



9612 - USO DO SIG PARA MAPEAMENTO INTERPOLADO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA UNIDADE DE NEGÓCIO OESTE SABESP

Bruno Pereira Toniolo ⁽¹⁾

Projetista Cadista na SABESP desde 2012, com experiência em projetos de infraestrutura e arquitetura e sistemas de informações geográficas (SIG). É especialista em Geoprocessamento pela PUC Minas (2017) e tecnólogo em Construção Civil pela FATEC (2010). Atualmente é estudante do curso pós-graduação (especialização) em Gestão Ambiental pela Universidade Estácio de Sá. Também é professor de ensino técnico pela Centro Paula Souza (CPS) nos cursos de construção civil desde 2014.

Endereço⁽¹⁾: Rua Major Paladino, 300 – Vila Leopoldina – São Paulo - SP - CEP: 05307-000 - Brasil - Tel: +55 (11) 3838-6151 - e-mail: btoniolo@sabesp.com.br

RESUMO

O uso indiscriminado da água pode levar à degradação dos corpos hídricos, uma vez que as ações antrópicas intervêm na ocupação das bacias hidrográficas. Esta pesquisa objetiva mapear a variabilidade espacial e temporal do índice de qualidade das águas superficiais (IQA) da Unidade de Negócio Oeste (MO) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). Para isso, foram consultados os dados históricos entre 2001 e 2016 dos postos de monitoramento da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e criado o mapa temático por meio de interpolação inverso da distância pelo software QGIS. A MO apresentou na média uma classificação do IQA entre ruim e razoável, com alguns pontos sendo bom, mostrando valores relativamente constantes ao longo do tempo. Conclui-se que o método se mostra viável para especializar o IQA, facilitando o planejamento ambiental da região.

PALAVRAS-CHAVE: Águas Superficiais, Qualidade, Geoprocessamento.

INTRODUÇÃO

O estado qualitativo da água é um conceito que não se limita à determinação de sua pureza somente, mas também às propriedades desejáveis para diversas aplicações, sendo que estas propriedades físicas, químicas e biológicas podem ser modificadas. Muitas vezes, essa alteração é ocasionada pela poluição com diversas origens.

O uso descomedido dos recursos aquáticos provoca diversos problemas ambientais, especialmente em regiões ciliares, modificando a qualidade das águas superficiais nas bacias hidrográficas (ANDRADE PINTO et al. 2004).

A interferência antrópica e da geologia gera impactos ambientais negativos na qualidade das águas aparentes e subterrâneas devido ao lançamento de efluentes nos córregos ter aumentado a taxas inquietantes, especialmente nos aglomerados urbanos, mostrando a insuficiência de redes de esgotamento e a baixa educação ambiental da população sobre a conservação dos recursos naturais (LOPES et al., 2008).

O Índice de Qualidade da Água mostra a influência de nutrientes, substâncias orgânicas, microbiológicos e sólidos na qualidade dos corpos hídricos para o abastecimento público, o que pode ser um método de monitorar a provável deterioração dos recursos hídricos tanto em escala espacial como em escala temporal (TOLLEDO; NICOLELLA, 2002).

A geolocalização dos dados sobre qualidade das redes de drenagem e espelhos de água nas bacias hidrográficas é fundamental para o gerenciamento dos recursos hídricos e manejo do saneamento básico, podendo ser materializada pelo Geoprocessamento na implantação de informações para um estudo ambiental mais detalhado, mais rápido e menos oneroso.



Assim este trabalho objetiva determinar a variabilidade espacial do IQA, a ponderar os valores desconhecidos, por meio do interpolador inverso da distância, para a Unidade de Negócio Oeste (MO) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2004), o Índice de Qualidade da água (IQA) foi inventado pela *National Sanitation Foundation* em 1970 nos Estados Unidos e a partir de 1975 passou a ser usado pela CETESB. Posteriormente outros estados brasileiros adotaram o IQA que hoje é o principal indicador qualitativo de águas superficiais usado no país.

O IQA avalia a qualidade da água bruta objetivando seu uso para o abastecimento público depois do tratamento. Os critérios usados no cômputo do IQA são indicadores de contaminação causada pelo esgotamento doméstico. O IQA apresenta restrições pois o índice não avalia variáveis também importantes para o abastecimento público como protozoários patogênicos e substâncias tóxicas como metais pesados, pesticidas e compostos orgânicos por exemplo (ANA, 2004).

O IQA possui nove componentes com seus respectivos pesos (w) que variam em função de sua importância para a conformação global da água, conforme a Tabela 1. Além do peso (w), cada componente possui um valor de qualidade (q) obtido da curva média de variação no respectivo gráfico.

Tabela 1. Parâmetros de IQA e seu respectivo peso.

Fonte: ANA (2004)

Parâmetros IQA	Peso (w)
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Termotolerantes	0,15
Potencial Hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO _{5,20}	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo Total	0,08

O cálculo do IQA é feito pelo produto ponderado destes nove parâmetros de acordo com a Equação 1:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \text{equação (1)}$$

Onde: IQA = Índice de Qualidade da Água, variando de 0 a 100; q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro, variando de 0 a 100 e obtido do respectivo gráfico de qualidade em função do resultado da análise e w = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, ou seja, varia de 0 a 1, conforme a Equação (2):

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad \text{equação (2)}$$

Sendo n o número de parâmetros que entram no cômputo do IQA.

Os resultados do IQA são classificados em faixas de acordo com os estados brasileiros, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Faixas e níveis do IQA de acordo com a UF.

Fonte: ANA (2004)



Faixas de IQA em AL, MG, MT, PR, RJ, RN e RS	Faixas de IQA em BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE e SP	Nível do IQA
91-100	80-100	Ótimo
71-90	52-79	Bom
51-70	37-51	Razoável
26-50	20-36	Ruim
0-25	0-19	Péssimo

Segundo VARELLA (2017), o interpolador Inverso da Distância é um modelo estatístico que se baseia na dependência geográfica, ou seja, há a suposição que quanto mais próximo estiver um ponto do outro, maior será a correlação entre suas intensidades.

Assim, atribui-se maior peso para as observações mais próximas do que para as mais afastadas, consistindo em multiplicar os valores dos pontos pelo inverso de suas respectivas distâncias ao ponto de referência para se fazer a interpolação, conforme a Equação 3.

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p} z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} \quad \text{equação (3)}$$

Onde z = valor estimado ao ponto z ; n = número de amostras; z_i = valores conhecidos; d_i = distância entre os valores conhecidos e o estimado (z_i e z) e p = potência (geralmente 2, quadrado das potências).

METODOLOGIA UTILIZADA

A área de estudo corresponde a Unidade de Negócio Oeste e está localizada na zona oeste da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Trata-se de uma das 16 Unidades de Negócio da Sabesp que integra a Diretoria Metropolitana, respondendo pela operação dos serviços de saneamento básico dos municípios de Barueri, Santana de Parnaíba, Pirapora do Bom Jesus, Cotia, Vargem Grande Paulista, Itapevi, Carapicuíba, Jandira, Osasco, Taboão da Serra e parte de São Paulo (bairros do Morumbi, Jaguaré, Campo Limpo, Pirajussara e Butantã).

Esta unidade foi criada em 1996, possui uma área de 1035,84 km², e atende atualmente a uma população de 3,5 milhões de clientes, operando os sistemas de distribuição de água e coleta de esgotos. Caracterizada pela expansão e crescimento contínuo, a região Oeste conta com um sistema composto por 11,7 mil km de redes de distribuição e ramais de água, 7,1 mil km de rede de coleta e ramais de esgoto, cerca de 916 mil ligações de água e 611 mil ligações de esgotos (SABESP, 2017).

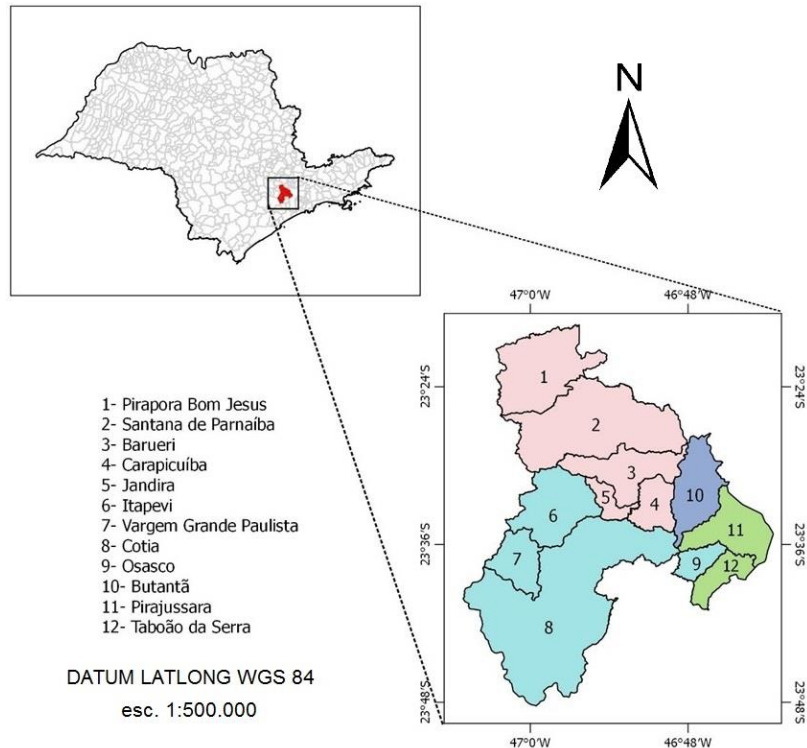


Figura 1. Unidade de Negócio Oeste MO da Sabesp, situada na RMSP – Brasil.
Fonte: Autor (2017)

Inicialmente para o desenvolvimento do trabalho, foram feitas revisões literárias e levantamentos de dados disponíveis indispensáveis tais como mapa hipsométrico, mapa de declividade, mapa de pedologia, mapa de corpos hídricos entre outros.

Em seguida, foi realizada a aquisição de dados relativos ao IQA pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) em seus relatórios de águas interiores.

Para estudar a variabilidade foram considerados os resultados das análises laboratoriais dos pontos de captação de água, dos anos 2001, 2004, 2007, 2010, 2013 e 2016, isto é, um intervalo de 16 anos dividido a cada três. Foram usados 21 pontos de monitoramento, sendo que 12 estão dentro da Unidade de Negócio Oeste (MO) e nove estão fora, conforme pode-se observar na Figura 2.

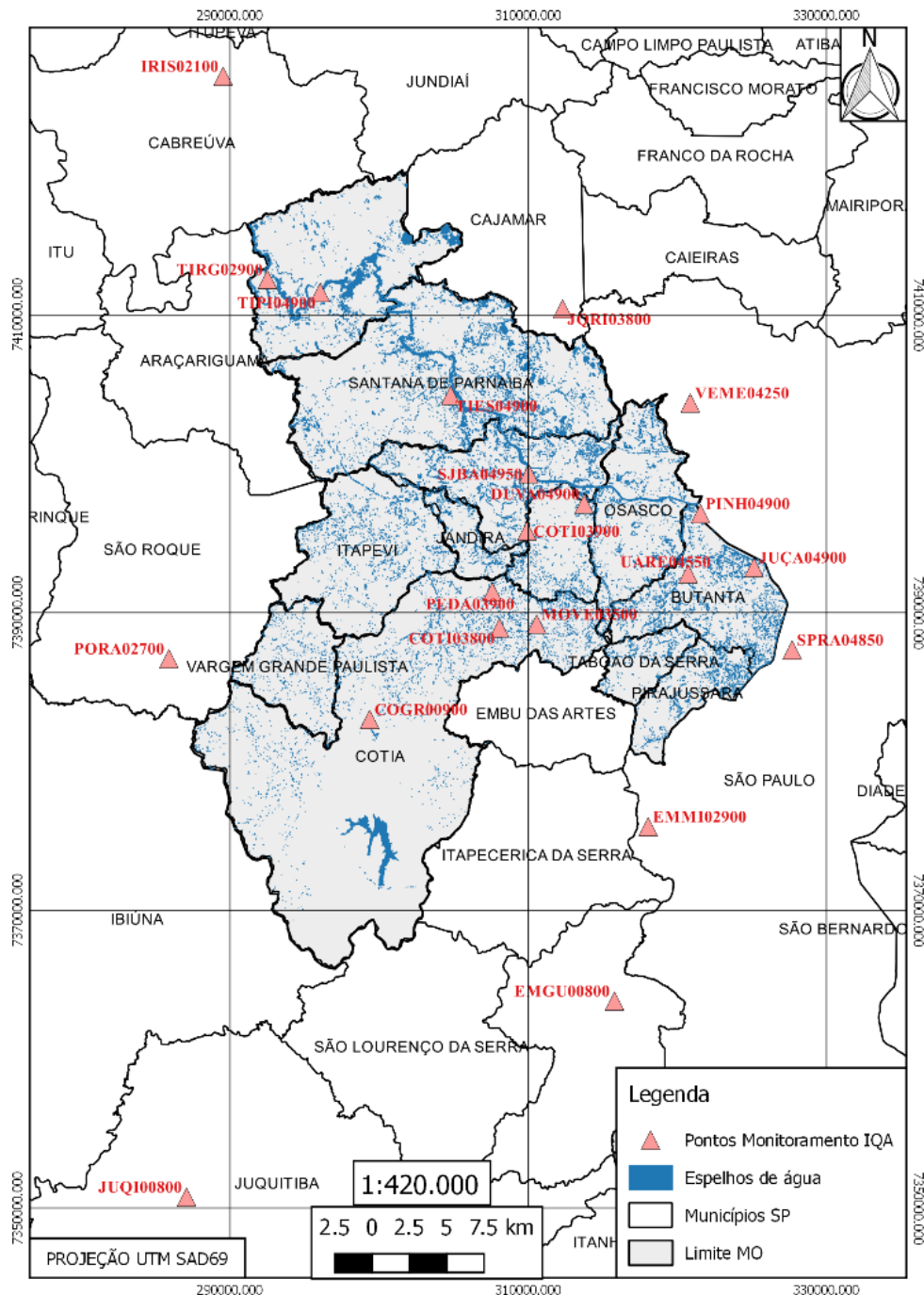


Figura 2. Pontos de monitoramento IQA (em vermelho).

Fonte: CETESB (2001, 2004, 2007, 2010, 2013 e 2016)

Para cada ponto de monitoramento, foram calculados os IQAs médios anuais, baseado numa média aritmética simples dos valores do IQA obtidos nos meses de cada ano. Então foi criado um arquivo vetorial com os 21 pontos de monitoramento georreferenciados em coordenadas métricas no software QGIS Las Palmas.

Foi gerado um mapa temático de IQA por ano analisado, em formato matricial, a partir da interpolação do tipo inverso do quadrado da distância, com escala de cor linear dos valores mínimos e máximos. Cada mapa teve seus valores de IQA reclassificados em níveis qualitativos estipulados para o Estado de São Paulo, conforme a Tabela 1 (ANA, 2004).



Após o mapeamento, foi aplicada análise estatística clássica como medidas de tendência e posição central (média, mediana, valores máximo e mínimo) e medidas de dispersão (variância, coeficiente de variação e desvio padrão).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 mostra os valores de média (μ), mediana (η), valor máximo ($V_{\text{máx}}$), valor mínimo ($V_{\text{mín}}$), desvio padrão (σ), variação (Ω) e coeficiente de variação (CV), para os dados de IQA, no período de 2001 a 2016, na MO. Verifica-se que o ano de maior média de IQA foi 2014, com um valor de 38,57, e o de menor média foi o ano de 2010, que apresentou um IQA de 35,43.

Os coeficientes de variação (CV) mostraram que os dados são heterogêneos, sendo que os maiores e menores valores foram os anos de 2001 e 2010, respectivamente, com valores de 59,66% e 54,62%. Esses resultados foram diferentes à pesquisa de BESSA et al. (2016), cujo os valores de CV para a bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró foram CV máximo de 20,76% para o ano de 2009 e o CV mínimo de 12,05% para o ano de 2014. Embora os valores de CV apontaram relativa heterogeneidade, não foi encontrada na literatura uma qualificação de quanto o CV aplicado ao IQA é alto ou baixo.

As informações do desvio padrão (σ) e da variância (Ω) apontam também a amplitude do IQA estudado, entretanto ambos não são capazes de informar a variabilidade espacial, sendo esta representada somente pelo mapa temático.

Todos os valores máximos correspondem ao ponto de monitoramento COGR00900 – Reservatórios das Garças, situado na zona sul da MO, numa área de proteção ambiental em Cotia. Já os valores mínimos correspondem ao ponto de monitoramento TIES04900 – Reservatório Edgard de Souza, localizado em Santana de Parnaíba, próximo do Rio Tietê, em zona altamente urbanizada.

Tabela 3. Parâmetros estatísticos do IQA.
Fonte: Autor (2017)

Índice de Qualidade da Água (IQA)						
Parâmetros	2016	2013	2010	2007	2004	2001
μ	36,19	35,95	35,43	37,38	38,57	36,05
η	32	31	25	27	34	30
$V_{\text{máx}}$	77	79	76	77	82	82
$V_{\text{mín}}$	17	16	16	18	17	14
σ	20,17	21,09	19,35	20,72	21,39	21,51
Ω	406,66	444,65	374,46	429,25	457,66	462,55
CV (%)	55,72	58,65	54,62	55,42	55,46	59,66

Analisando a média do IQA, verifica-se que os valores mantiveram-se constantes, a mostrar nem perda nem melhoria significativas de qualidade das águas superficiais no período proposto.

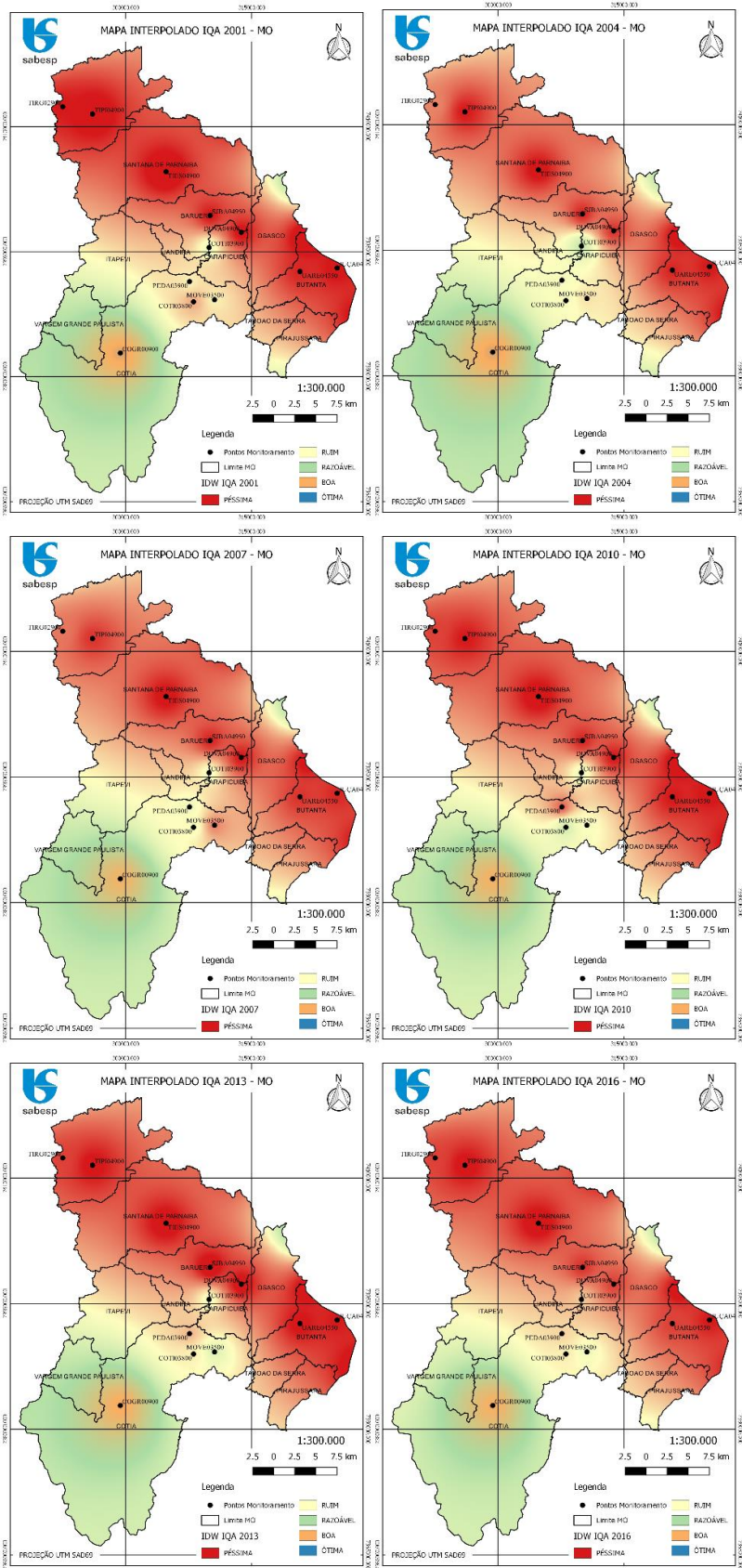


Figura 3. Mapas Interpolados do IQA da MO Sabesp.

Fonte: Autor (2017)



A Figura 3 mostra novamente que não houve uma tendência de piora nem melhora na qualidade da água ao longo do período analisado, isto é, a variabilidade espacial do IQA manteve-se relativamente constante.

Observa-se um nível de qualidade razoável e bom na região sul na MO que é a Reserva do Morro Grande, caracterizada por vegetação densa e quase inexistência de atividade antrópica. As regiões com manchas amarelas e vermelhas mostram um nível de qualidade péssimo e ruim respectivamente, situadas geralmente em locais já urbanizados ou em processos de expansão fundiária, como por exemplo o ponto JUÇA04900 situado em Pirajussara, o bairro com maior densidade populacional da MO e o ponto TIPI04900 localizado próximo da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Pirapora. Assim, se a região tiver alta interferência antrópica que resulta em maior carga de resíduos sólidos e esgotamento doméstico / industrial, mais baixo será o IQA, entretanto se a região tiver pouca ou inexistente ocupação urbana mantendo preservado seu ecossistema, maior será o IQA.

Foi necessário escolher os nove pontos fora da área de estudo justamente para a interpolação poder cobrir toda a região, evitando-se erros de topologia, ou seja, se o interpolador do inverso do quadrado da distância fosse utilizado somente com os 12 pontos, o modelo digital teria uma área inferior a da MO. Observa-se que o resultado visual do raster interpolado são nós que se irradiam a partir dos pontos de amostra (“olhos”).

Quanto à mensuração das áreas por níveis hierárquicos do IQA, a Tabela 4 mostra o seguinte:

Tabela 4. Quantificação de áreas do IQA por níveis hierárquicos.

Fonte: Autor (2017)

Ano	Área (he) por nível hierárquico IQA				
	Péssimo	Ruim	Razoável	Bom	Ótimo
2001	3.511,28	64.426,52	21.732,93	13.417,90	465,17
(%)	3,39	62,22	20,99	12,96	0,45
2004	286,10	59.379,68	27.058,88	16.336,96	492,18
(%)	0,28	57,34	26,13	15,78	0,48
2007	204,07	64.437,53	28.059,24	10.852,96	0,00
(%)	0,20	62,23	27,10	10,48	0,00
2010	1.030,38	65.098,77	27.209,93	10.214,73	0,00
(%)	1,00	62,87	26,28	9,86	0,00
2013	286,10	59.379,68	27.058,88	16.336,96	492,18
(%)	0,28	57,34	26,13	15,78	0,48
2016	876,32	66.160,16	26.383,63	10.133,70	0,00
(%)	0,85	63,89	25,48	9,79	0,00

Analisando a Tabela 4, verifica-se a predominância de áreas de IQA com nível ruim em todo o período como por exemplo 63,80% no ano de 2016. Regiões com nível ótimo de IQA foram praticamente desprezíveis, aparecendo somente nos anos de 2001, 2004 e 2013 na ordem de 0,50% aproximadamente, assim como as zonas com nível péssimo de IQA mantiveram-se ínfimas – mesmo estas aparecendo todos os anos, a maior foi em 2001 com 3,39%. As áreas com nível razoável de IQA ficaram com de um quarto da MO inteira e as áreas com nível bom ficaram na casa dos dez percentuais. Se fosse realizada uma média do IQA dos seis anos estudados, os níveis de qualidade ficariam da seguinte forma: Péssimo com 1,0%, Ruim com 61,0%, Razoável com 25,4%, Bom com 12,4% e Ótimo com 0,2%.

Muitos pontos de monitoramento se situam em nascentes de corpos hídricos que já mostram deficiências na qualidade da água, representado pelos indicadores que apontam um nível de ruim ou péssimo. Assim, pode-se presumir que a situação é pior a jusante desses pontos, pois pode existir interferência antrópica e desenvolvimento de atividades industriais que impactam ainda mais estes córregos (BILICH E LACERDA, 2005).



CONCLUSÕES

Avaliou-se a qualidade da água nos 12 pontos de monitoramento da MO, a mostrar no geral um padrão de qualidade entre ruim e razoável na região norte e razoável e boa na região sul, havendo pouca diferença relevante na avaliação temporal, isto é, os valores de IQA mantiveram-se relativamente constantes no período de dezesseis anos.

Poder-se-ia verificar as alterações do IQA entre as estações do ano e comparar os valores médios de IQA com o comportamento pluviométrico em cada ano, melhor detalhando o estudo, pois geralmente na estação de verão ocorrem as precipitações tendendo a aumentar a vazões da bacia e consequentemente também se aumenta o poder de diluição da poluição, melhorando o IQA (BESSA et al., 2016).

Embora a SABESP detenha em esfera nacional os maiores índices de tratamento de esgoto sanitário, a ausência de redes coletoras em pontos isolados influencia diretamente na qualidade das águas superficiais localizadas em regiões urbanas.

A aplicação da interpolação tipo inverso do quadrado da distância apontou-se como um instrumento eficiente para a análise espacial do IQA na MO, porém recomenda-se para trabalhos futuros outros métodos de regressão como por exemplo a krigagem ordinária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA), 2004. Disponível em < <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em 28 Dez. 2017.
2. 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, 36:135-142, 2005.
3. BESSA, E. R. M.; FILHO, L. C. A. L.; JÚNIOR, R. F. O.; COELHO, D. C. L.; FERREIRA, L. L. N.; CAMINHA, M. P. Mapeamento da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, pelo emprego do IQA e do Geoprocessamento. I Simpósio de Manejo de Solo e Água. Mossoró-RN, 2016.
4. BILICH, M.R.; LACERDA, M.P.C. Avaliação da qualidade da água do Distrito Federal (DF) por meio de geoprocessamento. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, 2005.
5. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 2016. São Paulo: CETESB, 2016.
6. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 2013. São Paulo: CETESB, 2013.
7. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 2010. São Paulo: CETESB, 2010.
8. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 2007. São Paulo: CETESB, 2007.
9. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 2004. São Paulo: CETESB, 2004.
10. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 2001. São Paulo: CETESB, 2001.
11. LOPES, F. B.; TEXEIRA, A. S.; ANDRADE, E. M.; AQUINO, D. N.; ARAÚJO, L. F. P. Mapa da qualidade das águas do rio Acaraú, pelo emprego do IQA e Geoprocessamento. Revista Ciência Agronômica, 39:392-402, 2008.
12. SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2017. Disponível em < www.sabesp.com.br/portal-corporativo.php>. Acesso em 04 Dez. 2017.
13. VARELLA, C.A.A. Mapeamento da Variabilidade Espacial. IT 190 Princípios em Agricultura de Precisão. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2017. Disponível em < http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT190_principios_em_agricultura_de_precisao/Aulas/mapeamento%20da%20variabilidade%20espacial.doc>. Acesso em 28 Dez. 2017.