.5. Índice de Qualidade da Água	20
4.3. ANÁLISE INTEGRADA DOS RESULTADOS	22
4.3.1. Método de integração e análise dos resultados	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
5.1. BASE CARTOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO	23
5.2. MAPEAMENTO DO USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL	25
5.3. MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	27
5.4. PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS NAS AMOSTRAS DE ÁGUA	31
5.5. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)	37

5.6. MATRIZ DE INTEGRAÇÃO.....	38
6. CONCLUSÕES	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS	57

1. INTRODUÇÃO

O mais importante dos recursos naturais para os seres vivos é a água. Indispensável para a vida, sua presença é vital para as atividades orgânicas e celulares, bem como fundamental em diversos setores da cadeia produtiva (VASCONCELOS; AQUINO, 1995).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define como água potável a que tiver aspecto límpido e transparente, sem odor ou gosto objetáveis, livre de microrganismos causadores de doenças e de substâncias em concentrações prejudiciais à saúde (BRASIL, 2004). Entretanto o uso inconsciente e excessivo consumo tem resultado na escassez e na sua poluição, sendo ainda que 80% das doenças descritas em países em desenvolvimento possui como veículo transmissor a água com má qualidade, o que se tem tornado uma questão de saúde pública (CALIJURI e OLIVEIRA, 2000; MACEDO, 2007; SANTOS, 2007).

Segundo Shiklomanov (1998) 97,5% da água do planeta é salgada é apenas 2,5% é doce. Dessa porcentagem 0,3% está disponível em reservatórios, rios e lagos, locais que permitem maior acessibilidade para captação. Dessas, 12% pertence ao Brasil, distribuídos em torno de todo território com alguns estados mais providos em relação aos outros (TUNDISI, 2005; REBOLÇAS, BRAGA; TUNDISI, 2006; SERPA, 2011).

Boa parte dos recursos hídricos do Brasil sofrem algum tipo de degradação, tais como o lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais sem tratamento, o uso abusivo de insumos químicos no setor agrícola e erosão dos solos, provocam de forma direta ou indireta diversos danos aos seres vivos, perigo à saúde humana, efeitos negativos às atividades aquáticas (pesca, lazer, entre outras) e prejuízo na qualidade da água com respeito ao uso na agricultura, indústria e outras atividades econômicas (FOLEY, *et al.*, 2005; SÃO PAULO, 2005; SÁNCHEZ, 2007; CHAVES; SANTOS, 2009; BATENI *et al.*, 2013; UNDESA, 2014).

Assim, a determinação da qualidade da água, a avaliação dos impactos e o monitoramento permanente são fundamentais para a compreensão dos processos de integração que ocorrem entre o uso da bacia hidrográfica, os usos múltiplos e a conservação ou deterioração da qualidade da água (PEREIRA, 2006; JUNIOR *et al.* 2007; TUNDISI; TUNDISI, 2008).

Um importante instrumento de monitoramento é o Índice de Qualidade da Água – IQA, indicador que leva em conta os aspectos relativos ao tratamento dessas águas (CETESB, 2008). Tem sido amplamente utilizado para verificar as condições das águas para o abastecimento público e outros usos múltiplos, sendo sua determinação uma importante ferramenta de

contribuição para a gestão e planejamento do uso dos recursos hídricos (CARVALHO *et al.*, 2000; TOLEDO; NICOLELLA, 2002; ANDRADE *et al.*, 2005; BOLLMANN; EDWIGES, 2008; BONNET *et al.*, 2008; COLLETI *et al.*, 2010).

Outra importante ferramenta de gestão e planejamento para estudos em recursos hídricos são as ferramentas de geoprocessamento. Diversas pesquisas sobre este tema podem ser citadas, entre elas, a avaliação do uso das terras de pequenas bacias, determinação da aptidão de uso e os conflitos de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais, entre outras aplicações (MCMICHAEL, 2000; LIMA, 2001; NOVO, 2005; PEDRON *et al.*, 2006; BONNET *et al.*, 2008; CHAVES; SANTOS, 2009; SILVA, *et al.*, 2009; CHAVES *et al.*, 2010; FLAUZINO *et al.*, 2010; LUBENOW *et al.*, 2012; SANTHIN; GOELLNER, 2013; URBINI, 2015).

Desta forma, considerando a identificação dos impactos que podem afetar a qualidade da água pelo manejo e conservação do solo, estudar de forma integrada dados físico-químicos de qualidade da água e dados referentes ao uso da terra em bacias hidrográficas pode contribuir com a formulação de propostas que ajudem no planejamento e gestão territorial buscando a conservação, manutenção e melhoria da qualidade das águas em sua diversidade ecológica, que são os objetivos propostos neste trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RECURSOS HÍDRICOS

O intuito de conservar na prática os recursos e bens ambientais do país, sempre esteve em contradição com as leis e projetos definidos. A espécie humana buscando crescimento econômico de qualquer maneira, vem explorando os recursos naturais desde os tempos mais remotos, considerando-os inesgotáveis. McMichael (2000) afirma que a vida urbana traz a perda da ecologia, onde os centros urbanos são os polos do desenvolvimento tecnológico e consequente ascendência econômica, desencadeando principalmente riscos para a saúde do meio ambiente e de seus recursos, dentre eles a água.

Este é um recurso de origem natural e finito, considerado um bem renovável por conta do ciclo hidrológico que engloba os estados sólido, líquido e gasoso. De modo sucinto o que ocorre é que as águas dos lagos, rios, oceanos, mares e da transpiração vegetal são evaporadas dando origem as nuvens que precipitam por meio da chuva. Uma porção desta água vai para os

cursos d'água e a outra parte atinge o sistema aquífero por meio da infiltração no solo, e o ciclo reinicia (CONSOLI et al., 2006).

Com extrema importância para todos os seres vivos, a água é vital no funcionamento das atividades celulares e orgânicas essenciais à vida (VASCONCELOS; AQUINO, 1995). Também essencial nas atividades diárias, dentre eles o abastecimento público, o uso industrial e agropecuário, recreação e transporte (VENDEMIATTI, 2003). Nesse âmbito, o ranking de utilização da água no mundo é distribuído da seguinte forma: 70% destinado a agricultura, 22% para indústrias e 8% nos usos municipais e residenciais (UNIAGUA, 2015).

No Brasil há abundância em termos de disponibilidades hídrica, de acordo com Agência Nacional das Águas – ANA (2005), levando em conta o balanço entre disponibilidade e demanda em 12 regiões hidrográficas. Por outro lado, em algumas regiões encontra-se bacias em áreas que juntam baixa disponibilidade e alta demanda, gerando situações de escassez. Por tal razão, é imprescindível o uso e gestão adequados deste recurso, e conscientização da população a despeito da conservação dos recursos hídricos para as gerações presentes e vindouras.

Apesar de seu uso ser essencial, é fato que a expansão urbana sempre se deu de modo desenfreado e sem planejamento, leis e parâmetros deveriam ser seguidos para que os impactos e danos causados aos recursos hídricos sejam minimizados, e isto engloba ações como medidas mitigadoras, de controle ambiental e de prevenção (MENEZES et al., 2009).

Cerca de 80% das mudanças na paisagem podem ser entendidas pela distribuição espacial do uso da terra, e um dos desafios é a compreensão de quais formas as mudanças na paisagem interferem diretamente na dinâmica da água em bacias hidrográficas gerando impactos passíveis de quantificação sobre o meio ambiente, permitindo elaborar diretrizes para a gestão e planejamento ambiental (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011; PRATES et al., 2012; PAVANIN; CHUERUBIM, 2013).

Sendo assim, o monitoramento da qualidade da água em bacias hidrográficas se faz necessário quando se observa atividades agrícolas de alto impacto sobre os recursos hídricos e demais recursos naturais ali existentes (PAVANIN; CHUERUBIM, 2013).

2.2 CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA E SAÚDE PÚBLICA

A água é o recurso que sofre imediatamente com a contaminação de seus corpos hídricos, relacionado com o uso e ocupação do solo, desmatamento e outras ações antrópicas (TUNDISI, 2003).

Segundo Parsekian (1998) a água é um dos produtos de consumo por toda a população, sem exceções, mas aproximadamente 1/5 da população mundial não têm acesso à água tratada, 43% não têm serviço adequado de saneamento básico (um bilhão e oitocentos milhões de pessoas). No Brasil, segundo Tundisi (2003), 18% das cidades possuem tratamento e em torno de 47% têm rede de esgoto. Dados do IBGE (2012) revelam que 1.915.292 domicílios eram desprovidos de abastecimento adequado de água e 1.514.992 não tinham banheiros e nem sanitários. Quanto aos resíduos, 7.218.079 os lançavam de forma direta e inadequada no ambiente.

Efluentes industriais e domésticos lançados em áreas urbanas ou rurais são as principais fontes de fontes de poluição (CETESB, 2008). A situação se agrava evidentemente em países ainda em desenvolvimento, pois 90% dos esgotos “*in natura*” são destinados aos cursos d’água e ocasiona mais de cinco milhões de mortes anualmente por conta de doenças de veiculação hídrica (JULIÃO, 2003).

Como consequência destas práticas, há a interferência no ciclo hidrológico, e evidentemente, alteração e contaminação química, elevando a ocorrência de doenças que tem a água como veículo transmissor (GARCIA et al., 2011). Ainda segundo Garcia (2011) a água que é distribuída à população é o maior veículo transmissor de microrganismos patogênicos.

No mundo, 1,7 milhões de mortes (3,1%) são provenientes do uso e consumo de água com má qualidade, higiene ou saneamento. Destas, 99,8% ocorrem em países ainda em desenvolvimento, e 90% destes casos são crianças (FREITAS; BRILHANTE; ALMEIDA, 2001; WHO, 2002). As internações hospitalares no país devem-se diretamente a deficiência no saneamento básico, 90% destas doenças estão relacionadas a falta d’água em termos de qualidade mínima para consumo e/ou quantidade, sendo comum em algumas regiões do Brasil a distribuição de água fora dos padrões de potabilidade (MMA, 2016).

No Brasil, anualmente, segundo a OMS cerca de 20 mil crianças com menos de 5 anos morrem por conta de diarreias, vômitos e desnutrição pelo consumo de água contaminada. Em 54% dos domicílios brasileiros ocorrem doenças de veiculação hídrica, principalmente por conta de saneamento básico adequado (SILVA; SALGUEIRO, 2001).

A água para uso e consumo deve apresentar aspecto límpido, ser insípida, inodora e não conter microrganismos patogênicos (alcançado através do devido tratamento) e a determinação da qualidade é definida pela composição química, física e microbiológica (BRANCO, 1986; RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1994).

Quando há no rio recebimento de esgotos, esse passa a conter bactérias causadoras de doenças, um grupo importante, muitas vezes presente em águas com essa ocorrência, é o das bactérias coliformes (CARMOUZE, 1994).

Este grupo também pode ser encontrado nos solos e em vegetais, e algumas possuem ainda a capacidade de se multiplicar na água com altos teores de nutrientes. Outras, por sua vez, não se multiplicam com facilidade em ambiente externo, e é pouco resiste a água, são de origem fecal, e chamadas de “coliformes fecais”. A existência de coliformes fecais na água está relacionada com a possível presença de patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*, *Vibrio cholerae* e *Shigella sp.* (PELCZAR Jr. et al., 1997).

Tendo em vista a qualidade da água para consumo, a Portaria nº518 de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, determinou Valores Máximos Permissíveis (VMP) para contaminantes radioativos, bacteriológicos e físico-químicos que possam oferecer risco para saúde. A aplicação desta se torna então obrigatória pelo setor da saúde e também pelos prestadores de serviço de abastecimento de água. No entanto, em áreas rurais, esta responsabilidade fica a encargo dos próprios usuários, tendo déficit no monitoramento da água (BEU et al., 2011).

Em 2010, o relatório do Programa do Meio Ambiente das Nações Unidas (UNEP), revelou que: mais pessoas morrem por causa da água contaminada e poluída, do que por todas as formas de violência, e que mais da metade dos leitos de hospitais no mundo são ocupados por pessoas com doenças diretamente relacionadas à água contaminada. O documento afirma ainda a importância de agregar metodologias que avaliem a qualidade da água para consumo humano em todo o mundo.

2.3. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

A concentração de poluentes nos corpos de água para o público em geral tem pouco significado porque requer interpretação dos resultados. Por esta razão, a divulgação para o público da qualidade da água é feita por meio de índices que a identifiquem (VON SPERLING, 2007).

Para cada finalidade há a aplicação de distintos índices elaborados por entidades. Um dos mais utilizados é o desenvolvido pela National Sanitation Foundation Institution, e é aplicado em países como Estados Unidos, Inglaterra e Brasil. Usando como base esta metodologia a CETESB em 1970 adaptou e desenvolveu o IQA – Índice de Qualidade das Águas, que tem como base o uso de 9 parâmetros, sendo eles: temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo, resíduos totais e turbidez (CETESB, 2009).

Estes parâmetros de origem física, química ou biológica buscam a detecção geral das condições de uso da água (PALMA-SILVA, 2007).

2.3.1 Parâmetros físicos, físico-químicos e químicos

2.3.1.1. Oxigênio Dissolvido

O oxigênio (O_2) é um dos mais importantes gases dissolvidos em água, e tem como fonte principal a fotossíntese e atmosfera. É essencial para a manutenção da vida aquática, pois diversos organismos necessitam de oxigênio para respirar. Além disso, é importante em processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Em caso de ser totalmente consumido, em condições anaeróbias há geração de maus odores (CETESB, 2009).

Águas que apresentam poluição por esgoto doméstico e industrial têm baixa concentração de oxigênio dissolvido, que é consumido na decomposição da matéria orgânica, sendo assim águas limpas detêm maior concentração de oxigênio dissolvido, valor superior a 5mg/L. A concentração pode variar durante o dia de acordo com temperatura, atividade fotossintética e a vazão do rio (CETESB, 2009).

2.3.1.2. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma das variáveis mais difíceis em termos de interpretação, mas é uma das mais importantes afetando o metabolismo de espécies aquáticas. Isto porque uma infinidade de fatores pode influenciar seu valor (ESTEVES, 1998). O pH representa a concentração de íons hidrogênio (H^+), indicando o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (VON SPERLING, 2007), fator essencial aos organismos aquáticos que

estão em sua maioria adaptados a condições neutras (a Resolução CONAMA 357 determina pH entre 6 e 9 para proteção da biota da água) e modificações abruptas no pH podem induzir o desaparecimento de espécies da água (CETESB, 2002).

Reações químicas importantes são influenciadas pelo valor do pH e substâncias químicas tóxicas para os organismos aquáticos podem se formar, tal como os metais pesados. Uma das substâncias que ocorrem naturalmente no meio ambiente e que tem potencial para alterá-lo é o gás carbônico, que dissolvido em água forma ácido carbônico (RODRIGUES, 2008).

2.3.1.3. Temperatura da Água

É um parâmetro físico importante para manter o equilíbrio entre o meio aquático e o ambiente. A temperatura elevada propicia a morte de espécies biológicas através da diminuição de oxigênio. As variações de temperatura fazem parte do regime climático e é influenciada por fatores como latitude, altitude, estações do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade.

Por meio da importância no controle do meio aquático, influencia em diversos outros parâmetros físico-químicos. Tem-se grande elevações da temperatura em um corpo de água devido a despejos industriais e usinas termoeletricas (CETESB, 2002; VON SPERLING, 2005).

2.3.1.4. Nitrogênio Total

Nos ambientes aquáticos o nitrogênio ocorre em distintas formas: nitrato, nitrito, óxido nítrico, nitrogênio molecular, amônia, nitrogênio ligado e moléculas orgânicas dissolvidas ou particuladas, além de outras formas. Sua presença em baixa concentração pode influenciar os ecossistemas aquáticos, sendo um fator limitante (CETESB, 2015).

Solos fertilizados contribuem para aumento na concentração de nitrogênio em suas diversas formas na água, através do escoamento. Esgotos sanitários e drenagens das águas pluviais com déficit na limpeza pública são fontes difusas nas áreas urbanas e apresentam difícil caracterização, em áreas agrícolas com uso deliberado de fertilizantes, o escoamento da água das chuvas se torna fonte principal de nitrogênio (CETESB, 2009).

As diferentes formas agem de modo distinto no ecossistema aquático, grandes concentrações de nitrato (advinda de dejetos humanos e animais) estimula o crescimento de algas e plantas; a amônia em grande quantidade pode prejudicar os peixes, trazendo

sufocamento; o nitrito é encontrado em baixa concentração pois é instável na presença de oxigênio e sua presença indica poluição orgânica (CETESB, 2002).

2.3.1.5. Fósforo Total

Assim como o parâmetro anterior, este é um nutriente que é essencial aos processos biológicos, mas sua ocorrência em abundância pode resultar na eutrofização das águas. O fósforo pode estar presente na água dissolvido ou particulado, sua forma combinada varia constantemente por conta dos processos de decomposição e síntese entre formas orgânicas e inorgânicas oxidadas (CETESB, 2002).

Despejo de esgotos domésticos aumenta a concentração do fósforo na água, os detergentes superfosfatados contribuem para o aumento deste elemento das águas, além da matéria fecal. Despejos industriais são também fontes desse elemento principalmente as indústrias de laticínios, fertilizantes, frigoríficos, alimentos e abatedouros (CETESB, 2002).

2.3.1.6. Resíduos Totais

Os resíduos na água são toda a matéria que permanece após evaporação, secagem da amostra a uma temperatura alta pré-estabelecida. O nível de concentração das frações de sólidos é referente a distribuição geral das partículas com relação ao seu tamanho (sólidos em suspensão ou dissolvidos) e natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos) (CETESB, 2009).

Em águas naturais os sólidos dissolvidos são compostos principalmente por carbonos, cloretos, sulfatos, bicarbonatos, fosfatos e nitratos de cálcio, magnésio e potássio. Ferro, magnésio e outras substâncias aparecem em pequena quantidade (BATTALHA e PARLATORE, 1977).

Quando em altas concentrações provocam danos aos peixes e comunidade bentônica diminuindo a passagem de luz desequilibrando a cadeia trófica. Se houver sedimentação no leito dos rios danificam a desova de peixes (MARTOS, 1999).

2.3.1.7. Turbidez

A turbidez refere-se à capacidade de ocorrer dispersão da radiação, indicando o grau de atenuação sofrido por um feixe de luz ao passar pela água. A atenuação referida ocorre pela

absorção e espalhamento da luz devido a presença de sólidos em suspensão. Pode ser expressa em diversas unidades, a mais frequente é a UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

Quando a turbidez está elevada há redução na fotossíntese de algas e vegetação submersa, que implica no baixo desenvolvimento de plantas e consequente interferência na produtividade de peixes (CETESB, 2002).

Este parâmetro é atribuído principalmente às partículas sólidas em suspensão, diminuindo a claridade e reduzindo a transmissão de luz ao meio (BATTALHA e PARLATORE, 1977).

2.3.2. Parâmetros Biológicos

2.3.2.1. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Segundo Prandi-Rosa (2001) a perturbação ecológica é, em sua maioria, gerada por conta da biodegradação dos resíduos orgânicos, causando a poluição das águas e não devido a um composto químico específico.

O despejo de compostos orgânicos nos corpos de água contribui para extinção do oxigênio, influenciando no desaparecimento de peixes e demais vidas aquáticas. A DBO é uma variável biológica, indicadora de poluição orgânica, pois mede a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica por decomposição microbiana. Em termos técnicos, é a quantidade de oxigênio consumido durante a degradação de matéria orgânica de origem biodegradável em um período de 5 dias com temperatura de 20°C. Quando em valores elevados há indicação de aumento na microbiota e desequilíbrio no meio aquático, produzindo odor e sabor desagradáveis (CETESB, 2002).

É um parâmetro fixado pela legislação através do Decreto Estadual 8468/1976 (SÃO PAULO, 1976) e Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) que estabelecem padrões de emissão de despejo e manutenção dos corpos hídricos que os recebem.

2.3.2.2. Coliformes Termotolerantes

Doenças de veiculação hídrica causadas por microrganismos patogênicos são comumente conhecidas e todo ano matam milhares de crianças no mundo. São transmitidos pela rota fecal-oral, assim são excretados nas fezes de indivíduos infectados e ingeridos na água ou alimento que esteja contaminado com fezes (NIKAIDO et al., 2004).

A família Enterobacteriaceae é constituída pelos gêneros: *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Escherichia*, formando o grupo coliforme. Os coliformes fecais são definidos como bastonetes gram-negativos, anaeróbios e fermentadores de lactose 24 - 48 horas a 44,5 - 45,5°C produzindo gás (APHA, 2005; BRASIL, 2005).

Para que as bactérias sejam consideradas indicadoras de poluição fecal é preciso que estejam presentes em número elevado tanto nas fezes humanas quanto na de animais, efluentes residuais e ausentes em águas limpas, e serem exclusivamente de origem fecal (PELCZAR Jr et al., 2005). O membro do grupo coliformes que melhor satisfaz estas condições é a *Escherichia coli*, exclusivamente de origem fecal e indicadora da presença de patógenos intestinais.

2.4. GEOTECNOLOGIAS

Um dos grandes desafios dos tempos atuais são os estudos da compreensão da distribuição espacial de dados ocorridos no espaço em diferentes áreas, tais como, saúde, ambiente, geografia, geologia, agronomia, entre outras. O geoprocessamento é uma tecnologia interdisciplinar, que converge com distintas disciplinas científicas para explicar estudos de fenômenos ambientais e urbanos, sendo uma linguagem comum para distintas áreas do conhecimento, além de estar em constante evolução técnica e metodológica (BLACK et al., 1998; CÂMARA, 2001; HOFF et al., 2008; BARBOSA; LOURENÇO, 2010; CUNHA et al., 2011; TRABAQUINI et al., 2011; VEDOVATO et al., 2011; PACHÊCO et al., 2014).

O mapeamento do uso do solo e da cobertura vegetal são essenciais na caracterização da paisagem e ambiente, pois as mudanças na paisagem como um todo interferem diretamente na dinâmica da água, podendo ser estudadas por tecnologias de análise espacial (PAVANIN; CHUERUBIM, 2013).

Neste sentido, diversos autores têm utilizado as geotecnologias para pesquisas de âmbito ambiental, buscando a compreensão da dinâmica da superfície terrestre, sua distribuição na paisagem, seu potencial e limitações (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011; PRATES et al., 2012).

O uso das geotecnologias em bacias hidrográficas é crescente, Santos e Klamt (2004), Campos et al., (2004) e Garofalo (2015) usaram o geoprocessamento para realizar o mapeamento bacias e microbacias hidrográficas. Santos e Klamt (2004) em seu estudo fizeram um mapeamento no município de El Pantanoso, Uruguai, a fim de verificar potenciais áreas para aplicação do manejo sustentável a partir do agroecossistema. Já Campos et al., (2004)

objetivaram identificar e quantificar o uso da terra em dez microbacias do Rio Capivara, Botucatu. Nos trabalhos os bancos de dados gerados foram satisfatórios e permitiram diretrizes no planejamento, detectou-se ainda a preservação das microbacias por conta da conservação da cobertura florestal, observada no mapeamento.

Estes estudos são possíveis porque o Sensoriamento Remoto (SR) permite adquirir informações por meio da energia refletida pela superfície da terra, que é detectada por satélites. Deste modo é possível ter uma visão espacial da cidade e dos processos que geram impactos sobre o meio ambiente, sendo possível quantificar os padrões da paisagem (BLACK et al., 1998; PACHÊCO et al., 2014).

Neste âmbito os solos têm sido alvo para mapeamento graças a maior preocupação com o meio ambiente e necessidade de compreensão da dinâmica dos solos, sua distribuição na paisagem, seu potencial e limitações (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011; PRATES et al., 2012).

Por tal razão o presente estudo buscou usar estas ferramentas de processamento digital para mapeamento e caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Una, visando a análise do manejo provindo da ocupação antrópica para auxílio nas diretrizes de gestão e planejamento ambiental da área.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Esta pesquisa teve como objetivo principal propor uma metodologia que integre dados do IQA e dados referentes ao uso do solo e cobertura vegetal, visando gerar um Indicador de Conservação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Una.

3.2. Objetivos específicos

- Realizar o mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal utilizando imagens de satélite;
- Elaborar o Índice de Qualidade da Água (IQA);
- Por fim, realizar a análise integrada entre o uso do solo e cobertura vegetal e o IQA e gerar um Indicador de Conservação Ambiental com vistas a sugerir medidas que possam contribuir para a gestão da área de estudo.

A bacia apresenta de 9688,52 hectares, com uma ocupação diversificada e importantes remanescentes de Mata Atlântica em estado fragmentado, atividades agropecuárias, loteamentos, reflorestamento e produção de carvão vegetal.

Segundo a classificação de Köppen, apresenta clima Cwa (clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com temperaturas superiores a 22°C. A temperatura média anual é de 19,1°C e a pluviosidade anual média na bacia é de 1308,8 mm, sendo janeiro o mês mais chuvoso, com precipitação média de 214,9 mm, e agosto, mês mais seco, com média de 40 mm (CEPAGRI, 2017).

A Bacia Hidrográfica do Rio Una tem grande importância na gestão dos recursos hídricos e naturais da região, pois é o principal manancial de captação de água e geração de energia elétrica para a região centro-oeste do Estado de São Paulo.

4.2. Métodos

4.2.1. Construção da base cartográfica de apoio

Para a elaboração do mapa de usos do solo e cobertura vegetal, foi inicialmente construída uma base cartográfica de apoio utilizando-se as cartas topográficas do Instituto de Geografia e Cartografia (IGC, 1979) em escala 1:10.000 do município de Ibiúna- SP (folhas: 094/096; 095/095; 095/096; 096/095; 096/096; 097/095; 097/096; 097/094 e 098/095). Estas foram inseridas no programa AutoCAD Map (Autodesk, 2012) e as principais feições gráficas vetorizadas, sendo elas, as lineares para as que se caracterizam como rios, estradas, divisões, curvas de nível, etc; poligonais as de reservatórios, áreas urbanas, topos de morros, etc; e pontuais para pontos cotados, pontes, locais de amostragem, etc.

Após a vetorização, os arquivos foram transferidos para programas de análise espacial, neste caso o ArcGis (ESRI, 2012) e em seguida convertidas em arquivos matriciais.

4.2.2. Mapeamento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal

Foi construído o Mapa do Uso do Solo e da Cobertura Vegetal utilizando-se imagens satélite multiespectrais ortorretificadas do RapidEye para o período de novembro de 2013 cedidas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT).

No *software* ArcGis 10.2 (ESRI, 2013) a imagem foi importada e sobreposta com o limite da bacia hidrográfica do Rio Una. Em seguida procedeu-se a interpretação das imagens por meio da interpretação visual e edição de arquivos em formato vetorial. De acordo com Narumalani et al., (2002) o mapeamento por interpretação exige do usuário classificação com base nas feições possíveis de identificação como forma, tamanho, padrão, altura, sombreamento, tonalidade, textura, localização e associação com os demais elementos presentes na superfície terrestre.

A escala utilizada para o mapeamento foi de 1:10.000 e suas classes, subclasses e unidades de uso do solo e cobertura vegetal foram identificados conforme a adaptação do Manual Técnico de Uso da Terra e do Manual Técnico da Vegetação Brasileira que determina os processos existentes na elaboração deste tipo de mapa temático abordando do levantamento à classificação da cobertura e do uso da terra (Figura 2) (IBGE, 2012; 2013).

A interpretação foi confirmada por observações em campo, com auxílio de receptor GPS e câmera digital para checagem dos usos identificados e dos limites entre as classes de uso da área de estudo, sendo feita as correções das classes quando necessária. O mapeamento foi elaborado empregando-se as coordenadas planas, datum SIRGAS 2000 e fuso 23S.

4.2.3. Delimitação das Áreas de Proteção Permanente (APPs)

A delimitação das APPs consistiu da identificação de áreas de hidrografia, morros e vertentes que atendem o código florestal brasileiro (Lei 12.651/2012) e indica a união das áreas protegidas, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem e biodiversidade, além de facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar da população humana (BRASIL, 2012).

Para as APPs de hidrografia, foram considerados os vetores referentes aos rios, lagos, lagoas, açudes, represas e reservatórios, gerando as faixas marginais de acordo com as medidas constantes em legislação (IBGE, 2012). As faixas marginais dos cursos d'água foi obtida através da delimitação de *buffers* com auxílio do ArcGis 10.3 (ESRI, 2014). Considerando que

a largura máxima dos rios não ultrapassa 10 metros no perímetro da Bacia, foi determinado a metragem de 30 metros como largura das APPs dos cursos d'água.

Para a definição das APPs de nascentes, foi adotada uma faixa de 50 metros como faixa de proteção. Não foi verificada para a Bacia, áreas com altura mínima de 100m e inclinação média maior que 25 graus que atendessem a delimitação de APPs de topo de morro.

Quanto a delimitação de APPs em áreas com declividade superior a 45 graus, foi construído um Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDT) com base na interpolação das curvas de nível e pontos cotados. Utilizando a ferramenta *slope* identificou-se a proporção entre desníveis e suas respectivas distâncias horizontais delimitando assim, a declividade em graus e a seleção das áreas com intervalos > 45 graus.

4.2.4. Elaboração do Índice de Qualidade da Água

4.2.4.1. Seleção e coleta de amostras

Os pontos de amostragem foram distribuídos na Bacia Hidrográfica do Rio Una ao longo das 11 sub bacias, visando atender as condições de identificação do uso da terra e da supressão da vegetação no entorno dos corpos d'água segundo faixas de conservação hídrica ao longo dos anos.

Para a inserção dos pontos de amostragem no presente estudo, adotou-se o que está preconizado no Código Florestal, a faixa mínima de mata ciliar com largura de 30m (Lei 4771/1965 revogada pela Lei nº 12.651/2012). Com a determinação da largura mínima de mata ciliar no entorno dos cursos de água da Bacia Hidrográfica, selecionou-se áreas com alta perda de solo, superior a 50t/ha.ano, que não apresentasse mata ciliar e que contemplasse propriedades agrícolas com culturas de curto período e áreas urbanas por conta da poluição (SILVA, 2016). Sendo assim, os pontos foram alocados em áreas que respeitassem os critérios citados acima.

A partir desta definição, foram localizados 21 pontos. Para traçar os pontos foi considerado ainda as estradas, a fim de facilitar o acesso para coleta de água.

As coletas de água se deram em seis dias, no período de maio/2015 a janeiro/2016.

Para coleta das amostras no corpo hídrico utilizou-se balde de 5L amarrado com corda, previamente lavado com a água do curso a ser coletada para ambientalização. Em seguida o líquido era transferido para as garrafas plásticas também ambientalizadas, onde foram analisados os parâmetros resíduos totais, nitrogênio total e fósforo total, e para os frascos ISO

a fim de analisar os seguintes parâmetros: turbidez, DBO e coliformes termotolerantes, esterilizados na estufa a 110°C (CETESB, 1988).

4.2.4.2. Obtenção dos Parâmetros Físicos

4.2.4.2.1. Turbidez

Para medição da turbidez utilizou-se o turbidímetro Quimis Modelo Q279P, o princípio de leitura consiste na existência de uma fonte de luz para iluminação da amostra e um detector fotoelétrico com dispositivo indicador da intensidade da luz espalhada em ângulo reto na direção da luz incidente, a turbidez é expressa em unidades nefelométricas de turbidez (UNT) (APHA, 2005).

4.2.4.2.2. Temperatura

Para medição da temperatura *in situ* utilizou-se a sonda multiparâmetros HANNA HI 9828, higienizada a cada medição.

4.2.4.3. Obtenção dos Parâmetros Químicos

4.2.4.3.1. Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido foi medido em campo na unidade de mg L^{-1} e posteriormente convertido em porcentagens. Para as medidas foi utilizado o oxímetro Digimed DM-4P anteriormente calibrado, a água foi coletada no leito do rio e imediatamente aferiu-se o valor de oxigênio dissolvido com o oxímetro. Após a medição de cada ponto de coleta o medidor era higienizado com água destilada para as próximas análises em campo.

Para melhor interpretação e análise, os dados de oxigênio foram transformados em porcentagem de saturação. Para o cálculo da porcentagem de saturação existem índices para a temperatura e pressão atmosférica específicas segundo a metodologia utilizada de Montgomery (1964) *apud* Golterman et al. 1969).

Utilizando os índices empregou-se a fórmula para calcular a porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido:

$$\% \text{ saturação} = \frac{OD(mg\ L^{-1}) \times 100}{\frac{S \times P}{760}}$$

OD é a concentração de oxigênio dissolvido em mg L⁻¹.

S = solubilidade do oxigênio dependente da temperatura à pressão de 760 mmHg, e

P = pressão atmosférica do local de coleta.

4.2.4.3.2. pH

A medição do pH *in situ* foi feita através de um pHmetro previamente calibrado, o qual a cada medida o eletrodo lavado com água destilada.

4.2.4.3.3. Nitrogênio Total

Para análise de nitrogênio total foi utilizado o kit HACH que consiste nos kits: Total Nitrogen Acid Solution e Total Nitrogen Hydroxide para digestão das amostras, logo após, fez-se a leitura de cada uma no espectrofotômetro HACH DR 3900 (HACH COMPANY, 2012).

4.2.4.3.4. Fósforo total

Para obtenção dos valores de fósforo total as amostras foram digeridas e foi realizada a leitura da absorbância da amostra em comprimento de onda de 400nm no espectrofotômetro HACH DR 3900. Como se teve a concentração, os resultados do espectrofotômetro foram corrigidos (HACH COMPANY, 2012).

4.2.4.3.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Para análise deste parâmetro os frascos com a água coletada foram levados à incubadora a 20°C por 5 dias, após este período a leitura foi realizada com o oxímetro Digimed DM- 4P devidamente calibrado. (APHA, 2005).

4.2.4.3.6. Resíduos Totais

Na análise utilizou-se béqueres para cada amostra e fez-se a pesagem tarando. Com isso 100 mL das amostras foram adicionadas após medição com um balão volumétrico, levou-se à estufa a 100°C até que toda a água evaporasse. Com a evaporação total os béqueres foram tirados da estufa e colocados em um dessecador até completo esfriamento, feito isso realizou-se a pesagem na balança analítica de precisão (APHA, 2005).

4.2.4.4. Obtenção dos Parâmetros Biológicos

4.2.4.4.1. Coliformes Termotolerantes

Para estimar os coliformes termotolerantes usou-se o kit Colilert. A fim de quantificar foram realizadas 3 diluições para cada ponto amostrado, 1:10, 1:100 e 1:1000, além da amostra pura. A fim de eliminar qualquer tipo de contaminação os potes ISO contendo a água salina nas devidas proporções para cada ponto foram esterilizados em autoclave assim como as demais vidrarias utilizadas para determinação dos coliformes termotolerantes (pipetas de vidro e provetas). O conteúdo das diluições foi despejado nas placas de Quanti-Tray 200 que foram lacradas na seladora Quanty-Tray (Figura 4) e incubadas na estufa por 24 horas a uma temperatura de 35°C.

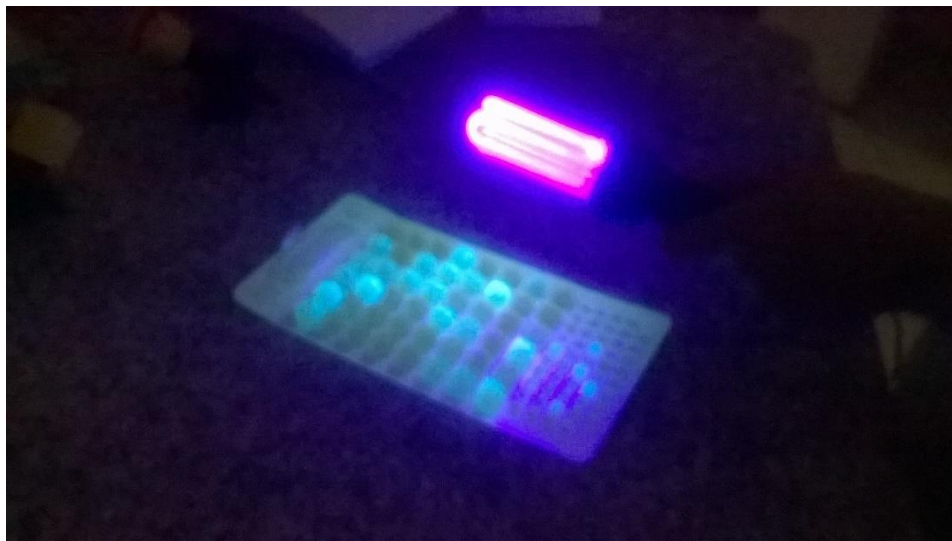
Passado o tempo determinado a leitura para os coliformes termotolerantes se deu no escuro e com ajuda de uma lâmpada de luz ultravioleta 365nm por meio da contagem poços grandes e pequenos fluorescentes sob tal condição (Figura 5), a quantificação baseou-se na tabela NMP (Número mais provável) (Anexo 1). O método do Colilert permite ainda a quantificação dos coliformes totais, esta consiste apenas na contagem dos poços amarelos sob luz comum após o período de incubação aplicado (Figura 6) (APHA, 2005).

Figura 2. Seladora Quanti-Tray para lacre das placas.



Fonte: acervo pessoal.

Figura 3. Quantificação dos coliformes termotolerantes.



Fonte: acervo pessoal.

Figura 4. Placas Quantity-Tray após a incubação.



Fonte: acervo pessoal.

4.2.5. Índice de Qualidade da Água

A determinação do IQA foi realizada de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e o índice foi obtido através do produto ponderado dos 9 parâmetros (oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fósforo total, temperatura da água, turbidez e resíduos totais) com seus respectivos pesos (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros de Qualidade da Água e respectivos pesos.

<i>Parâmetro de Qualidade da Água</i>	<i>Peso (w)</i>
<i>Oxigênio Dissolvido</i>	0,17
<i>Coliformes termotolerantes</i>	0,15
<i>Potencial Hidrogeniônico – pH</i>	0,12
<i>Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO</i>	0,10
<i>Temperatura da água</i>	0,10
<i>Nitrogênio Total</i>	0,10
<i>Fósforo Total</i>	0,10
<i>Turbidez</i>	0,08
<i>Resíduo Total</i>	0,08

Fonte: CETESB, 2008.

Estes parâmetros são os considerados mais relevantes no abastecimento público, e o IQA foi obtido conforme a equação:

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

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, número entre 0 e 100;

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 a 100. É obtido da “curva média de variação de qualidade” em função de sua concentração ou medida;

wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, número de 0 a 1. O peso é atribuído de acordo com a importância do parâmetro para a conformação global de qualidade.

Através deste cálculo foi possível definir a qualidade da água, que varia de 0 a 100 descrito na Tabela 2:

Tabela 2. Classificação do IQA.	
Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
REGULAR	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB, 2008.

Para os cálculos do índice utilizou-se o software IQADat 2015 (Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, 2010) onde são inseridos os pesos de cada parâmetro e os valores obtidos em laboratório e em campo.

4.3. Análise Integrada dos Resultados

4.3.1. Método de integração e análise dos resultados

A análise integrada por sub bacias será realizada considerando-se o IQA, a hidrografia à montante dos pontos de coleta e o relevo de entorno e as classes de uso do solo e cobertura vegetal.

Foi utilizada uma matriz a fim de ponderar a influência de cada classe de uso do solo e cobertura vegetal (pastagem, solo exposto, urbanizado e vegetação arbórea, etc), os valores dos respectivos pesos para os usos foram atribuídos em termos da sua capacidade de preservação e conservação dos recursos hídricos, como descrito a seguir:

$$\begin{pmatrix} P_1 & S_1 & U_1 & V_1 & D_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{21} & S_{21} & U_{21} & V_{21} & D_{21} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Prt_1 \\ . \\ . \\ . \\ Prt_{21} \end{pmatrix}$$

Os valores 1, 2 3...21 indicam cada ponto de coleta nas sub bacias de contribuição correspondente.

P é a área de pastagem dividida pela área total da bacia de contribuição;

S é a área de solo exposto dividido pela área total da bacia de contribuição;

U é a área urbanizada dividido pela área total da bacia de contribuição;

V é a área de vegetação arbórea dividido pela área total da bacia de contribuição;

D é a área de APP dividida pela área da bacia de contribuição;

Enquanto *a, b, c, d e e* são os pesos 2, 1, 2, 5 e 4 atribuídos respectivamente aos usos: pastagem, solo exposto, área urbanizada, matas e áreas de APP de cada sub bacia, variando de 1 a 5, onde 5 indica o melhor estado em termos de preservação e conservação dos recursos hídricos.

Prt é o produto resultante da matriz.

Após a integração dos resultados pelo método da matriz, seu produto (*Prt*) foi multiplicado pelos valores do IQA obtidos em cada uma das sub bacias, gerando assim, o Indicador de Conservação Ambiental (ICA). A fim de mapeá-lo para bacia como um todo, foi aplicado o método de interpolação por Ponderação do Inverso da Distância (IDW) com a ajuda do *software* ArcGis 10.2 (ESRI, 2013). A partir do resultado do ICA interpolado fez-se a

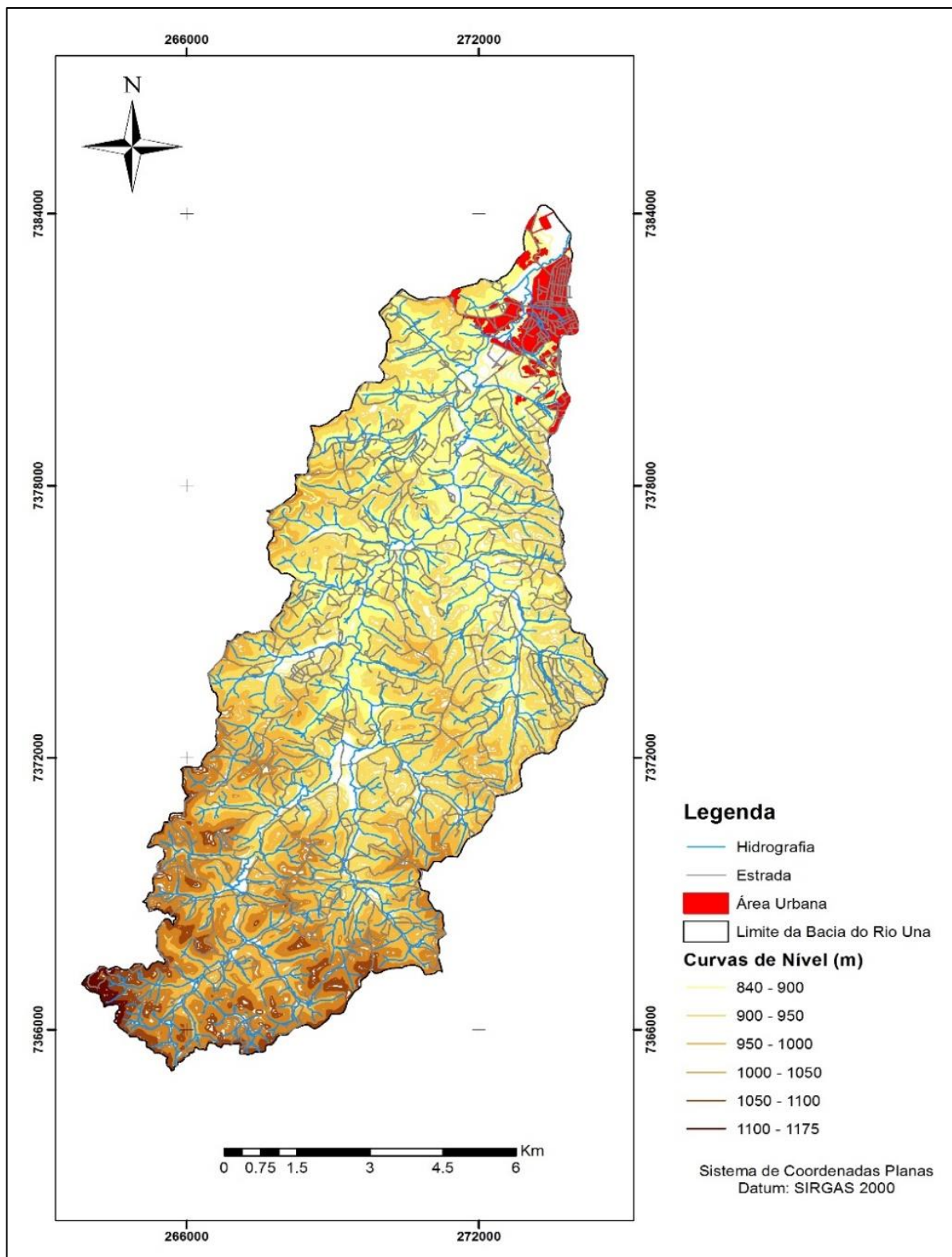
classificação das sub bacias, sendo utilizada de menor valor para a pior situação e a de maior valor para a melhor situação, as faixas consideraram a média e desvio padrão, e a nomenclatura utilizada foi: ruim, regular, boa, ótima e excelente.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Base cartográfica da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Una tem altitudes variando de 840 a 1175 metros. Na parte norte da bacia há a concentração a área urbana, local de menores altitudes (Figura 7).

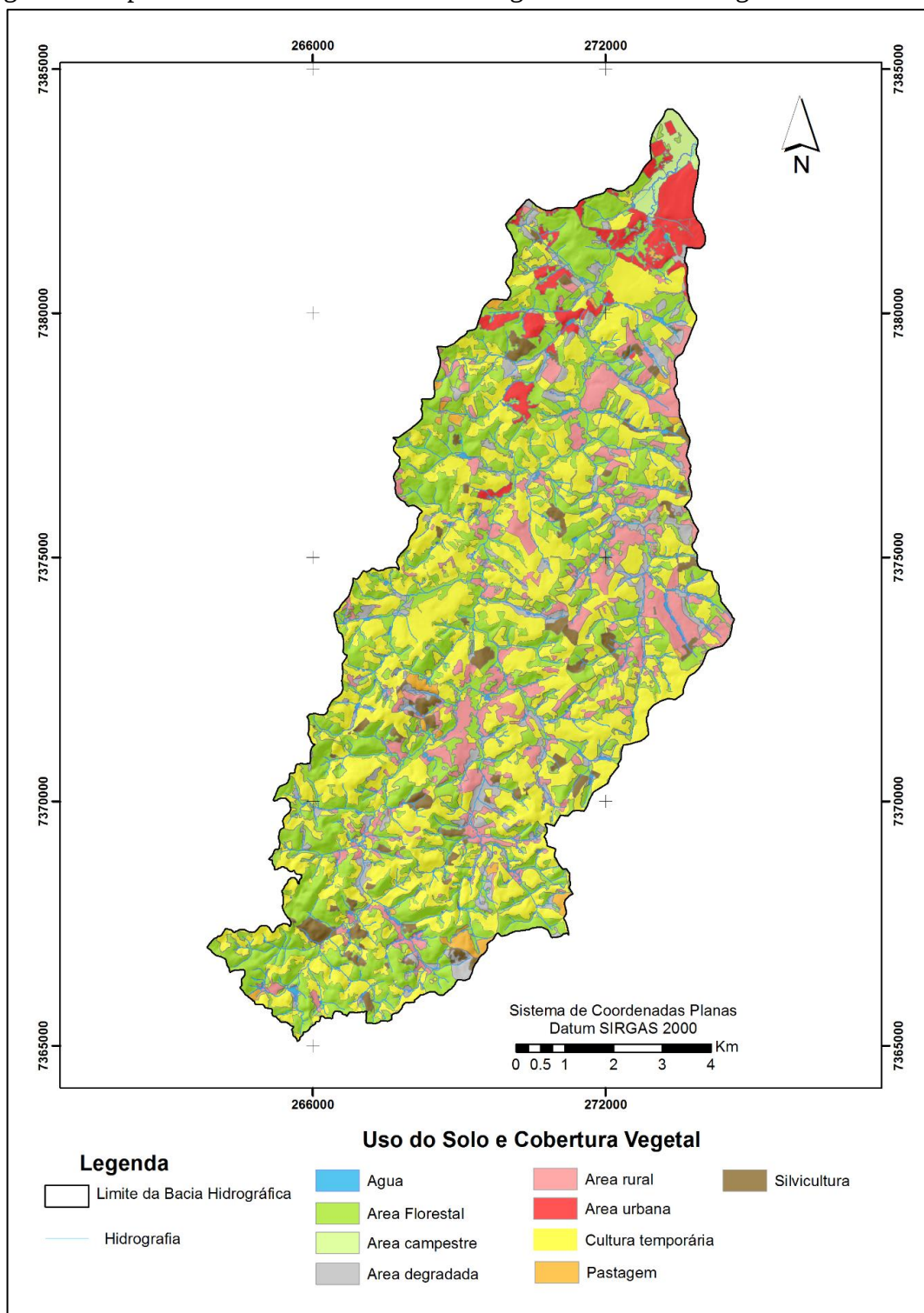
Figura 7. Base Cartográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Una.



5.2. Mapeamento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal

O Mapa do Uso do Solo e Cobertura Vegetal realizado a partir do uso de imagens satélite do *RapidEye* para o ano de novembro de 2013 é apresentado na Figura 8.

Figura 8. Mapa do Uso do Solo e Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Una.



O Mapa do Uso do Terra e da Cobertura Vegetal mostra que a classe de uso da terra predominante na Bacia Hidrográfica do Rio Una é de “áreas florestais”, seguido da classe “culturas temporárias”. Verifica-se também que na porção do baixo Una encontra-se as áreas de ocupação antrópica urbana e no alto Una há concentração das áreas florestais e culturas temporárias, que são as áreas de plantio de hortaliças e leguminosas.

Na Tabela 3 tem-se em hectares os valores de cada tipo de uso bem como sua porcentagem em relação à área da bacia.

Dentro da classe campo degradado enquadra-se as áreas de campo degradado e solo exposto, ela ocupa 5,75% da área, já a silvicultura, ou cultura de longo período, ocupa 3,24% do território distribuídas ao longo da bacia.

Tabela 3. Classes para uso do solo e cobertura vegetal e suas respectivas áreas

<i>Tipos de Uso e Cobertura</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>% Total</i>
<i>Água</i>	123,61	1,27
<i>Área Campestre</i>	100,86	1,04
<i>Área Florestal</i>	3589,60	37,05
<i>Área Rural Antrópica</i>	1030,74	10,64
<i>Área Urbana</i>	392,34	4,05
<i>Cultura Temporária</i>	3472,25	35,37
<i>Pastagem</i>	108,29	1,12
<i>Silvicultura</i>	313,45	3,24
<i>Campo Degradado</i>	556,32	5,75
Total	9688,52	100

A destinação do uso da terra para atividades agrícolas pode ser observada, a agricultura de curto período (definida como área para plantação de hortaliças e leguminosas) soma a de longo período totalizam 38,61% da área total da bacia, enquanto a área florestal, por sua vez, apresenta 37.05%. A queda na área de florestas é observada nas áreas rurais, este tipo de atividade gera grandes impactos na paisagem em decorrência da substituição de áreas naturais por outros usos, como a agricultura. A intensa fragmentação das áreas com cobertura vegetal influencia diretamente na qualidade e disponibilidade dos recursos naturais, além de afetar a biodiversidade, fertilidade do solo e intensificar processos erosivos (MATSUSHITA et al., 2006; VANZELA, et al., 2010; MENDONZA et al., 2011; SALES, 2015).

A densa área de agricultura na bacia hidrográfica implica em interferência nos habitats pelo uso intensivo e indiscriminado de agroquímicos. O desmatamento e a monocultura são recorrentes, causando constantes pressões na bacia e seus recursos, além das modificações na paisagem (MENDONZA, et al., 2011; DEUS; BAKONYI, 2012; LAGO et al., 2012).

5.3. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente

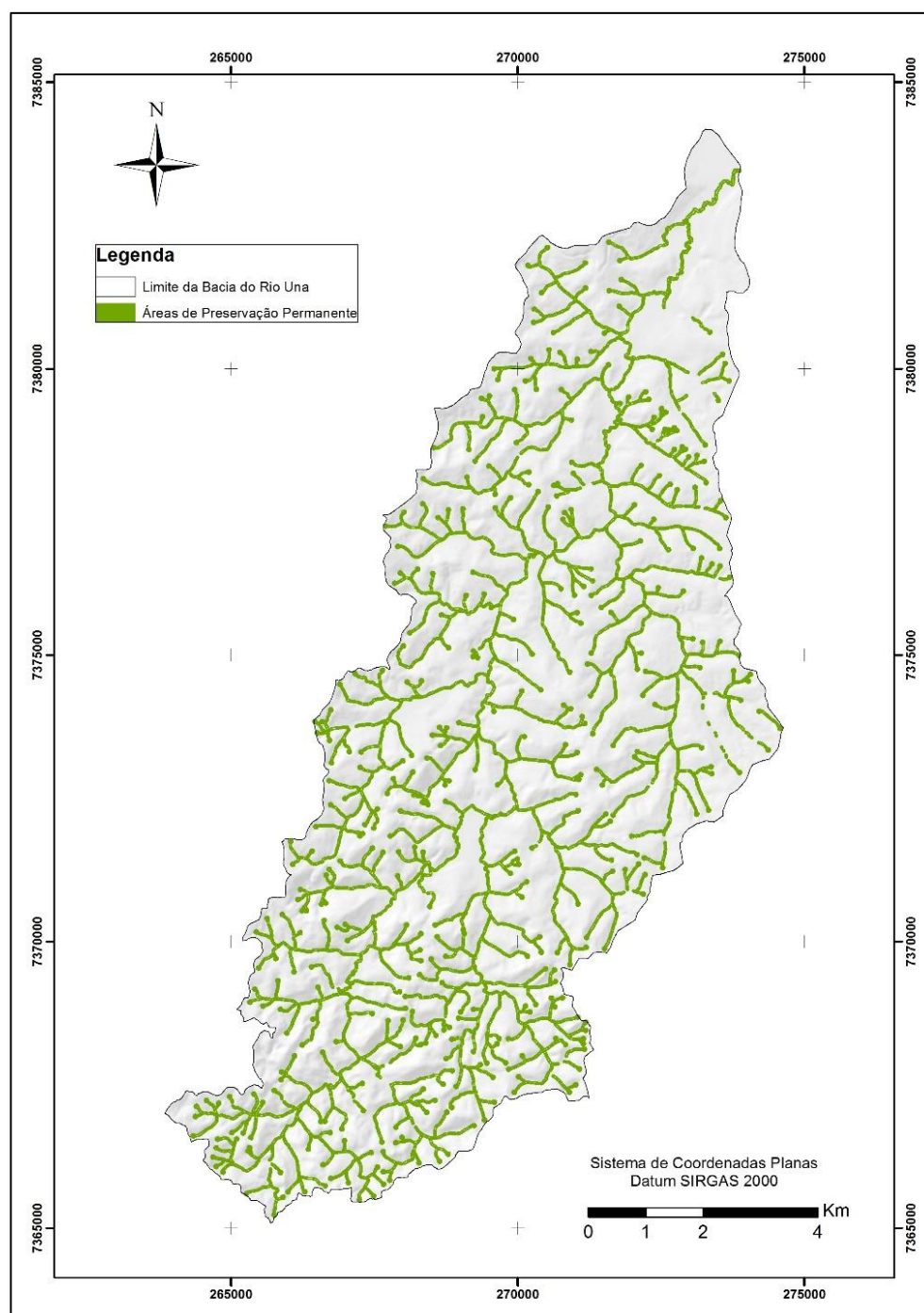
As áreas de APPs foram quantificadas em 2091 ha, considerando que o raio de área dos diferentes tipos de APPs se sobrepõem ao longo do território. Para tanto, observou-se que as faixas marginais de preservação dos rios respondem pelo maior quantitativo, enquanto as áreas de APPs de declividade possuem a menor representatividade.

O quantitativo de cada área de APPs e a distribuição espacial destas áreas pode ser observado na Tabela 4 e Figura 9, respectivamente.

Tabela 4. Quantitativo de APPs.

<i>APPs</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Área (ha)</i>
<i>Declividade</i>	17300.00	1.73
<i>Nascentes</i>	5005498.87	498.42
<i>Lagoas urbanas</i>	187383.72	18.73
<i>Lagoas rurais</i>	5281937.37	528.19
<i>Rios</i>	16307445.97	1630.74
<i>Total</i>	26799564.92	2677.82
<i>Total das APPs sobrepostas</i>	20912003.63	2091.20

Figura 9. Áreas de Preservação Permanente.



Referente aos conflitos ambientais que incidem sobre as áreas de APPs na Bacia do Una, foram consideradas as áreas alteradas por ações humanas, verificando-se que dentre estas atividades, a cultura temporária possui maior inserção dentro de áreas de APPs (24.14%), seguido das áreas rurais (10.55%) e das áreas degradadas (9.92%). Essa ocupação por

edificações, reflete mais uma vez, o aspecto da relação entre o homem e a água e da tendência de ocupação de áreas com proximidade a um curso d'água.

A classificação das áreas de APPs em áreas antrópicas ou naturais apresentou uma distribuição equilibrada, sendo 50.26% de áreas naturais e 49.73% de áreas antropizadas. Esses percentuais denotam a realidade de degradação de áreas que deveriam encontrar-se em estado de preservação permanente na Bacia. A distribuição espacial e o quantitativo das áreas dentro de APPs podem ser observadas na Figura 10 e Tabela 5, respectivamente.

Figura 10. Conflitos ambientais em APPs.

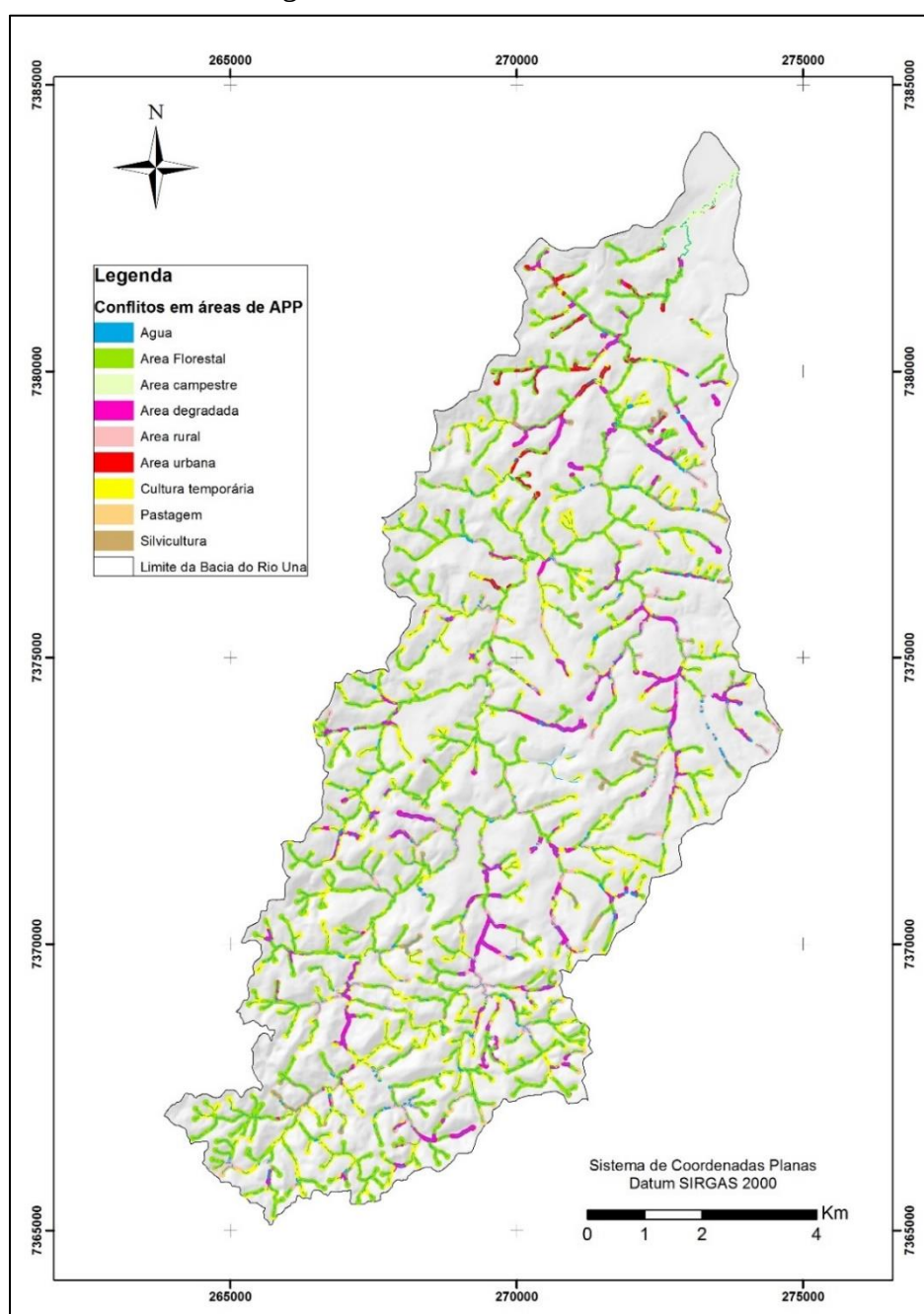


Tabela 5. Quantitativo de atividades de uso do solo e cobertura vegetal em APPs.

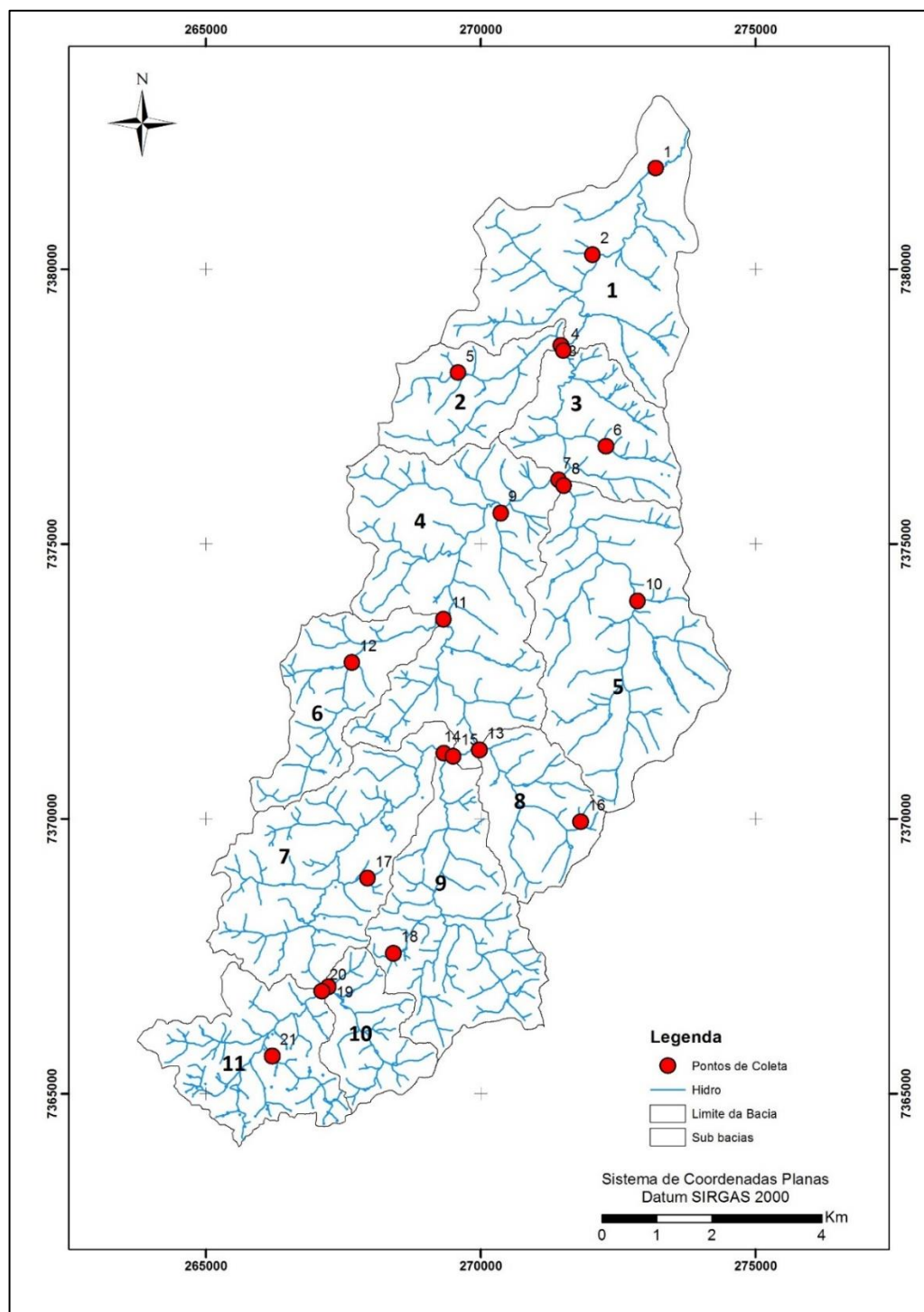
<i>Classe</i>	<i>Subclasse</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Área (%)</i>
<i>Área Antrópica</i>	Área degradada	2083031.31	207.87	9.92
<i>Área Antrópica Agrícola</i>	Cultura temporária	5070642.69	507.06	24.14
	Pastagem	166576.15	16.66	0.79
	Silvicultura	583487.39	58.35	2.78
	Área rural	2216492.22	221.65	10.55
	Área urbana	324929.72	32.49	1.55
<i>Água</i>	Água	544039.89	54.4	2.59
<i>Área de Vegetação</i>	Vegetação com influência fluvial	188869.32	18.88	0.90
<i>Natural</i>	Área florestal	9823150.25	982.32	46.77
	<i>Total</i>	21001218.95	2100.12	100

As áreas de preservação permanente são de extrema importância para a preservação dos recursos hídrico, já que promove o equilíbrio da biodiversidade e a estabilidade do meio físico. A APP do Rio Una as ameaças estão relacionadas com a expansão da área urbana e atividades agrícolas, com a utilização das águas para irrigação. Estas atividades provocam a supressão da vegetação, a compactação do solo e o aumento do fluxo do escoamento superficial, isto a longo prazo potencializa a ocorrência de erosões, assoreamento e deposição de resíduos sólidos na calha do rio.

5.4. Parâmetros físicos, químicos e microbiológicos nas amostras de água

A Figura 11 mostra os pontos de distribuição da coleta de água, que totalizaram 21 pontos.

Figura 11. Distribuição dos Pontos de Coleta na Bacia Hidrográfica do Rio Una.



Os resultados coletados in situ e também os obtidos após as análises em podem ser observados na Tabela 6.

As amostras de pH variaram de 4,65 a 8,83, o valor mais baixo ocorreu no ponto 12 e o mais alto no ponto 8. O menor valor está fora do ideal citado por Rodrigues (2008), que varia de 6,5 a 8,5, faixa na qual os organismos não sofrem grandes danos. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece ainda que os valores de pH devem ser compreendidos entre 6 e 9 para devida proteção da biota da água, e dentro da bacia tem-se diversos pontos fora destes valores, os pontos 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21, estão abaixo do recomendado, revelando caráter ácido para a água desses corpos hídricos, já os pontos 7 e 8 se encontram acima do valor ideal. Estas variações que fogem das condições de neutralidade podem contribuir para o desaparecimento de espécies da água (VON SPERLING, 2007).

Para a temperatura a variação encontrada foi de 14,03°C a 20,31°C, apresentando variações sazonais e diurnas dentro da normalidade, fazendo parte do regime climático. Grandes elevações nesse parâmetro podem indicar despejos industriais e usinas termoeletricas, o que não ocorre na área de estudo, que é predominantemente agrícola (CETESB, 2002).

O OD variou de 2,43 mg/L⁻¹ a 7,29 mg/L⁻¹. A análise e comparação dos valores de oxigênio dissolvido foram convertidos em porcentagem de saturação que leva em conta a temperatura da água e a pressão atmosférica.

A porcentagem de saturação, por sua vez, foi maior para os pontos 2 e 4, com os valores de 67.39 e 70.78 respectivamente, a menor porcentagem de saturação foi encontrada no ponto 12, e é equivalente a 26,7%. O valor de oxigênio dissolvido transformado em porcentagem de saturação de oxigênio pode ser observado na Tabela 6.

Em um sistema aquático livre de poluentes o que se tem é oxidação da matéria orgânica biológica pelo oxigênio dissolvido, a degradação aeróbica, processo que ocorre em águas com alta concentração de oxigênio, onde a saturação se aproxima a 100%. Locais com abundância de matéria orgânica proveniente de esgotos domésticos gera maiores condições para respiração de microrganismos elevando as contrações de metano (preferencialmente em condições anaeróbicas) e CO₂, o que é preocupante no caso dos pontos com baixa porcentagem de saturação do oxigênio dissolvido, além disso, esse fator corrobora na formação de maus odores como observado em campo, as Figuras 12 e 13 evidenciam locais com alta concentração de matéria orgânica, onde o mau odor foi detectado, a Figura 12 é do ponto 16 com saturação de 43% e a 12 do ponto 12 com saturação de 26,7% (FIORUCCI E FILHO, 2005).

Tabela 6. Resultado dos parâmetros que compõem o IQA e do oxigênio dissolvido em % de saturação.

PONTOS	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	OD (%)	Resíduos Totais (mg/l)	Nitrogênio Total (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Turbidez (NTU)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	DBO (mg/L)	IQA	Categoria
1	6,61	20,21	4,64	46.88	104	1,2	0.1875	3,77	1331,07	2,01	60,85	Boa
2	6.84	19.95	6.67	67.39	83	0.9	0.1527	5.45	300.12	2,49	70,81	Boa
3	6.76	20.31	4.3	43.45	83	0.4	0.2043	4.28	1002.23	0,71379	63,39	Boa
4	7.18	18.45	7.29	70.78	71	1	0,1375	2.98	637,45	2,86649	71,54	Boa
5	6,71	17,51	3	28.86	100	2,8	0,1522	5,85	394,63	1,155	55,38	Boa
6	8,31	16,77	3,95	45.2	58	0,7	0,0457	4,02	75,33	0,68	68,68	Boa
7	8.78	14.57	4.32	47	34	0.5	0.1272	6.32	215,25	0,45	63,71	Boa
8	8.83	14.95	4.95	54.7	24	1.3	0.0913	8.22	2016,16	0,56	58,96	Boa
9	8,15	15,5	3,52	39.1	33	2,2	0,1435	5,83	455,17	0,53	58,19	Boa
10	7,94	14,98	2,58	28.3	70	0,6	0,2349	18,9	25	1,11	59,41	Boa
11	6.05	12.66	5.8	59.7	74	0.7	0,1093	7.07	279,80	0,1133	65,57	Boa
12	4,65	14,94	2,43	26.7	105	0,5	0,0272	10	231,33	1,94	48,28	Regular
13	6.53	18.77	5.76	55	70.5	0.9	0.1424	3.41	532,69	0,7704	67,62	Boa
14	6.26	13.66	5.38	30	59	1.2	0.3262	4.5	602.45	0,3965	60,33	Boa
15	5.63	18.64	5.4	42	65	1.4	0,1076	6.59	450.64	0,9177	63,76	Boa
16	5,49	14,03	5,07	43	66	2,6	0,1413	5,69	1128,57	0,8	55,82	Boa
17	4,78	18.63	2,46	52	77	1,1	0,0598	9.92	749,97	2,175	46,62	Regular
18	5,7	14,87	5,1	55.7	45	7	0,1261	3,41	221,17	0,033	57,81	Boa
19	5.05	19.07°C	4.49	54.3	832	0.7	0.1109	5.5	2049.6	1,2236	49,43	Regular
20	5.41	17.28°C	4.88	56.7	55	0.4	0.112	4.71	157.54	1,5182	63,74	Boa
21	5.53	17.55°C	4.71	55.2	67	0,2	0,1025	8.74	416,5	1,416	61,62	Boa

Figura 12. Registro do ponto 16 de coleta.



Fonte: acervo pessoal.

Figura 13. Registro do ponto 12 de coleta.



Fonte: acervo pessoal.

Apesar das saturações encontradas na sua maioria não terem altas porcentagens, grande parte das espécies de peixes necessitam de 10% a 60% de saturação de oxigênio para manutenção da vida e os resultados encontrados não apontam valores abaixo dessa faixa requerida (FIORUCCI E FILHO, 2005).

Como mostrado na Tabela 6 os valores dos resíduos totais variaram na faixa de 24 mg L⁻¹ a 832 mg L⁻¹ para os pontos 8 e 19, nesta ordem. A Resolução CONAMA 357/05 determina como recomendável a faixa de resíduos totais em água doce até 500 mg L⁻¹ para todas as classes (BRASIL, 2005). O ponto 19 está fora deste limite e pode evidenciar a ocorrência de prováveis fontes de metais, como erosão e lixiviação do solo (FALQUETO, 2008).

O parâmetro nitrogênio total está dentro dos valores estabelecidos na resolução CONAMA 357/05, variando de 0,2 mg L⁻¹ a 2,8 mg L⁻¹. Como a área de estudo é predominantemente agrícola, esperava-se encontrar maiores concentrações deste elemento, já que o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados contribui para a presença das diversas formas de nitrogênio. Além do nitrogênio, o fósforo é um elemento abundantemente encontrado em fertilizantes, que pode ser a principal causa dos valores de P estarem elevados (METCALF E EDDY, 1991). Essa alta concentração também é fortemente ligada ao despejo de esgoto doméstico, algo comum de se ver na cidade durante os campos realizados (CETESB, 2015). A maior concentração de P foi de 0,3262 mg L⁻¹ para o ponto 14.

O local de coleta identificado como ponto 1 é um local monitorado constantemente pela CETESB, o relatório de qualidade das águas de 2015 evidenciou valores de fósforo e nitrogênio para os anos de 2013 e 2014 para o ponto monitorado, sendo aproximados aos valores encontrados nesta pesquisa, mostrando a eficácia nos métodos utilizados (Tabela 7).

Tabela 7. Valores de P e N obtidos pela CETESB para o monitoramento do ponto 1 e valores obtidos nesta pesquisa

	<i>Fósforo Total mg L⁻¹</i>		<i>Nitrogênio Total mg L⁻¹</i>	
	Média 2014	Média 09-13	Média 2014	Média 09-13
<i>CETESB</i>	0,21	0,16	1,12	0,8
<i>PRESENTE ESTUDO</i>	0,19		1,2	

Fonte: CETESB (2015) e presente estudo.

A CETESB cita ainda neste relatório que, 53% dos pontos pertencentes à UGRHI 10 monitorados em 2014 encontram-se em estado de eutrofização, onde um dos indicativos é a concentração abundante de fósforo, também encontrada nesta pesquisa. Um dos fatores contribuintes para decaída na qualidade da água dentro da UGRHI 10 foi o período de estiagem (CETESB, 2015).

Em referência à turbidez encontrada, todos os valores obtidos se encontram abaixo das faixas máximas estipuladas pelo CONAMA 357/05 e atende o padrão de qualidade, padrão que revela que as águas em geral não se encontram em estado avançado de eutrofização. O fator que contribui para o padrão encontrado é o sistema lântico dos cursos d'água, que favorece a sedimentação das partículas presentes (CETESB, 2015).

Águas que se destinam ao abastecimento devem ter, no máximo, 1000 NMP de coliformes termotolerantes/ 100 mL de água de acordo com Resolução 357/05 (BRASIL, 2005). O padrão adotado para águas de consumo humano pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8. Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano

PARÂMETRO	VMP ¹
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ³	Ausência em 100mL
<i>Coliformes Totais</i>	Ausência em 100mL
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ³	Ausência em 100mL
<i>Coliformes Totais</i>	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês. Ausência em 100mL em 95% das amostras examinadas no mês. Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês. Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100mL.

Notas:

¹ Valor Máximo Permitido.

² Água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.

³ A detecção de *Escherichia coli* deve ser preferencialmente adotada.

Fonte: Adaptado de BRASIL (2004).

Todos os pontos amostrados apresentaram a presença de coliformes termotolerantes, até mesmo em ponto de nascente, que é o caso do ponto 18. Os coliformes totais apesar de não serem necessários para composição do IQA também foram estimados e estão acima do permitido para todos os pontos, e, embora as contaminações com coliformes termotolerantes sejam mais preocupantes, pois indica poluição por fezes de animais que possuem sangue quente, e podem estar relacionadas com a presença de bactérias patogênicas presentes no material fecal, a contaminação com coliformes totais também torna a água inapropriada para consumo humano (LEITE et al., 2011; RATTI et al., 2011).

Em síntese tanto os valores de coliformes termotolerantes quanto os valores de coliformes totais estão fora do padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano (BRASIL, 2004).

Um dos fatores contribuintes para positividade de coliformes termotolerantes inclusive em nascentes é a presença de animais, fator este detectado em campo. Além disso condições precárias de captação de água corroboram a favor da presença de *Escherichia coli*, e também pode ser verificado em campo, a exemplo, a bacia tem muitos locais com bombas improvisadas para bombeamento destinado à irrigação (LEITE et al., 2011).

Somado às condições ditadas acima tem-se ainda o despejo de esgoto doméstico, o correto para minimizar tal efeito é o estabelecimento de um sistema de saneamento básico para toda a população, mesmo para as áreas mais rurais, já que a área apresenta condições precárias neste quesito (MORAIS, 2010).

Para DBO os valores encontrados estão dentro do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, e a variação foi de 0,033 mg.L⁻¹ a 2,866 mg.L⁻¹ para os pontos 18 e 4, respectivamente. Evidenciando boas condições quanto à poluição por matéria orgânica, assim como a turbidez e os resultados de oxigênio dissolvido apontaram. De acordo com Florucci e Filho (2005) águas superficiais não contaminadas nos Estados Unidos tem média de DBO em 0,7 mg.L⁻¹ e águas com alto teor de poluição possuem DBO acima de 10 mg.L⁻¹.

5.5. Índice de Qualidade da Água (IQA)

O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi calculado utilizando as variáveis temperatura, oxigênio dissolvido, nitrogênio total (N total), fósforo total (P total), resíduos totais, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes (*E. coli*) e pH, presentes no rio Una em Ibiúna/SP. O IQA calculado com ajuda do *software* IQAData 2015 foi de acordo com os parâmetros estabelecidos pela CETESB e os pontos de coleta foram classificados de acordo com a categorização: Ótima, 79-100; Boa, 51-79; Regular, 36-51; Ruim, 19-36; Péssima, ≤ 19, e podem ser conferidos na Tabela 6.

A elaboração do IQA para cada ponto de coleta estabelecido foi de acordo com os pesos distribuídos pela CETESB, no entanto pode-se verificar que cada elemento do IQA influenciou de uma forma na qualidade das águas para as sub bacias estudadas. No geral, os parâmetros que mais influenciam nas classificações do IQA foram os coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*), o oxigênio dissolvido (em porcentagem de saturação) e o pH. Falqueto (2008) em seu

trabalho de análise da qualidade da água também encontrou oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes (*E. coli*) como variáveis de maior influência.

Em suma, as águas da área de estudo se mantiveram dentro da classificação de Boa para o IQA, exceto para os pontos 12, 17 e 19 que se enquadraram em Regular. A média dos valores de IQA obtido foi de 60,54, sendo a média encontrada para bacia hidrográfica como um todo. Os valores estão dentro do esperado de acordo com a CETESB, o relatório de águas de São Paulo afirma que das áreas com predomínio de atividades agropecuárias em seu território, 68% têm o IQA classificado como Bom, classe majoritariamente encontrada neste estudo. Ressalta-se também que neste relatório as categorias de IQA Ruim e Péssimo representaram 21% e se encontraram em áreas de indústrias, que não é o caso na bacia hidrográfica estudada (CETESB, 2015).

Vale ressaltar que é preocupante os dados encontrados referentes ao nível de alguns dos elementos analisados individualmente, como é o caso de coliformes termotolerantes e fósforo, e ainda, que o IQA não expressa a gravidade da contaminação, já que a bacia como um todo ficou dentro da classe “Bom”.

5.6. Matriz de Integração

A matriz de integração dos valores de P, S, U, V, D é mostrada na Tabela 9. Os valores desta tabela foram multiplicados pelos pesos a , b , c , d e e , pré estabelecidos. Os produtos finais da matriz (Prt) e os resultados do IQA para as sub bacias dos pontos estudados estão na Tabela 10. O ICA interpolado por sub bacia está na Tabela 11. Na Figura 14 pode observar-se o mapeamento do grau de conservação a partir do ICA obtido para os pontos de coleta do Rio Una.

Tabela 9. Valores de P, S, U, V e D.

<i>Sub bacia</i>	<i>Pontos</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>U</i>	<i>V</i>	<i>D</i>
1	1	0.01421	0.00501	0.25665	0.3526	0.1250
	2	0.01421	0.00501	0.25665	0.3526	0.1250
2	4	0.02484	0.00072	0.10258	0.4547	0.1668
	5	0.02484	0.00072	0.10258	0.4547	0.1668
3	3	0.00739	0	0.00411	0.34371	0.2020
	6	0.00739	0	0.00411	0.34371	0.2020
4	7	0.00648	0	0.00833	0.38454	0.1807
	9	0.00648	0	0.00833	0.38454	0.1807
5	8	0.00117	0	0	0.28669	0.1557
	10	0.00117	0	0	0.28669	0.1557
6	11	0.00078	0	0	0.3684	0.1979
	12	0.00078	0	0	0.3684	0.1979
7	14	0.01027	0.00047	0	0.41623	0.0798
	17	0.01027	0.00047	0	0.41623	0.0798
8	13	0.00087	0	0	0.23364	0.4302
	16	0.00087	0	0	0.23364	0.4302
9	15	0.04088	0.0004	0	0.32328	0.2386
	18	0.04088	0.0004	0	0.32328	0.2386
10	19	0.00928	0	0	0.50729	0.2233
11	20	0.00662	0.00038	0	0.54842	0.2342
	21	0.00662	0.00038	0	0.54842	0.2342

Tabela 10. Produtos da Matriz e IQA.

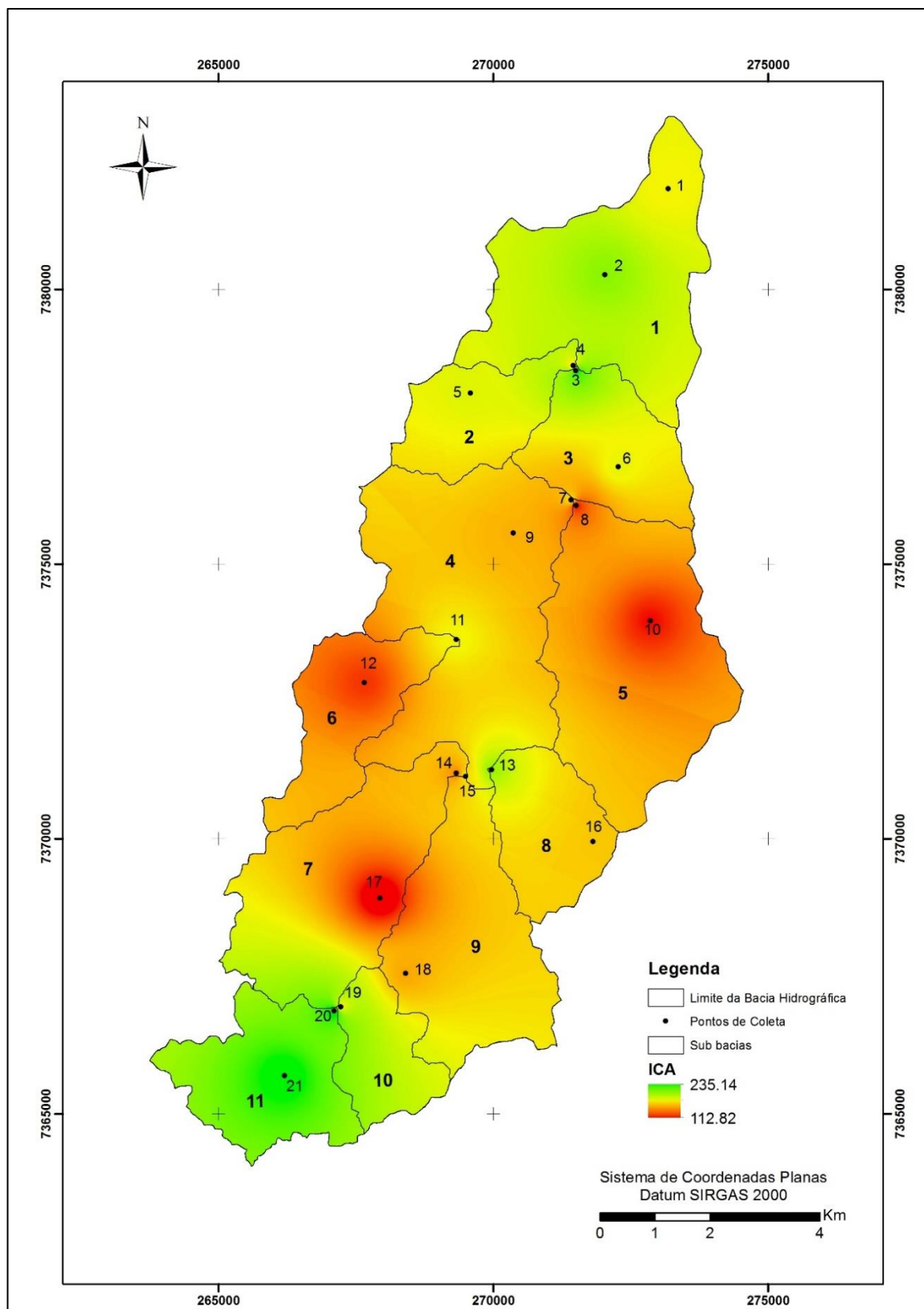
<i>Sub bacia</i>	<i>Pontos</i>	<i>Prt</i>	<i>IQA</i>
1	1	2.81	60.85
	2	2.81	70.81
2	4	3.19	71.54
	5	3,19	55.38
3	3	2.54	63.39
	6	2.54	68.68
4	7	2.67	63.71
	9	2.67	58.19
5	8	2.05	58.96
	10	2.05	59.41
6	11	2.63	65.57
	12	2.63	48.28
7	14	2.42	60.33
	17	2.42	46.62

<i>continua.</i>			
8	13	2.89	67.62
	16	2.89	55.82
9	15	2.65	63.76
	18	2.65	57.81
10	19	3.44	49.43
11	20	3.69	63.74
	21	3.69	61.61

Tabela 11. Indicador de Conservação Ambiental por sub bacia.

<i>Sub bacias</i>	<i>ICA</i>	<i>Classe</i>
1	183,65	Boa
2	174,45	Boa
3	171,44	Regular
4	160,69	Regular
5	147,94	Ruim
6	146,13	Ruim
7	160,24	Regular
8	166,22	Regular
9	160,94	Regular
10	186,81	Boa
11	208,35	Ótima

Figura 14. Mapa de distribuição do Indicador de Conservação Ambiental.



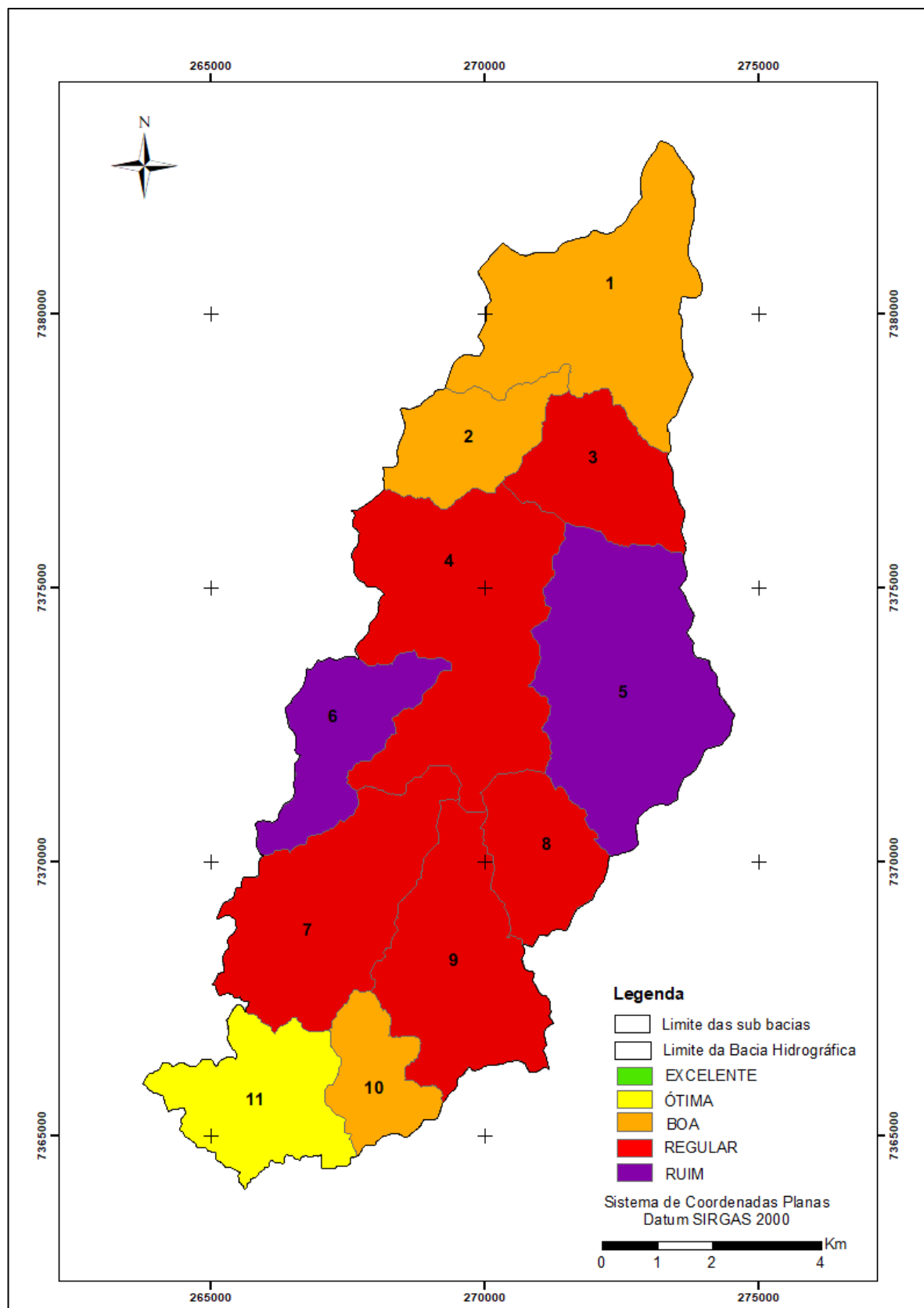
O indicador evidencia no mapa áreas com melhor conservação ambiental (maior valor) e áreas em que é preciso maior atenção, pois o indicador ambiental encontrado foi baixo. Em suma, tem-se no médio Una menores valores para o indicador, e as extremidades, área urbanizada (baixo Una) e a área rural no alto Una apresentam melhores valores. Com base nas visitas ao local e no desenvolvimento deste estudo, a distribuição observada da conservação onde a porção do médio Una está com grau menor devido a densidade de agricultura na área de uso voltado a agricultura, na porção do baixo Una e no alto Una as áreas rurais e cultivo se encontram em menores proporções, o que influencia não só no uso do solo propriamente dito, mas na qualidade da água. Nesse quesito, a área urbana, apesar das edificações, também apresentou maior grau de conservação, já que é uma área onde há pesquisas e monitoramento de água, e, além disso, a presença de fragmentos florestais.

O critério para classificação de cada sub-bacia com os valores interpolados, é mostrado na Tabela 12, e o Mapa do Indicador de Conservação Ambiental na Figura 15.

Tabela 12. Classificação Indicador de Conservação Ambiental (ICA).

<i>Classes</i>	<i>Faixas</i>
<i>EXCELENTE</i>	$191 < ICA \leq 209$
<i>OTIMA</i>	$173 < ICA \leq 191$
<i>BOA</i>	$155 < ICA \leq 173$
<i>REGULAR</i>	$137 < ICA \leq 155$
<i>RUIM</i>	$ICA \leq 137$

Figura 15. Distribuição do Indicador de Conservação Ambiental por sub bacia.



As sub bacias com menor grau de conservação são as 5 e 6, pertencem ao médio Una, o que reforça o uso agrícola como potente influenciador da qualidade ambiental da bacia de estudo, nestes pontos se tem os menores ICA, e é onde a atividade agrícola está presente de modo intenso. A sub bacia 11 obteve a melhor classificação, e ela se encontra em uma área como menor acesso, longe da área urbana e da densidade agrícola. As sub bacias seguintes com melhor classificação foi a sub bacia 1,2 e 10, as duas primeiras apesar de estarem inserida no contexto urbano, se encontram perto de um dos fragmentos florestais existentes, e também não apresentam densidade agrícola, a última se encontra em local de difícil acesso, maiores altitudes e menor atividade agrícola. Os resultados obtidos condizem com o esperado para a bacia hidrográfica e com estudos de bacias agrícolas, onde a alteração na paisagem e nos recursos hídricos têm influência direta na conservação ambiental.

6. CONCLUSÕES

A bacia hidrográfica do Rio Una sofre com constantes pressões decorrentes das atividades agrícolas, o monitoramento do índice de qualidade da água e do uso do solo e cobertura se fazem necessários;

O IQA evidenciou que as sub bacias presentes estão na Classe Boa em termos de qualidade da água, o que é majoritariamente encontrado em bacias hidrográficas com uso voltado à agricultura. No entanto, a análise individual dos parâmetros que compõem o índice revelam contaminação com coliformes totais e termotolerantes (*E. coli*) em todos os pontos analisados, pH abaixo do recomendado para grande parte (revelando caráter ácido das águas), a saturação manteve-se no geral em 50% apenas, além do fósforo com concentração elevada (provavelmente por conta de agrotóxicos), fatores que precisam de monitoramento e gestão ambiental, por esta razão acredita-se que a melhor forma de avaliar a qualidade da água é fazendo a análise pontualmente de cada parâmetro, já que o índice utilizado ele “esconde” essas contaminações e os valores fora do recomendado para o uso e consumo. No entanto, as análises dos parâmetros da água nos permitiu diagnosticar a bacia hidrográfica como um todo, reconhecer sua predominância agrícola e suas consequências diretas, como a contaminação com fósforo.

Parte do monitoramento necessário pode ser atingido através da atualização constante dos dados de uso da terra e cobertura vegetal, pois demonstra as modificações ocorridas na paisagem. Esta atualização permitiu detectar na bacia hidrográfica que as áreas destinadas à agricultura vêm crescendo. Isto revela desmatamento para uso agrícola, o que implica em

necessidade de planejamento ambiental para tomadas de decisão e diretrizes a respeito, concomitantemente as áreas de APP na bacia hidrográfica como um todo também foram afetadas pela expansão urbana e atividades agrícolas, estas atividades provocam a supressão da vegetação, a compactação do solo e o aumento do fluxo do escoamento superficial, isto a longo prazo potencializa a ocorrência de erosões, assoreamento e deposição de resíduos sólidos na calha do rio.

Por fim, a matriz proposta para integração e o Indicador de Conservação Ambiental permitiram o mapeamento da Bacia Hidrográfica como um todo, caracterizando-a de acordo com a melhor qualidade ambiental, e evidenciando pontos onde há necessidade de mais monitoramento e ações mitigadoras. Neste ponto, mais uma vez ressaltou-se a implicância das modificações na paisagem, como o uso agrícola em substituição às áreas florestais, que contribui para menores índices de conservação.

Tendo e vista o mapeamento do uso e as análises para qualidade da água recomenda-se investimento em educação ambiental nas escolas e bairros, além de interferência pública com gestão dos recursos e da área, visando maior monitoramento já que se trata de uma bacia hidrográfica importante para a região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Disponibilidade de demanda de Recursos Hídricos no Brasil. Estudo técnico. **Caderno de Recursos Hídricos**. Brasília, DF: ANA, 2005.

ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q.; CRISÓSTOMO, L. A.; SOUZA, I. H.; TEIXEIRA, A. S. Índice de qualidade de água, uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 2, maio-ago., p. 135-142. 2005.

ANDRIETTI, Grasiane et al. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 11, n. 1, p. 162-175, Mar. 2016.

APHA – American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Centennial Edition. 21th Ed. 1368p, 2005.

ASHOBOLT, N. J. Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. **Toxicology**, Amsterdam, v. 198, n. 1-3, p. 229-238, 2004.

BARBOSA, G. L.; LOURENCO, R. W. Análise da distribuição espaço-temporal de dengue e da infestação larvária no município de Tupã, Estado de São Paulo. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, Uberaba, v. 43, n. 2, p. 145-151, Abr. 2010.

BATENI, F.; FAKHERAN, S.; SOFFIANIAN, A. Assessment of land cover changes & water quality changes in the Zayadhrud river basin between 1997-2008. *Environmental Monitoring Assessment*, v. 185, p. 10511-10519, 2013.

BATTALHA, B. L.; PARLATORE, A. C. Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais. São Paulo: CETESB, 198p, 1977.

BEU, S. E.; MISATO, M. T.; HAHN, C. APA de Itupararanga. In: BEU, S. E.; SANTOS, A. C. A.; CASALI, S. (Org.) Biodiversidade na APA Itupararanga: Condições atuais e perspectivas futuras. São Paulo: Universidade Federal de São Carlos. Concessão de Rodovias – CCR/Via Oeste. **Fundação Florestal**. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 2011.

BOLLMANN, H.A.; EDWIGES, T. Avaliação da qualidade das águas do rio Belém, Curitiba – PR, com o emprego de indicadores quantitativos e perceptivos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 4, p. 443-452, 2008.

BONNET, B. R.; FERRREIRA, L. G.; LOBO, F. C. Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás: uma análise à escala da bacia hidrográfica. **Revista Árvore**, v. 32, n. 2 Viçosa, mar/abr. 2008.

BRANCO, S. M. Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária. 3. Ed. São Paulo: CETESB, 616 p., 1986.

BRASIL. **Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428,

de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 28 mai. 2012. Seção 1, p.1.

BRASIL. Portaria nº518 de 25 de março de 2004. Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano. Diário Oficial, Brasília, 14p, 2004.

BRASIL. Resolução CONAMA n.º 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. **Diário Oficial da União**. 18 mar. 2005.

CALIJURI, M.C.; OLIVEIRA, H.T. Manejo da qualidade da água. In: CASTELLANO, E.G.; CHAUDRY, F.H. Desenvolvimento sustentado: problemas e estratégias. **São Carlos: EESC-USP**, 2000.

CÂMARA, G.; CLODOVEU D. Introdução ao geoprocessamento. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPECIAIS-INPE. Fundamentos de Geoprocessamento. São José dos Campos: v.1, n.1. p.1-5. 2001

CAMPOS, S.; JÚNIOR, A. A. A.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G.; PIROLI, E. L. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, Botucatu - SP. **Eng. Agríc.**, Botucatu , v. 24, n. 2, p. 431-435, 2004 .

CARMOUZE, J. P. O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. São Paulo: Edgard Blücher, 253p, 1994.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, 23(5), 2000.

CHAVES, H. M. L.; SANTOS, L. B. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13, p. 922-930, 2009.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo. 2001. São Paulo, CETESB, 227p, 2002.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo. 2004. São Paulo, CETESB, 297p, 2005.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo. 2008. São Paulo, CETESB, 528p, 2009.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo. 2014. São Paulo, CETESB, 371p, 2015.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo - Índice de Qualidade das Águas, Critérios de Avaliação dos Sedimentos e Indicador de Controle de Fontes. **São Paulo**. 2008.

CHAVES, A. A. A.; LACERDA, M. P. C.; KATO, E.; GOEDERT, W. J.; RAMOS, M. L. G. Uso das terras na parte norte da bacia do Rio Descoberto, Distrito Federal, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 711-718, 2010.

CHAVES, H. M. L.; SANTOS, L. B. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**.v.13, (Suplemento), p. 922-930, 2009.

COLETTI, C.; TESTEZLAF, R.; RIBEIRO, T. A. P.; SOUZA, R. T. G.; PEREIRA, D. A. WaterQuality Index UsingMultivariateFactorialAnalysis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, n.5, p.517-522, 2010.

CONSOLI, M. A. F.; BRAGA, M. J. S.; FREITAS, S. L.; SILVA, A. C. P.; AMORIM, P. S.; BATALHA, A. A.; DORNELLAS, S. Estudo introdutório sobre o uso de petrífim como meio base para a utilização de membrana filtrante na análise de água. *Revista Analytica*, São Paulo, v. 5, n. 25, p. 70-75, 2006.

D'ÁGUILA, P. S.; ROQUE, O. C. C.; MIRANDA, C. A. S.; FERREIRA, A. P.; Avaliação da qualidade da água para abastecimento público no município de Nova Iguaçu. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 791-798, 2000.

DE DEUS, R. M.; BAKONYI, S. M. C. O Impacto da Agricultura sobre o Meio Ambiente. *Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*. v(7), nº 7, p. 1306-1315, 2012.

DESCHAMPS, F.C.; TOLEDO, L.G.; NOLDIN, J.A. Índice de qualidade de águas (IQA) na avaliação do impacto da cultura do arroz irrigado sobre a qualidade das águas superficiais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3., 2003; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003. **Anais**. Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz, 2003. p.700-702.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. *Engenharia Agrícola*, v. 25, p. 115-125, 2005.

DOTTO, S. E.; SANTOS, R. F.; SINGER, E. M. Determinação de um índice de qualidade de água para algumas culturas irrigadas em São Paulo. **Bragantia**, Campinas , v. 55, n. 1, p. 193-200, 1996 .

ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro: Interciência, 602p, 1998.

FLAUZINO, F. S.; SILVA, M. K. A.; NISHIYAMA, L.; ROSA, R. Geotecnologias aplicadas à gestão dos recursos naturais da bacia hidrográfica do Rio Parnaíba no cerrado mineiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 22 (1): 75-91, abr. 2010.

FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S.; CHAPIN, S.; COE, M.; DAILY, G.; GIBBS, H.; HELKOWSKI, J.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E.; KUCHARIK, C.; MONFREDA, C.; PATZ, J.; PRENTICE, C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. Global Consequences of Land Use. **Revista Science**. v. 309. 2005.

FLORUCCI, A. R.; FILHO, E. B. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. *Química Nova Escola*, nº 22, p. 10 a 16, 2005.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. Microbiologia dos alimentos. Atheneu: São Paulo, 182p, 2003.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M.; Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 651-660, 2001.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. Manual prático de análise de água. Fundação Nacional de Saúde – 4ª Edição – Brasília, Funasa, 150p, 2013.

GARCIA, G. O.; SOUZA, G. B.; PORTELLA, M. B. S.; RIGO, M. M.; PAULA, H.; CARDOSO, M. S. N. Caracterização do processo de contaminação das águas do Rio Cristal no município de Jerônimo Monteiro. *Engenharia Ambiental*, v. 8, n. 2, p. 243-251, 2011.

GAROFALO, D. F. T.; MESSIAS, C. V.; LIESENBERG, V.; BOLFE, E. L.; FERREIRA, C. Análise comparativa de classificadores digitais em imagens do Landsat-8 aplicados ao mapeamento temático. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 50, n. 7, p. 593-604, Jul 2015.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAO, M. A. M. Methods for Physical and Chemical Analysis of Freshwaters. I.B.P. Handbook nº 6. Blackwell Scientific Public, 1969.

HACH COMPANY. Method 10071. Nitrogen Total, Persulfate Digestion Method. **Hach Method**. U.S.A., 2012.

HOFF, R; VACCARO, S; KROB, A. J. D. Aplicação de geotecnologias: detecção remota e geoprocessamento - para a gestão ambiental dos recursos hídricos superficiais em Cambará do Sul, RS, Brasil. **Tékhnê**, Barcelos , n. 10, p. 103-127, dez. 2008 .

JULIÃO, F. C. Água para consumo humano e saúde: ainda uma iniquidade em área periférica do município de Ribeirão Preto – SP. Dissertação (Mestrado em Enfermagem em Saúde Pública) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2003.

JUNIOR, R. M. C.; SOBREIRA, F. G.; BORTOLOTTI, F. D. Modelagem Geoestatística a Partir de Parâmetros de Qualidade da Água (IQA-NSF) Para a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Castelo (ES) Usando Sistema de Informações Geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 59/03, Dezembro, 2007.

LAGO, W. N. M.; LACERDA, M. P. C.; NEUMANN, M. R. B.; Borges, T. D. Ocupação e adequação do uso das terras na microbacia do Ribeirão Extrema, Distrito Federal - Parte I. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.289-296, 2012.

LEITE, J.; CASTILHOS, Z. C.; EGLER, S. Avaliação preliminar da qualidade microbiológica da água consumida pela comunidade de Mata dos Palmares, Ouro Preto, MG. Relatório Final, 7p, 2011.

LIMA, E. B. N. R. Modelagem Integrada Para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá. **Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil)** – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2001.

LIMA E CUNHA, M. C.; MONGUILHOTT, M.; SALDANHA, D. L.; GUASSELLI, L. A.; OLIVEIRA, G. Quantificação da dinâmica dos remanescentes florestais no município de Jaquirana, RS, em imagens de satélite. **Rev. Árvore**, Viçosa , v. 35, n. 4, p. 867-873, Aug. 2011 .

LUBENOW, A. T.; FILHO, P. C. O.; VIDAL, C. M. S.; CANTERLE, Y. C. Impacto do uso e ocupação da terra na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Nhapindazal, Irati (PR). **Ambiência Guarapuava** (PR), v.8, n.3, p. 845-858, 2012.

MACEDO, J. A. B. Águas e águas. 3 ed. Belo Horizonte, 1027p. 2007.

MARTOS, M. Y. H. G. Análise temporal da qualidade da água em um trecho do rio Sorocaba e de seus afluentes Ipanema e Pirajuí, e comparação com a legislação ambiental vigente. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 117f, 199.

MATSUSHITA, B.; XU, M.; FUKUSHIMA, T. Characterizing the changes in landscape structure in the Lake Kasumigaura, Japan using a high-quality GIS dataset. *Landscape and Urban Planning*, v.78, p.241-250, 2006.

MCMICHAEL, A. J. The urban environment and health in a world of increasing globalization: issues for developing countries. *Bulletin Of The Health Organization: The International Journal of Public Health*, New York, v. 78, n. 9, p. 1117-1126, 2000.

MENDOZA, M. E.; GRANADOS, E. L.; GENELETTI, D.; PÉREZ-SALICRUP, D. R.; SALINAS, V. Analysing land cover and land use change process at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003). *Applied Geography*, v.31, p.237-350, 2011.

MENEZES, M. D.; JÚNIOR, J. A. J.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; CURI, N.; MARQUES, J. J. Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha – Serra da Mantiqueira (MG). *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 32, n. 82, p. 175-184, 2009.

MARQUEZ, I. A. P.; LEZAMA-DAVILA, C. M.; KU-PECH, RP.; TAMAY-SEGOVIA P. Calidad sanitaria de los suministros de agua para consumo humano em Campeche. *Salud Pública Méx*, 1994.

MEDEIROS, S. R. M.; CARVALHO, R. V.; SOUZA, L.; BARBOSA, A. H. S. Índice de qualidade das águas e balneabilidade no Riacho da Bica, Portalegre, RN, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté , v. 11, n. 3, p. 711-730, 2016 .

METCALF e EDDY, “Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse”. Mc Graw-Hill International Editions, 3rd ed. 1991.

METZGER, J. P. O Código Florestal tem Base Científica. **Conservação e Natureza**, v. 8, n. 1, p. 92-99, 2010.

MEYBECK, M.; HELMER, R. An introduction to water quality. In: CHAPMAN, D. **Water Quality Assessments – A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring**. 2nd Ed. UNESCO/WHO and UNEP, 1996.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Água: Um recurso cada vez mais ameaçado. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao09062009025910.pdf. Acesso em: janeiro/2016.

MOLOZZI, Joseline; PINHEIRO, Adilson; SILVA, Marcos Rivail da. Qualidade da água em diferentes estádios de desenvolvimento do arroz irrigado. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 41, n. 9, p. 1393-1398, 2006.

MORTATTI, J.; JÚNIOR, M. J. B.; MILDE, L.C.E.; PROBST, J.L. Hidrologia dos Rios Tietê e Piracicaba: séries temporais de vazão e hidrogramas de cheia. **Revista de Ciência e Tecnologia**. v. 12, nº 23, p. 55-67. 2004.

MORETTO, D. L.; PANTA, R. E.; COSTA, A. B.; LOBO, E. A. Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution nº357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 24, n 1, p. 29-42, 2012.

NOVO, E. M. L de M. Sensoriamento Remoto Aplicado à Ecologia Aquática. In: ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. (Orgs) **Lições de Limnologia**. São Carlos: RIMA, 2005. p 418-432.

NIKAIDO, M.; OLIVEIRA, A. S.; TREVILATO, T. M. B.; SEGURA-MUÑOZ, S. I.; Análise da qualidade da água do córrego Monte Alegre e afluentes, Ribeirão Preto, SP: enfoque para coliformes fecais e metais pesados. **O mundo da saúde**. São Paulo, v. 28, n. 4, p. 414-420, 2004.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. C.; SOUZA, L. C.; MELO, V. F.; ROCHA, H.O. Variabilidade espacial de atributos mineralógicos de solos da Formação Guabiruba, região Metropolitana de Curitiba, PR. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 1481-1490, 2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. 2005-2015 – Década da ONU. Água para a vida. O movimento Gaia. 2005.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. Falta água potável em 1,1 bilhão no mundo. Paris, 2006.

PALMA-SILVA, G. M.; TAUKE-TORNISIELO, S. M.; PIÃO, A. C. Capacidade de autodepuração de um trecho do rio Corumbataí, SP, Brasil. *Holos Environment*, Rio Claro, v. 7, n. 2, p. 139-153, 2007.

PARSEKIAN, M. P. S. Análise e proposta de formas de gerenciamento de estações de tratamento de água de abastecimento completo em cidades de porte médio do estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 194p. 1998.

PAVANIM, E. V.; CHUERUBIM, M. L. Geoprocessamento da Bacia do Córrego Vinhedo em Uberlândia (MG). Bol. Goia. Geogr. Goiânia, v. 33, n. 2, p. 293-311. 2013.

PRANDI-ROSA, G. A. Avaliação de parâmetros de qualidade das águas superficiais em mananciais no município de Jales – SP. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos, Área de Concentração Gestão Integrada de Recursos), Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 102f, 2001.

PRATES, V.; SOUZA, L. C. P.; OLIVEIRA, J. C. Índices para a representação da paisagem como apoio para levantamento pedológico em ambiente de geoprocessamento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V. 16, n. 4, p. 408-414, 2012.

PEDRON, F. A.; POELKING, E. L.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C.; KLAMT, E. A aptidão de uso da terra como base para o planejamento dos recursos naturais no município de São João do Polêsine – **RS. Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p. 105-112, jan-fev, 2006.

PELCZAR JR., M. J.; CHAN, E. C. S.; KREIG, N. R. Microbiologia: conceitos e aplicações. 2 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 524p., 1997.

PEREIRA, A. O. Caracterização do uso e ocupação do solo na área de influência do reservatório de Ilha Solteira. 2006. 95f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)** – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.

PICCOLI, Andrezza de Souza et al . A Educação Ambiental como estratégia de mobilização social para o enfrentamento da escassez de água. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro , v. 21, n. 3, p. 797-808, Mar. 2016

POMPEU, P. P.; ALVES, M. C. B.; CALLISTO, M. The effects of urbanization on biodiversity and water quality in the Rio das Velhas Basin, Brazil. **American Fisheries Society**, 2004.

PINTO, L. C.; MELLO, C. R.; FERREIRA, D. F.; ÁVILA, L. F. Water quality index in two land use situations in the Mantiqueira Range. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n 4, p. 338-342, 2013.

POSSELT, E. L., COSTA, A. B. Software IQADData 2010. Registro no INPI nº 10670-2, Programa de Mestrado em Sistemas e Processos Industriais PPGSPI, UNISC, 2010. Disponível em: <http://www.unisc.br/ppgspl>. Acesso em: jul/2015.

RAJANKAR, P. N.; TAMBEKAR, D. H.; WATE, S. R. Groundwater quality and water quality index at Bhandara District. **Environmental Monitoring Assessment**, v. 179, p. 619-625, 2011.

RATTI B.A.; BRUSTOLIN, C.F.; SIQUEIRA, T. A.; TORQUATO, A. S. Pesquisa de Coliformes Totais e Fecais em Amostras de Água coletadas no bairro Zona Sete, na cidade de Maringá-PR. VII Encontro Internacional de Produção Científica, Maringá, Brasil, 2011.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Eds.). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3. Ed. Ver. Ampl. Escrituras, Editora e Distribuidora de Livros Ltda., 2006.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. Tratamento de água: tecnologia atualizada. São Paulo: Atheneu, cap. 6, p. 37-49, 1992.

RODRIGUES, F. M. Caracterização hídrica em função das condições de uso e manejo do solo na microbacia hidrográfica do córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, SP. 2008. 111f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

ROSS, J. L. S.; PRETTE, M. E. D. Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas: Âncoras do Planejamento e Gestão Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 12, p. 89-121, 1998.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=173>.

SALES, J. C. A. Metodologia para identificação de áreas de risco e prioritárias para conservação da avifauna na bacia hidrográfica do rio Uma, Ibiúna, SP. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais na área de Concentração, Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 112f. 2015.

SALLES, M. H. D.; CONCEIÇÃO, F. T.; ANGELUCCI, V. A.; SAI, R.; PEDRANAZZI, F. J. M.; CARRA, T. A.; MONTEIRO, G. F.; SARDINHA, D. S.; NAVARRO, G. R. B. Avaliação Simplificada de Impactos Ambientais na Bacia do Alto do Sorocaba (SP). **Revista de Estudos Ambientais**. v.10., n.1, p.6-20, 2008.

SÁNCHEZ E. *et al.* Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. **Ecological Indicators**. n.7, p. 315-328, 2007.

SANTIN, J. R.; GOELLNER, E. A Gestão dos Recursos Hídricos e a Cobrança pelo seu Uso. **Sequência**, Florianópolis, n. 67, p. 199-211, 2013.

SANTOS, D. S.; SPAROVEK, G. RETENÇÃO DE SEDIMENTOS REMOVIDOS DE ÁREA DE LAVOURA PELA MATA CILIAR, EM GOIATUBA (GO). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1811-1818, 2011.

SANTOS, F. J.; KLAMT, E. Gestão agroecológica de microbacias hidrográficas através de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto: caso Fazenda Pantanoso. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1785-1792, Dec. 2004

SÃO PAULO (Estado). Decreto n.º 8.468, de 8 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei n. 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 9 set. 1976, Seção I, p. 4.

SÃO PAULO (Estado). Lei n.º 10.100, de 1.º de dezembro de 1998. Declara Área de Proteção Ambiental o entorno da represa de Itupararanga. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 2 dez. 1998, Seção I.

SÃO PAULO (Estado). Lei n.º 11.579, de 02 de dezembro de 2003. Altera a Lei n. 10.100, de 1.º de dezembro de 1998. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 2 dez. 2003, Seção I, p. 1.

SÃO PAULO (Estado). Lei n.º 9.034, de 27 de dezembro de 1994. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH, a ser implantado no período 1994 e 1995, em conformidade com a Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, que instituiu normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 28 dez. 1994. Seção I, p. 3.

SÃO PAULO. Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004-2007**. Relatório Síntese do Plano. São Paulo, 2005.

SERPA, F. de C. Águas do Brasil. **National Geographic Brasil**. v. 133, p. 53-66. 2011.

SHIKLOMANOV, I. A. **World Water Resources** – A New Appraisal and Assessment for the 21st Century. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization – UNESCO, 1998.

SILVA, D. C. C. Proposta metodológica para elaboração de um índice espacial de sustentabilidade ambiental aplicado a Bacias Hidrográficas. 2016. 177 f. Tese (Doutorado). Programa de PósGraduação em Ciências Ambientais, UNESP - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba, 2016.

SILVA, E. F.; SALGUEIRO, A. A avaliação da qualidade bacteriológica de água de poços na região de Recife-PE. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 15, p. 73-78, 2001.

SILVA, M. T. G.; LACERDA, M. P. C.; CHAVES, A. A. A. **Geotecnologia aplicada na avaliação do uso das terras da microbacia do Rimeirão João Leite, Goiás**. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia V. 39, n. 4, p. 330-337, out./dez. 2009.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. **Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano**. Scientia Agricola, v. 59, n.1, p.181-186, jan./mar. 2002.

TRABAQUINI, K.; MIGLIORANZA, E.; FRANÇA, V.; NETO, O. C. P. Caracterização de lavouras cafeeiras, utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, no município de Umuarama - PR. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 35-44, Feb. 2011.

TUNDISI, J. G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: **RiMa**, II E, 2003.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 2. Ed., 2005. 248p.

TUNDISI, J. G. TUNDISI, T. M. Represas Artificiais. In: TUNDISI, J. G. TUNDISI, T. M. **Limnologia**. Oficina de Textos. São Paulo, 2008.p. 320.

UNDESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights. New York, United Nations (UN). 2014.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. Clearing the Waters: A focus on water quality solutions. 2010.

UNIVERSIDADE DA ÁGUA – UNIAGUA. Água do planeta. Disponível em: <http://www.uniagua.org.br>. Acesso em: 10 de out. 2015.

URBINI, G. Internationalization, education and technological innovation: three key factors to improve the quality of the environment and public health. **Rev. Ambient. Água**. Taubaté, v. 10, n. 1, p. 1-8, 2015.

USDA – U.S. Department of Agriculture. **Where the Land and Water Meet: A Guide for Protection and Restoration of Riparian Areas**. First Edition. Tolland, CT, 2003.

VASCONCELOS, J. C.; AQUINO, J. S. Análise microbiológica (potabilidade) da água consumida em escolas públicas de conjuntos habitacionais da zona de Manaus-Amazonas. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimento**, Curitiba, v. 13, n. 2, p. 119-124, 1995.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Corrégo Três Barras, Marinópolis. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.55-64, 2010.

VEDOVATO, M. A.; LOURENCO, R. W.; DONALISIO, M. R. Análise espacial da mortalidade infantil e suas relações sócio-ambientais na área urbana de Rio Claro, SP, BR. **Soc. nat.**, Uberlândia , v. 23, n. 3, p. 435-451, Dec. 2011 .

VENDEMIATTI, J. A. S. Avaliação físico-química e microbiológica da água subterrânea em área irrigada com efluente de filtro anaeróbio. Dissertação (Mestrado em Saneamento e Ambiente) – **Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas**, Campinas, 145p. 2003.

VON SPERLING, M. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte: **Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais**, 588p, 2007.

ZANINI, Helen L. H. T. et al . Caracterização da água da microbacia do córrego rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal , v. 30, n. 4, p. 732-741, 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. Quantifying selected major risks to health. Geneva, p. 47-98, 2002.

ANEXOS

Tabela 1. Tabela do NMP (número mais provável) para coliformes totais e termotolerantes

# Large Wells Positive	IDEXX Quanti-Tray®/2000 MPN Table (per 100ml)																								
	# Small Wells Positive																								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0	<1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.1	15.1	16.1	17.1	18.1	19.1	20.2	21.2	22.2	23.3	24.3
1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.1	8.1	9.1	10.1	11.1	12.1	13.2	14.2	15.2	16.2	17.3	18.3	19.3	20.4	21.4	22.4	23.5	24.5	25.6
2	2.0	3.0	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.2	10.2	11.2	12.2	13.3	14.3	15.4	16.4	17.4	18.5	19.5	20.6	21.6	22.7	23.7	24.8	25.8	26.9
3	3.1	4.1	5.1	6.1	7.2	8.2	9.2	10.3	11.3	12.4	13.4	14.5	15.5	16.5	17.6	18.6	19.7	20.8	21.8	22.9	23.9	25.0	26.1	27.1	28.2
4	4.1	5.2	6.2	7.2	8.3	9.3	10.4	11.4	12.5	13.5	14.6	15.6	16.7	17.8	18.8	19.9	21.0	22.0	23.1	24.2	25.3	26.3	27.4	28.5	29.6
5	5.2	6.3	7.3	8.4	9.4	10.5	11.5	12.6	13.7	14.7	15.8	16.9	17.9	19.0	20.1	21.2	22.2	23.3	24.4	25.5	26.6	27.7	28.8	29.9	31.0
6	6.3	7.4	8.4	9.5	10.6	11.6	12.7	13.8	14.9	16.0	17.0	18.1	19.2	20.3	21.4	22.5	23.6	24.7	25.8	26.9	28.0	29.1	30.2	31.3	32.4
7	7.5	8.5	9.6	10.7	11.8	12.8	13.9	15.0	16.1	17.2	18.3	19.4	20.5	21.6	22.7	23.8	24.9	26.0	27.1	28.3	29.4	30.5	31.6	32.8	33.9
8	8.6	9.7	10.8	11.9	13.0	14.1	15.2	16.3	17.4	18.5	19.6	20.7	21.8	22.9	24.1	25.2	26.3	27.4	28.6	29.7	30.8	32.0	33.1	34.3	35.4
9	9.8	10.9	12.0	13.1	14.2	15.3	16.4	17.6	18.7	19.8	20.9	22.0	23.2	24.3	25.4	26.6	27.7	28.9	30.0	31.2	32.3	33.5	34.6	35.8	37.0
10	11.0	12.1	13.2	14.4	15.5	16.6	17.7	18.9	20.0	21.1	22.3	23.4	24.6	25.7	26.9	28.0	29.2	30.3	31.5	32.7	33.8	35.0	36.2	37.4	38.6
11	12.2	13.4	14.5	15.6	16.8	17.9	19.1	20.2	21.4	22.5	23.7	24.8	26.0	27.2	28.3	29.5	30.7	31.9	33.0	34.2	35.4	36.6	37.8	39.0	40.2
12	13.5	14.6	15.8	16.9	18.1	19.3	20.4	21.6	22.8	23.9	25.1	26.3	27.5	28.6	29.8	31.0	32.2	33.4	34.6	35.8	37.0	38.2	39.5	40.7	41.9
13	14.8	16.0	17.1	18.3	19.5	20.6	21.8	23.0	24.2	25.4	26.6	27.8	29.0	30.2	31.4	32.6	33.8	35.0	36.2	37.5	38.7	39.9	41.2	42.4	43.6
14	16.1	17.3	18.5	19.7	20.9	22.1	23.3	24.5	25.7	26.9	28.1	29.3	30.5	31.7	33.0	34.2	35.4	36.7	37.9	39.1	40.4	41.6	42.9	44.2	45.4
15	17.5	18.7	19.9	21.1	22.3	23.5	24.7	25.9	27.2	28.4	29.6	30.9	32.1	33.3	34.6	35.8	37.1	38.4	39.6	40.9	42.2	43.4	44.7	46.0	47.3
16	18.9	20.1	21.3	22.6	23.8	25.0	26.2	27.5	28.7	30.0	31.2	32.5	33.7	35.0	36.3	37.5	38.8	40.1	41.4	42.7	44.0	45.3	46.6	47.9	49.2
17	20.3	21.6	22.8	24.1	25.3	26.6	27.8	29.1	30.3	31.6	32.9	34.1	35.4	36.7	38.0	39.3	40.6	41.9	43.2	44.5	45.9	47.2	48.5	49.8	51.2
18	21.8	23.1	24.3	25.6	26.9	28.1	29.4	30.7	32.0	33.3	34.6	35.9	37.2	38.5	39.8	41.1	42.4	43.8	45.1	46.5	47.8	49.2	50.5	51.9	53.2
19	23.3	24.6	25.9	27.2	28.5	29.8	31.1	32.4	33.7	35.0	36.3	37.6	39.0	40.3	41.6	43.0	44.3	45.7	47.1	48.4	49.8	51.2	52.6	54.0	55.4
20	24.9	26.2	27.5	28.8	30.1	31.5	32.8	34.1	35.4	36.8	38.1	39.5	40.8	42.2	43.6	44.9	46.3	47.7	49.1	50.5	51.9	53.3	54.7	56.1	57.6
21	26.5	27.9	29.2	30.5	31.8	33.2	34.5	35.9	37.3	38.6	40.0	41.4	42.8	44.1	45.5	46.9	48.4	49.8	51.2	52.6	54.1	55.5	56.9	58.4	59.9
22	28.2	29.5	30.9	32.3	33.6	35.0	36.4	37.7	39.1	40.5	41.9	43.3	44.8	46.2	47.6	49.0	50.5	51.9	53.4	54.8	56.3	57.8	59.3	60.8	62.3
23	29.9	31.3	32.7	34.1	35.5	36.8	38.3	39.7	41.1	42.5	43.9	45.4	46.8	48.3	49.7	51.2	52.7	54.2	55.6	57.1	58.6	60.2	61.7	63.2	64.7
24	31.7	33.1	34.5	35.9	37.3	38.8	40.2	41.7	43.1	44.6	46.0	47.5	49.0	50.5	52.0	53.5	55.0	56.5	58.0	59.5	61.1	62.6	64.2	65.8	67.3
25	33.6	35.0	36.4	37.9	39.3	40.8	42.2	43.7	45.2	46.7	48.2	49.7	51.2	52.7	54.3	55.8	57.3	58.9	60.5	62.0	63.6	65.2	66.8	68.4	70.0
26	35.5	36.9	38.4	39.9	41.4	42.8	44.3	45.9	47.4	48.9	50.4	52.0	53.5	55.1	56.7	58.2	59.8	61.4	63.0	64.7	66.3	67.9	69.6	71.2	72.9
27	37.4	38.9	40.4	42.0	43.5	45.0	46.5	48.1	49.6	51.2	52.8	54.4	56.0	57.6	59.2	60.8	62.4	64.1	65.7	67.4	69.1	70.8	72.5	74.2	75.9
28	39.5	41.0	42.6	44.1	45.7	47.3	48.8	50.4	52.0	53.6	55.2	56.9	58.5	60.2	61.8	63.5	65.2	66.9	68.6	70.3	72.0	73.7	75.5	77.3	79.0
29	41.7	43.2	44.8	46.4	48.0	49.6	51.2	52.8	54.5	56.1	57.8	59.5	61.2	62.9	64.6	66.3	68.0	69.8	71.5	73.3	75.1	76.9	78.7	80.5	82.4
30	43.9	45.5	47.1	48.7	50.4	52.0	53.7	55.4	57.1	58.8	60.5	62.2	64.0	65.7	67.5	69.3	71.0	72.9	74.7	76.5	78.3	80.2	82.1	84.0	85.9
31	46.2	47.9	49.5	51.2	52.9	54.6	56.3	58.1	59.8	61.6	63.3	65.1	66.9	68.7	70.5	72.4	74.2	76.1	78.0	79.9	81.8	83.7	85.7	87.6	89.6
32	48.7	50.4	52.1	53.8	55.6	57.3	59.1	60.9	62.7	64.5	66.3	68.2	70.0	71.9	73.8	75.7	77.6	79.5	81.5	83.5	85.4	87.5	89.5	91.5	93.6
33	51.2	53.0	54.8	56.5	58.3	60.2	62.0	63.8	65.7	67.6	69.5	71.4	73.3	75.2	77.2	79.2	81.2	83.2	85.2	87.3	89.3	91.4	93.6	95.7	97.8
34	53.9	55.7	57.6	59.4	61.3	63.1	65.0	67.0	68.9	70.8	72.8	74.8	76.8	78.8	80.8	82.9	85.0	87.1	89.2	91.4	93.5	95.7	97.9	100.2	102.4
35	56.8	58.6	60.5	62.4	64.4	66.3	68.3	70.3	72.3	74.3	76.3	78.4	80.5	82.6	84.7	86.9	89.1	91.3	93.5	95.7	98.0	100.3	102.6	105.0	107.3
36	59.8	61.7	63.7	65.7	67.7	69.7	71.7	73.8	75.9	78.0	80.1	82.3	84.5	86.7	88.9	91.2	93.5	95.8	98.1	100.5	102.9	105.3	107.7	110.2	112.7
37	62.9	65.0	67.0	69.1	71.2	73.3	75.4	77.6	79.8	82.0	84.2	86.5	88.8	91.1	93.4	95.8	98.2	100.6	103.1	105.6	108.1	110.7	113.3	115.9	118.6
38	66.3	68.4	70.6	72.7	74.9	77.1	79.4	81.6	83.9	86.2	88.6	91.0	93.4	95.8	98.3	100.8	103.4	105.9	108.6	111.2	113.9	116.6	119.4	122.2	125.0
39	70.0	72.2	74.4	76.7	78.9	81.3	83.6	86.0	88.4	90.9	93.4	95.9	98.4	101.0	103.6	106.3	109.0	111.8	114.6	117.4	120.3	123.2	126.1	129.2	132.2
40	73.8	76.2	78.5	80.9	83.3	85.7	88.2	90.8	93.3	95.9	98.5	101.2	103.9	106.7	109.5	112.4	115.3	118.2	121.2	124.3	127.4	130.5	133.7	137.0	140.3
41	78.0	80.5	83.0	85.5	88.0	90.6	93.3	95.9	98.7	101.4	104.3	107.1	110.0	113.0	116.0	119.1	122.2	125.4	128.7	132.0	135.4	138.8	142.3	145.9	149.5
42	82.6	85.2	87.8	90.5	93.2	96.0	98.8	101.7	104.6	107.6	110.6	113.7	116.9	120.1	123.4	126.7	130.1	133.6	137.2	140.8	144.5	148.3	152.2	156.1	160.2
43	87.6	90.4	93.2	96.0	99.0	101.9	105.0	108.1	111.2	114.5	117.8	121.1	124.6												

Tabela 1. Tabela do NMP (número mais provável) para coliformes totais e termotolerantes

# Large Wells Positive	IDEXX Quanti-Tray®/2000 MPN Table (per 100ml)																							
	# Small Wells Positive																							
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
0	25.3	26.4	27.4	28.4	29.5	30.5	31.5	32.6	33.6	34.7	35.7	36.8	37.8	38.9	40.0	41.0	42.1	43.1	44.2	45.3	46.3	47.4	48.5	49.5
1	26.6	27.7	28.7	29.8	30.8	31.9	32.9	34.0	35.0	36.1	37.2	38.2	39.3	40.4	41.4	42.5	43.6	44.7	45.7	46.8	47.9	49.0	50.1	51.2
2	27.9	29.0	30.0	31.1	32.2	33.2	34.3	35.4	36.5	37.5	38.6	39.7	40.8	41.9	43.0	44.0	45.1	46.2	47.3	48.4	49.5	50.6	51.7	52.8
3	29.3	30.4	31.4	32.5	33.6	34.7	35.8	36.8	37.9	39.0	40.1	41.2	42.3	43.4	44.5	45.6	46.7	47.8	48.9	50.0	51.2	52.3	53.4	54.5
4	30.7	31.8	32.8	33.9	35.0	36.1	37.2	38.3	39.4	40.5	41.6	42.8	43.9	45.0	46.1	47.2	48.3	49.5	50.6	51.7	52.9	54.0	55.1	56.3
5	32.1	33.2	34.3	35.4	36.5	37.6	38.7	39.9	41.0	42.1	43.2	44.4	45.5	46.6	47.7	48.9	50.0	51.2	52.3	53.5	54.6	55.8	56.9	58.1
6	33.5	34.7	35.8	36.9	38.0	39.2	40.3	41.4	42.6	43.7	44.8	46.0	47.1	48.3	49.4	50.6	51.7	52.9	54.1	55.2	56.4	57.6	58.7	59.9
7	35.0	36.2	37.3	38.4	39.6	40.7	41.9	43.0	44.2	45.3	46.5	47.7	48.8	50.0	51.2	52.3	53.5	54.7	55.9	57.1	58.3	59.4	60.6	61.8
8	36.6	37.7	38.9	40.0	41.2	42.3	43.5	44.7	45.9	47.0	48.2	49.4	50.6	51.8	53.0	54.1	55.3	56.5	57.7	59.0	60.2	61.4	62.6	63.8
9	38.1	39.3	40.5	41.6	42.8	44.0	45.2	46.4	47.6	48.8	50.0	51.2	52.4	53.6	54.8	56.0	57.2	58.4	59.7	60.9	62.1	63.4	64.6	65.8
10	39.7	40.9	42.1	43.3	44.5	45.7	46.9	48.1	49.3	50.6	51.8	53.0	54.2	55.5	56.7	57.9	59.2	60.4	61.7	62.9	64.2	65.4	66.7	67.9
11	41.4	42.6	43.8	45.0	46.3	47.5	48.7	49.9	51.2	52.4	53.7	54.9	56.1	57.4	58.6	59.9	61.2	62.4	63.7	65.0	66.3	67.5	68.8	70.1
12	43.1	44.3	45.6	46.8	48.1	49.3	50.6	51.8	53.1	54.3	55.6	56.8	58.1	59.4	60.7	62.0	63.2	64.5	65.8	67.1	68.4	69.7	71.0	72.4
13	44.9	46.1	47.4	48.6	49.9	51.2	52.5	53.7	55.0	56.3	57.6	58.9	60.2	61.5	62.8	64.1	65.4	66.7	68.0	69.3	70.7	72.0	73.3	74.7
14	46.7	48.0	49.3	50.5	51.8	53.1	54.4	55.7	57.0	58.3	59.6	60.9	62.3	63.6	64.9	66.3	67.6	68.9	70.3	71.6	73.0	74.4	75.7	77.1
15	48.6	49.9	51.2	52.5	53.8	55.1	56.4	57.8	59.1	60.4	61.8	63.1	64.5	65.8	67.2	68.5	69.9	71.3	72.6	74.0	75.4	76.8	78.2	79.6
16	50.5	51.8	53.2	54.5	55.8	57.2	58.5	59.9	61.2	62.6	64.0	65.3	66.7	68.1	69.5	70.9	72.3	73.7	75.1	76.5	77.9	79.3	80.8	82.2
17	52.5	53.9	55.2	56.6	58.0	59.3	60.7	62.1	63.5	64.9	66.3	67.7	69.1	70.5	71.9	73.3	74.8	76.2	77.6	79.1	80.5	82.0	83.5	84.9
18	54.6	56.0	57.4	58.8	60.2	61.6	63.0	64.4	65.8	67.2	68.6	70.1	71.5	73.0	74.4	75.9	77.3	78.8	80.3	81.8	83.3	84.8	86.3	87.8
19	56.8	58.2	59.6	61.0	62.4	63.9	65.3	66.8	68.2	69.7	71.1	72.6	74.1	75.5	77.0	78.5	80.0	81.5	83.1	84.6	86.1	87.6	89.2	90.7
20	59.0	60.4	61.9	63.3	64.8	66.3	67.7	69.2	70.7	72.2	73.7	75.2	76.7	78.2	79.8	81.3	82.8	84.4	85.9	87.5	89.1	90.7	92.2	93.8
21	61.3	62.8	64.3	65.8	67.3	68.8	70.3	71.8	73.3	74.9	76.4	77.9	79.5	81.1	82.6	84.2	85.8	87.4	89.0	90.6	92.2	93.8	95.4	97.1
22	63.8	65.3	66.8	68.3	69.8	71.4	72.9	74.5	76.1	77.6	79.2	80.8	82.4	84.0	85.6	87.2	88.9	90.5	92.1	93.8	95.5	97.1	98.8	100.5
23	66.3	67.8	69.4	71.0	72.5	74.1	75.7	77.3	78.9	80.5	82.2	83.8	85.4	87.1	88.7	90.4	92.1	93.8	95.5	97.2	98.9	100.6	102.4	104.1
24	68.9	70.5	72.1	73.7	75.3	77.0	78.6	80.3	81.9	83.6	85.2	86.9	88.6	90.3	92.0	93.8	95.5	97.2	99.0	100.7	102.5	104.3	106.1	107.9
25	71.7	73.3	75.0	76.6	78.3	80.0	81.7	83.3	85.1	86.8	88.5	90.2	92.0	93.7	95.5	97.3	99.1	100.9	102.7	104.5	106.3	108.2	110.0	111.9
26	74.6	76.3	78.0	79.7	81.4	83.1	84.8	86.6	88.4	90.1	91.9	93.7	95.5	97.3	99.2	101.0	102.9	104.7	106.6	108.5	110.4	112.3	114.2	116.2
27	77.6	79.4	81.1	82.9	84.6	86.4	88.2	90.0	91.9	93.7	95.5	97.4	99.3	101.2	103.1	105.0	106.9	108.8	110.8	112.7	114.7	116.7	118.7	120.7
28	80.8	82.6	84.4	86.3	88.1	89.9	91.8	93.7	95.6	97.5	99.4	101.3	103.3	105.2	107.2	109.2	111.2	113.2	115.2	117.3	119.3	121.4	123.5	125.6
29	84.2	86.1	87.9	89.8	91.7	93.7	95.6	97.5	99.5	101.5	103.5	105.5	107.5	109.5	111.6	113.7	115.7	117.8	120.0	122.1	124.2	126.4	128.6	130.8
30	87.8	89.7	91.7	93.6	95.6	97.6	99.6	101.6	103.7	105.7	107.8	109.9	112.0	114.2	116.3	118.5	120.6	122.8	125.1	127.3	129.5	131.8	134.1	136.4
31	91.6	93.6	95.6	97.7	99.7	101.8	103.9	106.0	108.2	110.3	112.5	114.7	116.9	119.1	121.4	123.6	125.9	128.2	130.5	132.9	135.3	137.7	140.1	142.5
32	95.7	97.8	99.9	102.0	104.2	106.3	108.5	110.7	113.0	115.2	117.5	119.8	122.1	124.5	126.8	129.2	131.6	134.0	136.5	139.0	141.5	144.0	146.6	149.1
33	100.0	102.2	104.4	106.6	108.9	111.2	113.5	115.8	118.2	120.5	122.9	125.4	127.8	130.3	132.8	135.3	137.8	140.4	143.0	145.6	148.3	150.9	153.7	156.4
34	104.7	107.0	109.3	111.7	114.0	116.4	118.9	121.3	123.8	126.3	128.8	131.4	134.0	136.6	139.2	141.9	144.6	147.4	150.1	152.9	155.7	158.6	161.5	164.4
35	109.7	112.2	114.6	117.1	119.6	122.2	124.7	127.3	129.9	132.6	135.3	138.0	140.8	143.6	146.4	149.2	152.1	155.0	158.0	161.0	164.0	167.1	170.2	173.3
36	115.2	117.8	120.4	123.0	125.7	128.4	131.1	133.9	136.7	139.5	142.4	145.3	148.3	151.3	154.3	157.3	160.5	163.6	166.8	170.0	173.3	176.6	179.9	183.3
37	121.3	124.0	126.8	129.6	132.4	135.3	138.2	141.2	144.2	147.3	150.3	153.5	156.7	159.9	163.1	166.5	169.8	173.2	176.7	180.2	183.7	187.3	191.0	194.7
38	127.9	130.8	133.8	136.8	139.9	143.0	146.2	149.4	152.6	155.9	159.2	162.6	166.1	169.6	173.2	176.8	180.4	184.2	188.0	191.8	195.7	199.7	203.7	207.7
39	135.3	138.5	141.7	145.0	148.3	151.7	155.1	158.6	162.1	165.7	169.4	173.1	176.9	180.7	184.7	188.7	192.7	196.8	201.0	205.3	209.6	214.0	218.5	223.0
40	143.7	147.1	150.6	154.2	157.8	161.5	165.3	169.1	173.0	177.0	181.1	185.2	189.4	193.7	198.1	202.5	207.1	211.7	216.4	221.1	226.0	231.0	236.0	241.1
41	153.2	157.0	160.9	164.8	168.9	173.0	177.2	181.5	185.8	190.3	194.8	199.5	204.2	209.1	214.0	219.1	224.2	229.4	234.8	240.2	245.8	251.5	257.2	263.1
42	164.3	168.6	172.9	177.3	181.9	186.5	191.3	196.1	201.1	206.2	211.4	216.7	222.2	227.7	233.4	239.2	245.2	251.3	257.5	263.8	270.3	276.9	283.6	290.5
43	177.5	182.3	187.3	192.4	197.6	202.9	208.4	214.0	219.8	225.8	231.8	238.1	244.5											