

# Apêndice I

## Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento - IAEM

### 1. Introdução

A rede de monitoramento de água doce da CETESB tem evoluído ao longo do tempo com base nas experiências de seus técnicos e nas necessidades de gerenciamento qualidade da água que se apresentam. No processo de alocação de novos pontos usualmente é dada prioridade aos locais onde se constata maior presença de fontes de poluição, ou seja, com presença de atividade industrial elevada ou em locais com população elevada e falta de tratamento de esgoto doméstico. De acordo com o indicador europeu de densidade recomendada para pontos de monitoramento de águas superficiais - a Diretiva Europeia de Águas (*Water Framework Directive*), que é de 1 ponto por 1.000 Km<sup>2</sup>. A CETESB conseguiu atingir esta relação no ano de 2007, porém em 2020, em função das restrições de coleta este número ficou novamente abaixo (0,93 ponto por 1.000 Km<sup>2</sup>.) em Mas apesar de atingir esta importante relação à densidade sempre ficou bastante desigual entre as 22 UGRHIs.

Assim, torna-se importante outra avaliação que seja capaz de verificar a abrangência da rede de qualidade de forma espacial levando em consideração outros fatores além da extensão territorial, tais como: a pressão populacional, macroúsos do solo agrupados no critério pressão antrópica, correlacionado com as informações de qualidade da água. Para isto foi desenvolvido o IAEM, Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento.

O IAEM, Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento, faz uma análise multicriterial composta por dois grupos básicos de variáveis: antrópicas e ambientais. A correlação espacial é baseada em cinco fatores que executam uma análise integrada, portanto, indo além do critério de referencia da densidade de pontos de cada UGRHI, que se baseia apenas na extensão territorial.

- Critério antrópico: são analisados fatores tais como a pressão populacional (estimada pela densidade populacional/km<sup>2</sup> e pelo macroúso do solo (conforme as ex-vocações das UGRHIs), que fornecem uma ideia da pressão antrópica existente em cada unidade; e
- Critério ambiental: baseado no Monitoramento de Água da rede básica da CETESB com informações sobre o número de pontos com IQA - Índice de Qualidade de Águas calculado, a densidade de pontos de cada UGRHI e a média de qualidade da água (média anual do IQA por UGRHI).

Assim, após a análise multicriterial os dados ficam sintetizados e disponíveis para a gestão das águas paulistas, facilitando a comparação através da abrangência espacial e vulnerabilidade da rede de monitoramento entre as UGRHIs para cada ano analisado conforme o universo de cada ano, e, dá mais subsídios ao planejamento anual da rede superficial de monitoramento. O índice gerado contribui para avaliar os avanços da rede de monitoramento estadual.

A matriz para geração do índice compõe-se de dois grupos divididos em custos e benefícios (Tabela 1). O grupo de variáveis antrópicas (densidade populacional e macroúso do solo) é considerado como custo, pois no cálculo do índice IAEM influenciam negativamente, ou seja, podem causar degradação no ambiente hídrico. Com isto, podem somar até 0,45 da nota máxima do índice que varia de 0 a 1 (sendo 1 a melhor nota).

O grupo das variáveis ambientais está associado à gestão do monitoramento e ao resultado do monitoramento é considerado como benefício, uma vez que estes fatores influenciam positivamente, ou seja, quanto maior sua presença, melhor será a gestão do território e sua contribuição positiva para o índice. Equivalem a 0,55 da composição nota do índice IAEM.

Portanto, o resultado não é um índice que avalia a qualidade de água, mas sim um índice que avalia a abrangência e a vulnerabilidade espacial da rede de monitoramento dentro do contexto de cada UGRHI e no universo amostral de cada ano. Uma vez que a qualidade de água é um de seus componentes principais, bons resultados da qualidade da água sempre podem contribuir para a melhora do índice (Midaglia, 2009).

**Tabela 1** – Composição da Matriz de análise dos fatores da Análise Multicritério.

Critérios	Variável	Peso
Antrópico	Dens. Pop.	0,25
(Dens. Pop. e Macro Uso do Solo da UGRHI)	Atribuição da UGRHI	0,2
Custos	$\sum$ Impactos	0,45
Ambiental	Média Anual do IQA	0,3
(Monitoramento da Qualidade da Água)	Num. Pontos	0,1
	Dens. de Pontos	0,15
Benefícios	$\sum$ Gestão do Monitoramento	0,55
	<b>Total</b>	<b>1</b>

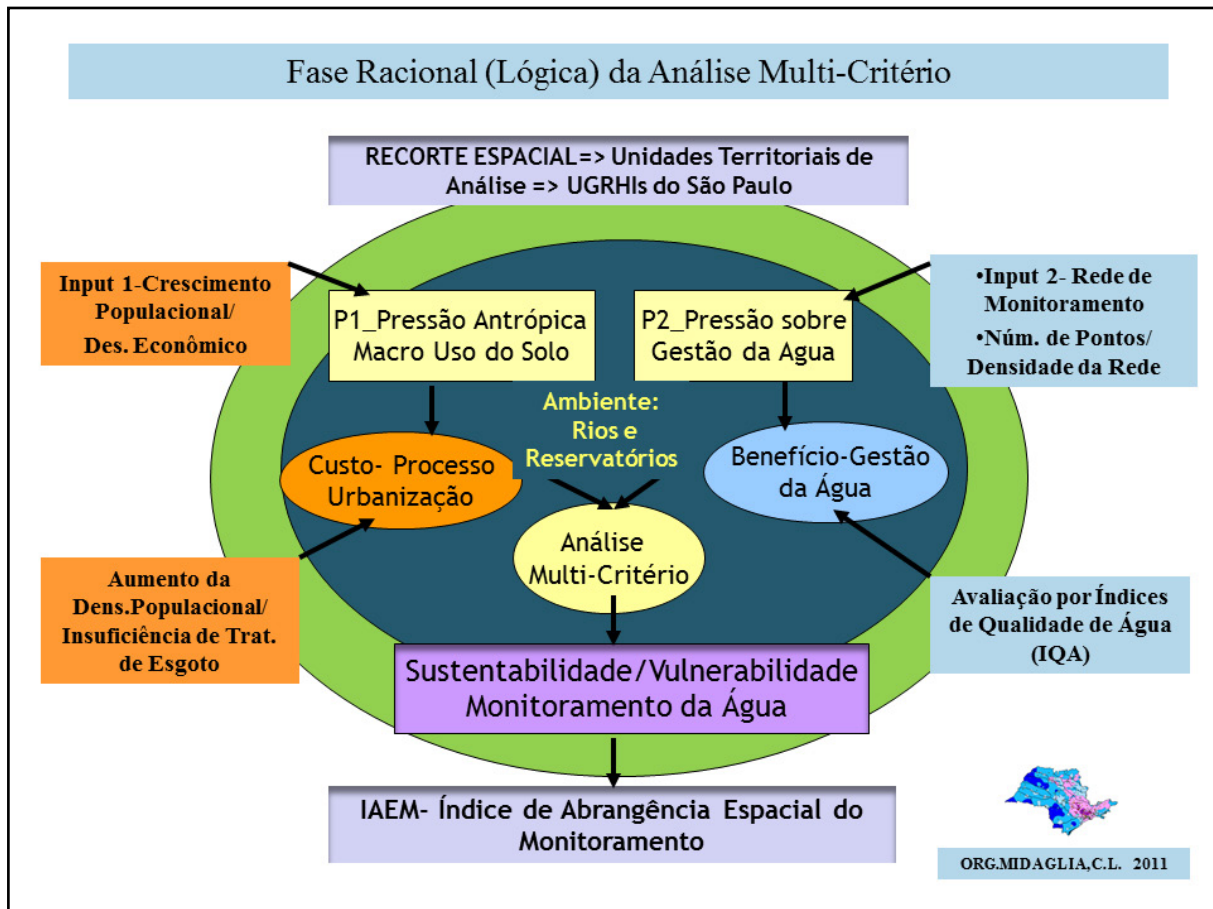
- **Concepção do Índice:**

O desenvolvimento de novas métricas que sintetizem a informação é uma forma de evitar o consumo excessivo de tempo para o entendimento de fatores correlacionados. Assim, o desenvolvimento de indicadores e índices compostos tem evoluído recentemente.

As redes de monitoramento de qualidade de águas superficiais são instrumentos importantes na avaliação e na gestão do estado da qualidade de água, tanto por sua série histórica como pela distribuição geográfica dos locais avaliados.

Com a finalidade de detectar mudanças nos fatores usados para avaliar o progresso num âmbito mais abrangente para o monitoramento foi desenvolvido o índice IAEM. Seus indicadores consideram as particularidades de cada UGRHI. Isto significa, na prática, incluir além da densidade de pontos que é baseada apenas na extensão territorial, a atribuição da UGRHI, a qualidade ambiental da água (fator que representa o status da parcela da natureza) e considerar no mesmo âmbito a parcela da contribuição da ocupação do homem (densidade populacional no mesmo espaço). A Figura 1 mostra a estruturação lógica para compor a matriz AMC, de análise multicritério.

Figura 1 – Estruturação Racional dos Critérios para Análise Multicritério do IAEM



A fase racional apresenta o resumo da composição dos fatores que tem a função de verificar a relação de sustentabilidade do meio físico, aqui representado pelos recursos hídricos superficiais, ou seja, os rios e reservatórios. Apresenta também como avaliar a sustentabilidade da rede considerando-se a pressão populacional e o uso do solo em função da densidade espacial da rede de cada ano. A inclusão dos resultados do IQA no grupo de benefícios resgata o valor histórico deste índice de qualidade de água, o qual é utilizado pela CETESB há mais de 35 anos. O produto é o índice IAEM, que vai correlacionar os fatos básicos inerentes ao monitoramento da qualidade das águas a cada ano, buscando especializar e sintetizar as informações disponíveis sobre os resultados da qualidade de água com a geração de cenários desde praticamente o início da rede de monitoramento.

Assim, a adoção do IAEM/SCWMI – *Spatial Coverage Water Monitoring Index* é forma de promover a criação e implementação de políticas voltadas ao gerenciamento e uso sustentável desse recurso natural. Tal como usado em relatórios de planos de bacias. <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/events//CBH-SMT/6684/3brelatorio-situao-2018.pdf>. O índice foi relacionado no Banco de Indicadores do SIRGH para Gestão dos Recursos Hídricos – na Categoria: Resposta. <http://143.107.108.83/sigrh/basecon/Caderno Indicadores Gestao 2014 setembro 2014.pdf>.

O delineamento metodológico está descrito a seguir:

## 2. Metodologia do cálculo do IAEM - Índice de Abrangência Espacial de Monitoramento:

O IAEM é resultado de uma análise Multicritério composta basicamente por dois grupos de variáveis escolhidas para integrá-lo: antrópicas e ambientais. A fase seguinte consiste em se definir como cada grupo de critério vai influenciar na AMC- Análise multicritério. E isto é feito basicamente verificando-se qual a importância de cada componente e qual o significado de cada um deles. Vale lembrar que isto é uma análise subjetiva, e pode variar conforme o analista e seus interesses. Mas é fundamental dividi-los de maneira que eles possam ser entendidos como um custo ou um benefício para o avaliador. O grupo de variáveis antrópicas representam os custos, pois se entende que podem causar impactos no ambiente hídrico. E o grupo de benefícios, são fatores que influem positivamente no resultado, tal como o conhecimento da rede de monitoramento, seus resultados e distribuição espacial.

Para cada um dos indicadores de ambos os grupos é necessário padronizar as variáveis, que se apresentam em valores expressos com diferentes unidades, de forma a torná-las comparáveis entre si. Sem isto não existe a menor possibilidade de fazer a tabela AMC e obter uma comparação óbvia entre elas. A partir da padronização, poderão ser comparados, somados ou multiplicados ou entre si.

Existem vários métodos de transformar as unidades de medida de cada um dos critérios em unidades comparáveis. Neste caso, foram utilizados dois métodos, apresentados a seguir: **padronização máxima** e **padronização intervalada**. Durante este processo, percebe-se como cada critério é transformado em unidades comparáveis, e como se comportam uns em relação aos outros.

As seguintes equações transformam os valores originais de cada UGHRI dentro de razão de proporção, em uma escala que varia entre 0-1.

- **Padronização máxima:** Este método transforma os valores reais para um valor adimensional entre 0 e 1. Para as condições de benefícios, o maior valor da série será padronizado para um valor igual a 1 e quando existir na série um valor igual a zero, o valor de padronização será igual ao seu número original (zero). Para as condições de custo ocorre o inverso, o maior valor da série será padronizado a zero e quando existir na série um valor igual a zero, o valor padronizado será igual a 1. Qualquer valor entre o máximo e o mínimo da série será padronizado a uma razão proporcional à série.

As padronizações máximas são regidas pelas seguintes equações lineares:

### Equação de Padronização Máxima para Custos:

$$x_i = 1 - \left( \frac{\text{valor real do critério na UGHRI}_i - \text{menor valor real do critério na série}}{\text{maior valor real do critério na série}} \right)$$

### Equação de Padronização Máxima para Benefícios:

$$x = \frac{\text{valor real do critério na UGHRI}_i}{\text{maior valor real do critério na série}}$$

- **Padronização Intervalada:** Este método transforma os valores reais para um valor adimensional entre 0 e 1. Para as condições de benefícios, o maior valor da série será padronizado para um valor igual a 1 e o menor valor da série será padronizado para um valor igual a zero. Para as condições de custo ocorre o inverso, o maior valor da série será padronizado a 0 e o menor valor da série será padronizado para um valor igual a 1. Usam-se as seguintes equações:

A Equação de Padronização Intervalada para Custos é mostrada a seguir:

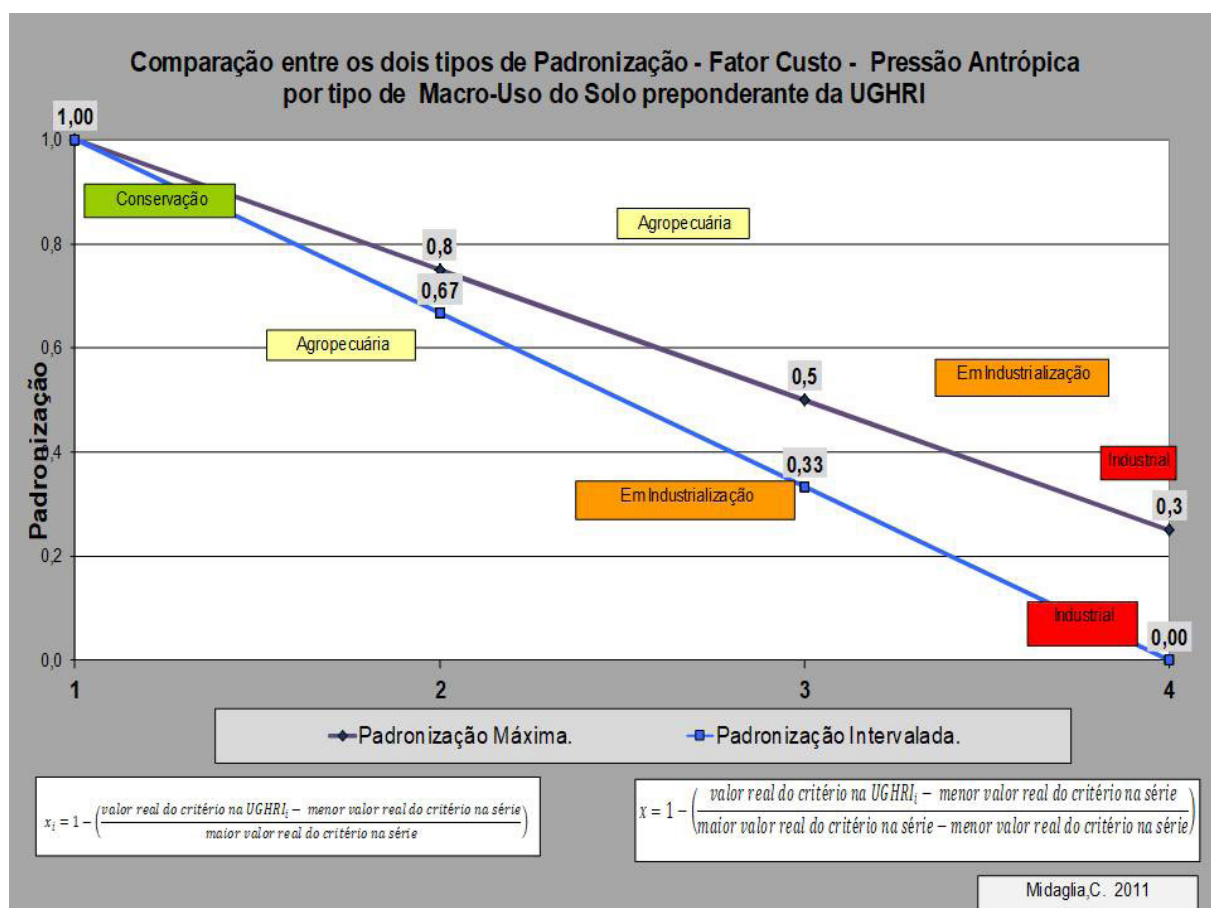
$$x = 1 - \left( \frac{\text{valor real do critério na UGHRI}_i - \text{menor valor real do critério na série}}{\text{maior valor real do critério na série} - \text{menor valor real do critério na série}} \right)$$

Enquanto a Equação da Padronização Intervalada para Benefícios é:

$$x = \frac{\text{valor real do critério na UGHRI}_i - \text{menor valor real do critério na série}}{\text{maior valor real do critério na série} - \text{menor valor real do critério na série}}$$

A Figura 2 a seguir mostra um exemplo da diferença dos tipos de padronização para o critério atribuição das UGRHIs quando ponderadas pelo fato de pressão de 1 a 4.

Figura 2 – Comparação dos valores gerados padronizados



- **Material de Análise:**

A comparação dos cenários anuais de dados originais para 2009 e 2019 (tabelas 2 e 3) levando-se em conta que são todos fatores correlacionados será possível e mais simples após a geração do índice IAEM.

Os dados para compor as Matrizes AMC Anuais para geração do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento para os anos estudados são obtidos a partir das seguintes Fontes:

- **Número de Pontos, densidade e dados de qualidade (IQA)** – Relatórios anuais de qualidade de Água – CETESB.
- **Dados da população:** são obtidos no site do IBGE ([www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)) ou em divulgações do publicada em Diário Oficial da União anualmente.
- **Macroúso do Solo-** Foi baseado na Atribuição da UGRHI, segundo o anexo III da Lei 9034 de 1994 (PERH); LEI Nº 16.337, DE 14 DE DEZEMBRO DE 2016, que Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH e dá providências correlatas. (<http://dobuscadireta.imprensaoficial.com.br/default.aspx?DataPublicacao=20161215&Caderno=DOE-I&NumeroPagina=1>) e <https://www.al.sp.gov.br/norma/180242>

Entretanto foi publicado um novo art. 28 da Lei 16.337/2016 revogou a Lei 9.034/1994, onde constava essa classificação por “vocação” que é onde constava essa classificação de um dos critérios antrópicos, a atribuição das UGRHIS por “vocação”. Na nova Lei 16.337/2016 não existe mais essa classificação, mas sim aquela dada pelo Anexo III da mesma, que é uma caracterização geral, atualizada por meio dos Relatórios de Situação. Mas para manter o critério de comparação a ponderação originalmente delineado na proposta do  ndice, a vocação, que se refere genericamente o macroúso do solo preponderante das UGRHIs permanecerá sendo utilizado no cálculo, com pesos variando seus de 1 a 4.

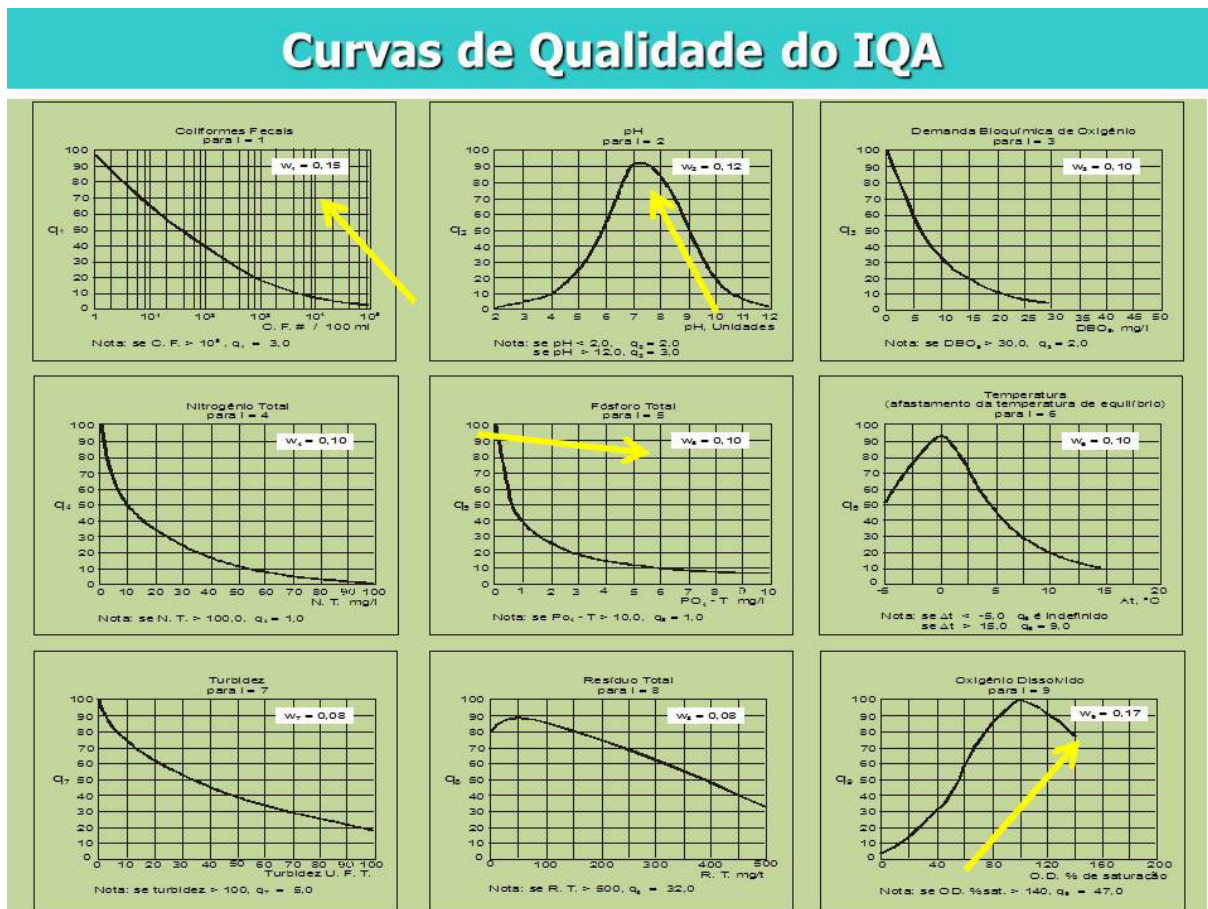
Assim, dentro do critério antrópico, continuam sendo analisados enquanto custos dois fatores: a pressão populacional estimada pela densidade populacional/km<sup>2</sup> de cada ano e pelos macroúso do solo, conforme a classificação das principais antigas ex-vocações das UGRHIs. Ambos fornecem uma ideia da pressão antrópica existente em cada unidade.

- **O fator IQA sem normatizar:**

O IAEM reconhece a importância e o valor histórico do IQA-  ndice de Qualidade de água, no monitoramento da qualidade de água, utilizado pela CETESB há mais de 40 anos, e através da inserção de suas m dias anuais como parte de sua composição do  ndice, com peso de 0,30.

A nota do IQA,  ndice de Qualidade de água utilizado pela CETESB desde 1975, foi regulamentado pelo decreto Estadual 8468, de 1976 com vistas a servir de informação básica de qualidade de água para o público em geral, bem como para o gerenciamento das águas superficiais. (CETESB, 1980). Seu resultado já representa uma média ponderada de 9 parâmetros (Figura 3) para expressar a qualidade das  guas, com maior facilidade de comunicação para público não especializado ou não.

Figura 3 – Pesos dos parâmetros do IQA – Índice de Qualidade de Água



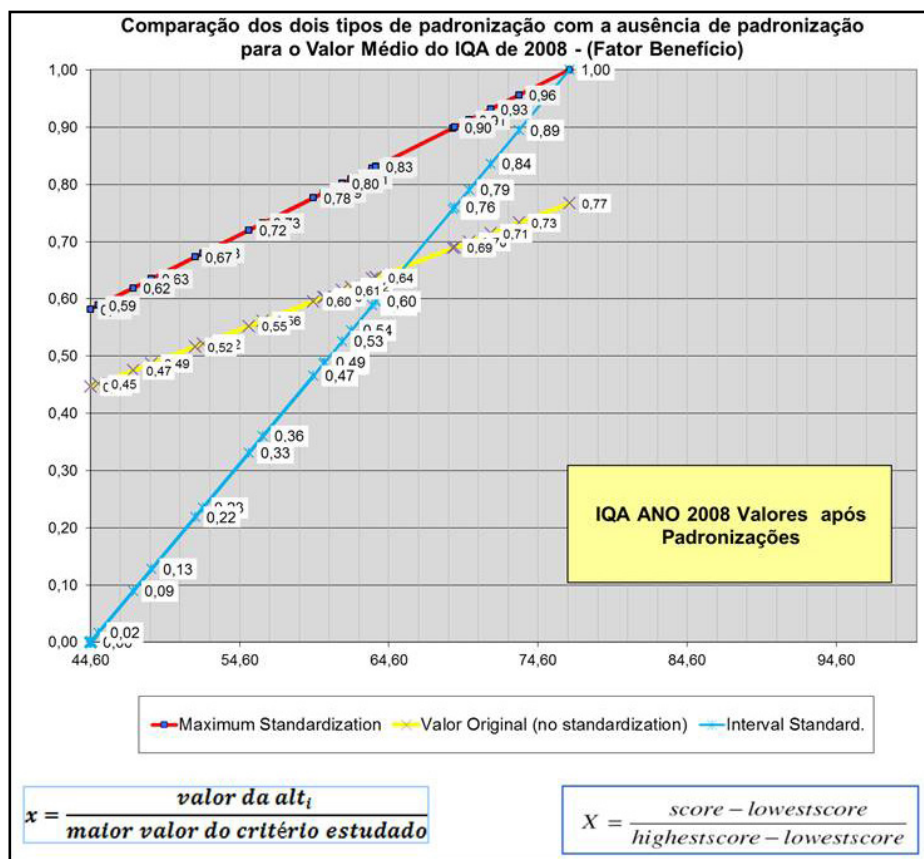
Porém, ainda que tenha sido escolhido o método de padronização intervalada, a normatização do IQA foi questionada. Como esta nota já é resultado de um produtório ponderado cujo intervalo varia de 0 a 100, (Figura 4) não haveria necessidade de submetê-la a nova normatização/ padronização que poderia resultar em uma transformação equivocada, pois poderia subestimar ou superestimar os resultados da nota da qualidade da água (IQA).

Figura 4 – Classes do IQA – Índice de Qualidade de Água

Classes do IQA		
Qualidade Ótima	79 < IQA <= 100	
Qualidade Boa	51 < IQA <= 79	
Qualidade Regular	36 < IQA <= 51	
Qualidade Ruim	19 < IQA <= 36	
Qualidade Péssima	IQA <= 19	

A sugestão foi entendida como uma contribuição positiva para a revisão da proposta original e foi incorporada. Portanto, apresentam-se aqui valores que já contemplam esta revisão, ainda que em termos de avaliação da melhor performance por unidade por ano anual, isto possa dificultar a avaliação comparativa (Figura 5). Porém, como este não é o objetivo principal, decidiu-se por aceitar esta sugestão e assim foi apresentado no 2º. CARTOGEO (disponível em <http://www.2cartogeo.com.br/index.asp>) em 2011.

Figura 5 – Exemplo dos tipos de Padronização sobre o valor original do IQA 2008



Em 2012 foi apresentado como proposta de solução na plataforma online do 6º Fórum Mundial de Águas em Marseilles, na França (<http://www.solutionsforwater.org/solutions/proposal-of-implementation-of-an-spatial-coverage-water-monitoring-index-scwmi#item-header-targets>).

Por fim, os resultados numéricos sintetizados por unidade, com médias para cada UGRHI, são classificados em 5 faixas e 2 classes, descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Classes do Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento (IAEM)

IAEM-Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento		Intervalos		Sustentabilidade do Gerenciamento da Qualidade	Status do Monitoramento da Qualidade X Pressão Antrópica
Classes	Insuficiente	0	0,355	Alta vulnerabilidade à pressão antrópica	Vulnerável
	Pouco Abrangente	0,356	0,505	Vulnerabilidade Significativa	
	Suficiente	0,506	0,605	Não Vulnerável	Não Vulnerável
	Abrangente	0,606	0,755	Sustentável	
	Muito Abrangente	0,756	1	Boa Sustentabilidade	

Os produtos gerados pelos dois métodos de padronização, resultam em 2 séries normalizadas, as quais foram posteriormente multiplicadas pelo viés de 2 pesos, duas visões ou opiniões, que devem ser analisados ao máximo. Comparando-se as 4 séries de índices gerados passou-se a interpretação dos resultados e tendo



como base a realidade da época de cada ano, entendeu-se que o resultado que melhor representou o período de estudo foi o método da padronização intervalada. E dentre as duas visões ou pesos propostos, entendeu-se que era melhor considerar os resultados obtidos na segunda fase da AMC – sensibilização que é a multiplicação pelos pesos. A visão AMC dá uma importância ligeiramente maior para a parte dos benefícios (0,55), ou seja, para a gestão da água, que engloba o número de pontos, sua densidade espacial e a média do IQA, pois é principalmente para se evidenciar esta condição, de boa gestão da qualidade, que este índice de abrangência se atém, frente aos custos causados pelo uso antrópico (0,45).

### **3. Análise do IAEM 2010 e IAEM 2020**

As Tabela 3 e Tabela 4 mostram as matrizes AMC de cálculo para os anos de 2010 e 2020.

Tabela 3 – AMC- Análise Multicriterial do Ano de 2010

Matriz de Análise Multi-criterial para geração do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento-Estado de São Paulo: Ano 2010																									
Fator Analisado	Dados Originais	UGHRIs	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10	SP
		Área (Km²)	675	1.948	17.068	22.689	15.925	13.149	16.749	6.783	15.588	13.196	10.769	12.395	8.993	9.125	15.004	7.239	11.779	14.444	14.178	5.868	2.818	11.829	248.222,8
	POP. IBGE 2010	64.743	281.779	365.189	721.976	1.233.992	511.841	665.903	224.140	753.465	364.209	447.838	478.682	1.107.913	670.526	1.450.298	333.045	1.480.575	1.994.369	5.080.199	19.521.971	1.664.136	1.845.410	41.262.199	
Antropico (Pop. e Uso)	Dens. Populacional	95,92	144,65	21,40	31,82	77,49	38,93	39,76	33,04	48,34	27,60	41,59	38,62	123,20	73,48	96,66	46,01	125,70	138,08	358,32	3326,85	590,54	156,01	166,73	
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	
Ambiental (Monit. Água)	Valor Médio IQA	Índice 0-100	48,80	66,51	57,13	61,84	58,23	76,02	70,11	70,67	76,15	65,80	64,73	75,01	67,86	61,41	56,39	59,02	61,75	68,41	48,58	46,07	58,30	62,31	
	Núm. Pontos Calc.	unidade	2	30	9	8	12	5	4	1	8	6	3	5	4	12	36	4	8	20	82	49	15	348	
	Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	2,96	15,40	0,53	0,35	0,75	0,38	0,24	0,15	0,51	0,45	0,28	0,40	0,44	1,32	2,40	0,55	0,68	1,38	5,78	8,35	5,32	2,11	1,38
	IAEM 2010	∑ Pesos 2 compensados	0,62	0,83	0,64	0,65	0,57	0,62	0,60	0,59	0,62	0,59	0,58	0,61	0,52	0,52	0,55	0,50	0,51	0,48	0,53	0,28	0,45	0,45	12,30
Matriz de Análise (não usa pesos)	Padronização 1	Gráfico 1	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO do ESTADO DE SÃO PAULO																						
	Maximum Standardization	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10	
	Dens. Populacional	hab/km²	0,9776	0,9630	1,00	0,9969	0,9831	0,9947	0,9945	0,9965	0,9919	0,9981	0,9939	0,9948	0,9694	0,9843	0,9774	0,9926	0,9686	0,9649	0,8987	0,0064	0,8289	0,9595	
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,49	0,67	0,57	0,62	0,58	0,76	0,70	0,71	0,76	0,66	0,65	0,75	0,68	0,61	0,56	0,59	0,62	0,68	0,49	0,46	0,58	0,52	
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
	Num. Pontos calc.	unidade	0,64	0,87	0,75	0,81	0,76	1,00	0,92	0,93	1,00	0,86	0,85	0,99	0,89	0,81	0,74	0,78	0,81	0,90	0,64	0,60	0,77	0,68	
Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,19	1,00	0,03	0,02	0,05	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,09	0,16	0,04	0,04	0,09	0,38	0,54	0,35	0,14		
Matriz de Análise (não usa pesos)	Padronização 2	Gráfico 2	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO do ESTADO DE SÃO PAULO																						
	Interval Standardization	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10	
	Dens. Populacional	hab/km²	0,9775	0,9627	1,0000	0,9968	0,9830	0,9947	0,9944	0,9965	0,9918	0,9981	0,9939	0,9948	0,9692	0,9842	0,9772	0,9926	0,9684	0,9647	0,8981	0,000000	0,8278	0,9593	
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,49	0,67	0,57	0,62	0,58	0,76	0,70	0,71	0,76	0,66	0,65	0,75	0,68	0,61	0,56	0,59	0,62	0,68	0,49	0,46	0,58	0,52	
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Num. Pontos calc.	unidade	0,09	0,68	0,37	0,52	0,40	1,00	0,80	0,82	1,00	0,66	0,62	0,96	0,72	0,51	0,34	0,43	0,52	0,74	0,08	0,00	0,41	0,20	
Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,18	1,00	0,02	0,01	0,04	0,02	0,01	0,00	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,08	0,15	0,03	0,03	0,08	0,37	0,54	0,34	0,13		
Ranking de preferências		Avaliação compensatória		Critérios		Variável		Visão 1		Visão 2		IAEM-Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento		Intervalos		Sustentabilidade do Gerenciamento da Qualidade		Status do Monitoramento da Qualidade X Pressão Antrópica							
Prioridades		Peso SMCE		Peso AMC		Antrópico (Dens. Pop. e Macro Uso do Uso)		Dens. Pop.		0,325		0,315		Insuficiente		0		0,355		Alta vulnerabilidade à pressão antrópica		Vulnerável			
Dens. Populacional		0,315		0,25		Custos		Impactos		0,525		0,45		Pouco Abrangente		0,356		0,505		Vulnerabilidade Significativa		Vulnerável			
Valor Médio IQA		0,45		0,3		Ambiental (Monit. Água)		Média do IQA		0,225		0,45		Suficiente		0,506		0,605		Não Vulnerável		Não Vulnerável			
Atribuição UGHRI		0,135		0,2		Benefícios		Num. Pontos calc.		0,15		0,025		Abrangente		0,606		0,755		Sustentável		Não Vulnerável			
Num. Pontos calc.		0,025		0,1		Total		Dens. Ptos. (CEE)		0,1		0,075		Muito Abrangente		0,756		1		Boa Sustentabilidade		Não Vulnerável			
Dens. Rede Básica		0,075		0,15						1		1													
		1		1																					
Matriz de Avaliação	Compensatory Evaluation	Maximum Standardization	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO do ESTADO DE SÃO PAULO																						
	Peso SMCE	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10	
	Dens. Populacional	hab/km²	0,3079	0,30	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,28	0,00	0,26	0,30	
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,22	0,30	0,26	0,28	0,26	0,34	0,32	0,32	0,34	0,30	0,29	0,34	0,31	0,28	0,25	0,27	0,28	0,31	0,22	0,21	0,26	0,23	
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	0,14	0,14	0,14	0,14	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
	Num. Pontos calc.	unidade	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,01	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,03	0,01		
IAEM 2010	∑ Pesos 1 compensados	0,69	0,83	0,73	0,75	0,70	0,78	0,75	0,76	0,78	0,74	0,73	0,78	0,70	0,68	0,66	0,67	0,67	0,67	0,58	0,30	0,60	0,60		
Matriz de Avaliação	Compensatory Evaluation	Maximum Standardization	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO do ESTADO DE SÃO PAULO																						
	Peso AMC	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10	
	Dens. Populacional	hab/km²	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,24	0,22	0,00	0,21	0,24	
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,15	0,20	0,17	0,19	0,17	0,23	0,21	0,21	0,23	0,20	0,19	0,23	0,20	0,18	0,17	0,18	0,19	0,21	0,15	0,14	0,17	0,16	
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
	Num. Pontos calc.	unidade	0,06	0,09	0,08	0,08	0,08	0,10	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,10	0,09	0,08	0,07	0,08	0,08	0,09	0,06	0,06	0,08	0,07	
Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,03	0,15	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,06	0,08	0,05	0,02		
IAEM 2010	∑ Pesos 2 compensados	0,68	0,88	0,70	0,72	0,65	0,73	0,70	0,71	0,73	0,69	0,68	0,73	0,64	0,62	0,61	0,61	0,62	0,60	0,54	0,33	0,56	0,54		
Matriz de Avaliação	Compensatory Evaluation	Interval Standardization	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO do ESTADO DE SÃO PAULO																						
	Peso SCME	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10	
	Dens. Populacional	hab/km²	0,3079	0,30	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,28	0,00	0,26	0,30	
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,22	0,30	0,26	0,28	0,26	0,34	0,32	0,32	0,34	0,30	0,29	0,34	0,31	0,28	0,25	0,27	0,28	0,31	0,22	0,21	0,26	0,23	
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	0,14	0,14	0,14	0,14	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Num. Pontos calc.	unidade	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	
Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,01	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,03	0,01		
IAEM 2010	∑ Pesos 1 compensados	0,68	0,83	0,72	0,74	0,67	0,77	0,74	0,74	0,77	0,72	0,71	0,77	0,68	0,65	0,63	0,64	0,64	0,64	0,53	0,25	0,56	0,55		
Matriz de Avaliação	Compensatory Evaluation	Interval Standardization	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO do ESTADO DE SÃO PAULO																						
	Peso AMC	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10	
	Dens. Populacional	hab/km²	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,24	0,22	0,00	0,21	0,24	
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,15	0,20	0,17	0,19	0,17	0,23	0,21	0,21	0,23	0,20	0,19	0,23	0,20	0,18	0,17	0,18	0,19	0,21	0,15	0,14	0,17	0,16	
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	0,20	0,20	0,20	0,20	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Num. Pontos calc.	unidade	0,01	0,07	0,04	0,05	0,04	0,10	0,08	0,08	0,10	0,07	0,06	0,10	0,07	0,05	0,03								

Tabela 4 – AMC- Análise Multicriterial do Ano de 2020

Matriz de Análise Multi-criterial para geração do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento - Estado de São Paulo: Ano 2020																									
Fator Analisado	Dados Originais	UGHRI	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10	SP
		Área (Km²)	675	1.948	17.068	22.689	15.925	13.149	16.749	6.783	15.588	13.196	10.769	12.395	8.993	9.125	15.004	7.239	11.779	14.444	14.178	5.868	2.818	11.829	248.219,5
	Critérios	POP. IBGE 2020	70.125	341.132	381.230	782.169	1.375.688	568.329	727.434	239.412	837.412	390.252	488.188	516.905	1.263.688	744.851	1.634.221	361.964	1.663.315	2.253.095	5.909.454	21.704.648	1.881.706	2.154.115	45.919.049
	Antrópico (Pop. e Uso)	Dens. Populacional	103,89	175,12	22,34	34,47	86,39	43,22	43,43	35,30	53,72	29,57	45,33	41,70	140,52	81,63	108,92	50,00	141,21	155,99	416,80	3698,82	667,75	182,10	184,99
		Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3
Ambiental (Monit. Água)	Valor Médio IQA	Índice 0-100	63,48	68,23	63,51	61,29	58,83	73,92	73,53	66,86	70,68	58,86	57,21	64,02	51,40	56,32	55,98	51,85	60,46	61,20	50,65	36,57	61,95	54,83	60,08
	Núm. Pontos Calc.	unidade	3	7	4	5	6	6	3	1	5	3	3	7	5	6	6	4	5	12	35	67	16	21	230
	Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	4,44	3,59	0,23	0,22	0,38	0,46	0,18	0,15	0,32	0,23	0,28	0,56	0,56	0,66	0,40	0,55	0,42	0,83	2,47	11,42	5,68	1,78	0,93
	IAEM 2020	∑ Pesos 2 compensados	0,70	0,70	0,65	0,64	0,57	0,62	0,61	0,58	0,60	0,56	0,56	0,59	0,47	0,50	0,49	0,48	0,50	0,45	0,46	0,36	0,49	0,46	12,01
Matriz de Padronização (não usa pesos)	Padronização 1	Gráfico 1	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO do ESTADO DE SÃO PAULO																						
	Maximum Standardization	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10	
	Dens. Populacional	hab/km²	0,9780	0,9587	1,00	0,9967	0,9827	0,9944	0,9943	0,9965	0,9915	0,9980	0,9938	0,9948	0,9680	0,9840	0,9766	0,9925	0,9679	0,9639	0,8934	0,0060	0,8255	0,9568	
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,63	0,68	0,64	0,61	0,59	0,74	0,74	0,67	0,71	0,59	0,57	0,64	0,51	0,56	0,56	0,52	0,60	0,61	0,51	0,37	0,62	0,55	
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
	Num. Pontos calc.	unidade	0,04	0,10	0,06	0,07	0,09	0,09	0,04	0,01	0,07	0,04	0,04	0,10	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,18	0,52	1,00	0,24	0,31	
Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,39	0,31	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,07	0,22	1,00	0,50	0,16		
Matriz de Padronização (não usa pesos)	Padronização 2	Gráfico 2	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO do ESTADO DE SÃO PAULO																						
	Interval Standardization	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10	
	Dens. Populacional	hab/km²	0,9778	0,9584	1,0000	0,9967	0,9826	0,9943	0,9943	0,9965	0,9915	0,9980	0,9937	0,9947	0,9679	0,9839	0,9764	0,9925	0,9677	0,9636	0,8927	0,000000	0,8244	0,9565	
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,63	0,68	0,64	0,61	0,59	0,74	0,74	0,67	0,71	0,59	0,57	0,64	0,51	0,56	0,56	0,52	0,60	0,61	0,51	0,37	0,62	0,55	
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Num. Pontos calc.	unidade	0,03	0,09	0,05	0,06	0,08	0,08	0,03	0,00	0,06	0,03	0,03	0,09	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,17	0,52	1,00	0,23	0,30	
Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,38	0,31	0,01	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,04	0,04	0,05	0,02	0,04	0,02	0,06	0,21	1,00	0,49	0,14		
Ranking de preferências		Avaliação compensatória		Critérios		Variável		Visão 1		Visão 2		IAEM-Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento		Intervalos		Sustentabilidade do Gerenciamento da Qualidade		Status do Monitoramento da Qualidade X Pressão Antrópica							
Prioridades		Peso SMCE		Peso AMC		Antrópico (Dens. Pop. e Macro Uso do Uso)		Dens. Pop.		0,325		0,315		Insuficiente		Alta vulnerabilidade à pressão antrópica		Vulnerável							
Dens. Populacional		0,315		0,25		Atribuição da UGHRI		0,2		0,135															
Valor Médio IQA		0,45		0,3		Custos		Impactos		0,525		0,45		Pouco Abrangente		Vulnerabilidade Significativa		Vulnerável							
Atribuição UGHRI		0,135		0,2		Ambiental (Monit. Água)		Média do IQA		0,225		0,45													
Num. Pontos calc.		0,025		0,1		Benefícios		Num. Pontos calc.		0,15		0,025		Suficiente		Não Vulnerável		Não Vulnerável							
Dens. Rede Básica		0,075		0,15				Dens. Ptos. (CEE)		0,1		0,075													
		1		1				Gestão		0,475		0,55		Abundante		Boa Sustentabilidade		Não Vulnerável							
								Total		1		1													
Matriz de Avaliação Compensatória (usa pesos)	Compensatory Evaluation	Maximum Standardization	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO do ESTADO DE SÃO PAULO																						
	Peso SMCE	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10	
	Dens. Populacional	hab/km²	0,3081	0,30	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,28	0,00	0,26	0,30
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,29	0,31	0,29	0,28	0,26	0,33	0,33	0,30	0,32	0,26	0,26	0,29	0,23	0,25	0,25	0,23	0,27	0,28	0,23	0,16	0,28	0,25	
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	0,14	0,14	0,14	0,14	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
	Num. Pontos calc.	unidade	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,01	
Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,08	0,04	0,01		
IAEM 2020	∑ Pesos 1 compensados	0,76	0,77	0,74	0,73	0,68	0,75	0,75	0,72	0,74	0,68	0,67	0,71	0,61	0,64	0,63	0,62	0,65	0,62	0,57	0,30	0,62	0,60		
Matriz de Avaliação Compensatória (usa pesos)	Compensatory Evaluation	Maximum Standardization	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO do ESTADO DE SÃO PAULO																						
	Peso AMC	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10	
	Dens. Populacional	hab/km²	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,24	0,22	0,00	0,21	0,24	
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,19	0,20	0,19	0,18	0,18	0,22	0,22	0,20	0,21	0,18	0,17	0,19	0,15	0,17	0,17	0,16	0,18	0,18	0,15	0,11	0,19	0,16	
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
	Num. Pontos calc.	unidade	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	0,10	0,02	0,03	
Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,06	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,15	0,07	0,02		
IAEM 2020	∑ Pesos 2 compensados	0,70	0,70	0,65	0,64	0,59	0,64	0,63	0,60	0,62	0,58	0,58	0,61	0,51	0,53	0,53	0,52	0,54	0,50	0,51	0,41	0,54	0,51		
Matriz de Avaliação Compensatória (usa pesos)	Compensatory Evaluation	Interval Standardization	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO do ESTADO DE SÃO PAULO																						
	Peso SCME	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10	
	Dens. Populacional	hab/km²	0,3080	0,30	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,28	0,00	0,26	0,30	
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,29	0,31	0,29	0,28	0,26	0,33	0,33	0,30	0,32	0,26	0,26	0,29	0,23	0,25	0,25	0,23	0,27	0,28	0,23	0,16	0,28	0,25	
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	0,14	0,14	0,14	0,14	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Num. Pontos calc.	unidade	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,01		
Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	0,04	0,01		
IAEM 2020	∑ Pesos 1 compensados	0,76	0,77	0,74	0,73	0,67	0,74	0,74	0,70	0,72	0,67	0,66	0,70	0,59	0,61	0,61	0,59	0,63	0,59	0,54	0,26	0,58	0,57		
Matriz de Avaliação Compensatória (usa pesos)	Compensatory Evaluation	Interval Standardization	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO do ESTADO DE SÃO PAULO																						
	Peso AMC	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10	
	Dens. Populacional	hab/km²	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,24	0,22	0,00	0,21	0,24	
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,19	0,20	0,19	0,18	0,18	0,22	0,22	0,20	0,21	0,18	0,17	0,19	0,15	0,17	0,17	0,16	0,18	0,18	0,15	0,11	0,19	0,16	
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	0,20	0,20	0,20	0,20	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Num. Pontos calc.	unidade	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,05	0,10	0,02	0,03	
Dens. Rede Básica																									

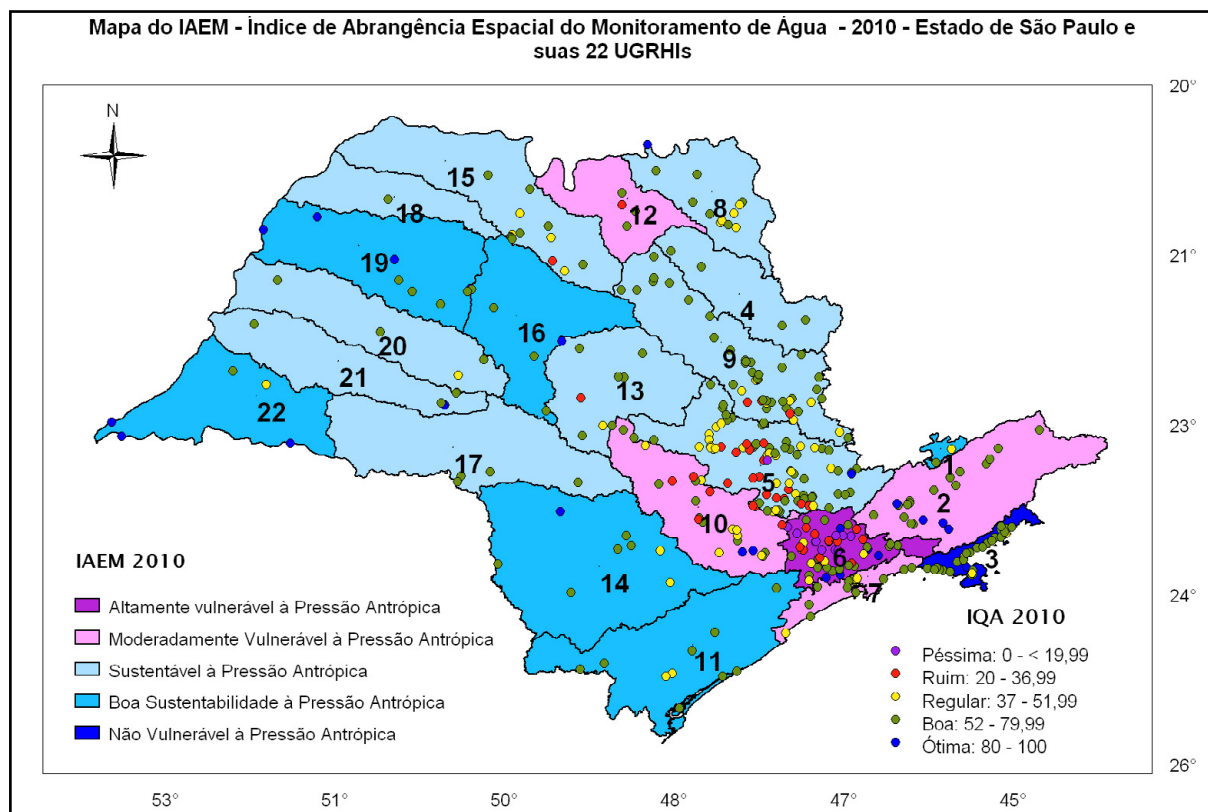
Como foi dito no Capítulo 3 do corpo principal Relatório de Águas Interiores, diferentemente dos anos anteriores, face às bruscas mudanças na composição de números da rede de monitoramento e as consequentes interrupções na rede de amostragem devido à pandemia, o intervalo de tempo de comparação do índice IAEM deixou de ser feito com 10 anos e, excepcionalmente, foi comparado com o ano de 2019. Porém a análise do ano de 2010 está inserida neste apêndice:

### 3.1 Cenário do IAEM para o ano de 2010

Em 2010, considerando os 348 pontos em que foi possível fazer o cálculo do índice IQA, a rede de monitoramento da CETESB apresentou uma densidade de 1,4 pontos por 1.000 km<sup>2</sup> atendendo novamente o critério de densidade de pontos recomendado pela Comunidade Econômica Europeia (CEE). Apesar de continuar havendo bastante desigualdade espacial na distribuição dos pontos dentro do território paulista este critério tem sido atingido para Estado de São Paulo como um todo desde 2007. Entretanto, as UGRHIs, com predominância de atividades agropecuárias, situadas na parte oeste do estado, possuíam em seu conjunto densidades abaixo da metade do recomendado, tal como a UGRHI 18 - São José dos Dourados, que em 2010 continha apenas 0,15 pontos por 1000 km<sup>2</sup>.

A população em 2010 do estado de São Paulo foi estimada em 41.262.199 habitantes, conforme <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2008/default.shtm> e a densidade populacional estadual era estimada em 166,23 habitantes por km<sup>2</sup>. O Mapa 1. mostra a classificação do IAEM em 2010 com os pontos com a classificação do IQA deste ano.

**Mapa 1** – Cenário das UGRHIs no Estado de São Paulo em função do IAEM para o ano de 2010.



Segundo os resultados do IAEM para 2010, o monitoramento foi considerado como **Muito Abrangente/Não Vulnerável** somente para uma unidade:

- A UGRHI 3- Litoral Norte, que obteve o maior IAEM do Estado de São Paulo: **0,83**. O motivo foi ter se destacado das demais por ter atingido a maior densidade de pontos (15,40 pontos/1.000 km<sup>2</sup>) entre as 22 UGRHIs, com 30 pontos monitorados além de média anual o IQA de 66,51 considerada como de Boa qualidade da água. Portanto, esta unidade não apresentava vulnerabilidade frente às questões antrópicas da época.

O índice de monitoramento **Abrangente/Sustentável** foi obtido em 6 UGRHIs, em função da pressão antrópica existente à época:

- Três UGRHIs classificadas com o macroúso do solo com ênfase para Conservação Ambiental: a UGRHI 1 - Mantiqueira, que com densidade demográfica de 95,92 hab./km<sup>2</sup> e densidade de pontos de 2,96 pontos/1.000 km<sup>2</sup>: e que obteve média do IQA 48,80 (Qualidade Regular). A UGRHI 11 - Ribeira do Iguape/Litoral Sul, que novamente apresentou a menor densidade populacional estadual, (21,40 hab./km<sup>2</sup>), portanto com a menor pressão antrópica em termos de população. Esta UGRHI voltou a ter 9 pontos em 2010 e com isto a sua densidade de pontos diminuiu para 0,53 pontos/1.000 km<sup>2</sup>. A sua média do IQA foi de 57,13 (Boa qualidade). Já a UGRHI 14 - Alto Paranapanema, que obteve IAEM de 0,65 apresentou densidade de pontos de apenas 0,35 pontos/1.000 km<sup>2</sup>, pois monitorou 8 pontos. Porém sua nota foi compensada pela baixa ocupação populacional (31,82 hab./km<sup>2</sup>) e pela média anual do IQA de 61,84 (Boa qualidade).
- E três UGRHIs predominantemente com macroúso agropecuário com fator de ponderação 2, classificadas com **abrangentes/não vulneráveis**. São elas: A UGRHI 16 - Tietê /Batalha, que teve aumento de 1 ponto de monitoramento e passou a ter 5 pontos. Obteve a segunda maior média anual do IQA 76,02, (Boa qualidade). A UGRHI 19 - Baixo Tietê, com 8 pontos de monitoramento e metade da densidade recomendada (0,51 pontos/1000 km<sup>2</sup>), mas que apresentou a melhor média estadual do IQA do ano de 2010, com índice de 76,15, (Boa qualidade). E a 22 - Pontal do Paranapanema com apenas 5 pontos e conseqüente baixa densidade de pontos (0,40 pontos/1000 km<sup>2</sup>) devido a sua área territorial. Entre seus pontos está o PARN 02900, na foz do rio Paraná que registrou o IQA de 91,56, o mais alto do estado em 2010. O IQA médio anual ficou em 75,01 (Boa qualidade). A unidade finalizou com um IAEM de 0,61.

Foram 10 as UGRHIs classificadas como tendo o índice de abrangência espacial do monitoramento **Suficiente/Não vulnerável** em 2010. Cinco delas estão grupo das UGRHIs com macroúso do solo agropecuário:

- A UGRHI 15 - Turvo/Grande, por ter o maior número de pontos (12) no grupo das UGRHIs com macroúso do solo agropecuário, obteve média do IQA (58,23), classificado como qualidade Boa e IAEM de 0,57. A UGRHI 17 - Médio Paranapanema, Voltou a ter quatro pontos e densidade caiu para apenas 0,24 pontos/1.000 km<sup>2</sup>, mas cuja média do IQA de seus três pontos foi 70,11 (Boa qualidade), o que resultou em um IAEM de 0,60. A UGRHI 18 - São José dos Dourados, que embora tenha apresentado a menor densidade de pontos do ano de 2010, com 0,15 pontos/1.000 km<sup>2</sup> (monitorou apenas 1 ponto - SJDO 02500, cuja média anual do IQA foi de 70,67 (Boa qualidade). A unidade também manteve baixa densidade demográfica, praticamente igual a de 2009, de 33,59 hab./km<sup>2</sup> para 33,04 hab./km<sup>2</sup> em 2010. Obteve IAEM de 0,59. A UGRHI 20 - Aguapeí, com IAEM de

0,59. Com baixa pressão antrópica, pois teve densidade populacional de 27,60 hab./km<sup>2</sup> e monitoramento de 6 pontos ficou com a densidade inferior a metade do recomendado (0,45 pontos/1.000 km<sup>2</sup>) pontos. O IQA médio foi de 65,80, (Boa qualidade). E a UGRHI 21 - Peixe que voltou para a categoria suficiente em 2010 com IAEM de 0,58 (**suficiente/não vulnerável**), **por ter apenas três pontos e densidade de pontos de 0,28 /1.000 km<sup>2</sup>**).

Outras quatro UGRHIs foram classificadas com macroúso do solo "em industrialização", portanto com fator de ponderação 3:

- A UGRHI 4 - Pardo que continuou com 4 pontos e densidade de pontos de 0,44 pontos/1.000 km<sup>2</sup> e 123,20 hab./km<sup>2</sup> e IQA médio de 67,86 (Boa qualidade), obtendo IAEM 0,52. A UGRHI 8 - Sapucaí/Grande que voltou a ter 12 pontos, mas se mantém acima da densidade mínima recomendada, com 1,32 pontos/1.000 km<sup>2</sup>. Sua nota do IAEM de 2010 foi de (0,52), com pequena queda em relação ao ano anterior (0,54) apesar da média anual do IQA 61,41 (Boa qualidade). Já a UGRHI 9-Mogi-Guaçu, manteve o dobro da densidade de pontos recomendada (2,4 pontos/1.000 km<sup>2</sup>) e melhorou a média de IQA anual para 56,39 (Boa qualidade). Na UGRHI 13 – Tietê/Jacaré, a densidade populacional ficou em 125,70 hab./km<sup>2</sup>. Esta unidade recebeu um ponto novo, e passou de 0,59 pontos/1.000 km<sup>2</sup>), para 0,68, mas ainda permanece abaixo da densidade recomendada. A média anual do IQA melhorou e manteve a qualidade Boa (IQA 61,75).

Ainda neste grupo com IAEM 0,53, e classificada como **suficiente/não vulnerável** está a uma unidade com macroúso do solo industrial:

- UGRHI 5 - Piracicaba/Capivari/Jundiaí, com 5 milhões de habitantes. Isto se deve em função de ter apresentado o maior número de pontos monitorados por unidade: 82 pontos e por ser a segunda maior UGRHI em termos de densidade de pontos monitorados, com 5,78 pontos/1.000 km<sup>2</sup> do estado. A média anual do IQA se destacou como a segunda pior do conjunto estadual em 2010, com 48,58 (Qualidade Regular).

Foram classificadas na categoria do IAEM **Pouco abrangente/Moderadamente vulnerável à pressão antrópica** as seguintes UGRHIs: 3 unidades das 5 UGRHIs denominadas industriais: UGRHI 2 - Paraíba do Sul 7 - Baixada Santista e 10 - Sorocaba/Médio Tietê, por terem alta densidade demográfica e macroúso do solo ponderado pelo maior valor de impacto para o fator de pressão antrópica (4):

- A UGRHI 2 - Paraíba do Sul, que passou a monitorar 20 pontos, atingindo densidade de 1,38 pontos/1.000 km<sup>2</sup>, (ainda a menor relação entre as UGRHIs com macroúso do solo industrial). A unidade apresenta uma população total próxima de 2 milhões (1.994.369 em 2010) com fator antrópico significativo. Apesar de manter uma boa qualidade de água com IQA médio 68, apresentou IAEM 0,48 considerado como **pouco abrangente e vulnerável**. A UGRHI 7 - Baixada Santista, que esteve com 15 pontos de monitoramento em 2010, tem densidade de pontos 5 vezes (5,32 pontos/1.000 km<sup>2</sup>) acima do recomendado, mas está nesta categoria principalmente devido à alta densidade populacional, de 590,54 hab./km<sup>2</sup>. O IQA médio foi de 58,30 (Boa qualidade). Também nesta classe está a UGRHI 10 - Sorocaba/Médio Tietê, que passou de 21 para 25 pontos em 2010, e tem 2,11 de densidade de pontos. A média anual do IQA de 2009 foi de 50,09 (Qualidade Regular) mas em 2010 passou para 52,07 (Boa qualidade). Apresentou IAEM de 0,44.

Ainda nesta categoria pouco **abrangente e vulnerável** está uma unidade com uso do solo em industrialização:

- A UGRHI 12 – Baixo Pardo/Grande, que manteve a densidade populacional baixa: 46,01 hab./km<sup>2</sup> e IQA médio de 59,02 (Boa qualidade). Apesar de ter passado de 2 pontos em 2009 para 4 pontos em 2010 continua a apresentar baixa densidade de pontos, 0,55 pontos/1.000 km<sup>2</sup>).

E por fim, foi considerada com a classe **Insuficiente/altamente vulnerável** em 2010 somente uma unidade:

- A UGRHI 6 - Alto Tietê, com o índice IAEM **de 0,28**. A UGRHI 6 - Alto Tietê, apesar de ter 49 pontos e com a segunda maior densidade de pontos do estado de 2009, com 8,35 pontos/1.000 km<sup>2</sup> apresentou, em contrapartida, densidade populacional muito alta, de 3,326,85 hab./km<sup>2</sup> que produzem esgoto doméstico acima da capacidade de assimilação dos corpos hídricos urbanos receptores, estando **vulnerável à pressão antrópica**, A média anual do IQA em 2010 foi de 46,07, (Qualidade Regular), mas vários pontos apresentaram IQA de Péssima qualidade, tal como o ponto TAMT 04900 na foz do rio Tamanduateí, que foi o pior deles, com média anual do IQA 15,37 (Qualidade Péssima).

Em resumo, conforme o IAEM 2010, das 22 UGRHIs, somente 5 unidades foram classificadas com o monitoramento vulnerável a pressão antrópica existente à época. Estiveram com monitoramento não vulnerável 17 UGRHIs. Se fosse considerado somente o critério da CEE (densidade territorial), somente 9 unidades do Estado de São Paulo atenderiam ao critério da densidade recomendada.

### 3.2 Cenário do IAEM para o ano de 2020

Em 2020, segundo a Estimativa do IBGE, a população do Estado de São Paulo atingiu 46.289.333 habitantes, aumentando em cerca de 5 milhões durante o período 2010-2020. Somente nas UGRHIs de macroúso do solo industrial, notadamente com maior pressão antrópica, houve um incremento de 3,4 milhões de pessoas. Como já dissemos anteriormente, a redução do número de pontos de monitoramento devido à pandemia de COVID-19 representou uma diminuição de mais de 50% da rede existente em 2019, passando de 477 pontos ativos em 2019 para 230 pontos com no mínimo de três coletas em 2020. Com isto, o Estado de São Paulo passou a ter uma densidade de 1,92 pontos/1.000 km<sup>2</sup> em 2019 para 0,93 pontos/1.000 km<sup>2</sup> em 2020, conforme Tabela 5.

**Tabela 5 –** Dados originais para geração do Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento 2019 e 2020.

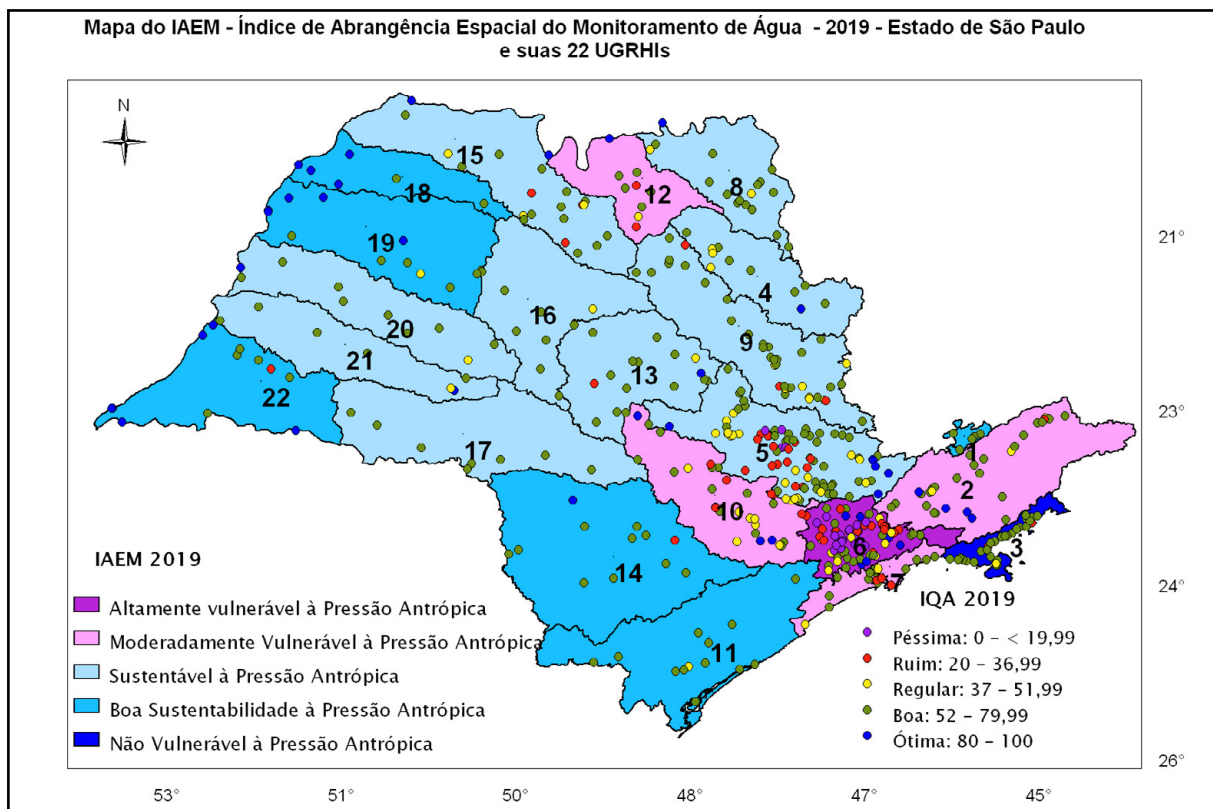
Matriz de Análise Multi-criterial para geração do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento-Estado de São Paulo: Ano 2019									Matriz de Análise Multi-criterial para geração do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento-Estado de São Paulo: Ano 2020								
Fatores Analisados:			Antrópico (Custos)		Monit. Ambiental (Benefícios)			Resultado IAEM (ÍNDICE 0-1)	Fatores Analisados:			Antrópico (Custos)		Monit. Ambiental (Benefícios)			Resultado IAEM (ÍNDICE 0-1)
Dados Originais		Critérios	Dens. Pop.	Macro Uso-Solo	Média anual IQA/ UGHRI	Núm. Pontos Calc.	Dens.Red. Básica		Dados Originais		Critérios	Dens. Pop.	Macro Uso-Solo	Média anual IQA/ UGHRI	Núm. Pontos Calc.	Dens.Red. Básica	
UGHRIS	Área Km²	POP. IBGE 2019	hab/km²	fator de pressão 1 a 4	Índice (0-100)	unidade	Ptos./1000 km²	IAEM 2019	UGHRIS	Área Km²	POP. IBGE 2020	hab/km²	fator de pressão 1 a 4	Índice (0-100)	unidade	Ptos./1000 km²	IAEM 2020
1	675	69.777	103,37	1	58,96	5	7,41	0,69	1	675	70.125	103,89	1	63,48	3	4,44	0,70
2	14.444	2.233.736	154,65	4	63,96	31	2,15	0,48	2	14.444	2.253.095	155,99	4	61,20	12	0,83	0,45
3	1.948	336.281	172,63	1	64,53	31	15,91	0,81	3	1.948	341.132	175,12	1	68,23	7	3,59	0,70
4	8.993	1.251.815	139,20	3	60,80	11	1,22	0,51	4	8.993	1.263.688	140,52	3	51,40	5	0,56	0,47
5	14.178	5.844.351	412,21	4	52,80	91	6,42	0,54	5	14.178	5.909.454	416,80	4	50,65	35	2,47	0,46
6	5.868	21.547.632	3.672,06	4	40,41	73	12,44	0,32	6	5.868	21.704.648	3.698,82	4	36,57	67	11,42	0,36
7	2.818	1.865.397	661,96	4	56,97	19	6,74	0,45	7	2.818	1.881.706	667,75	4	61,95	16	5,68	0,49
8	9.125	739.517	81,04	3	62,61	17	1,86	0,53	8	9.125	744.851	81,63	3	56,32	6	0,66	0,50
9	15.004	1.620.532	108,01	3	58,08	36	2,40	0,54	9	15.004	1.634.221	108,92	3	55,98	6	0,40	0,49
10	11.829	2.129.775	180,05	4	57,63	28	2,37	0,46	10	11.829	2.154.115	182,10	4	54,83	21	1,78	0,46
11	17.068	380.592	22,30	1	65,13	13	0,76	0,66	11	17.068	381.230	22,34	1	63,51	4	0,23	0,65
12	7.239	360.056	49,74	3	56,58	9	1,24	0,50	12	7.239	361.964	50,00	3	51,85	4	0,55	0,48
13	11.779	1.649.810	140,06	3	61,88	16	1,36	0,52	13	11.779	1.663.315	141,21	3	60,46	5	0,42	0,50
14	22.689	778.267	34,30	1	67,65	12	0,53	0,66	14	22.689	782.169	34,47	1	61,29	5	0,22	0,64
15	15.925	1.365.415	85,74	2	59,82	21	1,32	0,59	15	15.925	1.375.688	86,39	2	58,83	6	0,38	0,57
16	13.149	564.282	42,91	2	65,86	9	0,68	0,59	16	13.149	568.329	43,22	2	73,92	6	0,46	0,62
17	16.749	723.278	43,18	2	67,46	8	0,48	0,59	17	16.749	727.434	43,43	2	73,53	3	0,18	0,61
18	6.783	238.519	35,16	2	76,92	6	0,88	0,62	18	6.783	239.412	35,30	2	66,86	1	0,15	0,58
19	15.588	831.375	53,33	2	74,78	12	0,77	0,62	19	15.588	837.412	53,72	2	70,68	5	0,32	0,60
20	13.196	388.685	29,45	2	66,99	11	0,83	0,59	20	13.196	390.252	29,57	2	58,86	3	0,23	0,56
21	10.769	485.485	45,08	2	68,42	6	0,56	0,59	21	10.769	488.188	45,33	2	57,21	3	0,28	0,56
22	12.395	514.472	41,51	2	71,13	12	0,97	0,61	22	12.395	516.905	41,70	2	64,02	7	0,56	0,59
SP	248.219,5	45.919.049	183,35	3	62,66	477	1,92	12,44	SP	248.219,5	46.289.333	186,49	3	60,08	230	0,93	12,01
								Σ IAEM 2019									Σ IAEM 2020

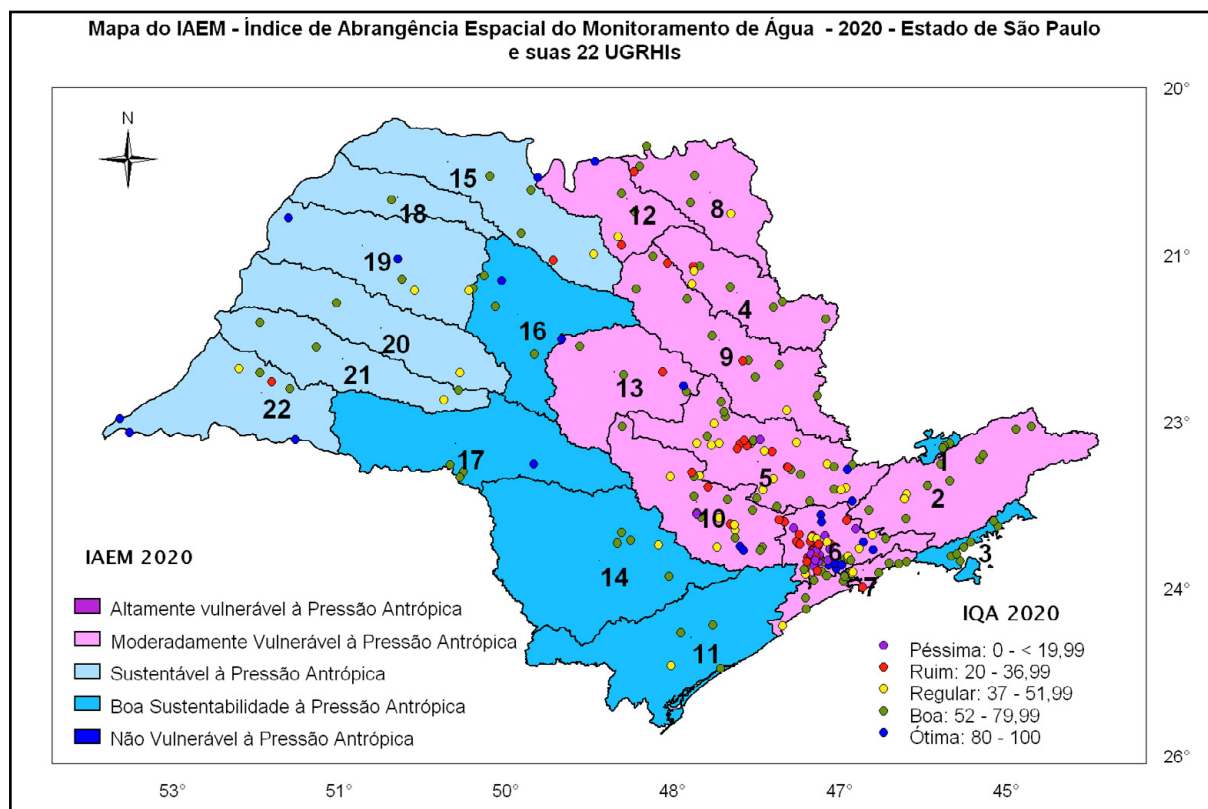


A menor incidência da presença do monitoramento de pontos da Rede Básica em todas as UGRHs fez a amplitude da distribuição espacial da densidade de pontos/1.000 km<sup>2</sup> dentro do conjunto das 22 UGRHs ficar um pouco menor. Em 2019 a amplitude foi de **15,44 pontos/1.000 km<sup>2</sup>**, variando de 0,48 pontos/1.000 km<sup>2</sup>, caso da UGRHI 17 – Médio Paranapanema à 15,91 pontos/1.000 km<sup>2</sup>, caso da UGRHI 3 - Litoral Norte. Já em 2020, essa amplitude foi de 11,27 pontos/1.000 km<sup>2</sup> variando de 0,15 pontos/1.000 km<sup>2</sup> na UGRHI 18 - São Jose dos Dourados à 11,42 pontos/1.000 km<sup>2</sup> na UGRHI 6 – Alto Tietê, mostrando que existem, em ambas as comparações, grandes desigualdades espaciais no monitoramento entre as UGRHs quando somente o fator densidade de pontos é considerado.

Em termos de mudança de classes do índice multicritério do IAEM, em relação ao ano de 2019, verificam-se 12 alterações na classificação: 5 unidades melhoraram e mudaram de classe (UGRHI 6 – Alto Tietê, 16 – Tietê/Batalha e UGRHI 17 –Alto Paranapanema). Os Mapa 2 Mapa 3 resumem a situação das UGRHs em relação ao IAEM em 2019 e 2020.

**Mapa 2** – Situação das UGRHs no Estado de São Paulo em função do IAEM - 2019



**Mapa 3 – Situação das UGRHIs no Estado de São Paulo em função do IAEM - 2020**

Segundo os resultados do IAEM para 2020, nenhuma UGRHI foi classificada com monitoramento **Muito Abrangente/ Boa Sustentabilidade**.

Seis UGRHIs, segundo os critérios do IAEM, apresentaram índice de monitoramento **Abrangente/sustentáveis** frente à pressão antrópica:

Todas as quatro unidades com macroúso destinado a conservação: As UGRHIs 1, 11 e 14 as quais têm o macroúso do solo ponderado no fator 1 (com grandes unidades de conservação):

- A UGRHI 1 - Mantiqueira passou de 5 pontos de amostragem em 2019 para 3 e com isto a sua densidade diminuiu para 4,44 pontos/1.000 km<sup>2</sup>. Entretanto o a média do IQA subiu de 58,96 (qualidade Boa) para 63,48 (qualidade Boa) em 2020 e o IAEM melhorou de 0,69 em 2019 para 0,70 em 2020, sendo esta a melhor nota do IAEM do estado em 2020. A UGRHI 3 - Litoral Norte, cuja média do IQA melhorou de 64,53 (Boa qualidade) em 2019 para 68,23 (Boa qualidade) em 2020. Nos anos anteriores, inclusive em 2019, a unidade apresentou altíssima densidade de pontos - 15,91 pontos/1.000 km<sup>2</sup> pois tem muitos rios que nascem na Serra do Mar e drenam diretamente para o mar. Com a pandemia passou a ter densidade de 3,59 pontos/1.000 km<sup>2</sup>, com redução de 31 (2019) para sete pontos monitorados em 2020. Com isto houve queda no IAEM de 0,81, para 0,70 e a unidade mudou da melhor categoria (**Muito abrangente/não vulnerável**) para **Abrangente/não vulnerável**.
- A UGRHI 11 - Ribeira de Iguape/Litoral Sul, que continua a apresentar a menor pressão antrópica do estado, com densidade populacional de 22,34 hab./km<sup>2</sup> em 2020, passou de 13 pontos em 2019 para somente quatro pontos, com densidade bem abaixo do recomendado: 0,23 pontos/1.000 km<sup>2</sup>.

A média do IQA 2019 foi 65,13 (Boa qualidade) e permaneceu muito semelhante em 2020, 63,51 (Boa qualidade).

- A UGRHI 14 - Alto Paranapanema, cujo IAEM variou de 0,66 para 0,64 permanece na mesma classe. A unidade continua a apresentar baixa densidade populacional 34,47 hab./km<sup>2</sup>. A redução de pontos foi de 12 para cinco em 2020, o que diminuiu a sua densidade de pontos de 0,53 pontos/1.000 km<sup>2</sup> em 2019 para 0,22 pontos/1.000 km<sup>2</sup> em 2020. O seu IQA médio continua com Boa qualidade, variando negativamente a sua média anual de 2019 com 67,65 em 2019 para 61,29.

Outras duas UGRHIs com unidades com macroúso agropecuário passaram a integrar esta categoria

**Abrangente/sustentáveis**, são elas:

- A UGRHI 16 - Tietê/Batalha, que melhorou de categoria, pois o IAEM passou de 0,59 para 0,62. A unidade mantém baixa densidade demográfica com 42,91 hab./km<sup>2</sup> em 2020, portanto, pressão antrópica praticamente estável. Essa UGRHI, que já possuía densidade de pontos abaixo do recomendado em 2019, de 0,68 pontos/1000 km<sup>2</sup>, monitorou seis pontos em 2020 e obteve 0,46 pontos/1000 km<sup>2</sup>. Apresentou média do IQA 65,86 (Boa qualidade) em 2019 e melhorou para 73,92, que foi a maior média estadual do IQA em 2020.
- A UGRHI 17 – Médio Paranapanema, que também apresenta baixa densidade demográfica 43,43 hab./km<sup>2</sup> em 2020, tal como no ano de 2019. Mas reduziu de 8 pontos em 2019 para apenas 3 pontos em 2020, com densidade de pontos muito abaixo da metade do recomendado: 0,18 pontos/1.000 km<sup>2</sup>. Mas em função do macroúso do solo com ponderação 2 e melhora na média anual do IQA de 67,46 (2019), que passou para 73,53 (Boa qualidade) em 2020, o seu IAEM subiu de 0,59 (suficiente) para 0,61 (abrangente/sustentável).

Foram 6 as UGRHIs classificadas com o Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento classificadas como **“Suficiente/sustentáveis”**: São todas do grupo UGRHIs com unidades com macroúso agropecuário:

- A UGRHI 15 - Turvo/Grande é a única UGRHI do grupo das agropecuárias que havia atingido a densidade recomendada, com 1,32 pontos/1000 km<sup>2</sup>, em 2019 com 21 pontos. Mas em 2020, com apenas 6 pontos, a densidade voltou para 1/3 do recomendado. A média anual do IQA foi classificada na categoria Boa, com 59,82 em 2019, permanecendo muito semelhante em 2020, com 58,83.
- A UGRHI 18 - São José dos Dourados, cuja pressão antrópica manteve-se estável. A população desta unidade passou de 238.519 em 2019 para 239.412 habitantes com uma densidade populacional entorno em 35 hab./km<sup>2</sup>. Esta UGRHI possuía 6 pontos de monitoramento em 2019 que resultavam na densidade de 0,88 pontos/1.000 km<sup>2</sup>, porém voltou a ter um único ponto, tal como no período de monitoramento até 1978 a 2012, quando apresentava a pior densidade do estado com 0,15 pontos/1.000 km<sup>2</sup>. A média anual do IQA em 2019 foi a maior dentre todas as outras unidades do estado, 76,92 (Boa qualidade), porém com um só ponto em 2020 a média foi de 66,86. Nesta unidade o IAEM variou negativamente passando de 0,62 em 2019, abrangente, com boa sustentabilidade para 0,58 em 2020.
- A UGRHI 19 - Baixo Tietê, que diminuiu de 12 pontos em 2019 (densidade de 0,77 pontos/1.000 km<sup>2</sup> pelo critério da CEE) e passou a ter apenas 5, com um 1/3 da densidade recomendada. Este fator foi compensado pela baixa densidade demográfica, que tanto em 2019 quanto em 2020 esteve entorno de 53 hab./km<sup>2</sup> e, também, pelo fato de ter o macroúso do solo ponderado no fator 2. O IQA Médio anual apresentou piora no período, com média anual passando de 74,78 em 2019

- para 70,68 (Boa qualidade em ambos os casos). Com isto, essa UGRHI classificou-se como sustentável frente à pressão antrópica, uma vez que o seu IAEM foi 0,62, em 2019 e 0,60 em 2020.
- A UGRHI 20 – Aguapeí, que tal como 2019 mantém-se na mesma categoria do IAEM (**Suficiente / não vulnerável**), porém a média variou negativamente de 0,59 em 2019 para 0,56 em 2020. Além disto, essa UGRHI possuía 11 pontos (com 0,83 pontos/1.000 km<sup>2</sup>) e passou para três, ficando com densidade de 0,23 pontos/1.000 km<sup>2</sup>, muito abaixo da recomendada. O IQA médio se manteve com qualidade Boa em ambos os anos estudados: 66,99 (2019) e 58,86 (2020). A baixa densidade populacional variou pouco, mantendo assim uma baixa pressão antrópica sobre seus recursos hídricos.
  - A UGRHI 21 – Peixe, que obteve em 2019 IAEM de 0,59 e oscilou negativamente para 0,56 em 2020. Apesar de ter mantido baixa densidade populacional, estável no período, variando em 45 hab./km<sup>2</sup> em 2019 e 2020, continua também apresentando também baixa densidade de pontos de monitoramento com 0,56 pontos/1.000 km<sup>2</sup> em 2019 quando tinha seis pontos e agora com apenas 3, chegando a 0,28 pontos/1.000 km<sup>2</sup> em 2020. Em relação à qualidade de água, apresentou média anual do IQA de 68,42 em 2019 e baixou para 57,21, ambos os anos classificados como de Boa qualidade.
  - A UGRHI 22 - Pontal do Paranapanema, que estava com IAEM de 0,61 em 2019 (Abrangente/Boa sustentabilidade), ao passo que em 2020 caiu para 0,59, e foi para a classe Suficiente/não vulnerável. A população desta UGRHI, que cresceu de 514.472 para 516.905 habitantes, não gera grande pressão antrópica, sendo de 41 hab./km<sup>2</sup> a densidade populacional em 2020. O número de pontos de monitoramento em 2019 quase atingiu a densidade recomendada, sendo de 0,97 pontos/1.000 km<sup>2</sup>, mas com a redução de pontos, a densidade caiu para 0,56 pontos/1.000 km<sup>2</sup>. A média do IQA anual desta unidade foi classificada como de Boa qualidade em 2019 (71,13) e (64,02) em 2020. Destaca-se que nesta unidade foi obtida a melhor nota do IQA no estado em 2020: O ponto PARN 02900, na foz do Rio Paraná registrou 91,85 (qualidade Ótima).

Em 2020 o número de UGRHIs que foram classificadas com o IAEM **“Pouco abrangente/ vulnerabilidade significativa”** aumentou de 4 para 10. Entre elas estão todas as 5 UGRHIs com macroúso do solo com predominância em industrialização onde verifica-se que todas tiveram queda na nota do IAEM, sendo que a redução de pontos afetou a abrangência espacial do monitoramento em todas elas. Entre as 5 UGRHIs em industrialização, os motivos são:

- A UGRHI 4 - Pardo, que, mudou da categoria não vulnerável (0,51 em 2019) para vulnerável (0,47 em 2020) que possuía 11 pontos em 2019 e tinha atingido a densidade territorial mínima da CEE de 1,22 pontos/1.000 km<sup>2</sup>. Contudo, em função das restrições da pandemia só manteve 5 pontos com três coletas e assim a densidade caiu para 0,56 pontos/1.000 km<sup>2</sup>. Além disto, sua média anual do IQA que era 60,80 (Boa qualidade) em 2019 caiu para 51,40 em 2020, mudando para qualidade Regular.
- A UGRHI 8 - Sapucaí/Grande também mudou da categoria **“Suficiente/não vulnerável”** pois tinha IAEM de 0,53 em 2019 e foi para 0,50 em 2020, ficando com o monitoramento vulnerável. A população da UGRHI era de 739.517 habitantes em 2019 e passou para 744.851 em 2020, mas manteve a densidade populacional similar ao ano anterior, entorno de 75 hab./km<sup>2</sup>. Já em número de pontos monitorados, houve retrocesso no período 2019/2020: de 17 pontos, com densidade de 1,86 pontos/1.000 km<sup>2</sup> em 2019 para apenas 6 pontos com densidade de 0,66 pontos/1.000 km<sup>2</sup> em 2020. O IQA médio, que foi de 62,61 (Boa qualidade) em 2019, caiu para 56,32 (Boa qualidade) em 2020.

- A UGRHI 9 - Mogi-Guaçu, que em 2019 tinha 1.620.532 habitantes passou para 1.634.221 habitantes em 2020. Possuía 36 pontos de monitoramento, considerado sustentável, com densidade de 2,40 pontos/1.000 km<sup>2</sup>. Porém em 2020 o número de pontos foi reduzido para 6, com densidade abaixo do recomendável, de 0,40 pontos/1.000 km<sup>2</sup>. Também a média do IQA caiu no período comparado, passando de 58,08 (qualidade Boa) em 2019 para 55,98 (qualidade Boa) em 2020. Assim, devido a estas alterações o IAEM de 2019 que era de 0,54 **“Suficiente/não vulnerável”** em 2020 passou para 0,49, mudando para a categoria **“pouco abrangente, com vulnerabilidade significativa”**.
- A UGRHI 12 - Baixo Pardo/Grande, do grupo com macro uso do solo em Industrialização, sendo a única pertencente a esta categoria no ano anterior. Apesar de ter mantido a variável da pressão antrópica – baixa densidade demográfica no intervalo apresentado, com cerca de 50 hab./km<sup>2</sup>, em 2020. Em 2019 atingiu a densidade de pontos recomendada, de 1,24 pontos/1.000 km<sup>2</sup>, mas com a redução do número de pontos de 9 para apenas 4, a sua densidade ficou com metade do recomendável, (0,55 pontos/1.000 km<sup>2</sup>). Porém esta unidade teve ligeira queda na média anual do IQA de 61,37 (qualidade Boa) para 51,85 (qualidade Regular). Com isto o IAEM variou de 0,55, em 2009, para 0,50 em 2019, tornando a unidade vulnerável.
- A UGRHI 13 - Tiete/Jacaré, que também mudou de categoria no período 2019 / 2020, de **“Suficiente para Pouco Abrangente/Vulnerável”**. A unidade possuía 16 pontos de monitoramento e densidade de 1,36 pontos/1000 km<sup>2</sup> em 2019, mas manteve apenas 5 pontos em 2020, reduzindo a sua densidade para 0,42 pontos/1.000 km<sup>2</sup>. Já na média anual do IQA houve leve queda de 61,88 (2019), para 60,46 em 2020, ambas demonstrando Boa qualidade da água. O IAEM 2019 foi 0,52, e o IAEM 2020 foi 0,50, portanto **pouco abrangente/ vulnerável**.

Além dessas, ainda nesta classificação **“Pouco abrangente/vulnerável à pressão antrópica”** estão 5 UGRHIs, com Fator 4 de ponderação para macroúso do solo com predominância industrial. Todas estas 5 UGRHIs apresentam predominância de uso industrial:

- A UGRHI 2 - Paraíba do Sul, onde vivem 2.253.095 habitantes (2020). Apesar de manter a boa média do IQA em 2019, 63,96 e 61,20 (qualidade Boa) em 2020, foi a única unidade com macroúso industrial a não atingir a densidade mínima recomendada em 2020, (0,83 pontos por 1.000/km<sup>2</sup>), apresentando a menor densidade de pontos entre as UGRHIs nesse macroúso tanto em 2019 (2,15 pontos por 1.000/km<sup>2</sup>) como em 2020 quando o número foi reduzido de 31 para 12 pontos.
- A UGRHI 5 - Piracicaba/Capivari/Jundiaí, de macroúso industrial, que é a segunda UGRHI mais populosa do estado, passou de 5,8 milhões de habitantes em 2019 para 5,9 milhões de habitantes em 2020. Apresentou reclassificação em 2020, deixando a classe abrangente/sustentável para **“Pouco abrangente/vulnerável”** à pressão antrópica. Apesar do macroúso do solo ser ponderado por 4, e ser bem povoada, era a única da categoria industrial classificada como sustentável à pressão antrópica nos últimos anos, inclusive em 2019 quando teve o maior número de pontos (91) por UGRHI do estado. Já em 2020 foram mantidos apenas 35 pontos. A densidade passou de 6,42 pontos/1.000 km<sup>2</sup> para 2,47 pontos/1.000 km<sup>2</sup>. Além disto, houve queda no IQA médio de 52,80 (qualidade Boa) em 2019 para 50,65 (qualidade Regular). Com tudo isto o IAEM desta unidade passou de 0,54 em 2019 para 0,46, indicando falta de abrangência espacial no monitoramento.

- A UGRHI 6 - Alto Tietê apresentou em 2019 o índice IAEM insuficiente e, por isso, foi considerada **altamente vulnerável à pressão antrópica**. Contudo, no período de 2019/2020 houve melhora nesta UGRHI. O IAEM subiu de 0,32 para 0,36, passou em 2020 para a categoria **"Pouco abrangente/vulnerável"**, apesar de continuar a ser a UGRHI classificada com a pior classificação do IAEM do ano. Os seguintes fatores explicam as mudanças:
  - Alta vulnerabilidade frente à pressão antrópica existente, pois com uma população total de 21.704.648 habitantes em 2020, na qual se inclui os 12.325.232 residentes na cidade de São Paulo, altíssima densidade demográfica, que passou de 3.672,06, em 2019, para 3698,82 hab./km<sup>2</sup>, em 2020, concentrados no entorno da cidade de São Paulo;
  - Em 2019 a unidade do Alto Tietê tinha 73 pontos e apresentava uma densidade de 12,44 pontos/1.000 km<sup>2</sup> (a segunda maior do estado) e em 2020 passou a ser a primeira rede mais densa do Estado, com 11,42 pontos/1.000 km<sup>2</sup>, obtida com os 67 pontos monitorados. Muitos deles novos, pertencentes ao Projeto Novo Pinheiros e ao Projeto Mananciais. Graças a eles a redução não foi tão drástica.
  - Queda na Média do IQA 40,41 (Qualidade Regular) em 2019 para 36,57 (Qualidade Regular) em 2020, principalmente devido aos 27 novos pontos que foram colocados em locais sensíveis, tais como afluentes do Rio Pinheiros e pontos do projeto FEHIDRO mananciais. O ponto GVIT 00900, situado na foz do Córrego Guavirutuba, junto à represa de Guarapiranga, registrou a pior nota do IQA de 2020, com o valor de 10,85 (Qualidade Péssima).
- A UGRHI 7 - Baixada Santista, que esteve com 28 pontos em 2019 e com densidade de 6,74 pontos/1.000 km<sup>2</sup> e apresentou monitoramento reduzido para 16 pontos e densidade de 5,68 pontos/1.000 km<sup>2</sup>, a segunda mais densa do ano de 2020. A média do IQA melhorou de 56,97 para 61,95, ambas as notas com qualidade Boa. Contudo, com cerca de 1,8 milhões de habitantes, apresenta elevada densidade demográfica de 667,75 hab./km<sup>2</sup>, a segunda maior do estado.
- A UGRHI 10 - Sorocaba/Médio Tietê, por terem alta densidade demográfica e por apresentarem o maior valor para o fator de pressão antrópica (classe de uso industrial). Esta UGRHI tem mantido situação semelhante aos anos anteriores. O número de pontos foi de 28 em 2019 para 21 em 2020 e sua densidade foi reduzida de 2,37 pontos/1.000 km<sup>2</sup> para 1,78 pontos/1.000 km<sup>2</sup>. Assim o índice IAEM foi 0,46 tanto em 2019 como em 2020, permanecendo estável, mas ainda com vulnerabilidade significativa frente à pressão antrópica, em ambos os anos analisados.

Finalmente, nenhuma UGRHI esteve com nota alta o suficiente para ser classificada com IAEM **"Muito abrangente"**.

Resumindo-se a variação da abrangência do monitoramento, de acordo com o critério territorial da CEE, utilizado para caracterizar a abrangência da rede de monitoramento, obteve-se o seguinte cenário: em 2019 a densidade mínima foi atingida por 13 das 22 UGRHIs; em 2020, 6 das 22 UGRHIs estavam dentro do índice de densidade mínima de 1 ponto/1.000 km<sup>2</sup>;

Já de acordo com os cenários do índice de abrangência espacial do monitoramento - IAEM no período estudado, o número de UGRHIs classificadas como **"Não vulnerável à pressão antrópica"** caiu de 17 em 2019 para 12 em 2020. Dessa forma, pode-se concluir que a rede de monitoramento sofreu com os impactos das restrições de coleta e análise e houve aumento de mais unidades vulneráveis. Isto também

pode ser visto com a queda da somatória geral do estado, que foi um pouco pior, passando de 12,44 em 2019 para 12,01 em 2020.

## 4. Resultados e Conclusões

A CETESB passou a utilizar o índice IAEM com a propriedade de avaliar a evolução dos cenários de monitoramento de diversos anos. Nesse momento, a comparação temporal do índice é de 11 anos. A evolução positiva/negativa é apresentada em forma de tabelas (2 e 3) e os respectivos mapas (mapas 1 e 2) citados acima.

Resumindo-se a variação da abrangência do monitoramento, de acordo com o critério territorial da CEE, utilizado para caracterizar a abrangência da rede de monitoramento, obteve-se o seguinte cenário:

Conforme o IAEM 2010, somente 5 unidades foram classificadas com o monitoramento **vulnerável** a pressão antrópica existente à época e estiveram com monitoramento **não vulnerável** 17 UGRHIs. Dentre essas 22 UGRHIs, se fosse considerado somente o critério da CEE (densidade territorial), somente 9 unidades do Estado de São Paulo atenderiam ao critério da densidade recomendada. Em 2020, segundo o IAEM, 12 unidades foram classificadas com o monitoramento **não vulnerável** a pressão antrópica. Dentre essas 22 UGRHIs, se fosse considerado somente o critério da CEE (densidade territorial), somente 6 unidades do Estado de São Paulo atenderiam ao critério da densidade recomendada de 1 ponto/1.000 km<sup>2</sup>.

Portanto com os cenários gerados pelo índice de abrangência espacial do monitoramento - IAEM no período estudado, o número de UGRHIs classificadas como "Não vulnerável à pressão antrópica" caiu de 17 em 2010 para 12 em 2020.

Dessa forma, pode-se concluir que mesmo quando se compara com o ano de 2010 a rede de monitoramento sofreu com os impactos das restrições de coleta e análises de água e que houve aumento de mais unidades vulneráveis. Isto também pode ser identificado com a queda da somatória geral do estado, que foi um pouco pior, passando de 12,29 em 2010, 12,44 em 2019 (antes da pandemia) e agora, 12,01 em 2020 (com a influência da pandemia).

Portanto, com o IAEM é um índice de qualidade do monitoramento água, a susceptibilidade e a sustentabilidade do monitoramento são demonstradas por cenários anuais, refletindo as influências dos demais aspectos vinculados aos pontos de monitoramento. Inclui a qualidade de água entre seus componentes de maior peso, pois se infere que além de se monitorar, quando se obtém bons resultados da qualidade da água, os valores obtidos influem positivamente na nota geral. Indica onde é necessário ou não adensar a rede em determinadas unidades de gerenciamento hídrico e/ou investir em recuperação ambiental.

## Referencias Bibliográficas

D.RUIZ; C.L.V.MIDAGLIA; C.C.LAMPARELLI, J.E. BEVILACQUA & N.MENEGON JR. - **O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NO ESTADO DE SÃO PAULO: Perspectivas para redução do fósforo - XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE-** 2012 J.P. Paraíba. *Disponível em:* <http://www.abrh.org.br/xisrhn/local.php>

<http://www.asec.com.br/ArquivoAMR/ArtigoTecnico/ASECArtigoTecnico0007.pdf>

HERWIJNEN, M. van. Spatial Decision Support for Environmental Management. Amsterdam: Vrije Universiteit, 1999. 274 p.

ITC - INTERNATIONAL INSTITUTE FOR GEO-INFORMATION SCIENCE AND EARTH OBSERVATION. **Principles of Remote Sensing and Geographic Information Systems**. CD. 3ªed. Enschede, NL, 2004.

\_\_\_\_\_. **Spatial Decision Support Systems:** Distance Education. 2 CD's. Curso a distância de especialização. Enschede, NL, 2008.

\_\_\_\_\_. **ILWIS - Remote Sensing and GIS software.** . Enschede, NL, 20 de agosto de 2009. Disponível em: <[www.itc.nl/ilwis](http://www.itc.nl/ilwis)>.

\_\_\_\_\_. **ILWIS - Documentation version 3.** Enschede, NL, s/d. Disponível em: <<http://www.itc.nl/ilwis/documentation/version3.asp>>.

**MIDAGLIA, C.L.** Proposta de Implantação do Índice de Abrangência Espacial de Monitoramento - IAEM por meio da Análise da Evolução da Rede de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo, 2009. Tese de doutorado e (Doutorado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

MIDAGLIA,C.L.; TASHIBANA, E.; KAWAKUBO, F. **Análise da Pressão Antrópica Sobre A Rede de Monitoramento das Águas Superficiais do Estado de São Paulo por Meio da Avaliação Multi-Critério do IAEM -Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento.** Anais do Simpósio Internacional: Anais do II SIMPÓSIO INTERNACIONAL CAMINHOS ATUAIS DA CARTOGRAFIA NA GEOGRAFIA 2010. Disponível em <[http://www.2cartogeo.com.br/Anais\\_2CARTOGEO.pdf](http://www.2cartogeo.com.br/Anais_2CARTOGEO.pdf) >

MIDAGLIA, C.L. 2012 **-The difficult sustainability between cities and their Waters.** Pg. 68-69. Missão empresarial. Rio de Janeiro: Abrapress, 2012. 144p. 2012 1(1) jun. Edição especial Rio+20 Disponível em: <[http://www.abrapress.com.br/revistas\\_missoes.php](http://www.abrapress.com.br/revistas_missoes.php)>

SAATY, T. L. The Analytic Hierarchy Process. NY: McGraw Hill, 1980.

Sharifi, M.A. (2007) Integrated planning and decision support systems: concepts, adoption and evaluation. In: Asian journal of geoinformatics, 7 (2007)4, pp. 13-21



6<sup>th</sup> World Water Forum: Solutions for water: **Proposal of Implementation of an Spatial Coverage Water Monitoring Index-SCWMI**. MIDAGLIA, CARMEN LUCIA VERGUEIRO; OVANDO CRESPO, CRISTINA KAREN; PÉREZ MACHADO, REINALDO PAUL - 2012. Marseilles, France. Disponível em: <<http://www.solutionsforwater.org/solutions/proposal-of-implementation-of-an-spatial-coverage-water-monitoring-index-scwmi>>

