Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

QUALIDADE DE ÁGUAS DOS RIOS: BRASIL E COLÔMBIA

CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO: BRASIL Y COLOMBIA

Alejandra Paula Parra Guzman[I]
Camila Andrea Rodriguéz Ospina[II]
Edmar Miguel Pires da Costa[III]
Evelyn Nascimento Costa[IV]
Guilherme Maran Cremonez[V]
Nathalia Marulanda Diaz[VI]
Nicolas Parra Ruiz[VII]
Valentina Franco Ñustez[VIII]
Rose Maria Duda[IX]
Wilmar Alirio Botello Suárez[X]

RESUMO

A utilização da água deve ser realizada preservando a sua qualidade para os demais usos. Este estudo objetivou coletar dados secundários (dados qualidade da água – IQA) da Cetesb – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Brasil, em dois pontos distintos na região de Jaboticabal e compará-los com dados também secundários da Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR - Dirección de Recursos Naturales República de Colombia - obtidos em rios da Colômbia. Verifica-se que os parâmetros e os pesos utilizados para determinar o IQA, no Brasil e na Colômbia, são bastante parecidos. Ao compararmos quanto à localização dos rios estudados, é importante salientar que os rios da Colômbia estão em altitudes maiores que os rios do Brasil, quesito que pode influenciar na avaliação de alguns parâmetros do IQA.

Palavras-chave: Águas superficiais. Rios. Qualidade da água.

[I] Estudiante del Curso de Ingeniería Ambiental. Universidad El Bosque. Bogotá, Colômbia. E-mail.: pguzmanp@unbosque.edu.co
[II] Estudiante del Curso de Ingeniería Ambiental. Universidad El Bosque. Bogotá, Colômbia. E-mail.: caospina@unbosque.edu.co
[III] Graduado em Administração de Empresas pelo Instituto Municipal de Ensino Superior de Bebedouro "Victório Cardassi" – Pós-Graduado em Administração pela FEA-USP Ribeirão Preto-SP - Estudante do curso superior de Tecnologia em Gestão Ambiental da Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB) – São Paulo – Brasil. E-mail: edmarmiguelpc@hotmail.com
[IV] Estudiante del Curso de Tecnología en Gestión Ambiental. Faculdade de Tecnologia "Nilo de Stéfani". Jaboticabal, São Paulo, Brasil. E-mail: evelyn.costa2@outlook.com
[V] Estudiante del Curso de Tecnología en Gestión Ambiental. Faculdade de Tecnologia "Nilo de Stéfani". Jaboticabal, São Paulo, Brasil. E-mail: guilherme.cremonez@fatec.sp.gov.br
[VI] Estudiante del Curso de Ingeniería Ambiental. Universidad El Bosque. Bogotá, Colômbia. E-mail.: ndiazma@unbosque.edu.co
[VII] Estudiante del Curso de Ingeniería Ambiental. Universidad El Bosque. Bogotá, Colômbia. E-mail.: nruizpa@unbosque.edu.co
[VIII] Estudiante del Curso de Ingeniería Ambiental. Universidad El Bosque. Bogotá, Colômbia. E-mail.: vnustez@unbosque.edu.co
[IX] Professora. Faculdade de Tecnologia "Nilo de Stéfani". Jaboticabal, São Paulo, Brasil. E-mail.: rose.duda@fatec.sp.gov.br
[X] Professor. Universidad El Bosque. Bogotá, Colômbia. E-mail.: wbotello@unbosque.edu.co

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

RESUMEN

El uso del agua debe realizarse preservando su calidad para otros usos. Este estudio tuvo como objetivo recopilar datos secundarios (datos de calidad del agua - ICA) de Cetesb - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Brasil, en dos puntos diferentes en la región de Jaboticabal y compararlos con datos secundarios de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR - Dirección de Recursos Naturales República de Colombia - obtenido de ríos en Colombia. Parece que los parámetros y pesos utilizados para determinar el ICA, en Brasil y Colombia, son bastante similares. Al comparar la ubicación de los ríos estudiados, es importante señalar que los ríos colombianos se encuentran a mayor altitud que los brasileños, cuestión que puede influir en la evaluación de algunos parámetros del ICA.

Palabras clave: Aguas superficiales. Ríos Calidad del agua.

Data de submissão do artigo: 07/03/2022
Data de aprovação do artigo: 02/12/2022
DOI: **10.52138/citec.v14i1.216**

1 INTRODUÇÃO

A água é considerada um recurso essencial pela possibilidade de vida, independentemente da quantidade ou proporção. Desde o início da civilização, as sociedades tem utilizado a água para uma ampla gama de propósitos, e a história mostra que o desenvolvimento e sucesso de grandes civilizações é muitas vezes com base na abundância e uso correto de recursos hídricos em uma determinada área (USEPA, 2000).

A importância desse recurso natural escasso foi apresentada, de forma muito clara e objetiva, pela Carta Europeia da água, promulgada pelo Conselho da Europa em 06/05/1968. (DERISIO, 2017).

A Carta Europeia da Água surge no sentido de dar resposta a um dos grandes problemas que atualmente preocupam a Humanidade: a necessidade de água doce face ao aumento das populações, contaminação dos recursos hídricos e alterações climáticas (CIENTITA, 2012).

A Organização das Nações Unidas (ONU) lançou em 2015 os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), uma agenda de sustentabilidade adotada pelos países-membros da ONU para ser cumprida até 2030. O objetivo de número 6 é "Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos". Neste objetivo, estão definidas como metas a distribuição de água de forma igualitária para a população mundial, a melhoria da qualidade da água, o fim da defecção a céu aberto e a garantia de saneamento para todos (PINTO et al., 2021).

O monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais são de fundamental importância para a gestão sustentável dos recursos hídricos, pois permitem conhecer a atual situação dos corpos d'água e as principais alterações ocorridas com o tempo, possibilitando identificar as tendências e apoiar a elaboração de diagnósticos que podem subsidiar a fiscalização, o licenciamento ambiental e a formulação de políticas ambientais (PESSOA; ORRICO; LORDÊLO, 2018).

Este estudo objetivou coletar dados secundários (dados sobre a qualidade da água – IQA) a partir da Cetesb – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Brasil, em dois pontos distintos na região de Jaboticabal e compará-los com dados também secundários da

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR - Dirección de Recursos Naturales República de Colombia - obtidos em rios da Colômbia.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A utilização da água para determinado propósito não deve prejudicar os diversos usos possíveis, entre os quais figuram as atividades de consumo humano, produção agropecuária, recreativas e a preservação da diversidade biológica (Zanini et al., 2010).

2.1 Área de Estudo - BRASIL

A Bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu possui uma área de 17.460 km², sendo que 16% encontram-se em território mineiro, com uma área de 2.650 km² e 84% encontram-se em território paulista, com uma área de 14.653 km². É uma bacia hidrográfica de 8° ordem hierárquica, de forma alongada de baixo índice de circularidade, com uma rede de 20.193 canais (CORRÊA, 2019).

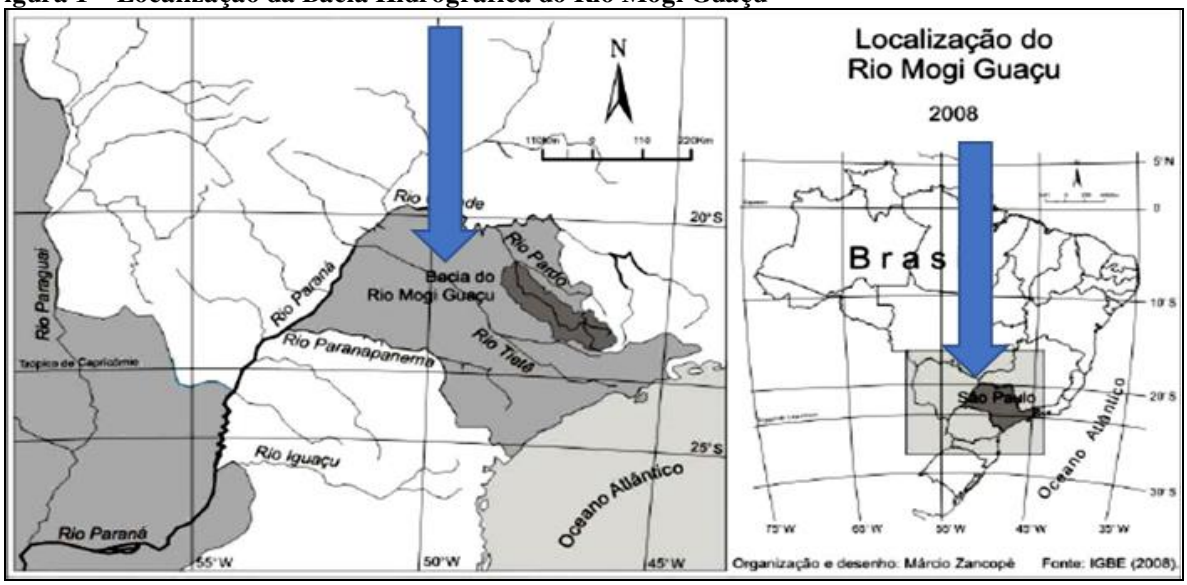
Tendo em vista a área do Rio Mogi Guaçu ser de grande extensão nosso foco de estudo foi um ponto distinto no município vizinho da cidade de Jaboticabal (Pitangueiras).

Quadro 1 - Descrição dos pontos de amostragem planejados para 2020

Corpo Hídrico	Código CETESB	Local da Amostragem	Município	Manancial	Latitude S	Longitude W
Rio Mogi-Guaçu	MOGU 02900	No Rancho Sto. Antônio, próximo à rodovia que liga Sertãozinho a Pitangueiras, próximo a régua do DAEE 5C - 025.	PITANGUEIRAS	Não	21 00 44	48 10 20

Fonte: (CETESB, 2020) - Apêndice- B (modificado)

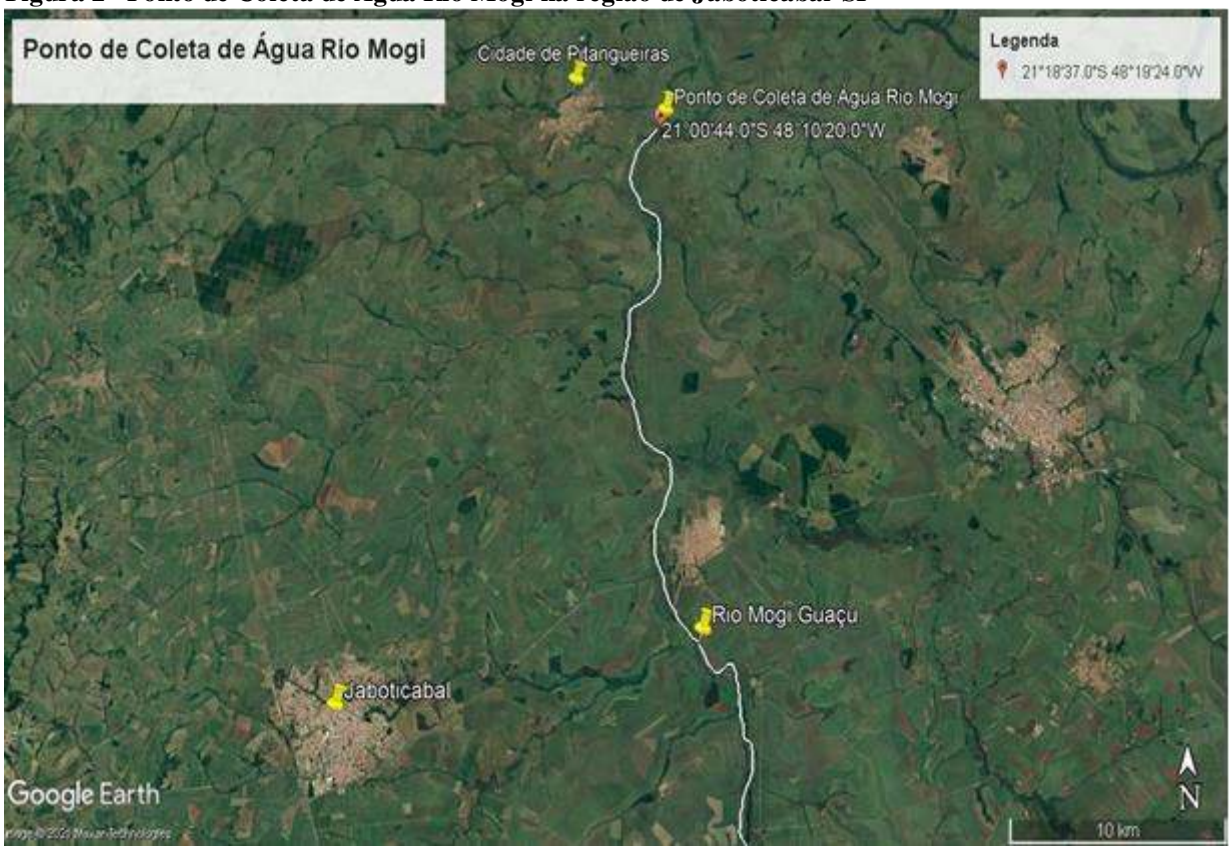
Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu



Fonte: Figura apresentada no VI Simpósio Nacional de Geomorfologia no artigo "Mudanças no Canal do Rio Mogi-Guaçu – Brasil". 2006 (modificada)

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Figura 2 –Ponto de Coleta de Água Rio Mogi na região de Jaboticabal-SP



Fonte: Imagens Google Earth, 2021

2.1.1 Córrego Rico

Localizada na região Nordeste do Estado de São Paulo, constituído pelos municípios de Jaboticabal, Taquaritinga, Monte Alto, Guariba e Santa Ernestina, tendo uma área de aproximadamente 563 km². com coordenadas UTM, Longitudes 762.000 e 766.000 m E, Latitudes 7.664.000 e 7.945.000 m N, MC 51°W Gr, com Altitude aproximadamente de 754 a 498 m (PISSARRA, 2009 e RODRIGUES, 2013).

O Córrego Rico é a principal fonte de abastecimento público da cidade de Jaboticabal SP, sendo relevante a importância dessa microbacia para a região, visto que os efeitos antrópicos neste sistema ocorrem de forma direta ou indireta, provavelmente em função do lançamento do efluente da estação de tratamento de esgoto doméstico do município de Monte Alto (ZANINI *et al*. 2010).

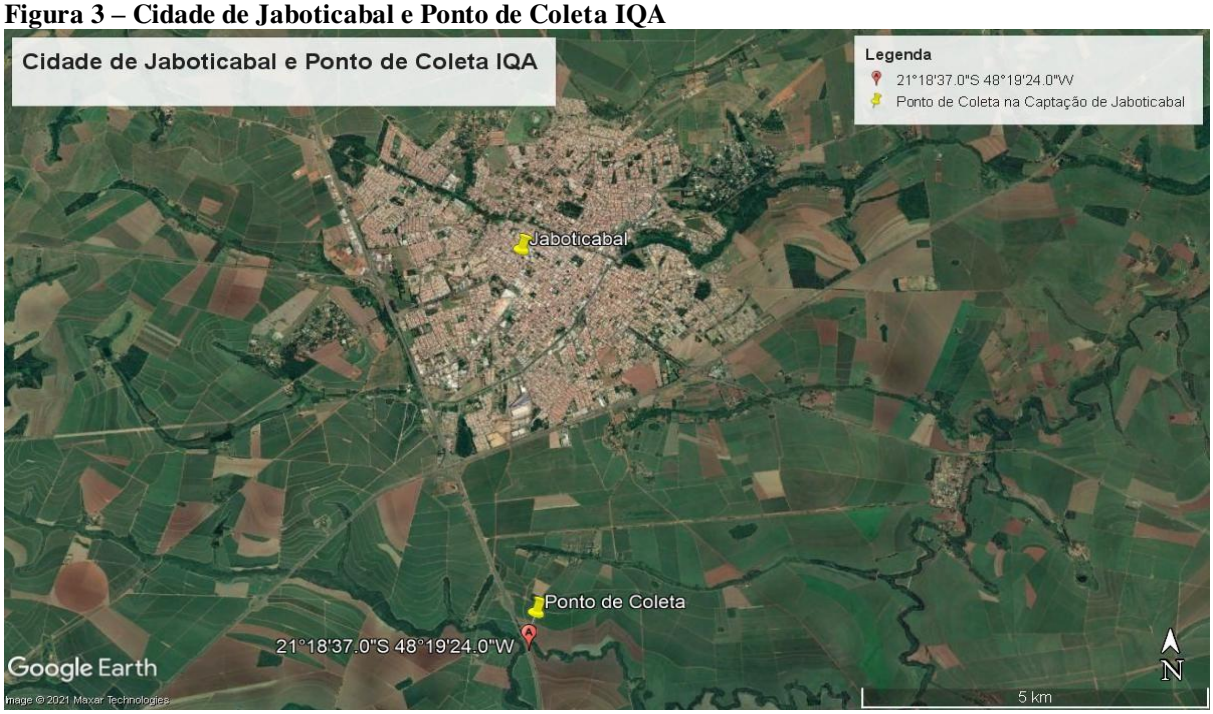
Quadro 2 –Descrição dos pontos de amostragem planejados para 2020

Corpo Hídrico	Código CETESB	Local da Amostragem	Município	Manancial	Latitude S	Longitude W
Córrego Rico-UGRHI 9	RICO 02600	Na captação de Jaboticabal (SAAEJ).	JABOTICABAL	Sim	21 18 37	48 19 24

Fonte: (CETESB, 2020) - Apêndice- B (modificado)

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Figura 3 – Cidade de Jaboticabal e Ponto de Coleta IQA



Fonte: Imagens Google Earth, 2021

2.2 Área de Estudo – COLÔMBIA

A bacia do rio Bogotá tem uma população total de 1.297.752 habitantes, dos quais 75% correspondem à população urbana e os 25% restantes à população rural (OROSCO, 2015).

O rio Bogotá está localizado nas Terras Altas da Cundiboyacense, de Nordeste a Sudeste do departamento de Cundinamarca. Ela nasce no Nordeste do município de Villapinzón a 3.300 metros acima do nível do mar, no Páramo de Guacheneque, e sua foz fica no rio Magdalena, na altura do município de Girardot, a 280 metros acima do nível do mar e cerca de 589.143 hectares de área de influência (PALMA, 2022).

De acordo com o CAR (2021), o Rio Bogotá está dividido em três bacias: alta, média e baixa, cruza 47 municípios do departamento de Cundinamarca, o que representa uma influência de pouco mais de 10 milhões de pessoas, principalmente de Bogotá.

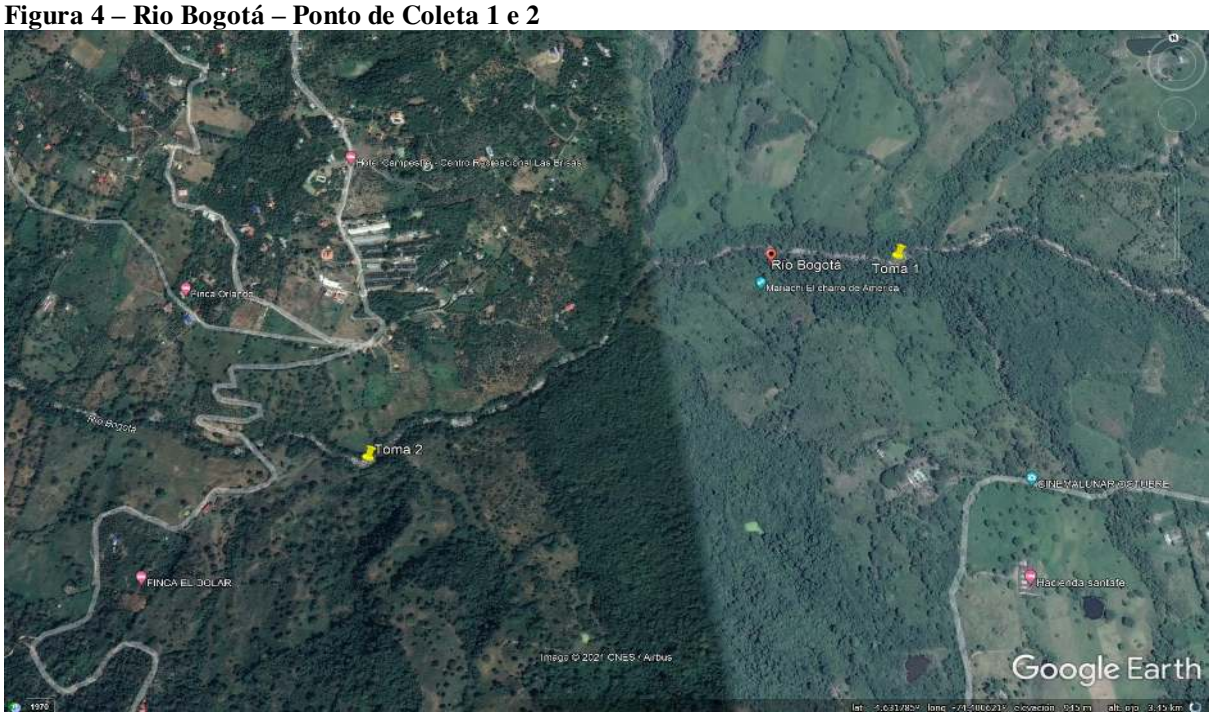
Embora não seja um rio navegável ou poderoso, o rio Bogotá é muito importante para a Colômbia porque em sua rodada e nas áreas circunvizinhas são desenvolvidas atividades econômicas que representam 26% do total a nível nacional. Entre elas, destacam-se a produção agrícola, pecuária e industrial (CAR, 2021). As duas amostras foram colhidas no departamento de Cundinamarca, onde o ponto 1 tem uma Latitude de 4,625911° e uma Longitude de -74,382807°, com uma elevação de 917 metros.

O ponto 1 é caracterizado por ser uma área com grande presença de rochas e nas bordas muita vegetação, principalmente, muitas árvores ao redor. Deve-se notar que na área não há presença de habitação, no entanto, alguns metros atrás há um terreno que pode significar a presença de uma cultura (CAR, 2021).

Por outro lado, o ponto 2 está localizado no meio de uma grande vegetação variada, longe das casas. A poucos metros ao seu redor vê-se grandes parcelas para fins de culturas e, também, ao Norte, evidencia-se uma área mais urbana incluindo casas e estradas.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Figura 4 – Rio Bogotá – Ponto de Coleta 1 e 2



Fonte: Imagens Google Earth, 2021

2.2.1 Rio Magdalena

O rio Magdalena, conforme descrito no CAR (2021) sobe ao extremo Sudoeste da Colômbia, a 3.685 metros de Altitude, na lagoa Magdalena, localizada a 01º 55' 40" de Latitude Norte e 76º 35' 08" de Longitude Oeste. No Estreito, local onde o rio é mais estreito, este mede 2,20 metros de largura e no município de Platão, Magdalena, possui uma largura de 1.073 metros. Despeja suas águas no Mar do Caribe, no local conhecido como Bocas de Ceniza, na Latitude Norte 11º 06 e 74º 51' Longitude Oeste (CAR, 2021).

O Canal del Dique também serve como afluente de suas águas, que chegam ao mar na baía de Cartagena. Em seu curso, recebe mais de 500 rios e inúmeros córregos. Seu fluxo médio registra alguns metros cúbicos por segundo em seu início, até chegar em 6.700 (CAR, 2021). Após seu nascimento, o rio Magdalena flui de Sul a Norte através de um vale inter-andino localizado entre as Cordilheiras Central e Oriental dos Andes. O nível das águas do Magdalena e Cauca, seu principal afluente e, que geralmente, entre todos apresenta variações devido às fortes chuvas locais e em áreas de seus próprios afluentes, mais evidentes nos setores alto e médio (CAR, 2021).

As amostras foram retiradas em dois pontos diferentes, próximos à cidade de Barrancabermeja, que fica na parte Oeste do departamento de Santander. A Latitude do ponto 1 é de 7,012280° e a Longitude é de -73,880477°, com uma elevação de 75 metros. Por outro lado, a Latitude do ponto 2 é de 6,923154° e sua Longitude -73,991899°, com uma elevação de 74 metros.

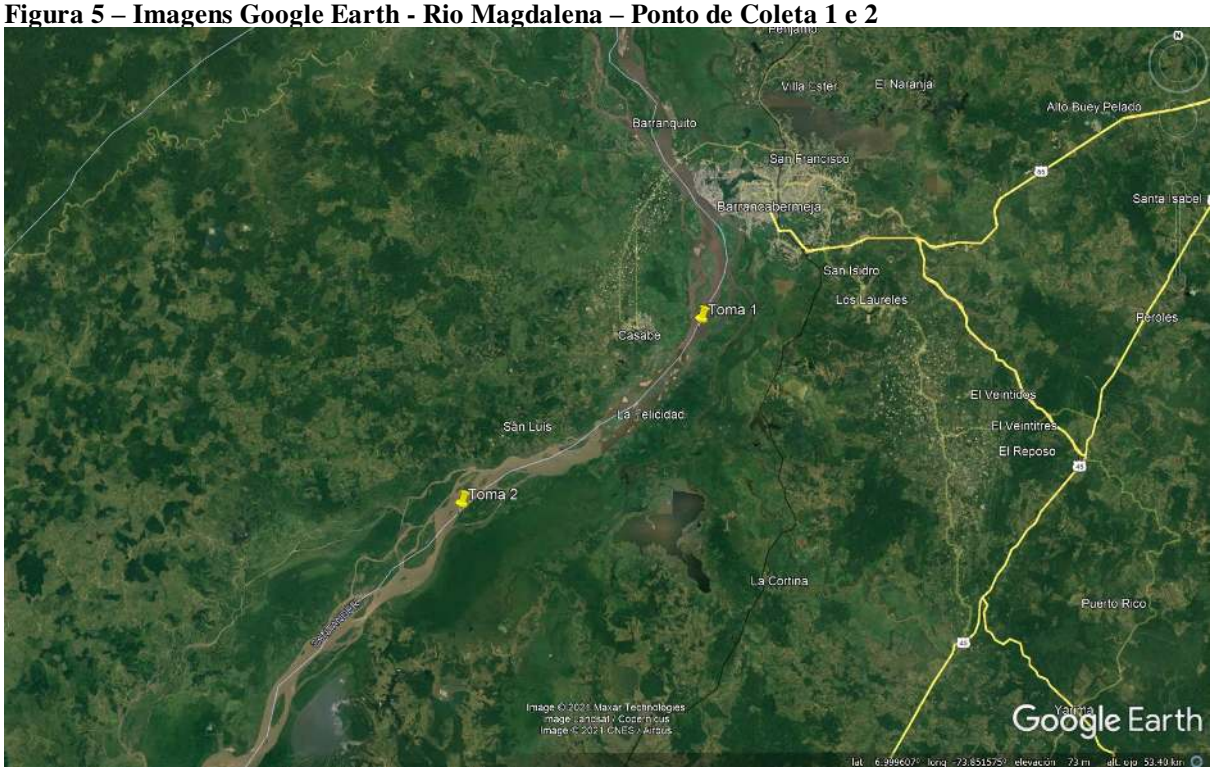
No ponto 1 (Figura 5), é possível ver uma ampla ramificação do rio e em seu entorno a presença de vegetação e culturas. Além disso, há o município de Yondó, Antioquia, localizado na sub-região do Magdalena Médio, no departamento de Antioquia.

Nesta área, pode-se ver um tom um pouco escuro de água devido a vários fatores. A poucos metros do ponto selecionado pode-se notar vários ramos do rio dispostos no meio da vegetação local.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

No ponto 2 pode-se ver um terreno estável, com a presença de grande quantidade de vegetação e possivelmente certas culturas, o que pode ser evidenciado graças às manchas no chão. Além disso, pode-se ver que neste trecho, o rio é dividido em dois, que a poucos metros de distância se reencontra com a vazão principal. Uma tonalidade marrom muito clara também pode ser observada nesta parte do rio.

Figura 5 – Imagens Google Earth - Rio Magdalena – Ponto de Coleta 1 e 2



Fonte: Imagens Google Earth, 2021

3 ÁGUA E SANEAMENTO BÁSICO – ASPECTOS LEGAIS

Os indicadores ambientais e índices, são resultados da crescente preocupação social com os aspectos ambientais do desenvolvimento, em um processo que requer um número elevado de informações em graus de complexidade cada vez maiores. Tais indicadores são fundamentais nos processos decisórios das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos. Apresentam o desafio permanente de gerar indicadores e índices que tratem um número cada vez maior de informações, seja de forma sistemática e acessível, para os tomadores de decisões (COELHO, 2010).

O IQA incorpora 9 variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal sua utilização para o abastecimento público. O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice (CETESB, 2019).

Para cálculo do IQA são utilizadas as seguintes variáveis: oxigênio dissolvido, *Escherichia coli*, pH, DBO_5, temperatura, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduo total.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

3.1. Classificação Qualidade de Rios e Peso do IQA

Nas tabelas 1 e 2, estão descritas as classificações de qualidade e os pesos de IQA, utilizados no Brasil.

Tabela 1 — Classificação Qualidade de Rios

Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Fonte: Agência Nacional de Águas (2004)

Tabela 2 - Parâmetros e Pesos IQA

PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA	PESO (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Escherichia coli	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO5,20	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: Agência Nacional de Águas (2004)

3.2 Indicadores de qualidade da água (IQA) – COLÔMBIA

Em relação à região de Alto Magdalena, esta possui uma extensão de 54.785 km2 onde encontram-se a foz de importantes rios como o Paéz, Bogotá, Seco e Sumapaz, por isso é importante manter informações sobre os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da interação hidrológica. Por isso há um relatório do IDEAM (Instituto de Hidrologia, Estudos de Meteorologia e Meio Ambiente) de 2014, em que diferentes pontos são estudados, bem como um estudo para a qualidade ambiental, no qual se destaca a variação dos fluxos ao longo do corpo hídrico (IDEAM, 2014).

3.2.1 Classificação e Peso do IQA

Nas tabelas 3 e 4, estão descritas as classificações de qualidade e os pesos de IQA, utilizados na Colômbia.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Tabela 3 - Descritores de qualidade IQA

Valores do Indicador	Qualidade	Sinal de alerta
0,00 – 0,25	Muito ruim	Vermelha
0,26 a 0,50	Ruim	Laranja
0,51 a 0,70	Regular	Amarelo
0,71 a 0,90	Aceitável	Verde
0,91 a 1,00	Boa	Azul

Fonte: (IDEAM, 2011)

Tabela 4 - Variáveis para cálculo do IQA

Variável	Unidade	Peso (W)
Oxigênio dissolvido (OD)	% saturação	0,16
Sólidos suspensos	mg/L	0,14
Demanda química de oxigênio	mg/L	0,14
Condutividade elétrica	µS/cm	0,14
Relação Nitrogênio total/Fósforo total	(mg/L)/(mg/L)	0,14
pH	Unidade de pH	0,14
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	0,14

Fonte: (IDEAM, 2013)

4 RESULTADOS DE AMOSTRAGEM DOS RIOS ESTUDADOS – BRASIL

Para avaliações da qualidade da água, tanto no Brasil quanto na Colômbia, foi utilizado o índice de qualidade de água (IQA), de forma a se obter uma visão geral da qualidade, adotaram-se os padrões da Classe 2, para todos os corpos hídricos monitorados, cujos usos previstos na Resolução CONAMA no 357/2005 incluem a proteção da vida aquática e o abastecimento público após tratamento convencional.

As coletas de água foram realizadas ao longo de um ano – ano de 2020 (média) e média de 2015 a 2019 (Tabelas 5 a 8), descritos nos relatórios da CETESB (CETESB, 2021) e (CETESB, 2020), nos pontos acima descritos (quadros 1 e 2).

4.1 Sistema Hídrico – Rio Mogi Guaçu

Tabela 5 – Parâmetros e valores IQA

OD (mg/L)		Escherichia Coli		pH		DBO (mg/L)		Temperatura		Nitrogênio		Fósforo		Turbidez		Resíduo Total	
2020	2015 a 2019	2020	2015 a 2019	2020	2015 a 2019	2020	2015 a 2019	2020	2015 a 2019	2020	2015 a 2019	2020	2015 a 2019	2020	2015 a 2019	2020	2015 a 2019
6,3	6,3	1155	990	7,21	7,13	2	2	25,4	27,1	0,514	0,6	0,11	0,13	30,1	32,7	59,00	130

Fonte:https://sistemainfoaguas.cetesb.sp.gov.br/AguasSuperficiais/RelatorioQualidadeAguasSuperficiais/Monitoramento

***Obs.: Escherichia coli* -** adotou-se a variável *Escherichia coli*, em substituição aos Coliformes Termotolerantes, cujos resultados são comparados aos padrões da Classe 2, estabelecidos na Decisão de Diretoria n° 112/2013/E de 09/04/2013, publicada no Diário Oficial Estado de São Paulo, em 12/04/2013.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Tabela 6 – Médias Anuais do IQA de 2015 a 2020 - Apêndice M Média Anual dos Índices de Qualidade (2015 – 2020)

UGRHI	Ponto	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Mogi Guaçu	MOGI 02900	63	67	63	69	66	65

Fonte:https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-ontent/uploads/sites/12/2021/09/Apendice-M-Media-Anual-dos-Indices-de-Qualidade-2015-a-2020.pdf

4.2 Sistema Hídrico – Córrego Rico

Tabela 7 – Parâmetros e valores IQA

OD (mg/L)		Escherichia Coli		pH		DBO (mg/L)		Temperatura		Nitrogênio		Fósforo		Turbidez		Resíduo Total	
2020	2015 a 2019	2020	2015 a 2019	2020	2015 a 2019	2020	2015 a 2019	2020	2015 a 2019	2020	2015 a 2019	2020	2015 a 2019	2020	2015 a 2019	2020	2015 a 2019
7,2	7,4	1072	594	7,5	7,46	2	2	22,5	24,9	0,63	0,7	0,12	0,076	37,2	24,4	85,00	113

Fonte:https://sistemainfoaguas.cetesb.sp.gov.br/AguasSuperficiais/RelatorioQualidadeAguasSuperficiais/Monitoramento

***Obs.: Escherichia coli* -** adotou-se a variável *Escherichia coli*, em substituição aos Coliformes Termotolerantes, cujos resultados são comparados aos padrões da Classe 2, estabelecidos na Decisão de Diretoria n° 112/2013/E de 09/04/2013, publicada no Diário Oficial Estado de São Paulo, em 12/04/2013.

Tabela 8 – Médias Anuais do IQA de 2015 a 2020 - Apêndice M Média Anual dos Índices de Qualidade (2015 – 2020)

UGRHI	Ponto	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Córrego Rico	RICO 02600	69	69	72	69	71	65

Fonte:https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2021/09/Apendice-M-Media-Anual-dos-Indices-de-Qualidade-2015-a-2020.pdf

5 RESULTADOS DE AMOSTRAGEM DOS RIOS ESTUDADOS – COLÔMBIA

O Índice de Qualidade da Água é o valor numérico que se qualifica em uma das cinco categorias, a qualidade da água de um riacho de superfície, com base nas medições obtidas para um conjunto de 7 (sete) variáveis, cadastradas em uma rede de monitoramento.

Este indicador permite conhecer as condições físico-químicas e microbiológicas de qualidade de um corpo de água e identifica problemas de contaminação em um determinado ponto.

5.1 Rio Bogotá

De acordo com a Companhia de Aqueduto e Esgoto de Bogotá (EAAB), a bacia superior registrou melhora nos parâmetros como matéria orgânica e oxigênio dissolvido, uma pausa que pode estar relacionada à diminuição das descargas das indústrias assentadas antes do Tocancipá.

Conforme já mencionado acima, o Rio Bogotá está dividido em três bacias: alta, média e baixa. Uma vez que não foi possível identificar os pontos de coletas descritos na figura 4, seguem abaixo as classificações - das três bacias - de acordo com a tabela 9.

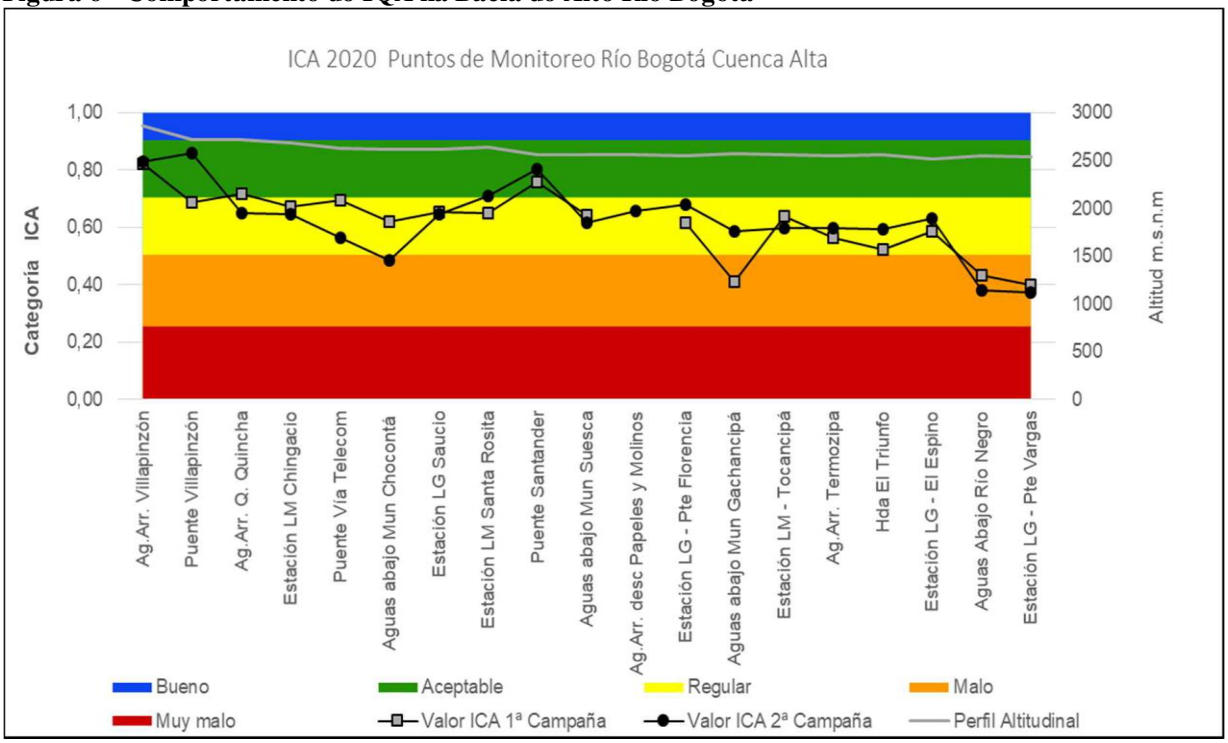
Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Tabela 9 – Classificação da qualidade da água do Rio Bogotá - Média

Classificação Qualidade da Água	Bacia Alta	Bacia Média	Bacia Baixa	Média
Bom	5%	0%	0%	2%
Aceitável	23,50%	9%	9%	13,83%
Regular	48%	7,50%	9%	22%
Ruim	17,50%	73,00%	59,50%	50,00%
Muito Ruim	0%	3%	0%	1%
N/D	6%	8%	22,50%	12%
				100%

Fonte: Adaptada do BOLETIN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA – ICA 2020 - Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR

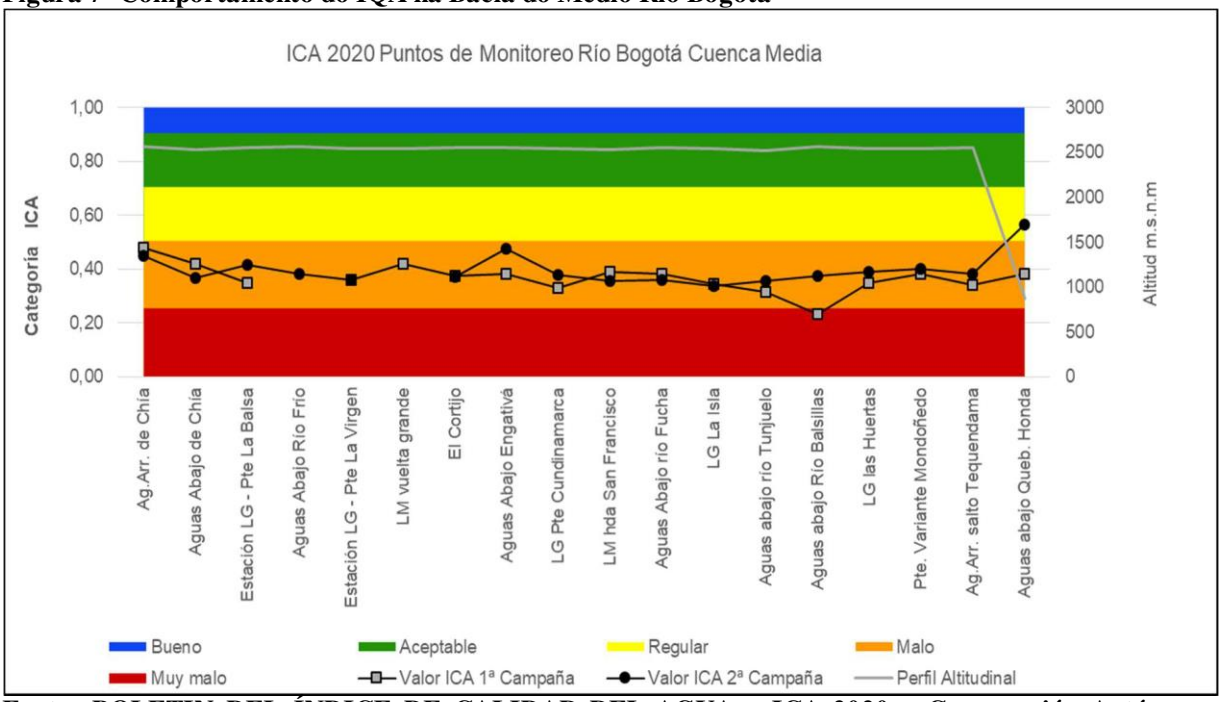
Figura 6 - Comportamento do IQA na Bacia do Alto Rio Bogotá



Fonte: BOLETIN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA – ICA 2020 – Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR

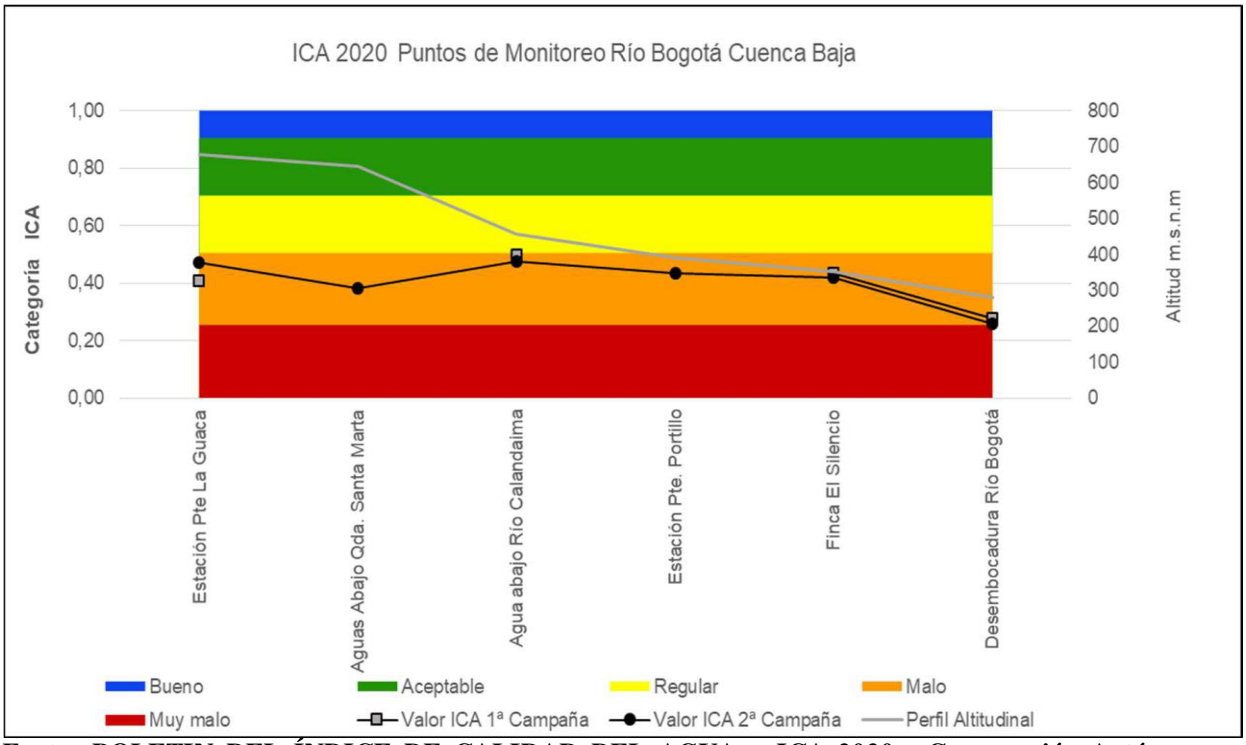
Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Figura 7- Comportamento do IQA na Bacia do Médio Rio Bogotá



Fonte: BOLETIN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA – ICA 2020 – Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR

Figura 8 - Comportamento do IQA na Bacia do Baixo Rio Bogotá



Fonte: BOLETIN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA – ICA 2020 - Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

O oxigênio dissolvido, um dos fatores críticos para o tratamento da água, deve estar sempre acima de dois miligramas por litro (mg/l), sendo ótimo nos quatro mg/l. "Entre os dois períodos analisados, esse parâmetro passou de uma média entre 1,81 e 3,16 em 2019 para 3,44 e 4,77 em 2020. Mesmo quando são esperados valores melhores, mas isso mostra uma melhora na condição hídrica", disse a Companhia de Aqueduto e Esgoto de Bogotá (EAAB). (CAR, 2021).

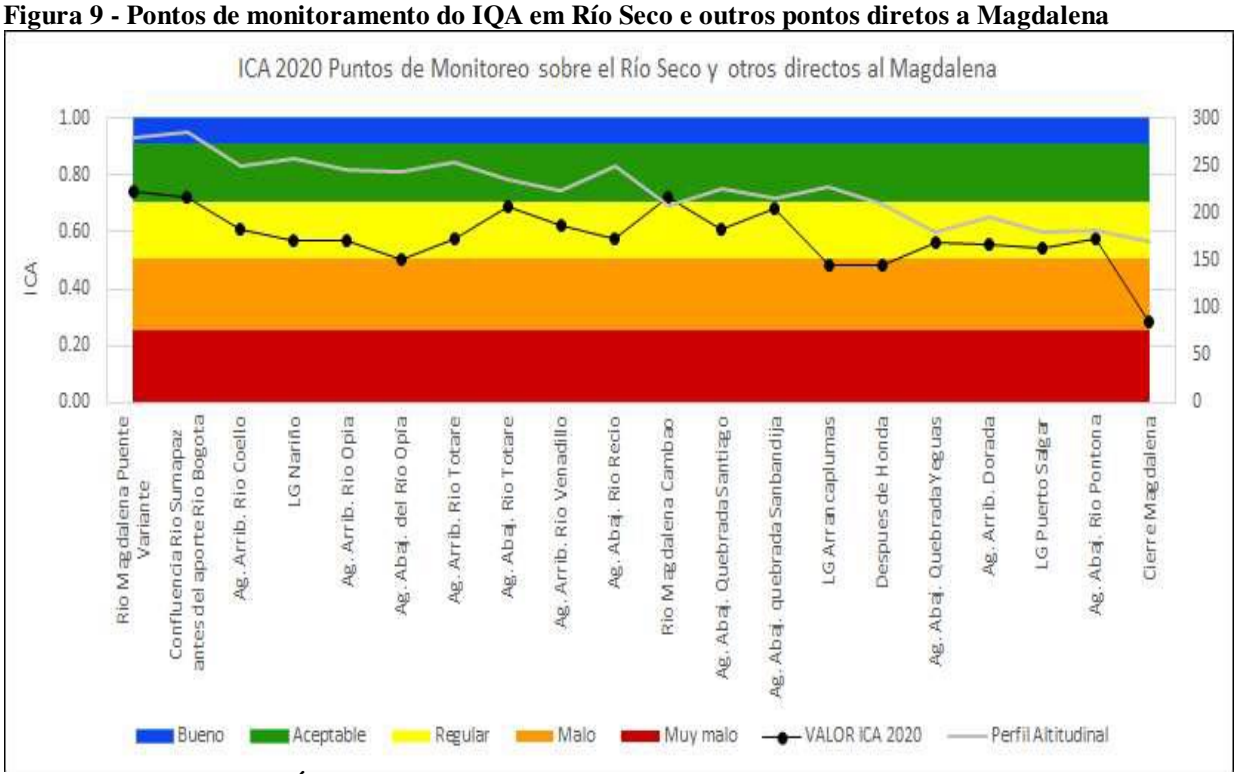
A matéria orgânica na bacia superior do rio Bogotá passou de 5,34 miligramas por litro no período de 2019 para 3,53 durante a quarentena, e amônio de 1,03 para 0,46 mg/l. Para o período de 2019, o valor médio de condutividade foi de 140 microsiemens por centímetro (µs/cm), com um máximo de 232. "Na quarentena, os valores médios e máximos foram de 97 e 120", disse a Companhia de Aqueduto e Esgoto de Bogotá (EAAB). (CAR, 2021).

5.2 Rio Magdalena

O rio Magdalena tornou-se a maior lagoa de oxidação do país. Além disso, há pelo menos 700 municípios que estão despejando suas águas residuais diretamente sem qualquer controle ambiental pelas autoridades competentes. E isso não é tudo, devemos adicionar o fenômeno da mineração ilegal e os outros tipos de extração que são exercidos em suas margens.

Como mencionado anteriormente, ao longo de seus 1500 quilômetros de navegabilidade recebe descargas permanentes de águas residuais dos municípios do entorno de sua bacia hidrográfica, e todos os dias que passa por ela indiscriminadamente sofre todos os tipos de abusos que colocam em risco a permanência de suas águas vivas. O rio apresenta altas cargas de poluentes, produto de diversos fatores: águas residuais, resíduos industriais, descargas diretas de clínicas, lava-jatos etc. A situação ambiental piora à medida que os municípios crescem.

Figura 9 - Pontos de monitoramento do IQA em Río Seco e outros pontos diretos a Magdalena



Fonte: BOLETIN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA – ICA 2020 – Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

6 COMPARATIVOS ENTRE BRASIL E COLÔMBIA

Em uma primeira análise verifica-se que os parâmetros e os pesos utilizados para determinar o IQA, no Brasil e na Colômbia, são bastante parecidos, dando ênfase no que diz respeito ao "parâmetro oxigênio" (Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio) – em que pese todos os demais parâmetros guardarem suas importâncias e particularidades.

Quanto aos índices de classificação dos rios (Tabelas 1 e 3), verifica-se que nas duas primeiras categorias (verde e azul), o Brasil tem maior intervalo para classificar seus rios como "ótimo" ou "bom", diminuindo, portanto, o intervalo de classificação de rios "regular", "ruim" e "péssimo", em comparação às categorias de classificação da Colômbia.

Na análise entre as qualidades das águas dos rios estudados – Tabelas 6 e 8 do Brasil e Tabelas 9 da Colômbia – pode-se observar que nos dois pontos analisados no Brasil a água apresenta classificação "Boa", significando que as águas estão apropriadas para o tratamento convencional visando o abastecimento público. Enquanto, nos rios da Colômbia os percentuais mais expressivos estão na classificação "Regular" e "Ruim".

A constatação das classificações dos rios da Colômbia, vem de encontro ao constatado por "Zúñiga *et al,* 2018, "Por outro lado, de acordo com a Diretiva 75/440 do Ministério do Meio Ambiente da Espanha (2000), parte da extensão do trecho avaliado do rio na província de Alto Magdalena tem uma qualidade inferior à A3, sendo inviável seu uso para consumo humano, onde a água deve ser submetida a tratamentos eficientes e não convencionais para sua purificação, o que requer a implementação de novas tecnologias e sob a consideração de que a poluição está crescendo ao longo do tempo à medida que a população aumenta na bacia superior do rio Magdalena, que envolve o rio Bogotá como seu principal contribuinte da poluição microbiológica".

Com relação a diversos estudos sobre a qualidade do Alto Magdalena e seu potencial de uso, destaca-se que a qualidade microbiológica da água avaliada apresenta dificuldade para sua purificação pelos sistemas convencionais de tratamento, dada sua vulnerabilidade a altas concentrações, onde alguns microrganismos são resistentes ao efeito da desinfecção com cloro, como guardas e criptosporidium. Isso requer a incorporação de rigorosos processos físicos – químicos que garantam a remoção eficiente de sólidos suspensos e coloidais, e outros não convencionais, como refinado com carbono ativado que contribuem para isso, além de rigorosa desinfecção com cloro que garante a qualidade necessária. E ainda:

> O rio Bogotá, por outro lado, é o principal canal fluvial da savana Bogotá, tem sua nascente na região Nordeste em Cundinamarca o Guacheneque Páramo de la Laguna del Valle, Município de Villapinzón, em geral, no curso da bacia o rio é um receptor de águas residuais, pretas e poluentes de mais de 26 municípios vizinhos e a capital colombiana, por isso tem produtos químicos, resíduos industriais e agrícolas dentro de seu canal para que a inconsistência e negligência dos usuários gere uma grave deterioração dos recursos naturais e do meio ambiente que o cerca. O rio Bogotá desde sua história passou por importantes transformações em suas margens devido ao crescimento descontrolado das cidades, bem como ao desenvolvimento econômico de uma forma que colocou em risco a integridade dos ecossistemas que o cercam (RIBERA, 2019).

Por fim, ao compararmos a localização dos rios estudados, é importante salientar que os rios da Colômbia estão em Altitudes maiores que os rios do Brasil, quesito que pode influenciar na avaliação de alguns parâmetros do IQA e outros parâmetros não apresentados neste estudo (IET, IVA etc.).

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais são de importantes, pois o uso inadequado desse recurso, como consequência da exploração demográfica e do rápido aumento das necessidades na agricultura e na indústria, podem comprometer a sustentabilidade de nossa geração e de gerações futuras.

A demanda pelos recursos hídricos é crescente e a manutenção da qualidade da água dos rios são imprescindíveis para o desenvolvimento humano e é necessário preservá-la e utilizá-la racionalmente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade El Bosque (Bogotá, Colômbia) e à Faculdade de Tecnologia "Nilo de Stéfani" - FATEC (Jaboticabal, São Paulo, Brasil). Trabalho realizado no Intercâmbio Virtual (COIL), entre alunos dos cursos de Engenharia Ambiental (Universidad El Bosque) e Tecnologia em Gestão Ambiental (FATEC).

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Avaliação de qualidade: introdução. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/avaliacao.aspx. Acesso em: 25 set. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº357** de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

BILICH, M.R.; LACERDA, M.P.C**. Avaliação da qualidade da água do Distrito Federal por meio de geoprocessamento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. *Anais...* p.2059-2.065.

CARVALHO A.R.; SCHLITTLER, F.H.M.; TORNISIELO, W.L. **Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos e químicos da água**. *Química Nova,* São Paulo, v.23, n.5, p.618-622, 2000.

CIENTITA. **Investiga e descobre**. Disponível em: http://cientitas.blogspot.com/. Acesso em: 21 out. 2021.

COELHO, L. S. **Avaliação Do Estado Trofico Do Reservatorio Lago Do Amor Atraves Da Aplicação De Sensoriamento Remoto**. [s.l.] Universidade Dedeal do Mato Grosso do Sul, 2010.

CETESB. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**. 2020. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2021/09/Relatorio-Qualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo-2020.pdf. Acesso em: 14 out. 2021.

CETESB. **Apêndice D. Índice de Qualidade das Águas**. 2019. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2020/09/Apendice-D-Indices-de-Qualidade-das-Aguas.pdf. Acesso em: 12 out. 2021.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

CETESB. **Apêndice M Média Anual dos Índices de Qualidade**. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2021/09/Apendice-M-Media-Anual-dos-Indices-de-Qualidade-2015-a-2020.pdf. Acesso em: 12 out. 2021.

CAR (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA). **DIRECCIÓN DE RECURSOS NATURALES GRUPO CALIDAD HÍDRICA.** Boletín del índice de calidad del agua (ICA 2020). 2021.

CORRÊA, W. S. **Planície Aluvionar do Rio Mogi Guaçu – SP: Caracterização Hidroquímica e Isotópica das Águas.** Dissertação apresentada ao Instituto Geociências da Universidade Estadual de Campinas. 2019.

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental**. 5. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

DONADIO, N.M.M.; GALBIATTI, J.A.; PAULA, R.C.de. **Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico**, São Paulo, Brasil. E*ngenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, 2005.

FINOTTI, A.R.; FINK LER, R.; SILVA, M.D'A.; CEMIN, G. (2009) **Monitoramento de Recursos Hídricos em Áreas Urbanas**. Caxias do Sul: Ed. Educs. 272 p.

IDEAM. **Monitorando a qualidade e quantidade de água do Rio Magdalena**. Ministério do Meio Ambiente, Habitação e Desenvolvimento Territorial. 2014

OROZCO RAMÍREZ, C. C. Estimación del régimen hidrológico de eventos extremos en la cuenca del río Bogotá considerando las fases del ENSO. 2015

OSPINA, O., MURILLO, F.J.e TORO, M.K. **Incidência do Rio Bogotá na qualidade microbiológica da água do Rio Magdalena**, município de Flandres (Tolima). Revista Blue Moon, (47), 114-128.2018

PALMA MUÑOZ, Juan Felipe, et al. Análisis documental de los vertimientos de aguas residuales en el río Bogotá por las veredas del norte del municipio de Girardot. 2022. Tesis Doctoral.

PESSOA, J. O.; ORRICO, S. R. M.; LORDÊLO, M. S. Qualidade da água de rios em cidades do estado da bahia. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 687–696, 2018.

PINTO, A. DOS S. S. et al. **Diálogos Entre Lugares Ii: Língua(Gem), Educação E Literatura**. Temática ed. Porto Velho: [s.n.].

PISSARRA, T.C.T. **Informações básicas para o planejamento ambiental: Município de Jaboticabal** -- Jaboticabal: Funep, 2009. 70 p.

PORTAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS. **Indicadores de qualidade- Índice de qualidade das águas (IQA)**. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx. Acesso em: 12 out. 2021.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

RIBERA, Hebert. **Revisão bibliográfica sobre estudos de sedimentos no rio Bogotá**. Universidade Militar de Nueva Granada. 2019.

RODRIGUES, F. M. **Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do córrego rico , jaboticabal - sp caracterização ambiental da bacia hidrográfica do Córrego Rico , JABOTICABAL - SP**. [s.l.] Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, 2013.

STRIEDER, M.N.; RONCHI, L.H.; STENERT, C.; SCHERER, R.T.; NEISS, U.G. **Medidas biológicas e índices de qualidade da água de uma microbacia com poluição urbana e de curtumes no Sul do Brasil.** *Acta Biológica Leopoldenia*, Porto Alegre, v.28, n.1, p.17-24, 2006.

STROBL, R.O.; ROBILLARD, P.D. (2008) **Network design for water quality monitoring of surface freshwaters: a review**. Journal of Environmental Management, v. 87, n. 4, p. 639-648. http://dx.doi. org/10.1016/j.jenvman.2007.03.00. Acesso em: 25/09/2021.

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

USEPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. USA 2000. Disponível em: https://www.epa.gov. Acesso em: 22 set. 2021

VILLA-NAVARRO. et al. **Peixes da parte superior Magdalena, bacia do rio Magdalena, Colômbia. Biota Colombiana**, v. 7, n. 1, 2006, pp. 3-21. Instituto de Pesquisa de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt". Bogotá, Colômbia.

ZANINI, et al. **Caracterização da água da microbacia do Córego Rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico. Saneamento e Controle Ambiental** • Eng. Agrícola. 30 (4). Ago 2010.

ZÚÑIGA, E. O. **Avaliação da qualidade microbiológica do Rio Magdalena e seu potencial uso da Província de Alto Magdalena (Cundinamarca).** Encontro Internacional de Educação em Engenharia. 2018.