

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## QUALIDADE DA ÁGUA COMO RETRATO DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL: O CASO DO RIO COCÓ - FORTALEZA/CE

## WATER QUALITY AS A PORTRAIT OF SOCIO- ENVIRONMENTAL VULNERABILITY: THE CASE OF COCÓ RIVER - FORTALEZA / CE

\* Camila Santiago Martins Bernardini<sup>1</sup>  
Fernando José Araújo da Silva<sup>1</sup>  
Carlos de Araújo Farrapeira Neto<sup>2</sup>  
Gabriella de Lima Souza Albuquerque<sup>3</sup>  
Ingrid Fernandes de Oliveira Alencar<sup>3</sup>  
Raquel Jucá de Moraes Sales<sup>3</sup>  
Luciana de Souza Toniolli<sup>4</sup>

Recibido el 27 de agosto de 2019; Aceptado el 7 de mayo de 2020

### Abstract

*Multiple factors influence the change in the quality of water resources. Industrialization, geographical conditions, demographic explosion, disordered land use and occupation are among the main factors. Thus, the objective is to analyze the water quality of the Cocó River from the perspective of the social and environmental vulnerability of its urban banks. The qualitative-quantitative methodology was based on the monitoring of 07 (seven) points of the river carried out by the State Superintendence of the Environment. One of them was chosen for analysis, due to the intense population density. Using the IQA (Water Quality Index) method, the parameters were: thermotolerant coliform (CTT), biochemical oxygen demand (BOD) and dissolved oxygen (DO). The data provided for Brazilian conditions (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB)) was calibrated and systematized in Excel spreadsheets and charts. As results, there is a scenario of local socio-environmental and sanitary commitment. All the numbers observed in the BOD, OD, CTT, IQA averages, in addition to the HDI, are lower than the sanitary, environmental and social quality standards, evidencing multiple anthropic and negative natural impacts - contamination of soil and groundwater, fauna and flora, besides being an increment of vectors and contaminating agents that have as vehicle of transmission the water. It is concluded that there is a growing need to ascertain and understand the factors influencing water quality, as well as to anticipate future impacts, in order to seek social well-being and environmental quality.*

**Keywords:** contamination, environmental vulnerability, quality of water.

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Brasil.

<sup>2</sup> Unidade de Gestão, Faculdade Pitágoras Fortaleza, Brasil.

<sup>3</sup> Centro de Tecnologia, Universidade de Fortaleza, Brasil.

<sup>4</sup> Escola Técnica da Grande Fortaleza, Brasil.

\* Autor correspondente: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará. Rua Fiscal Vieira, 3781 – ap. 201 – Bairro Joaquim Távora, Fortaleza, Ceará, Brasil. CEP: 60120-170. Email: [milabernardini@yahoo.com.br](mailto:milabernardini@yahoo.com.br)

## Resumo

Múltiplos são os fatores de influência na alteração da qualidade dos recursos hídricos. A industrialização, as condições geográficas, a explosão demográfica, o uso e ocupação desordenados do solo estão entre os principais fatores. Desse modo, tem-se como objetivo analisar a qualidade da água do Rio Cocó sob a perspectiva da vulnerabilidade socioambiental de suas margens urbanas. A metodologia quali-quantitativa partiu do monitoramento de 07 (sete) pontos do rio realizado pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente. Foi elegido um deles para análise, pelo intenso adensamento populacional. Utilizando o método do IQA - Índice de Qualidade das Águas, tomou-se os parâmetros coliformes termotolerantes (CTT), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e oxigênio dissolvido (OD). Calibrou-se os dados fornecidos para condições brasileiras (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB)) e os sistematizou em planilhas Excel e gráficos. Como resultados, há um cenário de comprometimento socioambiental e sanitário local. Todos os números observados na DBO, OD, CTT, médias de IQA, além do IDH são inferiores aos padrões de qualidade sanitária, ambiental e social, evidenciando múltiplos impactos antrópicos e naturais negativos - contaminação do solo e lençóis freáticos, da fauna e flora, além de ser incremento de vetores e agentes contaminantes que tenham como veículo de transmissão a água. Conclui-se que é crescente a necessidade de apurar e compreender os fatores influenciadores da qualidade da água, assim como antever os impactos futuros, a fim de buscar bem-estar social e qualidade ambiental.

**Palavras chave:** contaminação, vulnerabilidade ambiental, qualidade de água.

## Introdução

A questão ambiental abriga os recursos hídricos entre seus principais temas. Tal importância se deve por ser um bem indispensável à vida. Entretanto, seu nível de qualidade vem sofrendo alterações ao longo do desenvolvimento civilizatório.

Múltiplos são os fatores de influência para a alteração da qualidade dos recursos hídricos. O acelerado avanço tecnológico, a industrialização, as condições geográficas, a explosão demográfica, o uso e ocupação desordenados do solo estão entre os principais fatores identificados (Waldman, 2011).

Os rios e afluentes, detentores de significativa importância socioambiental, tanto pela capacidade de captação para abastecimento, quanto pelo favorecimento ao transporte e lazer, são frequentes repositórios de poluentes em seu curso e sua foz. Isso decorre do elevado lançamento de resíduos e efluentes domésticos, comerciais e/ou industriais e do desmatamento da vegetação ripária, o qual facilita o arraste de matérias indesejáveis (Santos *Et al.* 2016).

Tal problemática colabora para a redução do aporte de água captada, tratada e distribuída para o abastecimento humano, além de contribuir para a intensificação da poluição ambiental e de problemas de saúde pública de modo geral. Tucci *Et al.* (2003) reforça que a qualidade hídrica depende de um conjunto de fatores, desde condições geomorfológicas e características biológicas até as ações antrópicas, sendo estas últimas um fator preponderante para a contaminação e/ou

quaisquer alterações nos recursos hídricos - seja por lançamento de cargas efluentes ou por manejo inadequado do solo nas adjacências.

Visto isso, a interferência antrópica afeta de maneira direta e/ou indireta a qualidade hídrica em sua abrangência mais ampla. Ou seja, os impactos ambientais negativos decorrentes da ocupação e das atividades humanas próximas aos rios podem, a depender do seu grau e intensidade, alterar os padrões de qualidade do seu curso como um todo, atingindo todo o ecossistema ali existente.

Cabe salientar que a intensificação desses lançamentos se dá no meio urbano, devido aos aglomerados populacionais e às frequentes construções domiciliares irregulares nas proximidades dos corpos hídricos. Scherer (2013) evidencia ainda que grandes cidades possuidoras de zona litorânea estão ainda mais sujeitas às consequências da ação antrópica sobre os corpos hídricos, vista a interconectividade existente entre seus habitantes e os fluxos fluviomarinhos.

A configuração supracitada é reconhecida na cidade de Fortaleza/CE. Esta, uma grande capital do Nordeste brasileiro, é aportada por uma extensa zona litorânea e é banhada pelo Rio Cocó, um dos maiores do Estado do Ceará, cuja foz se localiza na orla da capital. Ainda assim, Fortaleza convive constantemente com a urgência por água adequada ao consumo, em razão de estar localizada numa região semiárida (tipicamente escassa de chuvas) e ter tido um processo de crescimento social e urbano desordenado e aquém dos padrões sanitários ideais (Fuck Junior, 2004). Tal processo marcou sua história com graves problemas sociais (sobretudo, ligados à habitação e infraestrutura) e de saneamento (deficitária cobertura de esgotamento e coleta de lixo), além de intensa degradação ambiental (Benevides, 2009).

Torna-se relevante compreender como se dão as ocupações habitacionais irregulares nas imediações do rio Cocó em Fortaleza/CE, representadas por características de vulnerabilidade socioambiental local, e sua relação com a qualidade de água disposta no trecho urbano do rio correspondente a tais ocupações.

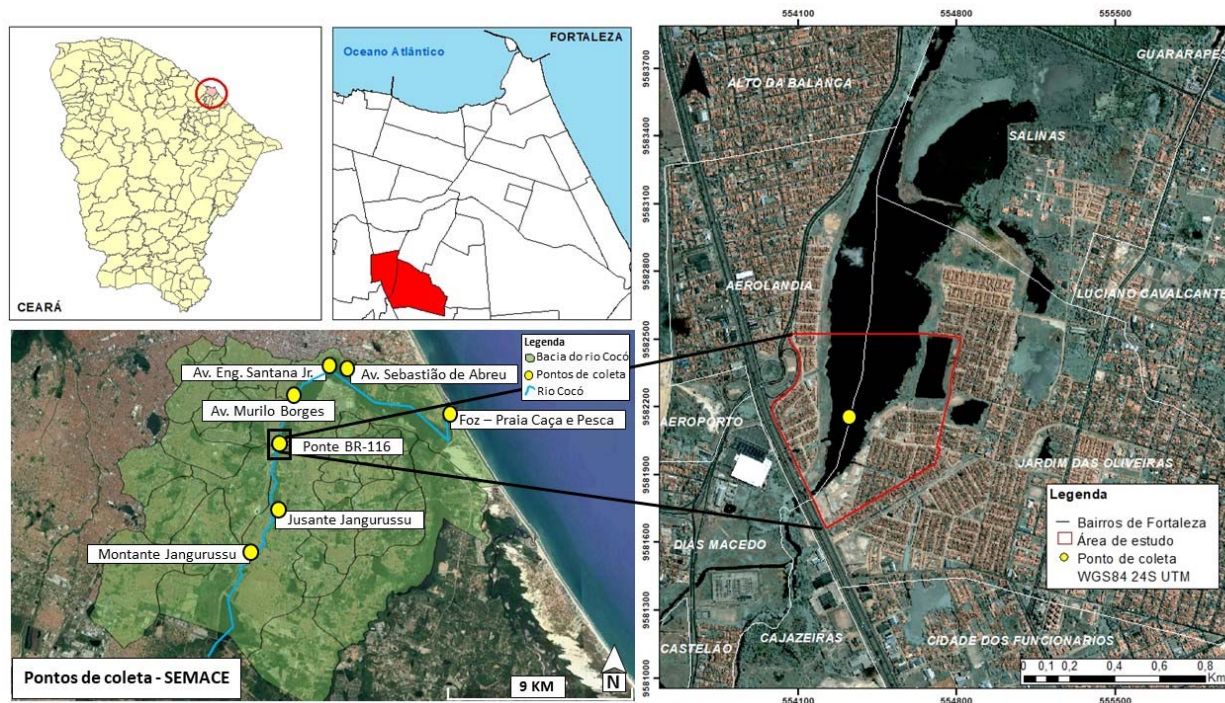
Diante do exposto, o objetivo geral da pesquisa é analisar a qualidade da água do Rio Cocó sob a perspectiva da vulnerabilidade socioambiental existente nas suas margens e entornos, em seu trecho urbano.

### **Metodologia**

A pesquisa é de caráter exploratório e de cunho quali-quantitativo, com vista a contemplar uma análise ampla e sistemática da realidade local, apreendendo suas complexidades socioambientais.

Conforme caracterização do local, o rio Cocó está localizado em Fortaleza, Ceará, e tem extensão de 50 km da sua nascente na Serra da Aratanha (Pacatuba) até sua foz, no Oceano Atlântico, em Fortaleza. Ele pertence a Bacia do rio Cocó, já monitorada em 07 (sete) pontos pré-estabelecidos pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE-NUAM) - órgão responsável pela coleta e análise dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água do rio.

Dentre os pontos de coleta do órgão, foi elegido como objeto de estudo da pesquisa o ponto “Sob a ponte na BR 116, km 03, próximo ao Makro” (Figura 1), assim denominado nos próprios laudos técnicos fornecidos pela SEMACE. O mesmo está situado no Bairro Aerolândia, às margens da BR 116, cujas Coordenadas UTM são 554114/9581804.



**Figura 1.** Demarcação da área de estudo e distribuição dos pontos de coleta de água

Fonte: Elaborado pelos autores.

A delimitação da poligonal acima demonstrada se deu por ser uma área crítica quanto ao intenso adensamento populacional historicamente vivido nas margens fluviais do Cocó, marcada por inúmeras moradias irregulares instaladas desordenadamente, contaminação do corpo hídrico adjacente e intensa poluição por resíduos sólidos e efluentes naquele trecho do rio supracitado.



### Métodos de análise da qualidade da água

A análise da qualidade da água requer monitoramento e verificação de parâmetros em diferentes pontos do corpo hídrico por um dado período, considerando variados aspectos regionais (Sathler, *et al.*, 2015). Deste modo, o estudo se pautou em laudos técnicos elaborados pela SEMACE a partir de coletas de amostras periódicas em 07 (sete) pontos ao longo do curso do rio Cocó, incluindo o ponto elegido “Sob a ponte na BR 116, km 03”. O recorte temporal aqui definido foi o último ano completo, portanto, 2017. A partir das coletas realizadas com frequência mensal, foram analisadas, portanto, 12 (doze) amostras, correspondentes ao ano de 2017.

Os resultados, comparados a padrões definidos por órgãos regulamentadores, indicam as condições de utilização do recurso hídrico. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua Resolução 357/2005 (CONAMA, 2005) evidencia a necessidade de enquadramento dos resultados às classes por ela pré-estabelecidas, visando facilitar o controle de metas e o alcance dos objetivos propostos. Em conformidade, às condições hídricas locais observadas foram aplicadas ao método do IQA - Índice de Qualidade das Águas, o qual avalia a qualidade de água bruta. Os parâmetros nele utilizados são geralmente indicadores de agentes contaminantes por lançamento de esgotos domésticos (ANA, 2009).

O cálculo do IQA adotado pela SEMACE é originário da CETESB (2013), cuja equação é composta por 09 (nove) parâmetros elencados como os principais medidores da qualidade da água, sendo considerado o abastecimento público como demanda prioritária. Para cada parâmetro, foram atribuídos pesos (*w*) relativos, conforme o grau de importância de cada um, a fim de mensurar as condições de qualidade da água, conforme Tabela 1 (ANA,2009).

**Tabela 1.** Parâmetros e pesos relativos do IQA.

Parâmetros	Pesos Relativos
1. Oxigênio Dissolvido	0.17
2. Coliformes fecais	0.15
3. Ph	0.12
4. Demanda bioquímica de oxigênio	0.10
5. Fosfatos Totais	0.10
6. Temperatura	0.10
7. Nitrogênio total	0.10
8. Turbidez	0.08
9. Sólidos Totais	0.08

Fonte: Adaptado de CETESB (2013)

De acordo com a CETESB, o IQA é calculado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice. A seguinte fórmula é utilizada (Equação 1):

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

**Equação 1**

Em que:

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

$q_i$ : qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;

$w_i$ : peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade. Na equação 2, é demonstrado o somatório dos pesos em função do número de variáveis do IQA:

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1$$

**Equação 2**

$n$ : número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

A fim de constatar a relação entre as atividades inadequadas nas margens do curso urbano do Rio Cocó e a sua qualidade de água, foram observados os dados oriundos dos laudos de análise da água da SEMACE no ponto “Sob ponte BR 116”, no ano de 2017. A classificação de IQA estabelecida pela CETESB (2013) é expressa na tabela 2.

**Tabela 2.** Classificação IQA.

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
REGULAR	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

Fonte: Adaptado CETESB, 2013

Os dados fornecidos foram calibrados para condições brasileiras, pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB), através da ferramenta *Excel*. Dentre os 19 (dezenove) parâmetros fornecidos pela SEMACE, foram selecionados e sistematizados em planilhas e gráficos para o estudo: coliformes termotolerantes (CTT), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e oxigênio dissolvido (OD). Isto se deu por possuírem relevante significância tanto na demonstração do grau de qualidade da água, quanto das condições de saúde pública da população relacionada àquela área.

### Métodos de análise da vulnerabilidade social

Quanto aos procedimentos metodológicos qualitativos, se realizou 03 (três) visitas *in situ*, para delimitação da área de estudo e análises técnicas dos impactos sociais e ambientais negativos, a fim de entender a disposição geográfica e urbana local. Também foi realizado levantamento das características de renda, educação e longevidade dos bairros Aerolândia, Jardim das Oliveiras e Salinas, através de dados dos Índices de Desenvolvimento Humano dos Bairros - IDH - B, fornecidos pela Prefeitura de Fortaleza (2010). Tal levantamento buscou mensurar o nível de vulnerabilidade social ao qual a população ali residente está exposta. Os registros fotográficos tiveram suporte da plataforma de imagens do *Google Earth Pro*, possibilitando visualização de áreas de difícil acesso e conflitos sociais.

Para entendimento espaço-temporal da ocupação urbana, foi realizado levantamento das atividades direta ou indiretamente ligadas à poluição do Rio Cocó. A partir da utilização do IQA e do IDH, foi construído um mapeamento cruzado entre o uso e ocupação do solo e a Área de Preservação Permanente (APP) do Rio Cocó abrangendo o ponto de coleta do IQA, utilizando a ferramenta de geoprocessamento licenciada, o *software ArcGIS 10.2*. Visou-se elucidar as fragilidades às quais as comunidades e o recurso hídrico em questão estão expostos em contato permanente.

### **Resultados**

Ao quadro de escassez hídrica são associadas diversas influências das ações antrópicas sobre o meio natural, as quais são determinantes para a saúde dos recursos hídricos. As atividades humanas sobre o meio, a citar o desmatamento intenso, o lançamento de efluentes nos cursos hídricos, a urbanização e a industrialização aceleradas resultam em graves impactos negativos à boa qualidade hídrica (Tundisi e Tundisi, 2005).

O processo histórico de migração da população rural para a cidade de Fortaleza auxilia na compreensão da sua atual configuração urbanoambiental. Sua expansão, norteadada pela fixação da população próxima aos recursos hídricos, foi iniciada pela Zona Oeste e litoral. Em seguida, avançou pela Zona Leste e margens do Rio Cocó.

Este rio integra a reserva de manguezal do complexo ecossistêmico do Cocó. Ocupando dois terços da área urbana de Fortaleza, com 60% dos cursos d'água, ele conglomera lagoas, canais de drenagem e rios de menor proporção. Sua bacia hidrográfica tem 485 km<sup>2</sup>, atravessando a capital, afirma o mais recente Inventário Ambiental de Fortaleza (2003). Logo se tornou uma relevante fonte hídrica para abastecimento, suporte a atividades comerciais, transporte, lazer e outros.

A Zona Leste, a qual abrange o Bairro Aerolândia, foi ocupada somente após autorização do parcelamento do solo pela Prefeitura Municipal de Fortaleza, em 1954 (Soares, 2005). Tal medida estimulou a escolha de moradia de vários empresários e proprietários fundiários da época, os quais visavam, dentre outros, o privilégio paisagístico proporcionado pelo ecossistema ligado ao rio Cocó. Tal ocupação tornou a Zona Leste incorporada à modernização, constituindo bairros e loteamentos de classe média-alta e alta.

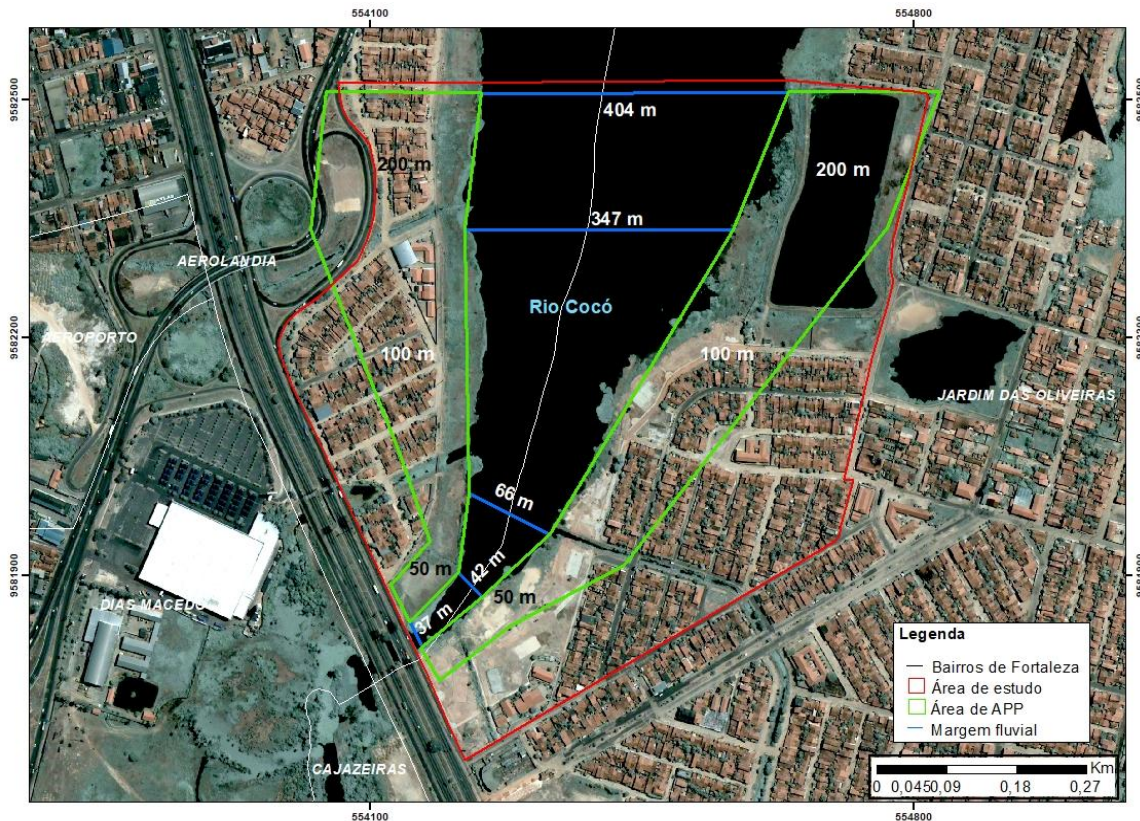
Segundo o IBGE (2003), a capital cearense atingiu dois milhões de moradores nos anos 2000, sendo considerada a quinta maior metrópole do país. Em contraponto, os recursos naturais e as proporções geográficas originais deixaram de ser obstáculo ao desenvolvimento urbano e à modernização. Consonantemente, Fortaleza passou a apresentar diversos problemas típicos das metrópoles (Benevides, 2009), como ocupação desordenada, desigualdades sociais, fragilidades de saneamento e infraestrutura e degradação vegetal e hídrica.

Observações *in loco* e registros fotográficos no entorno do ponto de coleta constataram variadas atividades e ocupações nas proximidades do curso hídrico do Cocó. Vale ressaltar: construções habitacionais de alvenaria ou materiais alternativos; estabelecimentos comerciais, como metalúrgicas, lavanderias; estabelecimentos alimentícios; mictórios clandestinos; atividades de pesca informal; vias públicas de tráfego formais e informais; criação de porcos, equinos e caninos; lavagem de animais e objetos diretamente no leito do rio; prestação de serviços, como: abatedouros, oficinas mecânicas, etc. Tais atividades contribuem diretamente para seu estado atual de degradação, visto que é frequente o avanço dessas atividades sobre a mata ciliar e o despejo descontrolado de efluentes domésticos sobre esse corpo hídrico.

A complexidade urbana e ambiental envolvendo a manutenção do trecho urbano desse rio consiste na delimitação legal do Parque Estadual do Cocó ter sido concretizada apenas em 2017, ou seja, após décadas de expansão urbana e ocupação intensa das suas margens por construções e atividades regulares e irregulares. Desse modo, a interferência humana se mostra como fator preponderante das dinâmicas hídricas e de saneamento da região em questão.

O mapeamento abaixo (Figura 2) expressa a delimitação territorial atual (segundo o Novo Código Florestal) da Área de Preservação Permanente (APP) do Cocó e sua relação cruzada com a área identificada de abrangência dos usos e ocupações do solo das margens do rio e adjacências do ponto de coleta da SEMACE (Sob a ponte BR 116) supracitado. As delimitações cartográficas demonstram expressivo avanço urbanístico de sul à norte em direção à APP, ou seja, ao leito regular do rio Cocó, na ordem de 50 a 200 metros. A concentração de equipamentos urbanos (ex: ruas, avenidas, alças de viadutos, riachos canalizados, etc) instalados nos bairros Jardim das Oliveiras e Aerolândia contribuem para tal projeção cidadina com cenário degradativo desse trecho da bacia hidrográfica do rio Cocó.





**Figura 2.** Mapa de Uso e Ocupação na APP do rio Cocó.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A diversidade de atividades e ocupações estabelecidas inadequadamente nas margens e/ou adjacências do curso hídrico em questão, sejam formais ou informais, caracterizam um cenário estrutural e de saneamento potencialmente poluente, tanto no que tange à qualidade edáfica, quanto hídrica. Essa caracterização se justifica pela presença de práticas inadequadas em áreas intensamente adensadas e sem serviço de saneamento ambiental adequado, sendo elas: ordenamento territorial sem o devido recuo das áreas residuais e respeito à legislação, geração de resíduos sólidos e líquidos com disposição inadequada dos mesmos (Santos *et al.*, 2016); e lançamento de efluentes domésticos e comerciais sem controle sanitário.

Esse potencial poluidor se torna ainda mais evidente a partir da análise do mapa acima e da constatação de que as ocupações territoriais e atividades potencialmente poluidoras mapeadas se sobrepõem em grande parte à área de APP, a qual deveria, em tese, estar naturalmente

preservada e a salvo de intervenções poluidoras. Sobretudo, no passado, quando a antigo Código Florestal salvaguardava uma área ainda maior como APP no entorno do rio analisado, o avanço de ocupações e atividades irregulares sobre o rio não foi contido.

Esse cenário de diversas atividades e construções inadequadas provocam diversos impactos ambientais negativos ao local e à região estudada, tais como: estreitamento das margens hídricas; soterramento de canas de rios e lagoas e de áreas de absorção de fluxos fluviomarinhos; desmatamento de vegetação fixadora de solo e manguezal; assoreamento; lixiviação; presença de chorume; contaminação química e biológica; alterações nos fluxos eólicos e fluviais; propensão a enchentes e alagamentos; diminuição da biota; transformações sedimentares e geomorfológicas; presença em excesso de vegetação aquática, dentre outros.

Inseridos nas Regionais II e VI, os três bairros analisados - Aerolândia, Jardim das Oliveiras e Salinas - apresentam sensíveis dados quanto à renda, escolaridade e saúde, incrementando os 76% dos bairros da capital que apresentam IDH - B menor de 0.5% (Fortaleza, 2010). Numericamente, esse índice tem variação dentro de uma escala entre 0 e 1, sendo quanto mais alto IDH aferido, melhor seu desenvolvimento humano.

Como referência quali-quantitativa, os respectivos índices alcançaram 0.4912 para o Salinas, 0.3109 para a Aerolândia e 0.2700 para o Jardim das Oliveiras. De acordo com a classificação estabelecida pelo IDH - de muito baixo a muito alto, Salinas e Aerolândia estão classificados como baixo e Jardim das Oliveiras como muito baixo.

Tais valores evidenciam um desenvolvimento social e econômico configurado por subempregos, baixa renda familiar, baixos níveis de formação escolar, dificuldade de acesso a recursos básicos, condições precárias de moradia e redução na perspectiva de vida, ou seja, apontam, conseqüentemente, para uma qualidade de vida comprometida. As imagens registradas *in loco* e através da ferramenta de cartografia digital *Google Earth Pro* (Figura 3) também reforçam a sensível configuração socioeconômica local, salientando as moradias precárias, as atividades irregulares realizadas nas vias públicas e o descarte inadequado de resíduos de toda ordem.

Houveram melhorias na região nos anos antecedentes ao megaevento da Copa do Mundo de 2014, cuja cidade de Fortaleza seria uma das sedes de jogos. Tratavam-se de projetos governamentais de revitalização urbanística, os quais objetivavam um reordenamento urbano e melhorias nas condições ambientais do entorno do Rio Cocó - já que a região se incluiria no circuito turístico na ocasião. Tais medidas foram compostas de: gradeamento das margens do recurso hídrico, dragagem do trecho do rio inserido na APP, limpeza dos resíduos irregulares de suas margens e reordenamento de vias do entorno.



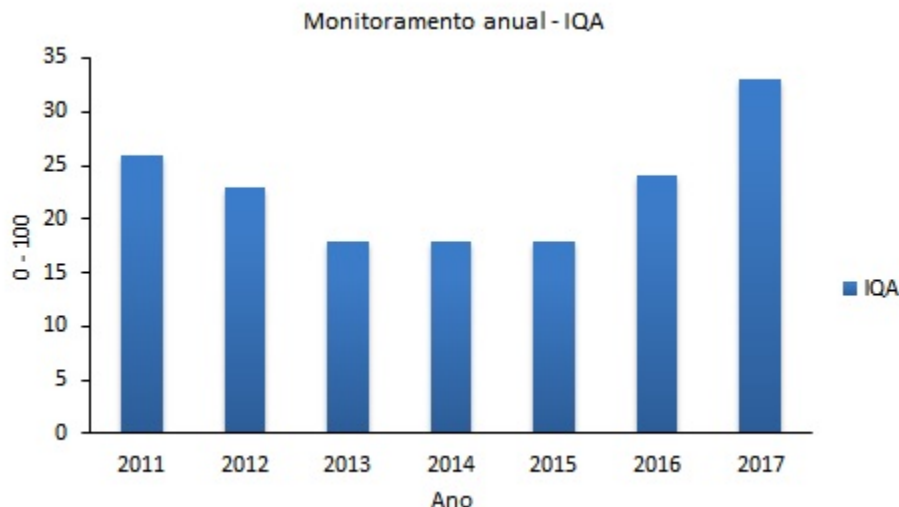
**Figura 3.** Diversos tipos de usos do solo e suas irregularidades na área de estudo. a) Pesca e presença de aguapés no leito do rio Cocó; b) Despejo inadequado de resíduos sólidos em margens de canais; c) Depósito de materiais de construção e aterramento de tributários; d) Canal e aspecto visual da qualidade d'água.

Fonte: *Google Earth Pro* (2018).

Sob a perspectiva da vulnerabilidade socioambiental apresentada, é também apresentado o panorama da qualidade da água do Rio Cocó no trecho estudado. Os parâmetros utilizados pela SEMACE para mensuração do IQA correspondem aos utilizados pela CETESB. Dentre eles, os resultados aqui apresentados têm foco na DBO, OD e CTT. O gráfico 1 demonstra variação entre mínimo de 18 e máximo de 33 no IQA do ponto analisado, para as médias anuais entre 2011 e 2017. Esses valores o classificam entre péssimo e ruim.

Em 2013, 2014 e 2015, o IQA atingiu sua menor média, sendo classificado como péssimo (CETESB, 2013). Isso pode ser atribuído ao processo de intensificação das obras em prol daquele evento e suas conseqüentes alterações nas dinâmicas do rio e imediações urbanas. Percebe-se que a qualidade da água do ponto analisado permanece ruim nos demais anos. Embora ligeiramente melhor que nos três anos centrais, ainda apresenta variações entre 23 e 33. Isso pode se dever à baixa quadra chuvosa desses anos.





**Gráfico 1.** Monitoramento anual do IQA do ponto “Sob a ponte BR 116”.

Fonte: Elaborado pelos autores.

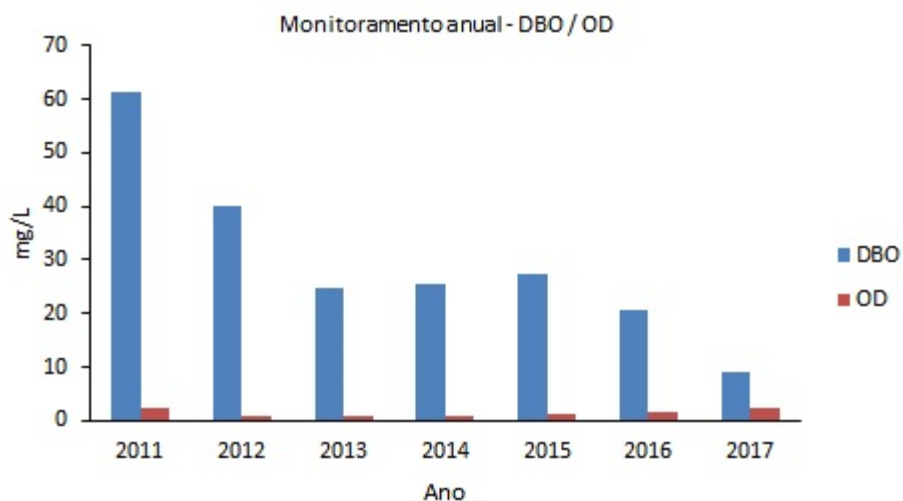
No ano de 2017, o IQA alcança melhoria significativa, com valor de 33, em relação aos anos anteriores. Vale salientar que em 2016 a margem do rio recebeu aterramento de um longo trecho, em prol tanto da construção de conjuntos habitacionais, quanto da prevenção ao alagamento em períodos de chuva intensa. Tais medidas podem ter contribuído para sua melhoria no ano de 2017. Ainda assim, sua classificação continua ruim (CETESB, 2013).

Nos gráficos 2 e 3 abaixo se verificam os dados médios para os parâmetros metodologicamente definidos: DBO, OD e CTT, entre os anos de 2011 e 2017, dada a ênfase do estudo ao último ano. Nota-se que a DBO obteve uma redução significativa dentro do período, passando de 61.2mg/L em 2011 para 9.1mg/L em 2017, numa curva continuamente decrescente. Acerca do OD, este iniciou com uma média de 2.2mg/L em 2011, sofreu reduções entre 0.9mg/L e 1.5mg/L de 2012 a 2016, e retornou a 2.2mg/L em 2017.

Com relação ao CTT, este obteve média de 12600.0 NMP/100mg em 2011. Nos demais anos, as taxas cresceram e posteriormente permaneceram inalteradas, com média de 16000.0 NMP/100mg, conforme demonstra o gráfico 3. Isso indica que o lançamento excessivo de efluentes, sobretudo domésticos, no recurso hídrico permaneceu recorrente, mesmo após a reestruturação do espaço geográfico em causa, contribuindo para a permanência das altas concentrações de CTT.

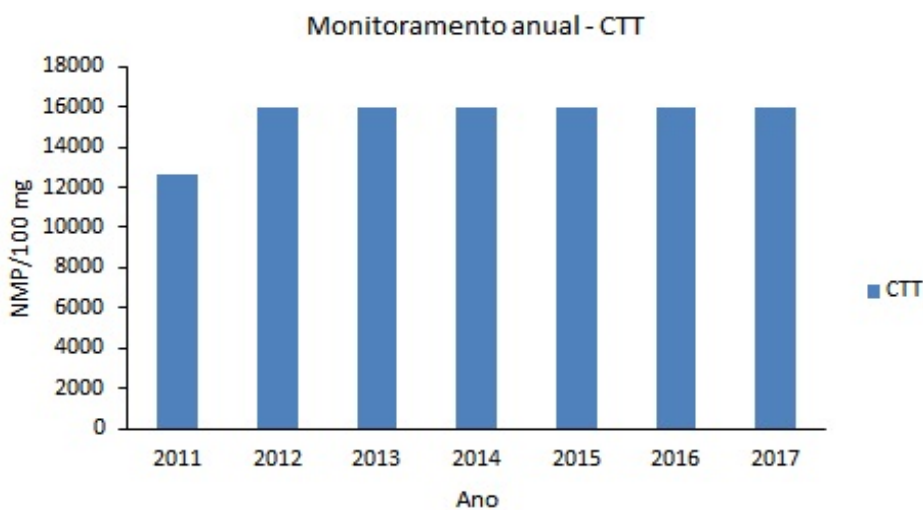
Em consonância com as médias do IQA do ponto coletado, os dados acima demonstram que os valores para OD e CTT estão fora dos padrões aceitáveis de potabilidade (CETESB, 2013). O valor

da DBO se baseia na diferença de concentração de OD em amostra de água para cinco dias e temperatura de 20°C (DBO<sub>5,20</sub>)" (CETESB, 2013). Logo, suas elevadas taxas podem ser prejudiciais para o meio aquático, já que o oxigênio disponível é consumido mais rapidamente. Dentre os parâmetros analisados, apenas a DBO obteve uma melhoria importante na análise.



**Gráfico 2.** Monitoramento anual da DBO e do OD para o ponto "Sob a ponte BR 116".

Fonte: Elaborado pelos autores.



**Gráfico 3.** Monitoramento anual do CTT para o ponto "Sob a ponte BR 116".

Fonte: Elaborado pelos autores.



Quanto às concentrações de OD, suas variações entre 0.9 mg/L e 2.2 mg/L se encontram à margem do considerado potável para a CETESB (2013). Concentrações abaixo de 5mg/L indicam um meio aquático com presença de poluentes. Acerca do CTT, o CONAMA, em sua Resolução nº274/00, enquadra as águas inadequadas à balneabilidade caso o valor seja superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros (CONAMA, 2000). Logo, a permanência da média em 16000NMP/100mg para a região estudada indica uma água não balneável.

O despejo inadequado de resíduos sólidos, líquidos e gasosos de qualquer espécie, sobretudo o lançamento de cargas orgânicas provenientes de esgotos domésticos, alteram de maneira significativa os parâmetros de qualidade de um recurso hídrico. As imagens obtidas e as visitas *in loco* confirmam a presença de múltiplos impactos negativos aos meios antrópico e natural locais. Tais impactos abrangem diversas consequências químicas, físicas e biológicas, tais como: água poluída por presença de químicos (enxofre, fósforo, chumbo, alumínio, etc) (Queiroz, *Et al.*, 2016), mortalidade de peixes, materiais inertes depositados irregularmente nas margens ou no leito do corpo hídrico, lançamento inadequado de efluentes sanitários nas margens ou no corpo hídrico, contaminação biológica hídrica e edáfica por patogenicidade e/ou toxicidade, presença de vetores de doenças, maus odores, dentre outros.

Tantos impactos ambientais negativos convergem com o processo histórico de uso e ocupação desenfreado da região, com instalação de habitações e atividades domésticas e comerciais em frequente desacordo com os códigos florestais e legislações urbanísticas. Tal configuração permitiu um avanço desordenado sobre a delimitação de APP e, em consequência, a contribuição antrópica para a poluição e contaminação do canal hídrico principal e seus tributários. Portanto, a análise associada entre a qualidade da água desse trecho do Rio Cocó e os dados sociais da região, constata condições inferiores aos padrões de qualidade sanitária, ambiental e social.

Em contrapartida, a poluição e contaminação hídrica também geram consequências sociais e ambientais para o entorno, no sentido de contribuir com a contaminação do solo, dos lençóis freáticos, da fauna e flora ali presentes. Também contribuem com o incremento de vetores, agentes contaminantes e doenças que tenham como veículo de transmissão a água - já que no rio estão contidos matéria orgânica, fecal, sólidos e nutrientes (Costa e Ferreira, 2015) e ainda assim é utilizado como fonte de abastecimento humano às populações sem acesso à água tratada.

### Conclusão

Sob a perspectiva da vulnerabilidade socioambiental no entorno do Rio Cocó no trecho estudado, foi possível analisar a sua qualidade da água e apontar uma estreita interrelação entre o baixo desenvolvimento socioeconômico e a baixa qualidade ambiental local. Há uma configuração

cíclica de vulnerabilidades, ou seja, a presença desordenada da população provoca poluição hídrica e vulnerabilidade ambiental, assim como o corpo hídrico contaminado, estrangulado e fragilizado também gera vulnerabilidade social, concretizada por problemas de saúde pública.

Concluiu-se que os números observados para a qualidade de água do rio permitem aferir que o ano de 2017 apresentou ligeira melhora no IQA e no parâmetro da DBO, se comparado com os anos anteriores. Tais melhorias podem ser atribuídas aos projetos de revitalização, à melhora da quadra chuvosa e à legalização do Parque do Cocó no mesmo ano. Ainda assim, se faz presente um cenário de comprometimento ambiental e de saneamento desse trecho urbano do rio, em face dos resultados negativamente significativos quanto às concentrações de OD e CTT - parâmetros mais relevantes na representação da qualidade de um meio aquático. Logo, pode-se concluir que a qualidade da água do trecho analisado está inadequada aos padrões de potabilidade estabelecidos pela SEMACE e CETESB.

Portanto, as medidas de revitalização já adotadas requerem investidas contínuas, inclusive de maneira conjunta com obras de infraestrutura e saneamento ambiental, de modo que se atinja uma melhoria socioambiental significativa e eficaz. Caso contrário, gerarão resultados apenas paisagísticos e temporários, permissíveis à existência de impactos e vulnerabilidades sociais e ambientais. A formalização, compartimentação e menor alcance da APP (Novo Código Florestal) do Parque Estadual do Cocó (2017) ainda se mostram insuficientes para concretizar a proteção das dimensões da APP local, prover segurança social às comunidades do entorno e diminuir os passivos ambientais existentes.

É crescente a necessidade de apurar e identificar os fatores influenciadores da qualidade da água, assim como antever possíveis impactos ambientais negativos em decorrência de adversidades ou situações particulares. Tal investida prima por uma administração mais efetiva dos recursos hídricos, alcançando soluções e/ou alternativas realistas e mais eficientes para a melhoria das condições de vida.

### Referências bibliográficas

- Benevides, M. G. (2009) *Direito à cidade: administração pública, justiça social, consciência ecológica e desenvolvimento sustentável*. Fortaleza: Museu do Ceará: Secult.
- CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2000) *Índice de qualidade das águas*. Acesso em 28 de setembro de 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndice-C-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas-2.pdf>
- Costa, F. B., Ferreira, V. O. (2015) Análise de parâmetros que compõem o Índice de Qualidade das Águas (IQA) na porção mineira da Bacia do Rio Paranaíba. *Revista Eletrônica de Geografia*, 7(18), Uberlândia, 22-47.

- Fuck Junior, S. C. F. (2004) Aspectos históricos da expansão urbana no sudeste do município de Fortaleza, Ceará, Brasil. *Revista Caminhos da Geografia*, **5**(13), 141-157. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/download/15358/8657>
- Gastaldini, M. C. C., Seffrin, G. F. F., Paz, M. F. (2002) Diagnóstico atual e previsão futura da qualidade das águas do Rio Ibicuí utilizando o modelo QUAL2E. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. **7**(3/4), 129-138.
- IBGE, Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (2003) *IBGE Cidades - Fortaleza Panorama*. Acesso em 04 de outubro de 2018, disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/panorama>
- Inventário Ambiental De Fortaleza (2014) Acesso em 23 de abril de 2017, disponível em: <http://inventarioambientalfortaleza.blogspot.com>
- Meireles, A. J. A. (2013) *Geomorfologia costeira: funções ambientais e sociais*. Fortaleza: Edições UFC, 270 pp.
- Prefeitura De Fortaleza (2014) *Desenvolvimento por bairro em Fortaleza*. Acesso em 03 de novembro de 2018, disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:p0UrYm4icTwJ:salasisituacional.fortaleza.ce.gov.br:8081/acervo/documentById%3Fid%3D22ef6ea5-8cd2-4f96-ad3c-8e0fd2c39c98+&cd=4&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>
- Queiroz, S. C. B, Pimenta, M. N., Silva, G.G., Garcia, V., Oliveira, A. (2016) Remoção de alumínio em águas para abastecimento público por meio de precipitação química com hidróxido de cálcio. *Revista AIDIS*. **9**(1), 89-106.
- CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente (2005) *Resolução N. 357/2005*. DOU nº 053, de 18 de março de 2005. Acesso em: 20 de outubro de 2018, disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>
- CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente (2000) *Resolução N. 274/2000*. DOU nº 018, de 08 de janeiro de 2001. Acesso em: 01 de março de 2020, disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>
- Sánchez, L. E. (2006) *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo: Oficina de textos.
- Santos, S. H., Lopes, A., Chagas, P., Souza, R. (2016) Análise de risco na concessão de outorga de lançamentos difusos de poluentes em rios, através de um modelo Fuzzy de transporte de massa. *Revista AIDIS*. **9**(1), 157-167.
- Sardinha, D. S., Conceição, F. T., Souza, A. D. G., Silveira, A., De Júlio, M., Gonçalves, J. C. S. I. (2008) Avaliação da qualidade da água e autodepuração do Ribeirão do Meio, Leme (SP) *Engenharia Sanitária e Ambiental*. **13**(3), 329-338.
- Sathler, L.F., Coelho, A. A., Oliveira, V. P. S., Louvisse, A. T. (2015) Avaliação de Quatro Parâmetros Físico-Químicos das Águas do Sistema Vigário-Campelo-Cataia na Baixada Campista, RJ. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, **9**(2), 33-44.
- Scherer, M. (2013) Gestão de praias no Brasil: subsídios para uma reflexão. *Revista da Gestão Costeira Integrada*. **13**(1), 3-13.
- Soares, J. (2005) Parque ecológico do Cocó: a produção do espaço urbano no entorno de áreas de proteção ambiental. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) Fortaleza: UFC.
- Tucci, C. E. M., Hespanhol I., Cordeiro Netto O. M. (2001) Disponibilidade hídrica. In: *Gestão da água no Brasil*. Capítulo 2, Brasília: UNESCO, 27-84.
- Waldman, M. (2011) Crise ambiental: ponderando a respeito de um dilema da modernidade. *Revista Crítica Histórica*. **2**(4), 295-313.