

## PROPOSIÇÃO DE UM IQA PARA ÁGUAS AMAZÔNICAS USANDO ESTATÍSTICA MULTIVARIADA.

Anderson da Silva Lages<sup>1</sup>; Paulo Renan Ferreira<sup>1</sup>; Sebastião Átila Fonseca Miranda <sup>1</sup>; Samia Dourado Albuquerque<sup>1</sup>; Sávio José Filgueira Ferreira<sup>1</sup>; Márcio Luiz da Silva<sup>1</sup>

**Resumo** – O IQA (Índice de qualidade de água) é uma importante ferramenta na avaliação de corpos de água. No Brasil, o mais importante IQA é o usado pela companhia paulista Cetesb. Contudo, esse modelo não contempla a realidade das águas amazônicas, sobretudo, nas cercanias de Manaus, cujas águas são ácidas e pouco condutivas. Dessa maneira, esse estudo selecionou pontos aleatórios na Bacia Hidrográfica do Educandos - BHE, no centro do polo industrial de Manaus, com o objetivo de propor um IQA que contemple a realidade dessas águas. Usou-se como referência as águas de um igarapé afastado da zona urbana chamado igarapé Açú. Foram realizadas coletas semanais em nove pontos nas águas da BHE de junho de 2021 a fevereiro de 2022 e analisados os resultados de 23 variáveis ambientais, a partir da Análise de Componentes Principais – ACP. Os resultados mostraram que as variáveis com maior significância nessas amostras eram Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, pH, DBO e condutividade elétrica. Por fim, o IQA estatístico demonstrou que 80% águas da BHE estão com qualidade péssima, o que pede uma rápida intervenção do poder público na recuperação desses corpos de água.

**Abstract** – The IQA / WQI (Water quality Index) is an important tool in the assessment of bodies of water. In Brazil, the most important IQA is used by the São Paulo company Cetesb. However, this model does not contemplate the reality of Amazonian waters, especially in the vicinity of Manaus, whose waters are acidic and not very conductive. In this way, this study selected random points in the Educandos Hydrographic Basin - EHB, in the center of the industrial pole of Manaus, with the objective of proposing an IQA that contemplates the reality of these waters. The waters of a stream away from the urban area called the Açú stream were used as a reference. Weekly collections were carried out at nine points in the waters of the EHB from June 2021 to February 2022 and the results of 23 environmental variables were analyzed, based on the Principal Component Analysis – PCA. The results showed that the most significant variables in these samples were Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, pH, BOD and electrical conductivity. Finally, the statistical IQA showed that 80% of the waters of the EHB have very poor quality, which calls for a rapid intervention by the public authorities in order to recover as soon as possible these water bodies.

**Palavras-Chave** – Índice de Qualidade para águas amazônicas; ACP; Igarapé do Quarenta

<sup>1</sup>Químico., Dr. INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, [asl.gmc@gmail.com](mailto:asl.gmc@gmail.com)

<sup>1</sup>Químico, MSc. INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, [prferreira29@gmail.com](mailto:prferreira29@gmail.com)

<sup>1</sup>Químico., Dr. INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, [sebastiaomiranda1958@gmail.com](mailto:sebastiaomiranda1958@gmail.com)

<sup>1</sup>Química, Esp. INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, [samiaalb@gmail.com](mailto:samiaalb@gmail.com)

<sup>1</sup>Químico, Dr. INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, [saviojferreira@gmail.com](mailto:saviojferreira@gmail.com)

<sup>1</sup>Geólogo, Dr. INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, [marciols44@gmail.com](mailto:marciols44@gmail.com)

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos, os países em desenvolvimento têm enfrentado problemas significativos na proteção da qualidade da água, ao tentar melhorar o abastecimento de água e saneamento público (Ortega et al., 2016). Mesmo as nações desenvolvidas têm lutado para manter ou melhorar o estado de sua qualidade de água em face dos problemas como o enriquecimento de nutrientes e a eutrofização dos recursos hídricos, sem contar com a alta carga de metais pesados. Uma gama de ferramentas foi desenvolvida para avaliar a qualidade da água nas últimas décadas, sendo o modelo do Índice de Qualidade da Água (IQA), uma dessas ferramentas. Muitos modelos atualmente se utilizam da estatística multivariada para a composição do IQA. Sabe-se que as águas amazônicas em ambientes urbanos já estão sujeitas a uma grande carga poluidora, principalmente em grandes centros urbanos, como Manaus. Reconhece-se que os padrões adotados na composição de Índice de Qualidade de Água – IQA - no Brasil não refletem a realidade das águas amazônicas. Diante desta necessidade de enquadramento, esse trabalho teve por objetivo traçar um IQA para as águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Educandos, no Polo Industrial de Manaus.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

### 2.1. Descrição da área:

A cidade de Manaus está localizada sobre a Formação Alter do Chão, constituída por arenitos médios a grossos avermelhados, arenitos médios a grossos caulíníficos, siltitos e argilitos, conglomerados e de idade cretácica (Cunha et al., 2007). Caracterizada pela pobreza de íons e por ser um terreno muito intemperizado. Essas condições fazem com que o solo dessa região seja pobre quimicamente. Isso se reflete nos corpos de água que cruzam esses terrenos. Segundo Bringel (1986), os corpos de água que cruzam Manaus eram ácidos, cujo valor de pH não ultrapassava 4,5. Na mesma época, os valores de condutividade elétrica não excediam os 20  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . O Clima em Manaus é do tipo "Afi" da classificação de Koppen. Os índices pluviométricos registram totais médios mensais superiores a 150 mm em pelo menos nove meses do ano (entre outubro e junho) e apenas três meses com valores inferiores (julho a setembro), tendo o mês de agosto apresentado o menor índice (99 mm) (Marques Filho et al., 2005).

Foram escolhidos nove pontos amostrais, de forma aleatória, na Bacia Hidrográfica do Educandos - BHE, sob a influência antrópica do Polo Industrial de Manaus. Foi selecionado, também, outro ponto amostral, no igarapé Açu - Reserva Cuieiras, utilizado como referência a 60 km ao norte da cidade de Manaus. Os locais nominados no mapa são: P1 é a nascente do IFAM zona leste; O P2- Posto de Vistoria do Detran zona leste; P3- Entrada dos Industriários; P4- Saída dos Industriários; P5- Manaus 2000; P6- Studio 5; P7- Foz do Igarapé da Cachoeirinha; P8- Foz do Igarapé do Quarenta e P9- Foz do Igarapé Mestre Chico (Figura 1).

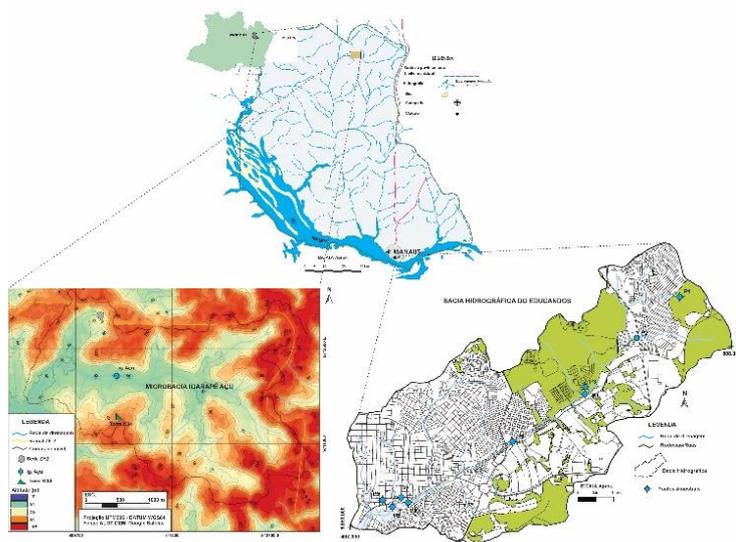


Figura 1: Mapa de localização dos pontos de coleta de água superficial na Bacia Hidrográfica do Educandos e Microbacia Igarapé Açu – Manaus – AM. Fonte: Autores.

## 2.2. Procedimentos Analíticos

Foram realizadas coletas semanais de amostras de água entre os meses de junho de 2021 e fevereiro de 2022 para análises de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , Dureza, Si,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , Fósforo total, Nitrogênio total, Oxigênio Dissolvido – OD, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, coliformes fecais e totais, Fe, Temperatura, Sólidos Totais em Suspensão – STS, Alcalinidade (expressa em termos de bicarbonato), turbidez, pH e Condutividade elétrica. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Química Ambiental do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – LQA-INPA. As amostras foram coletadas próximo à superfície da água, no meio dos leitos dos igarapés, com frascos de polietileno e com o auxílio de uma vara de teflon. Em seguida encaminhadas ao LQA para as devidas análises físico-químicas e bacteriológicas.

## 2.3. Estatística Multivariada e IQA

A estatística multivariada foi usada para a composição do IQA da BHE e a técnica utilizada neste estudo foi a Análise da Componente Principal – ACP, com o suporte do pacote gratuito R versão 4,01.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da ACP indicaram que as duas primeiras coordenadas guardaram 74,06% das informações do conjunto de dados. A tabela 1 mostra para a DIM 1 (CP1) um alto carregamento de  $\text{Na}^+$ , DBO, CE, pH e  $\text{K}^+$ . A DIM 2 (AC2) traz um expressivo carregamento para  $\text{Ca}^{2+}$  e dureza, sendo as demais com pesos pouco relevantes.

Tabela 1: Coordenadas estabelecidas pela Análise da Componente Principal para as águas da BHE.

Variáveis	DIM 1	Variáveis	DIM 2
Na	0,957	Ca	0,968
DBO	0,946	Dureza	0,958
CE	0,942	K	0,551
pH	0,894	O2	0,487
K	0,747	pH	0,351

Há cinco variáveis que têm influência nesse conjunto de dados: DBO,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , condutividade elétrica – CE e pH. De posse dessas informações, e usando os referenciais de padrão das águas do igarapé Açu, foram construídas curvas com valores tidos como excelentes para essas águas. Também, foi elaborado uma classificação para enquadrar essas águas: <50,0 – água péssimas; entre 50,0 – 80,0: regular e; >80 – águas ótimas. A Equação usada para compor o modelo foi:

$$IQA = \sum i.W \quad \text{Eq. (I)}$$

Onde  $i$  é o valor associado às variáveis e  $W$  o produto de  $i$  com os pesos atribuído. Diante dos resultados foi possível inferir que somente a nascente (P1) e o igarapé Açu se encontram com o IQA ótimo. Os demais apresentaram o IQA de águas péssimas (exceção do ponto dos industriários que apresentou água regular, mas tendendo para péssimo) (Figura 2).

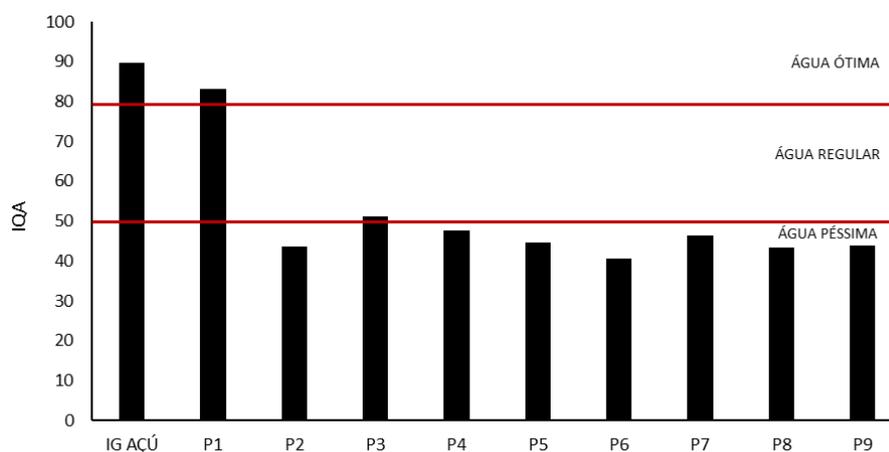


Figura 2: Valores de IQA para os pontos monitorados na Bacia Hidrográfica do Educandos.

#### 4. CONCLUSÕES

O IQA proposto nesse trabalho se adequou à realidade das águas superficiais de Manaus, embora com variáveis diferentes dos modelos usados no Brasil. Somente as águas das nascentes do Bacia Hidrográfica do Educandos (P1) e do igarapé Açu – Reserva Ambiental do INPA, apresentaram o IQA ótimo, o que demonstra a necessidade de intervenção público-privada nos demais corpos de água.

#### AGRADECIMENTOS

Este trabalho é resultado de projeto de PD&I realizado a partir da parceria INPA/SAMSUNG, com recursos da Lei de Informática para a Zona Franca de Manaus (Lei nº 8.387/91), estando sua divulgação de acordo com o artigo 39 do decreto 10.521/2020.

#### REFERÊNCIAS

- BRINGEL, S. R. B. Estudos do nível de poluição nos igarapés do Quarenta e do Parque Dez de Novembro. Manaus, Universidade de Tecnologia do Amazonas/UTAM, 86p. il. 1986.
- CUNHA, P.R.C.; MELO, J.H.G.; SILVA, O.B. Bacia do Amazonas. Boletim de geociências. PETROBRAS. v. 15, p. 227-251. 2007.
- MARQUES FILHO, A.; DALLAROSA, R.; PACHÊCO, V.B. Radiação solar e distribuição vertical de área foliar em floresta - Reserva Biológica do Cuieiras - ZF2, Manaus. 2005. Acta Amazonica. 35. 427-436.
- ORTEGA, D.J.P., PÉREZ, D.A., AMERICO, J.H.P., DE CARVALHO, S.L., SEGOVIA, J.A. Development of index of resilience for surface water in watersheds. J. Urban Environ. Eng. 10, 72–82, 2016.