



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
QUÍMICA

APLICAÇÃO DE INDICADORES AMBIENTAIS PARA O
CÁLCULO DO IQA (ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA) EM
ZONA URBANA DE MANAUS

JOELKUISON ALVES DA SILVA

MANAUS
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

JOELKUISON ALVES DA SILVA

APLICAÇÃO DE INDICADORES AMBIENTAIS PARA O
CÁLCULO DO IQA (ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA) EM
ZONA URBANA DE MANAUS

Dissertação de Mestrado apresentada
ao Programa de Pós-Graduação em
Química da Universidade Federal do
Amazonas como requisito parcial
para a obtenção do título de Mestre
em Química, na linha de pesquisa
Química Analítica Ambiental.

Orientadora: Prof^a Dr^a Tereza Cristina Souza de Oliveira

MANAUS
2016

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Silva, Joelkuison Alves da
S586a Aplicação de indicadores ambientais para o cálculo do IQA (Índice de
Qualidade da Água) em zona urbana de Manaus / Joelkuison Alves da
Silva. 2016
65 f.: il.; 31 cm.

Orientadora: Dr^a Tereza Cristina Souza de Oliveira
Dissertação (Mestrado em Química - Analítica) - Universidade
Federal do Amazonas.

1. Qualidade da água. 2. Índice de Qualidade da água. 3. Parâmetros físicos,
químicos e biológicos. 4. Igarapé Tarumã. I. Oliveira, Dr^a Tereza Cristina
Souza de II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pois sem Ele nada é possível.

À orientadora Prof^a. Dra. Tereza Cristina Souza de Oliveira pela amizade, pelas palavras de incentivo sempre, e por guiar este trabalho com carinho, dedicação e profissionalismo.

Ao programa de pós-graduação em Química Analítica pela oportunidade de realizar este trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa no Amazonas – FAPEAM pela bolsa concedida
À Central Analítica onde foram feitas as análises laboratoriais das amostras de água.

À Dr^a. Maria do Socorro Rocha da Silva e a Técnica Soraya pelo apoio com as análises de bacteriologia no laboratório do INPA.

À Prof^a Edileuza Melo do SIPAM pelo apoio com a confecção do mapa da área de estudo.

A minha namora que sempre torceu por mim, e que me ajuda bastante.

Aos meus amigos porque sem eles nada disso seria possível.

À toda minha família pelas boas vibrações que sempre me enviam.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

“O temor do Senhor ensina a sabedoria, e a humildade antecede a honra. Ao homem pertence os planos do coração, mas do Senhor vem a resposta da língua.

(Provérbios de Salomão)

RESUMO

A cidade de Manaus é bastante desenvolvida, no entanto seus recursos hídricos vêm sendo degradados ao longo das últimas décadas, em decorrência do processo de urbanização. O trecho do Igarapé Tarumã em estudo tem seu fluxo passando por esta cidade, sendo que recebe os esgotos de regiões de habitações urbanística e também de áreas de floresta com fauna e flora silvestre. Este estudo teve como objetivo aplicar o cálculo para determinação do índice de qualidade da água (IQA) adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), e comparar os parâmetros de qualidade com os estabelecidos pela Resolução nº. 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A metodologia de trabalho consistiu na realização de três coletas de campo ao longo do Igarapé, contemplando variações hidrológicas (uma em período de águas baixas correspondendo ao mês de novembro de 2015 e Setembro de 2016, e outra em período de águas cheias correspondendo ao mês de Maio de 2016), sendo realizadas análises físicas, químicas e biológicas nas amostras de água coletadas. No cálculo do Índice de Qualidade da Água levou-se em consideração o IQA elaborado pela National Sanitation Foundation (NSF) e adaptado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB) com as respectivas curvas e faixas de qualidade da água. Afim de representar como ambiente natural e melhor qualidade ambiental utilizou-se como referência um ponto considerado controle, localizado no Igararé da Cachoeira da Asframa, além de outros quatro pontos em zona urbana no Igarapé Tarumã. Os piores índices de qualidade da água foram encontrados nestes pontos por sofrerem forte pressão antrópica caracterizados por valores fora do permitido pela Resolução nº 357/05 do CONAMA para a classe 2 de qualidade, e indicando a entrada de efluentes domésticos sem tratamento como sendo a principal fonte de poluição, com altas concentrações de matéria orgânica, nutrientes e de coliformes fecais. Os cálculos e equações propostos pela CETESB representou bem a qualidade das águas do igarapé estudado em zona urbana com classificação Ruim, no entanto, não foi adequado para o ponto controle, que mostrou classificação Regular. Portanto, pode-se notar que alguns parâmetros necessitam de ajustes nos seus pesos devido as águas dessa região possuírem características diferenciadas em relação a outras regiões do país.

Palavras-chave: Qualidade da água, Índice de Qualidade das Águas, parâmetros físicos, químicos e biológicos, Igarapé Tarumã.

ABSTRACT

The city of Manaus is quite developed, however its water resources have been degraded over the last decades, due to the urbanization process. The stretch of Igarapé Tarumã in study has its flow passing through this city, being that it receives the sewers of regions of urban dwellings and also of areas of forest with fauna and wild flora. This study aimed to apply the calculation to determine the water quality index (IQA) adapted by the Environmental Company of the State of São Paulo (CETESB), and to compare the quality parameters with those established by Resolution no. 357/2005 of the National Environmental Council (CONAMA). The work methodology consisted of three field collections along the Igarapé, including hydrological variations (one in the low water period corresponding to the month of November 2015 and September 2016, and another in the full flood period corresponding to the month of May 2016), and physical, chemical and biological analyzes were performed on the collected water samples. In the calculation of the Water Quality Index, the IQA prepared by the National Sanitation Foundation (NSF) and adapted by the Environmental Sanitation Technology Company of São Paulo (CETESB) were taken into account with the corresponding curves and water quality bands. In order to represent as a natural environment and better environmental quality, a point considered as a control was used as reference, located in Igararé da Cachoeira da Asframa, as well as four other points in the urban area of Igarapé Tarumã. The worst water quality indexes were found at these points because they suffered strong anthropic pressure characterized by values that were not allowed by Resolution No. 357/05 of CONAMA for quality class 2, and indicating the entry of untreated domestic effluent as the main Source of pollution, with high concentrations of organic matter, nutrients and fecal coliforms. The calculations and equations proposed by CETESB represented well the water quality of the igarapé studied in an urban area with Bad classification, however, it was not adequate for the control point, which showed a Regular classification. Therefore, it can be noted that some parameters need adjustments in their weights because the waters of this region have different characteristics in relation to other regions of the country.

Key words: Water Quality, Water Quality Index, physical, chemical and biological parameters, IgarapéTarumã.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Curvas médias de variação de qualidade para as variáveis estudadas (Fonte: Adaptada de Sperling 2007)	21
Figura 2 Distribuição dos quatro pontos de coleta ao longo do igarapé Tarumã-Açu: TPC – Ponto Controle na Rodovia 174 Cachoeira da Asframa, TP1 – Ponte do Igarapé Tarumã; TP2 – Montante da cachoeira do Tarumã; TP3 – Praia dourada. TP4 – Ponto na Rodovia da estrada Br 174.....	30
Figura 3 Pontos de amostragem Ponte do Tarumã (TP1),Cachoeira do Tarumã (TP2), Praia do Tarumã (TP3), Tarumã no quilômetro 30 da estrada BR 174(TP4) e ponto controle na cachoeira da Asframa (TPC)	31
Figura 4 Gráfico da técnica de tubos múltiplos.....	35
Figura 5. Valores da temperatura ao longo do tempo.	41
Figura 6 Valores da condutividade ao longo do tempo.....	42
Figura 7 Valores do pH ao longo do tempo	42
Figura 8 Valores da turbidez ao longo do tempo	44
Figura 9 Valores do oxigênio Dissolvido ao longo do tempo.....	45
Figura 10 Valores da DBO ao longo do tempo	46
Figura 11 valores dos Sólidos totais ao longo do tempo.....	46
Figura 12 Valores de Nitrogênio Total ao longo do tempo.....	47
Figura 13 Valores de Fósforo Total ao longo do tempo.....	48
Figura 14 Valores de Coliformes Totais ao longo do tempo.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Faixas de valores do IQA atribuído pela CETESB	19
Tabela 2 Equações representativas das curvas de qualidade do NSF adaptada pela CETESB (Fonte: Adaptada de Sperling 2007)	20
Tabela 3 Localização dos pontos de coleta	29
Tabela 4 Padrão de Qualidade segundo a resolução CONAMA 357/05 para Águas Doces - Classe 2	32
Tabela 5. Equações para obtenção dos valores de qi dos 9 parâmetros selecionados.....	37
Tabela 6 Nível de qualidade do corpo hídrico	38
Tabela 7. Dados médios dos parâmetros analisados das águas residenciais durante duas coletas realizadas (novembro/2015, maio e Outubro/2016 para o ponto controle).....	40
Tabela 8 Parâmetros e equações de qualidade dos parâmetros do mês de novembro de 2015. OD (oxigênio Dissolvido); CT (Coliformes Totais); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NT (Nitrogênio Total); FT (Fósforo Total); pH (Potencial Hidrogeniônico); ST (Sólidos Totais); qi^w (Qualidade do parâmetro).....	51
Tabela 9. Parâmetros e equações de qualidade dos parâmetros do mês de Outubro de 2016. OD (oxigênio Dissolvido); CT (Coliformes Totais); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NT (Nitrogênio Total); FT (Fósforo Total); pH (Potencial Hidrogeniônico); ST (Sólidos Totais); qi^w (Qualidade do parâmetro).....	52
Tabela 10 Parâmetros de Qualidade da Água e respectivos Pesos.....	52
Tabela 11. Produtos das equações de qualidade elevadas aos respectivos pesos e resultado do IQA.....	53

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APHA	American Public Health Association
CE	Condutividade Elétrica
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional de meio ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
IQA	Índice de Qualidade da Água
INPA	Instituto de Pesquisas da Amazônia
OD	Oxigênio Dissolvido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVO	16
Geral 16	
Específicos	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Qualidade da água.....	17
3.3 Indicadores.....	18
3.3.1 Índice de Qualidade.....	18
Parâmetros Físicos e Químicos	23
Turbidez	23
Temperatura	23
3.1.3 pH.....	24
Conductividade	24
Nitrogênio.....	25
Fósforo	26
Oxigênio Dissolvido.....	26
Sólidos.....	27
Parâmetros Biológicos.....	27
3.4.1 Coliformes	27
Características das águas da Bacia do Tarumã.....	28
4 MATERIAL E MÉTODOS	29
Área de estudo	29
Metodologia para as determinações físicas e químicas	31
Coleta das amostras	31
Amostragem e procedimentos analíticos.....	32
Parâmetros físicos e químicos	33

Temperatura	33
4.2.5 pH.....	33
Turbidez	33
Sólidos Totais	33
Oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	33
Nitrogênio Total	34
Fósforo Total	34
Coliformes totais	35
Cálculo das curvas para determinação do IQA	36
4.3.1 Conversão de fósforo total (como P) a íon fosfato (Fósforo Total) (como PO_4^{3-})	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
Parâmetros indicadores de qualidade.....	39
Temperatura	41
Condutividade	41
Potencial Hidrogeniônico (pH)	42
Turbidez	43
Oxigênio Dissolvido.....	44
Demanda Bioquímica de Oxigênio	45
Sólidos Totais	46
Nitrogênio Total	47
Fósforo Total	47
5.1.10 Coliformes totais	48
Equações e cálculo do IQA	49
6 CONCLUSÕES	56
7 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	58

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a necessidade de monitoramento da qualidade dos corpos hídricos vem sendo muito destacada, considerando o grande lançamento de efluentes das atividades humanas nos rios (BEAMONTE *et al*, 2007). A fim de se reunir informações sobre as características das águas é fundamental acompanhar as alterações que, por ventura estejam ocorrendo, para que se possam tomar as medidas necessárias para mitigá-las.

De acordo com Flores e Lopes (2006), o monitoramento ambiental é uma importante ferramenta para a administração dos recursos hídricos. Desse modo, os programas de monitoramento consistem, essencialmente, de medições que têm como objetivo verificar se determinados impactos ambientais estão ocorrendo, a fim de dimensionar a sua magnitude e avaliar se as medidas preventivas adotadas estão sendo ou não eficazes. Neste trabalho iremos seguir as normas regidas segundo a portaria CONAMA 357/05 para verificar se as águas que segundo essa portaria são do tipo 2, se encontram acima ou não do limite permitido para cada parâmetro de qualidade. A resolução CONAMA 357/05 é o órgão que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências (CONAMA, 2005).

A qualidade da água resulta não só dos fenômenos naturais, mas da atuação do homem. É certo que a precipitação pluviométrica pode afetar o escoamento superficial e a infiltração no solo, mas a interferência do homem quer de uma forma concentrada, como na geração de despejos domésticos ou industriais, quer de uma forma dispersa, como na aplicação de defensivos agrícolas no solo, contribui para a introdução de compostos na água, provocando sua contaminação e colocando em risco a qualidade da água que abastece a população (OLIVEIRA, 2008).

Dentre as ferramentas propostas para avaliar a qualidade da água no Brasil destaca-se o Índice de Qualidade da Água (IQA), que engloba variáveis físicas, químicas e microbiológicas, essenciais para avaliar sua qualidade. Foi originalmente desenvolvido pela National Sanitation Foundation dos Estados Unidos (NSF) de 2010 e adaptado para águas brasileiras por órgãos e entidades, como a Companhia de tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (CETESB, 2015; Brown *et al*, 1970).

O IQA foi criado a partir de um inquérito de opiniões junto a especialistas em gestão da qualidade da água, que selecionaram os parâmetros relevantes para a avaliar a qualidade da água,

o peso relativo de cada uma delas e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores: Oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato, temperatura, turbidez e sólidos totais dissolvidos (CETESB, 2015). Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação devido ao lançamento de esgotos domésticos.

Considerando o potencial hidrológico da bacia Amazônica, sendo a maior do mundo, abrangendo uma área de $6,1 \times 10^6$ x km², contendo grandes rios que colaboram com diferentes características físicas, químicas e biológicas, entende-se importante a aplicação do cálculo do IQA nos sistemas hidrológicos amazônicos, para conhecer e propor faixas de valores adequados a região para a indicação da qualidade da água.

A bacia Amazônica a Oeste é rodeada pela Cordilheira dos Andes, com picos de aproximadamente 7000 m (FILIZOLA *et al.*, 2002). Sendo formada por pequenos riachos e igarapés os quais por sua vez dão origem aos rios maiores. Nota-se no entanto que esses corpos de água não são uniformes, devido às diferenças marcantes tanto em relação à morfologia de seus leitos quanto às suas características químicas e biológicas (JUNK, 1983; FISH, 1998; CAMPOS, 1994).

Segundo Sioli (1985), as rotulações das águas superficiais da Amazônia são classificadas de acordo com material particulado e dissolvido presentes nessas águas, sendo estas nomeadas: águas brancas, claras e pretas.

Se analisarmos a importância a constante mudança do nível de água na região amazônica, torna-se uma preocupação, devido aos vários usos das águas dessa extensa bacia, e aos poucos estudos sobre a qualidade dessas águas um estudo classificatório vem a ser de muita relevância (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

Em Manaus uma importante bacia chamada Tarumã-Açu está localizada entre os paralelos 20° 11' 50" e 3° 03' 13"S e meridianos 59° 55' 08" e 60° 06' 21"W, fazendo limite com as bacias do Tarumã-Mirim e do São Raimundo em Manaus, e com a do Rio Preto da Eva, no município de mesmo nome (Figuras 1-2). A bacia do Tarumã-Açu drena tanto área urbana de Manaus (zona norte) quanto, em maior parte, área rural. Dentre as três bacias sob influência antrópica (Educandos, São Raimundo e Tarumã-Açu), é a mais conservada, por ter sido a última a ser ocupada e, também pela distância do centro urbano. Em alguns locais ainda apresenta rica fauna aquática, alguns animais silvestres e cobertura vegetal significativa, além de algumas nascentes estarem protegidas, como as dos igarapés Acará, Barro Branco e Bolívia, que estão na área da Reserva Florestal Adolfo Ducke. Porém, na área urbana, já apresenta alguns trechos de

igarapés impactados. Dessa forma, a bacia do Tarumã-Açu possui tanto ambientes preservados como ambientes com graus de degradação variando de média a forte. Como exemplo de ambiente natural, podemos citar o igarapé Barro Branco; de médio impacto, o igarapé Mariano e com trechos fortemente impactados, o igarapé Bolívia, em vista deste setor da bacia fazer parte da área urbana.

Segundo Vasconcelos e colaboradores (2015) que analisaram mais que 50 % da área total da bacia do Tarumã em 2007, grande parte da bacia ainda se encontra na forma de floresta ombrófila, justificado pelo mesmo por estar localizada em sua maior parte na zona rural do município de Manaus, tendo deste modo grande cobertura vegetal natural possivelmente primária. No entanto a segunda maior parte da bacia é o solo e está representado pela área urbana com um total de 18,02 % da sua extensão da bacia. Vasconcelos e colaboradores (2015) verificou que a extensão da área de solo aumentou quando comparada com outros estudos feitos entre 1988 a 1992 neste mesmo local.

Deste modo, o presente trabalho tem por objetivo aplicar o cálculo utilizando-se do IQA adaptado no Brasil pela CETESB-SP a partir do IQA desenvolvido nos Estados Unidos pela NFS e avaliar a qualidade da água em um trecho da bacia do Tarumã, localizado na cidade de Manaus, Amazônia Central. Considerando-se uma ferramenta que vem proporcionando em outros estudos uma boa visualização sobre a qualidade da água de rios e, principalmente, considerando que não há estudo ou banco de dados com o uso deste índice na área de estudo deste trabalho.

2. OBJETIVO

Geral

- Aplicar o Índice de Qualidade da Água (IQA) em um trecho da bacia do Tarumã localizada na cidade de Manaus, na Amazônia Central.

Específicos

- Determinar os parâmetros necessários para o cálculo do Índice de Qualidade da água (IQA) como, usados no IQA da CETESB: oxigênio dissolvido, coliformes totais, potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total, fósforo total, turbidez, temperatura e sólidos totais;
- Avaliar a aplicação do índice de qualidade da água (IQA) em período hidrológico de águas altas e águas baixas e observar a influência da sazonalidade na Amazônia;
- Testar a possível adaptação da metodologia de cálculo do índice de qualidade da água (IQA) indicado pela National Sanitation Foundation (NSF) dos EUA, para a região amazônica;
- Apresentar diagnóstico de qualidade da água da área estudada.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Qualidade da água

De todos os recursos naturais, a água é sem dúvida o mais importante e precioso. A vida começou na água, e a vida é alimentada com água. Há organismos, tais como os anaeróbios, que podem sobreviver por qualquer período de tempo sem água (KHAN, 2004).

A água sempre foi o gatilho sustentador de civilizações testemunhado ao longo da história humana. Mas, até tão tarde quanto a década de 1960, o interesse primordial em água tem sido a sua quantidade. Exceto em situações manifestamente indesejáveis, a água disponível foi considerada automaticamente água utilizável. Somente durante as últimas três décadas, o sistema operativo do século XX, a preocupação com a qualidade da água foi muito sentida de modo que, até agora, a qualidade da água adquiriu tanta importância como a quantidade de água (SADIQ *et al*, 2010)

A água é de vital importância para a sobrevivência dos seres vivos, uma vez que está presente na maioria dos processos metabólicos. Além dessa atuação vital, levando-se em conta o ciclo hidrológico, ela interage com todo o ambiente, acumulando as informações dessas interações e, assim, funcionando como indicador ambiental de grande eficiência (DINIUS, 1987)

A água é uma substância fundamental para os ecossistemas na natureza; é o solvente universal, propiciando a higiene e limpeza dos seres vivos e contribuindo para o processo de absorção dos nutrientes do solo pelos vegetais; possui elevada tensão superficial, possibilitando a formação da “franja capilar” no solo e das diferentes formações hídricas atmosféricas; possui alto calor específico, influenciando o clima das regiões, isto é, regiões próximas às massas de água sofrem menos variação de temperatura do ambiente; e, acima de tudo, é um componente fundamental na formação dos seres vivos; no caso do homem, aproximadamente $\frac{3}{4}$ de sua constituição é de água (LUMB *et al*, 2011).

A disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas para os diversos usos, tem relação com o fator determinante no processo de desenvolvimento econômico e social de uma comunidade. Atender a essa demanda constitui-se, assim, em um dos maiores desafios do homem na atualidade, devido à escassez crescente e ao comprometimento da qualidade das águas (PAIVA, 2001).

3.3 Indicadores

3.3.1 Índice de Qualidade

Os Índices de Qualidade da Água (IQA) expressam uma lista extensa de parâmetros e as suas concentrações presentes em uma amostra em um único valor numérico (ABBASI e ABBASI, 2012).

O IQA pode ter ganhado destaque durante as últimas 3 décadas, mas o conceito em sua forma rudimentar foi primeiro introduzido mais de 150 anos - em 1848 - na Alemanha, onde a presença ou ausência de certos organismos na água foi utilizada como indicador da aptidão ou de outra forma de uma fonte de água (LUMB *et al*, 2011). Desde então, vários países europeus têm desenvolvido e aplicado sistemas diferentes para classificar a qualidade das águas em suas regiões. Estes sistemas de classificação de água geralmente são de dois tipos. Aqueles que se preocupam com a quantidade de poluição presente e aqueles preocupados com as comunidades que vivem de organismos macroscópicos ou microscópicos (BROWN *et al*, 1970; PRATI *et al*, 1971; DINIUS, 1987)

Em vez de atribuir um valor numérico para representar a qualidade da água, esses sistemas de classificação categorizam corpos d'água em uma das classes de poluição severa ou níveis. Em contrapartida, os índices que usam uma escala numérica para representar gradações nos níveis de qualidade da água são um fenômeno recente, a começar com o índice de Horton em 1965 (BROWN *et al*, 1970).

No Brasil, o IQA-NSF foi modificado pela CETESB, que substituiu o nitrato por nitrogênio total (CETESB, 2004), apresentando as faixas de indicação da qualidade, conforme apresentado na Tabela 1. O IQA obedece às seguintes propriedades matemáticas:

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

Onde:

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 a partir 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, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad \text{Equação 2}$$

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

Tabela 1. Faixas de valores do IQA atribuído pela CETESB

Descrição (CETESB)	Faixa	Cor Indicadora
	0 – 19	Violeta
	19 – 36	Vermelho
	36 – 51	Amarelo
	51 – 79	Verde Claro
	79 – 100	Azul

Fonte: CETESB (2012)

A adaptação do índice de qualidade deve ser acatada pois existe diferença entre os parâmetros com pesos menores do índice do NSF para a realidade de determinado local. Esses valores precisam ser os mais importantes para caracterizar a qualidade da água da região de determinado estudo.

Com isto tendo em vista que as Equações representativas das curvas de qualidade do NSF não fossem em conformidade com as características das águas e clima brasileiro, elas foram elaboradas e adaptadas pela CETESB para determinação dos valores de qi das seguintes variáveis: potencial hidrogeniônico, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total, temperatura, turbidez, sólidos totais e percentagem de saturação de OD conforme a Tabela 2. Os valores da Tabela obedecem às curvas de variação de qualidade para os parâmetros estudados (Figura 1).

Desde sua adaptação as análises no Brasil o IQA já demonstra resultados, onde já se vem montando um banco de dados que classificam as águas nas categorias indicadas por esse índice. No entanto vale ressaltar que por ser o IQA um índice de qualidade não um instrumento de avaliação de atendimento ao público Sperling (2007), os seus índices são bastante polêmicos, uma vez que mascara a multiplicidade de condições que ocorrem em um curso d'água. Por outro lado, a sua capacidade de síntese em um índice, é muito importante para comunicação ao público.

Tabela 2 Equações representativas das curvas de qualidade do NSF adaptada pela CETESB (Fonte: Adaptada de Sperling 2007).

Parâmetro	Limite mínimo (>)	Limite máximo (≤)	Equação de qi
Coliformes	0	1	$100 - 33 \cdot \log C$
Termotolerantes (log ₁₀)	1	5	$100 - 37,2 \cdot \log C + 3,60743 \cdot \log C^2$
	5		3
pH	0	2	2
	2	4	$13,6 - 10,6 \cdot \text{pH} + 2,4364 \cdot \text{pH}^2$
	4	6,2	$155,5 - 76,36 \cdot \text{pH} + 10,2481 \cdot \text{pH}^2$
	6,2	7	$-657,2 + 197,38 \cdot \text{pH} - 12,9167 \cdot \text{pH}^2$
	7	8	$-427,8 + 142,05 \cdot \text{pH} - 9,695 \cdot \text{pH}^2$
	8	8,5	$216 - 16 \cdot \text{pH}$
	8,5	9	$1415823 \cdot 10^{(-1,1507 \cdot \text{pH})}$
	9	10	$50 - 32 \cdot (\text{pH} - 9)$
	10	12	$633 - 106,5 \cdot \text{pH} + 4,5 \cdot \text{pH}^2$
	12	14	3
DBO	0	5	$99 \cdot 10^{(-0,1232728 \cdot C)}$
	5	15	$104,67 - 31,5463 \cdot \text{Log}(C)$
	15	30	$4394,91 \cdot C - 1,99809$
	30		2
Nitrogênio (MgN/L)	0	10	$100 - 8,169 \cdot C + 0,3059 \cdot C^2$
	Total 10	60	$101,9 - 23,1023 \cdot \text{Log}(C)$
	60	100	$159,3148 \cdot 10^{(-0,0512842 \cdot C)}$
	100		1
Fósforo (MgN/L)	0	1	$99 \cdot 10^{(-0,91629 \cdot C)}$
	Total 1	5	$57,6 - 20,178 \cdot C + 2,1326 \cdot C^2$
	5	10	$19,8 \cdot 10^{(-0,13544 \cdot C)}$
	10		5
Diferença de Temperatura			94 (assumindo o valor constante de 94 ela CETESB, por se considerar que, nas condições brasileiras, a temperatura dos corpos d'água não se afasta da temperatura de equilíbrio)
Turbidez (UNT)	0	150	$100,17 - 2,67 \cdot \text{Turb} + 0,03775 \cdot \text{Turb}^2$
	150	500	$84,76 \cdot 10^{(-0,016206 \cdot \text{Turb})}$
	500		5
Sólidos (mg/L)	0	25	$79,75 + 0,166 \cdot C - 0,001088 \cdot C^2$
	Totais 25	100	$101,67 - 0,13917 \cdot C$
	100		32
Porcentagem de saturação do Oxigênio dissolvido (%)	0	50	$3 + 0,34 \cdot (\% \text{ sat}) + 0,008095 \cdot (\% \text{ sat})^2 + 1,35252 \cdot 0,00001 \cdot (\% \text{ sat})^3$
	50	85	$3 - 1,166 \cdot (\% \text{ sat}) + 0,058 \cdot (\% \text{ sat})^2 - 3,803435 \cdot 0,0001 \cdot (\% \text{ sat})^3$
	85	100	$3 + 3,7745 \cdot (\% \text{ sat}) - 0,704889$
	100	140	$3 + 2,9 \cdot (\% \text{ sat}) - 0,02496 \cdot (\% \text{ sat})^2 + 5,60919 \cdot 0,00001 \cdot (\% \text{ sat})^3$
	140		$3 + 47$
	Concentração de saturação de OD (mg/L)		$C_s = (14,62 - 0,3898 \cdot \text{temp} + 0,006969 \cdot \text{temp}^2 - 0,00005898 \cdot \text{temp}^3) \cdot (1 - 0,0000228675 \cdot \text{altitude})^{5,167}$
	Percentagem de saturação (%)		$100 \cdot \text{OD} / C_s$

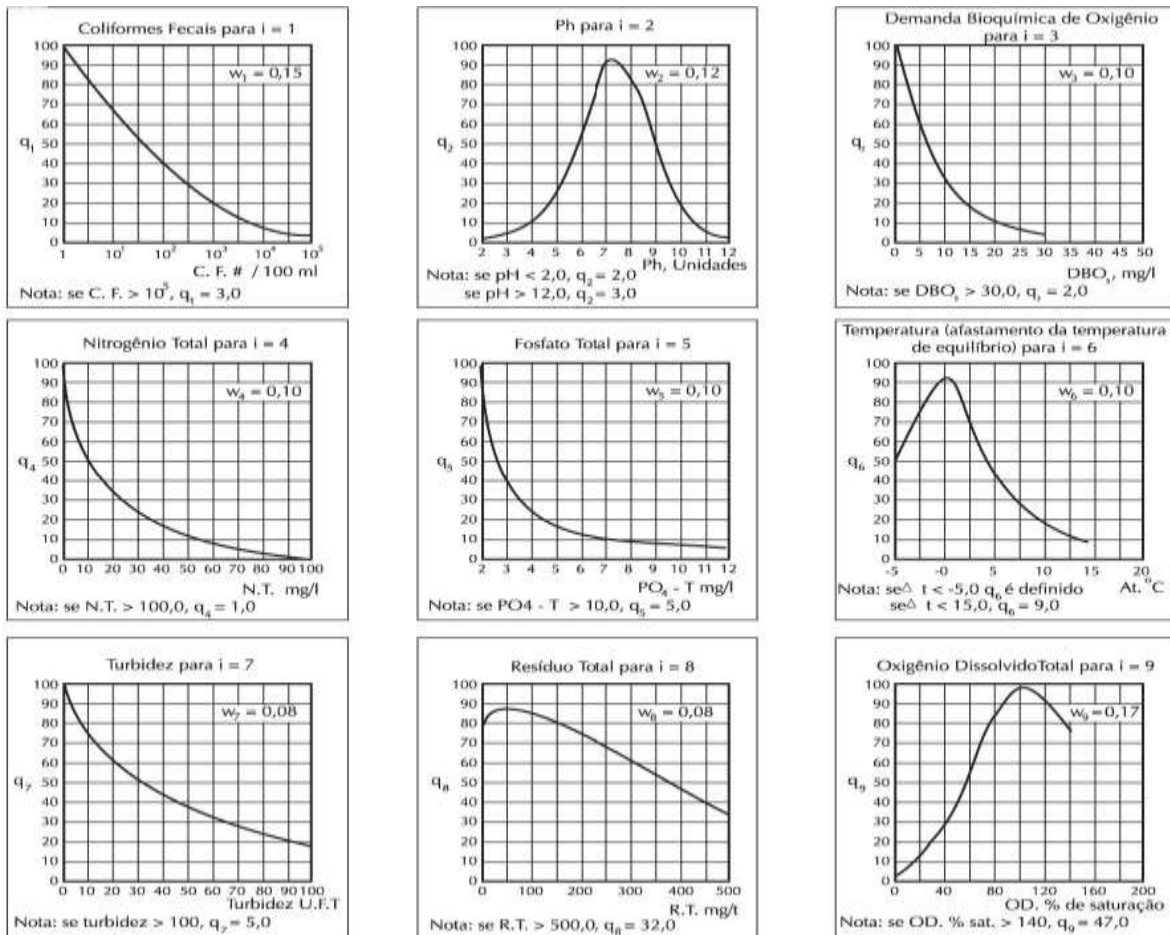


Figura 1 Curvas médias de variação de qualidade para as variáveis estudadas (Fonte: Adaptada de Sperling 2007).

Na Amazônia, Medeiros (2012) aplicou o IQA adaptado pela CETESB para águas de Classe 2 e obteve como resultado dos valores dos IQAS no estado do Para, rio Murucupi, a qualidade de ruim, regular e boa, sendo que foi demonstrado uma melhora de qualidade da água que estava mais distante da cidade, e de pior qualidade a água que estava na cidade. Também em seu estudo, houve diferença significativa dessas águas em comparação com a cheia e seca. Além disso foram feitas tentativas de adaptação do IQA para melhor representar a qualidade das águas da região amazônica, como o estudo feito por Pereira (2012) onde durante 24 meses fez uso das amostras de água do Rio Pimenta Bueno (Rondônia, Brasil). Esse estudo utilizou diretamente o índice feito nos Estados Unidos pela NSF, onde ele fez comparações com o IQA *fuzzy*, que é um IQA onde utiliza-se raciocínio lógico para avaliação da importância dos pesos de cada parâmetro do IQA. o mesmo se mostrou mais sensível do que o IQA da NSF às variações dos valores dos parâmetros que os compõem. O IQA *fuzzy* mostrou-se viável, seguro e

mais flexível para avaliação da qualidade da água, podendo, portanto, ser considerado válido para classificação da qualidade da água de outros mananciais hídricos.

No monitoramento ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, RS, Brasil, na série temporal 2007 a 2009, mostraram que não há concordância entre a avaliação da qualidade da água obtida através do Índice da Qualidade da Água (IQA - NSF), que oscilou entre boa e regular, e da Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que foi ruim (classe 4), onde o estudo feito por Moretto (2012) buscou calibrar o IQA - NSF para a Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, baseando-se na Resolução 357/2005 do CONAMA, onde houve uma significativa concordância entre os resultados da avaliação da qualidade da água utilizando a Resolução 357/2005 do CONAMA e o novo IQA calibrado. Os resultados obtidos certificam o uso do IQA calibrado em programas de monitoramento ambiental em sistemas lóticos da Bacia Hidrográfica do Guaíba, RS (MORETTO, 2011).

Perini (2012) na utilização do IQA concluiu que há uma diminuição da qualidade das águas da porção insular, classificou com o boa as águas do município de São Francisco do Sul, apresentando oscilação de alguns parâmetros refletidos no IQA, possivelmente, oriundos de matéria orgânica trazida pela chuva.

Diversos estudos já vem sendo realizados para o monitorando as águas da Amazônia, Brasil e mundo, mas todos adaptando os valores dos pesos e outras alterações nos índices necessárias a cada utilização da água para os diversos fins como recreação, indústrias, agricultura e água para consumo, que é a de maior importância (CÓRDOBA *et al*, 2010; DEUS *et al*, 2013; DOBBIE e DAIL, 2013; HURLEY *et al*, 2012; KOÇER e SEVGILI, 2014; KONG e SHUHONG, 2014; LERMONTOV *et al*, 2009; LOBATO, 2015; RAMESH *et al*, 2010; SHARMA *et al*, 2014).

Além do Brasil estudos vem sendo feitos no Chile onde os trabalhos de Debels *et. al* (2005) mostrou que o IQA com base em uma análise laboratorial (Demanda Química de Oxigênio) e três (pH, temperatura e condutividade), respectivamente, quatro medições de campo (pH, temperatura, condutividade e oxigênio dissolvido), reproduzir adequadamente a mais importante do território e variações temporais observadas com o índice de originais. Além demonstrar que esse índice vem a ser uma ferramenta útil para monitorar as tendências mundiais de qualidade da água nesta e em outras, bacias hidrográficas agrícolas semelhantes no Vale Central do Chile.

Parâmetros Físicos e Químicos

Turbidez

A Turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta no aumento da turbidez das águas. Os esgotos sanitários e diversos efluentes também provocam elevações na turbidez das águas (IAP, 2015).

Em termos ambientais, para BRANCO (1986), a principal consequência da alteração da turbidez num corpo d'água é a redução da penetração da luz solar e consequente diminuição da taxa fotossintética, prejudicando a oxigenação do meio, principalmente em águas paradas ou mesmo em rios de baixa turbulência.

A tendência da turbidez é se elevar com o aumento da vazão, ou seja, com vazões maiores, a turbidez varia mais. As chuvas que causam vazões maiores podem ser muito variáveis, provocando graus diferentes de erosividade, afetando os terrenos e as margens.

Temperatura

A temperatura determina vários processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem em um sistema aquático, tais como o metabolismo dos organismos e a degradação da matéria orgânica.

A temperatura possui duas origens, quando relacionada como parâmetro de caracterização das águas. A primeira é a origem natural, e está relacionada à transferência de calor por radiação, condução entre a atmosfera e o solo, enquanto a origem antropogênica está relacionada com águas de torres de resfriamento e despejos industriais (ALVES, 2006).

A importância da temperatura como parâmetro de qualidade da água, é que as elevações da temperatura aumentam as taxas das reações química e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases e aumentam a taxa de transferência dos mesmos, o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis (VON SPERLING, 2005).

O Amazonas, vive sob o clima classificado como Equatorial Quente e Úmido, enquadrado no tipo "Afi" da classificação de Köppen. Segundo esta classificação, a zona climática "A" corresponde a Clima Tropical, praticamente sem inverno e com temperatura média para o mês mais frio sempre superior a 18°C. O tipo climático "f" indica a ocorrência de chuvas durante o ano, com precipitação superior a 60mm no mês mais seco. Em Manaus esse período corresponde a setembro. A variedade climática "i" (indicando isotermia), já que não há grande diferenciação entre verão e inverno, com variações anuais de temperatura média que não atingem a 5°C. A região onde se insere a cidade de Manaus apresenta apenas duas estações, ao longo do

ano: Chuvosa (Inverno) – entre os meses de novembro e junho, período em que a temperatura é mais amena; Seca (Verão) – de julho a 12 do ar média é de cerca de 80%. Essas características da região fazem com que ocorra predomínio de temperaturas médias anuais entre 22 e 28°C nas suas águas dos seus igarapés, como o igarapé Tarumã localizado nessa cidade. (PRANCE *et al.*, 1985.).

pH

O pH é um importante parâmetro que, juntamente com outros, pode fornecer indícios do grau de poluição, metabolismo de comunidades ou ainda impactos em um ecossistema aquático. As águas naturais apresentam um pH entre 4 e 9, o qual é influenciado pela dissolução de CO₂, que origina baixos valores de pH, e pelas reações de HCO₃⁻ e CO₃ com água, resultando em maiores valores de pH. Em geral, quando o pH aproxima-se de 9, ocorre a retirada de gás no processo de fotossíntese. Vale destacar que a espécie química dominante dependerá do pH final do corpo d'água (determinado também pela existência de outros ácidos e bases), além das respectivas constantes de equilíbrio das reações (MARTINS *et al.*, 2003).

Na região amazônica, a variação do pH, assim como de nutrientes especialmente Carbono, Nitrogênio e Fósforo, está diretamente associada ao pulso de inundação dos grandes rios que compõem a malha hídrica. Nos lagos e paranás das bacias de águas pretas existem igarapés de floresta. Esses sistemas naturais de transporte frequentemente carregam material orgânico e substâncias húmicas, provenientes da floresta de terra-firme, para os lagos, canais e paranás, dando ao ecossistema aquático em questão uma característica própria de água ácida com coloração variando do ocre ao vinho. (JUNK *et al.*, 1989).

Condutividade

A condutividade elétrica da água é uma medida da capacidade desta em conduzir corrente elétrica, sendo proporcional à concentração de íons dissociados em um sistema aquoso. Esse parâmetro não discrimina quais são os íons presentes em água, mas é um indicador importante de possíveis fontes poluidoras. Após a calibração do condutivímetro portátil com uma solução de cloreto de potássio 0,01 mol L⁻¹ (1.413 µS), este foi utilizado para realizar as determinações.

Um valor elevado na condutividade pode ser provavelmente devido à grande emissão de esgoto doméstico no local. Tais despejos, provenientes em sua maioria de residências, compõem-se basicamente de urina, fezes, restos de alimentos, sabão, detergentes e águas de lavagem, contendo elevada quantidade de matéria orgânica, que contribuem para a entrada, no corpo d'água, de espécies iônicas como cálcio, magnésio, potássio, sódio, fosfatos, carbonatos, sulfatos, cloretos, nitratos, nitritos e amônia, dentre outras (GUIMARÃES e NOUR, 2001).

A condutividade é alterada na região amazônica conforme ocorre variação nos períodos de pulso (enchente e vazante). Nos períodos de enchente e cheia, o material sedimentar é transportado para a várzea, que responde a essa ação desenvolvendo uma alta diversidade biológica inclusa em uma imensa rede trófica. Esse processo é bem visível nos corpos de água branca ou barrenta, a exemplo dos rios Amazonas, Solimões, Madeira, Juruá, Purus etc., onde a carga de material em suspensão é alta, rica em elementos iônicos Fe_2^+ , Fe_3^+ , Mn_2^+ , Ca_2^+ , Na^+ e K^+ (NEIFF, 1990).

Nitrogênio

O nitrogênio é um constituinte de proteínas, clorofila e vários outros compostos biológicos. As fontes de contaminação desse composto em corpos d'água são de origem natural ou antropogênica, sendo a última a mais importante, pois é constituída por despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes (VON SPERLING, 2005).

O nitrogênio pode ser encontrado na água nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas, e as duas últimas formas oxidadas.

A relativa concentração das diferentes formas do nitrogênio é um indicativo eficiente da natureza e do estágio de poluição do efluente. Um corpo d'água contendo altas concentrações de nitrogênio orgânico e amônia e baixas concentrações de nitrito, não pode ser considerado seguro devido à poluição recente. Por outro lado, a ausência de nitrogênio orgânico e amônia e presença de algum nitrato sugerem um corpo d'água com poluição remota, pois a nitrificação já ocorreu (MENDONÇA *et al.*, 1999).

O principal problema relacionado com altas concentrações de nitrogênio é a eutrofização. Esse elemento é indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, principalmente, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos, causando interferências aos usos desejáveis do corpo d'água (VON SPERLING, 2005), gerando problemas como gosto e odor, redução de oxigênio e transparência, declínio da pesca, mortandade de peixes, obstrução de cursos d'água e efeitos tóxicos sobre animais e seres humanos.

Segundo VON SPERLING (2005) outros fatores mostram a importância de se quantificar a concentração dos compostos nitrogenados:

- O nitrogênio na forma de nitrato está associado a doenças como a metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul);

- Os processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e deste para nitrato, implicam no consumo de oxigênio dissolvido no corpo receptor (demanda nitrogenada de oxigênio), o que pode afetar a vida aquática;
- Nitrogênio na forma de amônia livre é tóxico aos peixes;
- Nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgotos;
- Os processos de conversão do nitrogênio têm implicações na operação das estações de tratamento de esgotos.

Na região amazônica, a variação da carga de nitrogênio nos sistemas flúvio-lacustres, está diretamente associada ao pulso de inundações dos grandes rios que compõe a malha hídrica. O pulso de inundação, definido por Junk *et al.* (1989), é responsável por transportar nutrientes através dos grandes rios para os paranás, baixios, igarapés e lagos da planície amazônica, e por sua vez, está associado à variação regional do nível da água dos rios. Deste modo alterações nos pulsos de inundações acarretam em alterações nas características limnológicas de um ecossistema aquático: aumento dos teores de nutrientes em desta o nitrogênio.

Fósforo

O fósforo é um nutriente essencial para todas as formas de vida, pois é parte das estruturas celulares. Ele aparece em águas naturais devido principalmente as descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (IAP, 2016).

Por ser um elemento indispensável para o crescimento de algas, quando em elevadas concentrações, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos, levando à eutrofização das águas naturais (CETESB, 2015).

Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é de essencial importância para os organismos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da concentração do mesmo no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, tem-se a condição anaeróbia, com geração de maus odores. É o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos (VON SPERLING, 2005).

É uma variável ambiental clássica, e sua ausência pode afetar significativamente a biota aquática. De um modo geral e simplificado, com base nos critérios de qualidade para oxigênio dissolvido, publicado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), as faixas de concentração de oxigênio dissolvido com as respectivas comunidades aquáticas que podem suportar tais níveis de oxigênio dissolvido são: de 0 a 2 mg L⁻¹ é insuficiente para manter a vida aquática, de 2 a 4 mg L⁻¹ somente poucas espécies de peixe podem sobreviver, de 4 a 7 mgL⁻¹ é aceitável para peixes de águas quentes e de 7 a 11 mg L⁻¹ é ideal para peixes de águas frias.

Sólidos

Para os recursos hídricos, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem sedimentar no leito do rio, destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia (CETESB, 2015).

Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos. Por esta razão, os sólidos são analisados separadamente, antes de se apresentar os vários parâmetros de qualidade da água. Simplificadamente, os sólidos podem ser classificados de acordo com as suas características físicas, em sólidos em suspensão, coloidais ou dissolvidos, ou pelas suas características químicas, em sólidos orgânicos ou inorgânicos, os quais juntos formam os sólidos totais (VON SPERLING, 2005).

Parâmetros Biológicos

3.4.1 Coliformes

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. Tais organismos dão uma satisfatória indicação de quando a água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais e, por conseguinte, sua potencialidade para transmitir doenças (VON SPERLING, 2005).

Ainda segundo Von Sperling (2005), a detecção dos agentes patogênicos, principalmente bactérias, protozoários e vírus em uma amostra d'água é extremamente difícil em razão das suas baixas concentrações, fazendo com que a sua detecção por meio de exames laboratoriais seja de grande dificuldade. Tal dificuldade é superada por meio do chamado estudo dos organismos indicadores de contaminação fecal.

Os organismos mais comumente utilizados com tal finalidade são as bactérias do grupo coliforme. A determinação da concentração de coliformes assume importância como parâmetro

indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (CETESB, 2015).

3.5 Características das águas da Bacia do Tarumã.

Na bacia Amazônica a litologia dos substratos e regime de erosão exercem controle fundamental na química das superfícies (STALLARD e EDMOND, 1983). As águas que tem suas fontes na Amazônia Central refletem especialmente bem as condições extremas dessa região (FITTKAY *et al.*, 1975), apresentando, em sua maioria, uma pronunciada pobreza de sólidos inorgânicos dissolvidos, além de pH extremamente baixo (SIOLI, 1951; BRINKMANN e SANTOS, 1973).

A cidade de Manaus localizada na Amazônia central é recortada por uma densa malha de igarapés que formam o sistema fundamental das bacias de drenagem. Grande parte dessa malha hidrológica é formada pela Bacia do Tarumã, na qual ao longo dos anos, vem aumentando a precariedade destas águas devido ao crescimento de moradias nas margens desses igarapés, despejando parte do lixo e esgotos sanitários nessas águas, e o lançamento de despejos de origem industrial, principalmente no igarapé do Quarenta, provocam impactos ambientais, verificados através das condições físico-químicas destas águas (SILVA, 1996; ELIAS e SILVA, 2001).

A micro bacia do Tarumã-Açu, abrange diferenças quanto a sua extensão, com setores cuja vegetação ainda se encontra na forma nativa, possuindo rica fauna. Por outro lado, possui locais já fortemente impactados. Na margem esquerda da bacia, por meio do esgotamento sanitário, e na margem direita, por causa do assoreamento dos corpos d'água, causado pelos desmatamentos ilegais na área do Assentamento do Tarumã Mirim, que foi criado pelo INCRA através da Resolução 184/92, em domínio de terras da União (PASCOALOTO; SILVA e BRINGEL, 2008)

Devido a necessidade de se conhecer e identificar os pontos críticos de poluição que ocorrem na Bacia do Tarumã-Açu, a qual vinha sofrendo forte impacto devido às pressões antrópicas, entre elas o uso inadequado do solo, movimentação intensa de embarcações, lançamentos de efluentes domésticos e resíduos sólidos nos igarapés que drenam para a bacia principal foi criado o comitê do micro bacia hidrográfica do Rio Tarumã Açu.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A bacia do Tarumã localiza-se entre os paralelos 20° 11' 50" e 3° 03' 13"S e meridianos 59° 55' 08" e 60° 06' 21"W, à margem esquerda do rio negro, a 18 km a montante de sua confluência com o rio (BUHRING et al. 2006). Fica localizada na zona Oeste de Manaus. O principal curso d'água formador dessa bacia é o Rio Tarumã, que é o primeiro tributário da margem esquerda do Rio Negro.

As amostras foram coletadas em 5 pontos de amostragem, sendo 3 deles na cidade de Manaus, e 2 pontos na estrada BR 174 sendo um no quilômetro 30 e outro mais distante em uma área com características mais naturais. A Figura 2 indica todos os pontos de coleta analisados ao longo do Igarapé Tarumã, bem como mostra os pontos localizados dentro da cidade de Manaus, para uma melhor demonstração da influência do igarapé Tarumã-Açu nestes pontos.

Neste trabalho foi usado como ponto de referência o local cachoeira da Asframa que encontra-se na estrada BR 174 por estar localizado em uma parte do Igarapé Tarumã, com cobertura vegetal ainda natural. Inicialmente o ponto controle era o ponto agora indicado como ponto 4, mas por já apresentar nas análises, características de início de degradação optou-se por esta troca. As coordenadas de localização de cada ponto esta demonstrada na Tabela 3.

Tabela 3 Localização dos pontos de coleta

Pontos de amostragem	Descrição dos pontos	Coordenadas geográficas
TP1	Ponte do Tarumã	S 02°58.979' W 060°03.091'
TP2	Cachoeira do Tarumã	S 03°00.511' W 060°03.332'
TP3	Praia dourada	S 03°01.161' W 060°05.548'
TP4	Rodovia BR174	S 02°70.978' W 060°04.824'
TPC	Cachoeira da Asframa	S 02°01.486 W 60°01.267

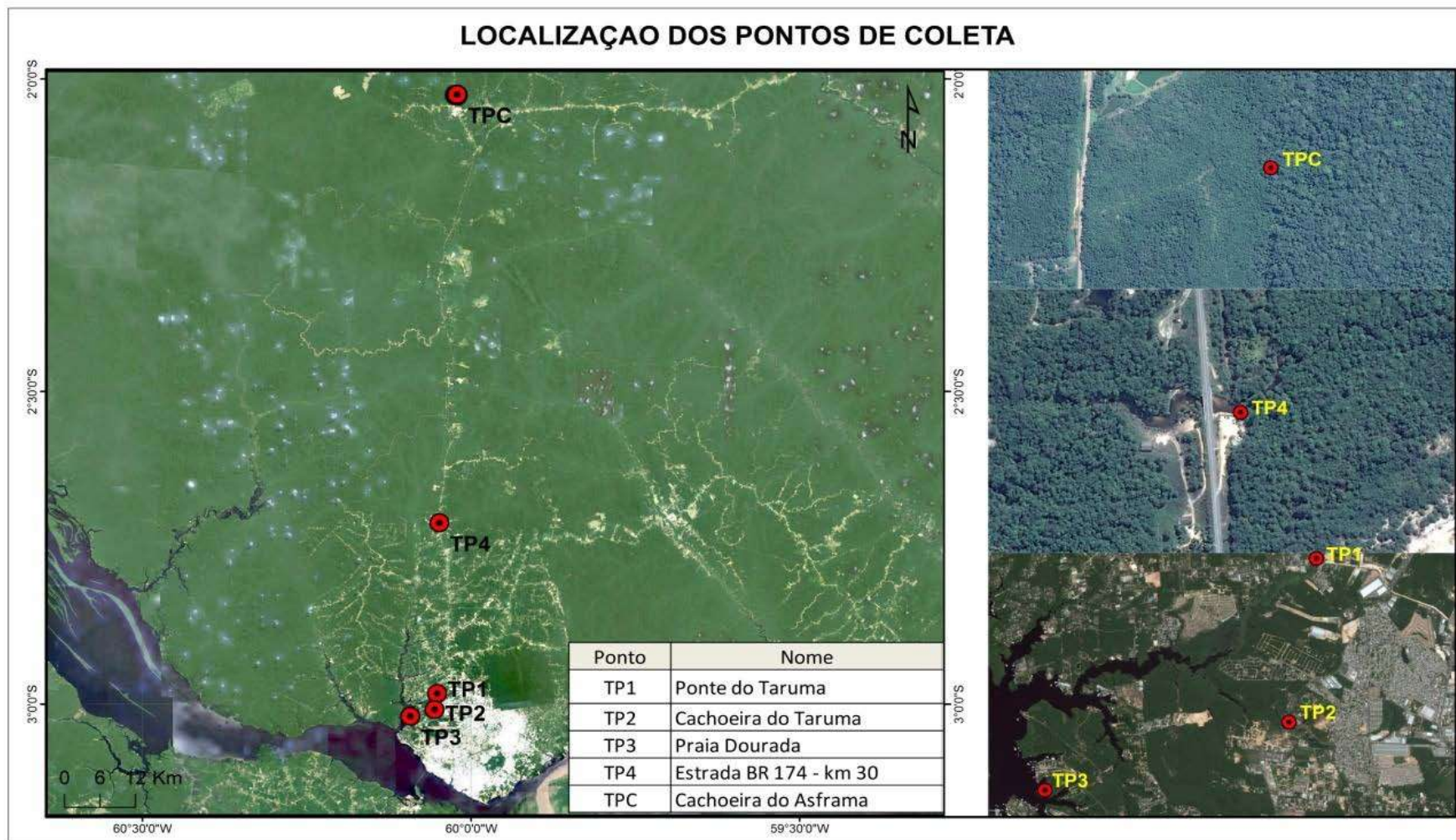


Figura 2 Distribuição dos quatro pontos de coleta ao longo do igarapé Tarumã-Açu: TPC – Ponto Controle na Rodovia 174 Cachoeira da Asframa, TP1 – Ponte do Igarapé Tarumã; TP2 – Montante da cachoeira do Tarumã; TP3 – Praia dourada. TP4 – Ponto na Rodovia da estrada Br 174.

As características dos pontos, bem como a sua delimitação sob coordenadas geográficas feitas utilizando-se Global Position System-GPS (marca). Dos locais de coleta os pontos TP1 e TP2 encontram-se dentro da zona urbana da cidade de Manaus. O ponto TP3 esta localizado um pouco distante da cidade, sendo este um local de balneário. O ponto TP4 estar localizado em zona rural com cobertura vegetal ainda preservada. O Ponto Controle está localizado mais distante ainda do que o ponto 4 com a intenção de se obter um ponto de melhor qualidade para possível comparação com os demais. Todos os pontos estão demonstrados na Figura 4.



Figura 3 Pontos de amostragem Ponte do Tarumã (TP1),Cachoeira do Tarumã (TP2), Praia do Tarumã (TP3), Tarumã no quilômetro 30 da estrada BR 174(TP4) e ponto controle na cachoeira da Asframa (TPC)

Metodologia para as determinações físicas e químicas

As análises laboratoriais foram realizadas com base no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 21^a, publicado pela APHA (2005).

Coleta das amostras

Foram realizadas 3 coletas correspondendo aos meses de Novembro (de 04 a 23) de 2015, Janeiro (09 a 16) de 2016 e Outubro (14) de 2016 em 5 pontos de coleta. Em cada ponto foram tiradas 2 amostras para oxigênio Dissolvido e DBO respectivamente, além de ser levado um frasco para análise laboratorial de coliformes totais, e 1 frasco para análise de sólidos totais bem como determinação de turbidez, nitrogênio total e fosforo total em laboratório, no total de 20 amostras por coleta. As coletas foram feitas com auxílio de uma garrafa de Van Dorn. O ponto

TP3 ocorreu no meio do rio tarumã-Açu, aproximadamente a uns 100 metros da margem para evitar possíveis interferências devido ao local ser um balneário.

As variáveis de qualidade da água foram analisadas frente aos padrões estabelecidos na Resolução nº 357/2005 do CONAMA, conforme indica a Tabela 4.

Tabela 4 Padrão de Qualidade segundo a resolução CONAMA 357/05 para Águas Doces - Classe 2.

PADRÃO DE QUALIDADE	LIMITES
pH	6 a 9
Temperatura (°C)	Jusante $\geq 3^{\circ}\text{C}$ de Motante
Turbidez	$\leq 100\text{UNT}$
Oxigênio Dissolvido	$\geq 5\text{ mg/L}$
Fósforo Total	$\leq 0,05\text{ mg/L}$
Nitrogênio Total	$< 10\text{ mg/L}$
Sólidos dissolvidos totais	$\leq 500\text{ mg/L}$
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅)	$>10,0\text{ mg/L N}$
Coliformes Termotolerantes/100mL	$\leq 5\text{ mg/L}$ ≤ 1.000

Amostragem e procedimentos analíticos

As medidas dos parâmetros pH, temperatura, e condutividade foram feitas em triplicatas. A condutividade foi medida com o auxílio de um condutivímetro portátil modelo da marca Thermo Scientific. Para a medição do pH foram utilizados, respectivamente, um pHmetro portátil Orion 3STAR – Thermo Scientific. A temperatura e condutividade foi medida por meio de uma sonda multiparamétrica MS5 – Hydrolab.

As análises feitas de oxigênio dissolvido, DBO, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, sólidos totais e coliformes totais foram feitas em laboratório.

Parâmetros físicos e químicos

As análises físicas e químicas das amostras de água foram realizadas no Laboratório de Espectroscopia (LAMESP) localizado na Central Analítica da Universidade Federal do Amazonas – UFAM seguindo o preconizado por APHA (2012).

Temperatura

A temperatura da água foi medida em campo utilizando o aparelho de termômetro digital YSI Model 30 FT.

pH

O pH foi determinado por potenciometria utilizando o aparelho pH-2000 INSTRUTERM com eletrodo de vidro, previamente calibrado, tendo como eletrodo de referência Ag/Cl e a calibração realizada com soluções tampão de 4,0; 7,0 e 10.

Turbidez

A turbidez foi medida por turbidímetro digital da marca ALFAKIT, previamente calibrado, e os valores expressos em UNT (unidades nefelométricas de turbidez) depois de devidamente calibrados.

Sólidos Totais

A determinação de sólidos totais (ST) foi realizada pelo método gravimétrico utilizando cadinhos conforme descrito no Standard Methods, o qual prevê secagem a 103-105 °C da amostra até peso constante. Todas os cadinhos foram previamente calibrados até atingir peso constante, após foram guardadas numeradas e utilizadas para cada ponto e feito análises em triplicatas. Os valores foram expressos em mg/L⁻¹.

Oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Para as análises de oxigênio dissolvido foi realizada em campo a fixação das amostras coletadas nos frascos de Winkler acrescentando 1 mL de mista de azida sódica (NaN₃), hidróxido de sódio (NaOH) e iodeto de potássio (KI); e 1 mL de sulfato manganoso (MnSO₄), levando a formação de um precipitado de cor amarela. Em seguida foi feita titulação com Tiosulfato de sódio até atingir uma cor amarela bem fraca, logo após foi adicionado solução de amido como indicador e titulou-se até a amostra ficar transparente, logo em seguida anotou-se o volume titulado.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e o oxigênio dissolvido foram determinados pelo método de Winkler, sendo que a DBO passando por processo de incubação durante 5 dias

(APHA (2005) e GOLTERMAN (1978), obtendo-se a concentração de oxigênio dissolvido nas amostras de água através da equação 4:

$$N = \frac{\text{Volume de tiosulfato consumido} \times M \times 8 \times 100}{v}$$

Equação 3

(1)

Em alguns locais possuem pouco oxigênio, foi necessário fornecê-lo através de aeração mecânica, insuflação de ar comprimido. Após este processo foi realizada a determinação do oxigênio inicial fornecido à amostra e após o período de incubação (5 dias) pelo método de Winkler. A DBO é obtida por diferença segundo a equação 5:

(2)

$$mgO_2l^{-1} = \frac{(A - B) \times 100}{5}$$

Equação 4

Onde A é a concentração de OD inicial e B a concentração de OD após o período de incubação (5 dias).

Nitrogênio Total

Foi utilizado o método de digestão por persulfato de potássio seguido pelo método colorimétrico de nitrificação que foi lido com o comprimento de onda (λ) de 415, previamente feito verificação e varredura, conforme indica APHA (2012) (4500NO³-E). A digestão foi feita pela adição aos 10 mL de amostra com 4 mL de solução da digestão (50 g L⁻¹ de persulfato de potássio, 30 g L⁻¹ de ácido bórico e 14 g L⁻¹ de hidróxido de sódio), sendo feita em frascos de vidro colocados em bloco digestor, à 100°C, por 1 hora. Após a digestão, foram transferidas das amostras 1 mL dos frascos de cada ponto para outros frascos, para a etapa de redução e determinação. A redução foi feita utilizando-se Ácido Sulfúrico 1,0 mol L⁻¹. Após esse processo aguardou-se 10 min e leu-se as amostras em espectro fotômetro ajustado previamente pela curva de calibração cujo valor de do coeficiente de correlação (r) foi de 0,9927.

Fósforo Total

Foi determinado utilizando o método colorimétrico por espectroscopia com comprimento de onda (λ) de 415 nm (4500 P-E). Para análise foram utilizados frascos de vidro e adicionado 10 gotas do reagente Vanalmolibdico, este é um método que veio em kit preparado pela empresa alfakit, portanto não foi necessário digestão, apenas aguardou-se 10 min e foi feita a leitura em

aparelho de espectrofotômetro com comprimento de onda acima prescrito e previamente feita a curva de calibração cujo valor de correlação (r) foi de 0,9934.

Coliformes totais

As amostras para os dados de coliformes totais foram segundo a técnica de tubos múltiplos a seguir:

4.2.11.1 Técnica dos Tubos Múltiplos

Esta técnica consiste em dois testes: 1º teste presuntivo e 2º confirmativo, que compreende os procedimentos I e II (Figura 5).

Procedimento I, para análise de coliforme total.

Procedimento II, para análise de coliforme fecal.

Contagem de Coliforme - técnica dos tubos múltiplos

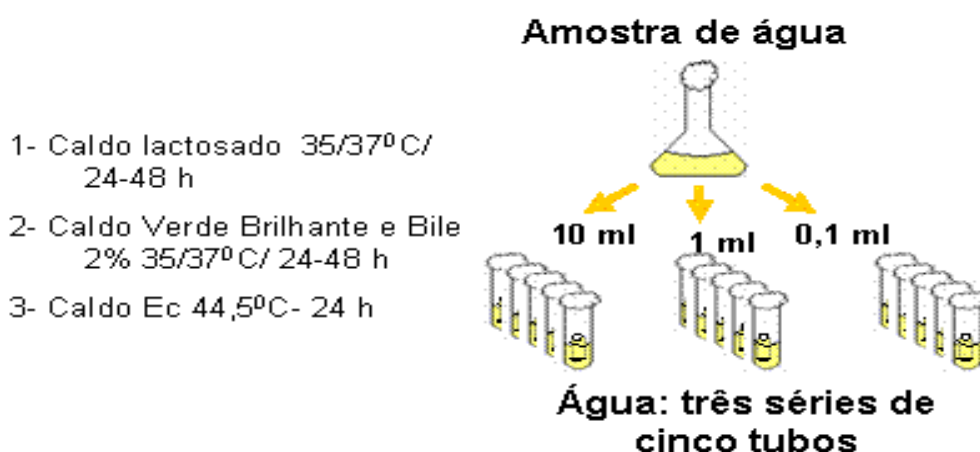


Figura 4 Gráfico da técnica de tubos múltiplos.

Teste Presuntivo (Coliforme Total): Utilizou-se 10 ml de Lactose-Bouillon, em tubos de ensaio e tubos de Durham invertidos, autoclavados a 1kgf/cm² de pressão, esperar 15 minutos, após o resfriamento os mesmos foram identificados com as diluições de 10⁻¹ a 10⁻⁴ até somar um total de 135 tubos, sendo 15 tubos para cada ponto. Incubaram-se os tubos em estufa à temperatura de 35,5° ± 0,5°C por 24hs, se houvesse formação de gás no tubo de Durham e se a água estivesse turva, o grupo coliforme total é presente e fazia-se o teste confirmativo.

Teste Confirmativo (Coliforme Fecal): Utilizou-se 10 ml de Brilliantgrum-Galle-Lactose-Bouillon (Germany) ou Brilliant-Green Bile Lactose Broth (English) para a separação de Coliforme Total e Fecal em tubos de ensaio com 1 mL da amostra do Presuntivo onde houve formação de gás e incubar-se por 24 a 48 horas. Não havendo produção de gás e a solução não se tornar turva o teste é negativo, grupo coliforme ausente (Melo *et al.*, 2006).

Para a confirmação de Coliforme Fecal, utilizou-se o caldo EC Broth, em tubos de ensaio e de Durham, onde se transfere 1 mL da amostra onde houve presença de Coliformes Totais, autoclavar a 1kgf/cm² de pressão, esperar 15 minutos para retirar a pressão, esfriar e incubar a 45,5°C ± 0,5°C por 48 horas. Se houver formação de gás no tubo de Durham, confirma-se que há bactérias do grupo Coliforme Fecal (Melo *et al.* 2006).

4.3 Cálculo das curvas para determinação do IQA

As equações que mais se adaptaram para cada um dos 9 parâmetros e que foram utilizadas para o cálculo do qi e portanto do IQA indicada na Tabela 2. De acordo com os valores obtidos poderá se observar se é necessária a adaptação desses valores de qi para a região em estudo.

A determinação dos valores de qi de cada variável foi realizada de acordo com as equações representativas das curvas de qualidade do NSF (Tabela 2), elaboradas pela CETESB (Von Sperling, 2005). Os valores de qi para a variável DBO determinados acima de 5 mg/L foram determinados de acordo com a curva média de variação de qualidade para DBO conforme a Figura 1.

Os valores de coliformes totais foram convertidos para \log_{10} conforme Von Sperling (2007), inclusive o valor estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 de 1000 NMP/100 mL.

Os valores iguais ou superior a 5 mg L⁻¹ de OD conforme a legislação Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2, foi convertido para percentual de saturação conforme Von Sperling (2007) para utilização no cálculo do IQA modelo. Para a conversão do OD, foram utilizadas as equações 5 e 6. Segundo Braglia et al. (2007), a altitude na cidade de Manaus é de 21 metros acima do nível do mar. Os resultados de temperatura indicaram valor médio nas águas dos rios estudados em torno de 27 °C, assim, este valor também foi usado no cálculo da concentração de saturação de OD (C_s) para esta altitude e temperatura.

$$C_s = (14,62 - 0,3898 * temp^2 - 0,00005896^{temp^3}) * 1 - 0,0000228675 * altitude)^{5,167}$$

Equação 5

A porcentagem de saturação de OD é dada por:

$$\%Sat = 100 * OD_{Legislação} / CS$$

Equação 6

Onde,

C_s = Concentração de saturação de OD (mg/L);

T – Temperatura (°C);

% Sat = percentual de saturação de OD (%).

Para o cálculo da equação do qi de qualidade dos parâmetros Oxigênio Dissolvido e Fósforo Total foi necessário algum ajuste conforme indica Von Sperling (2007) para posteriormente utilização no cálculo da equação de qualidade (qi) dos mesmos.

Conforme as equações da Tabela 2 e verificando os resultados, foram utilizadas as equações descritas na Tabela 5 para o cálculo do IQA.

Tabela 5. Equações para obtenção dos valores de qi dos 9 parâmetros selecionados.

Parâmetros	Limite	Valores de qi
Oxigênio Dissolvido	0 150	$3 + 0,34 * (\% \text{sat}) + 0,008095 * (\text{sat})^2 + 1,35252 * 0,00001 * (\% \text{sat})^3$
Coliformes Totais	1 5	$100 - 37,2 * \log C + 3,60743 * \log C^2$
	5	3
DBO	0 5	$99,96 * 10^{(-0,123278 * (C))}$
	5 15	$104,67 - 31,5463 * \text{Log}(C)$
Nitrogênio Total	0 10	$100 - 8,169 * C + 0,3059 * C^2$
	10 60	$101,9 - 23,1023 * \text{Log}(C)$
Fósforo Total	0 1	$99 * 10^{(-0,91629 * C)}$
	1 5	$57,6 - 20,178 * C + 2,1326 * C^2$
	5 10	$19,8 * 10^{(-0,13544 * C)}$
	10	5
pH	4 6,2	$155,5 - 76,36 * \text{pH} + 10,2481 * \text{pH}^2$

	6,2	7	$-657,2 + 197,38 * \text{pH} - 12,9167 * \text{pH}^2$
	7	8	$-427,8 + 142,05 * \text{pH} - 9,695 * \text{pH}^2$
Temperatura			94 (assumindo o valor constante de 94 ela CETESB, por se considerar que, nas condições brasileiras, a temperatura dos corpos d'água não se afasta da temperatura de equilíbrio)
Turbidez	0	150	$100,17 - 2,67 * \text{Turb} + 0,03775 * \text{Turb}^2$
Sólidos Totais	0	25	$3 + 0,34 * (\% \text{sat}) + 0,008095 * (\% \text{sat})^2 +$ $1,35252 * 0,00001 * (\% \text{sat})^3$

4.3.1 Conversão de fósforo total (como P) a íon fosfato (Fósforo Total) (como PO₄³⁻)

A conversão de fósforo expresso como P é de 0,05 mg L⁻¹. Para se expressar a concentração em termos de fosfato, deve-se multiplicar por 3,066 devido a ser encontrado na metodologia deste trabalho somente o valor de fosforo, apenas o valor da ponto controle que foi informado diretamente o valor de fosforo Total devido a análise ter sido realizada no laboratório do INPA.

Após definidos os valores de q_i será feito o cálculo do índice conforme a equação abaixo:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \text{Equação 7}$$

Preliminarmente as faixas e respectivas cores indicativas da qualidade serão as demonstradas na Tabela 6.

Tabela 6 Nível de qualidade do corpo hídrico

Níveis de Qualidade	Faixa
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Parâmetros indicadores de qualidade

Nos estudos de monitoramento da qualidade de corpos hídricos, os resultados do IQA-CETESB podem ser extensivos aos demais índices de qualidade. Portanto o índice foi interpretado a seguir com relação ao comportamento individual dos parâmetros que o compõe, principalmente quando um ou mais parâmetros, em consequência de sua concentração ou dinâmica no corpo aquático possa mascarar informações relevantes dos parâmetros dado seu caráter reducionista. Essa avaliação é importante, pois possibilita um diagnóstico realístico da qualidade do corpo hídrico monitorado, além de apontar medidas de prevenção ou correção do corpo hídrico estudado. Entretanto, quando o objetivo for apenas de comunicação ao público não técnico, o índice por si só é suficiente para atestar a qualidade da água em uma situação específica, como exemplo qualquer um dos usos previstos para água. A Tabela 7 demonstra todos os resultados das análises para os parâmetros realizados neste estudo.

Os resultados para oxigênio Dissolvido foram refeitos no mês de Outubro de 2016 pois os mesmos tiveram problemas laboratoriais e não estava de acordo com a realidade do igarapé. Não foi possível realizar uma nova coleta para o período de seca portanto foi mantido os resultados para fins de avaliação. O ponto 4 inicialmente era o ponto controle mas devido as análises demonstrarem que esse ponto não se enquadrava para aplicação no IQA como controle foi usado um novo ponto na cachoeira da Asframa que é um ponto ainda preservado e com mata ciliar natural.

Tabela 7. Dados médios dos parâmetros analisados das águas residenciais durante duas coletas realizadas (novembro/2015, maio e Outubro/2016 para o ponto controle).

	TPC		TP1		TP2		TP3		TP4		CONAMA 357/2005
Parâmetros	10/16	11/15	05/16	11/15	05/16	11/15	05/16	11/15	05/16		
Temperatura	26,5	27,26	26,90	26,38	27,20	29,60	31,30	27,26	25,18		
Condutividade (mS/cm)	10,8	7,30	32,48	42,08	13,5	11,80	158,40	7,30	20,40		
pH	4,3	4,89	7,37	5,76	6,71	5,60	4,52	4,89	4,56	6 a 9	
Turbidez (UNT)	12,2	7,31	21,42	63,50	21,36	48,97	8,70	7,31	20,26	≤ 100UNT	
OD (mg.-1)	7,90	4,5	15,36	4,9	2,82	7,6	13,26	9,32	14,06	≥ 5 mg/L	
DBO (mg.L-1)	4,0	2,4	4,28	4,6	1,47	3,9	5,38	5,29	4,12	≤ 5 mg/L	
STS (mg.L-1)	0,08	0,00	0,01	0,03	0,017	0,02	0,13	0,00	0,01	≤ 500 mg/L	
ST (mg.L-1)	0,01	0,01	0,083	0,05	0,02	0,06	0,02	0,01	0,04	≤ 500 mg/L	
PT (mg.L-1)	0,012	6,50	0,85	15,37	1,62	2,95	1,41	0,15	0,01	≤ 0,05 mg/L	
NT (mg.L-1)	0,287	4,46	0,09003	11,85	0,066	1,50	0,038	0,02	0,004	≤ 3,7 para pH ≤ 7,5	
Coliformes Termotolerantes (NMP/ 100/mL)	930	140000	23000	110000	1400000	4300	430	23000	2300	≤ 1.000	

Temperatura

A Figura 6. Apresenta os valores da temperatura da água no Igarapé Tarumã durante os períodos amostrados.

A temperatura tem grande importância como parâmetro de qualidade, pois as elevações da temperatura aumentam as taxas das reações químicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases e aumentam a taxa de transferência dos mesmos, o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis.

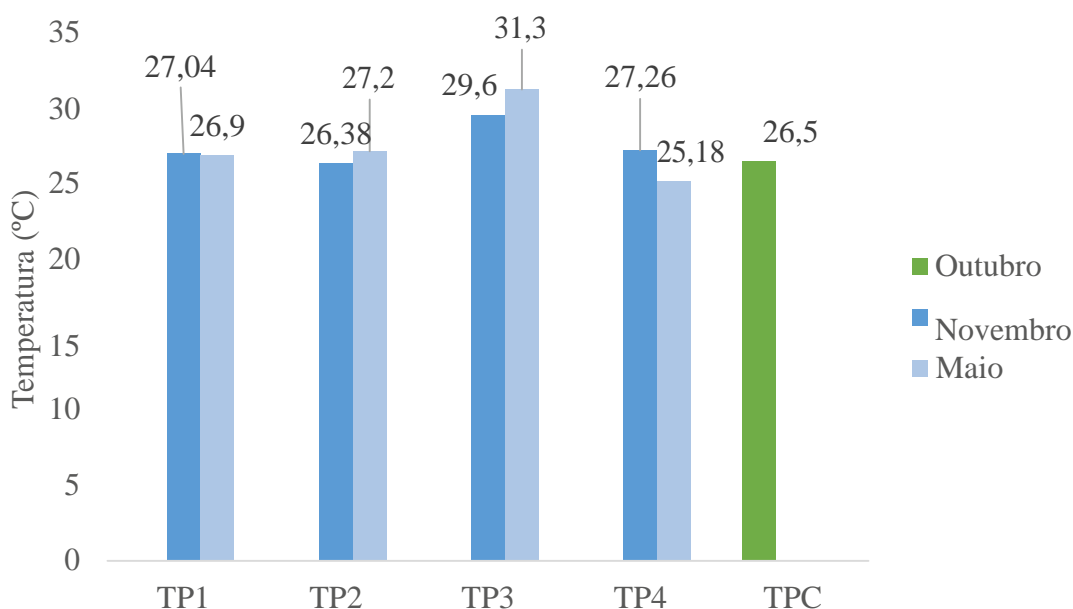


Figura 5. Valores da temperatura ao longo do tempo.

Pode-se verificar que a temperatura mínima foi de 25,18 ° C em maio, e a máxima de 31,3 ° C também neste mês. Não houve muita mudança na temperatura durante todo o período amostral.

Condutividade

A condutividade é a expressão numérica da capacidade de uma água em conduzir corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água (CETESB, 2015). A condutividade elétrica nos rios variou de 7,3 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 158,4 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Figura 7), sendo os menores valores registrados no TP4 e TPC que são pontos um pouco afastados da cidade sem muita

interferência humana. Os resultados mostram que houve um grande valor de condutividade no mês de maio. Isto pode ser devido ao lançamento de algum despejo antrópico nas áreas próximas.

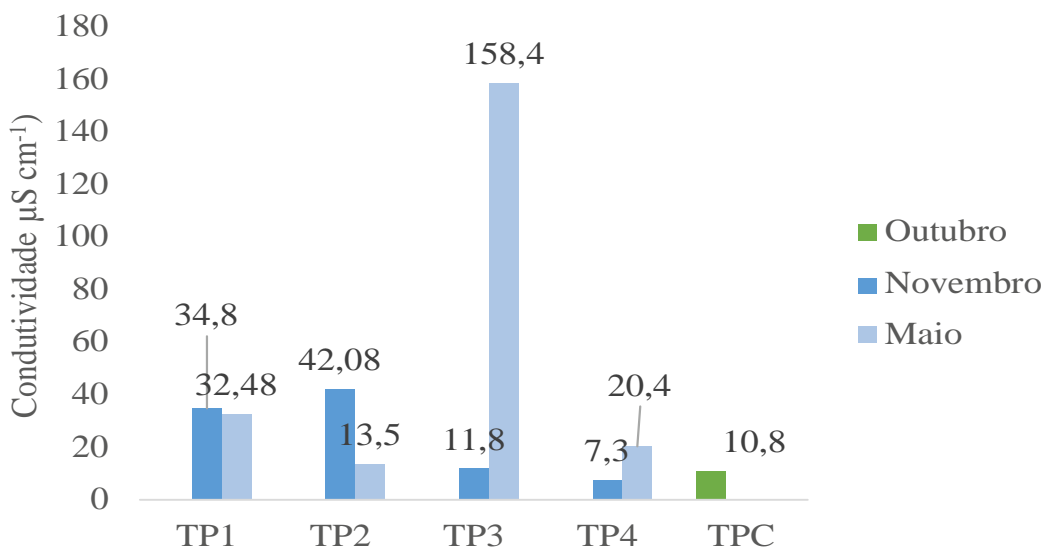


Figura 6 Valores da condutividade ao longo do tempo.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

A Figura 8 apresenta os valores de pH da água do Igarapé Tarumã para os pontos de amostragem.

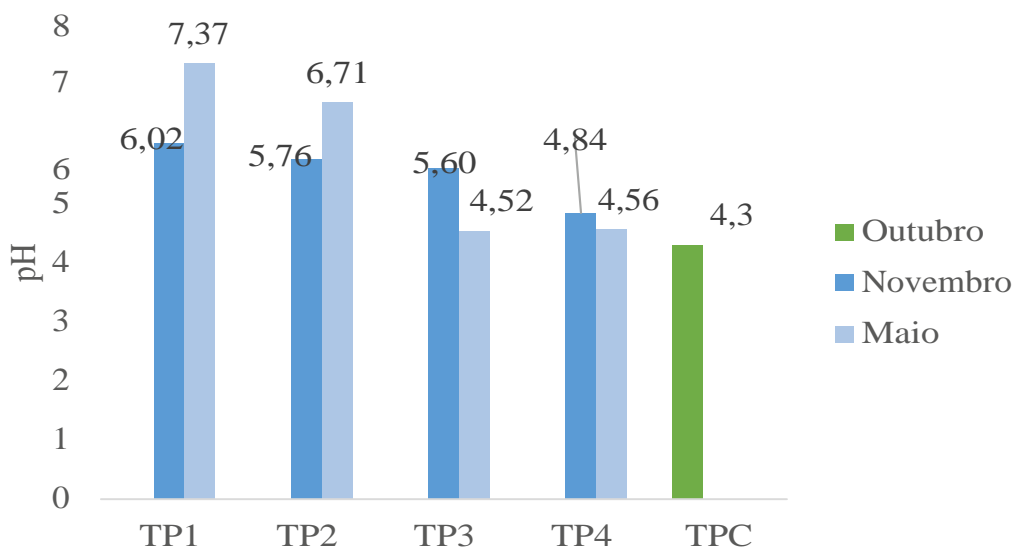


Figura 7 Valores do pH ao longo do tempo

Pode-se verificar que os maiores valores de pH encontram-se nos dois primeiros pontos do Igarapé, isto pode ser devido aos pontos onde o igarapé recebe maiores influências de despejos urbano.

Águas que apresentam baixos valores de pH (condição ácida) podem potencializar a solubilidade e liberação de metais absorvidos em sedimentos, influenciando as concentrações de fósforo e nitrogênio e cessando a decomposição de matéria orgânica carbonácea. Salienta-se a importância do equilíbrio químico entre íons hidróxidos e ácidos orgânicos para a manutenção da vida aquática, sendo essencial a manutenção do equilíbrio carbonato/bicarbonato ($\text{CO}_3^{2-}/\text{HCO}_3^{-}$).

As elevações dos valores de pH podem estar relacionadas a alta produtividade de algas, normalmente resultando do aporte significativo de matéria orgânica e nutrientes. O aumento de microrganismos fotossintetizantes no recurso hídrico eleva as taxas de consumo de gás carbônico (CO_2), modificando o equilíbrio carbonato/bicarbonato. (VON SPERLING, 2005).

A diminuição dos valores de pH, por sua vez, também pode estar relacionada ao aporte de matéria orgânica e nutrientes, principalmente espécies de possuam CO_2 (ou quando da sua decomposição gera CO_2), ácidos minerais e sais hidrolisados (PEREIRA, 2004). Ainda, salienta-se que a chuva ácida, quando incidente sobre o recurso hídrico, também é responsável pela diminuição do seu pH.

Turbidez

Do mesmo modo que para o pH os pontos TP1 e TP2 foram os que tiveram maiores valores. Nos pontos analisados, a turbidez permaneceu dentro do valor máximo permitido pela Resolução 357/05 do CONAMA, que é de 100 UNT, na maior parte do tempo do tempo analisado. Apenas no ponto 1, no mês de novembro, este parâmetro chegou a 102,6 UNT. Isto pode ser devido ao começo dos períodos de chuva na cidade ou a presença de constante despejo de dejetos orgânicos. A principal consequência da alteração da turbidez num corpo d'água é a redução da penetração de luz solar, prejudicando a oxigenação do meio. A Figura 9 apresenta a turbidez da água do Igarapé Tarumã para os pontos de amostragem. .

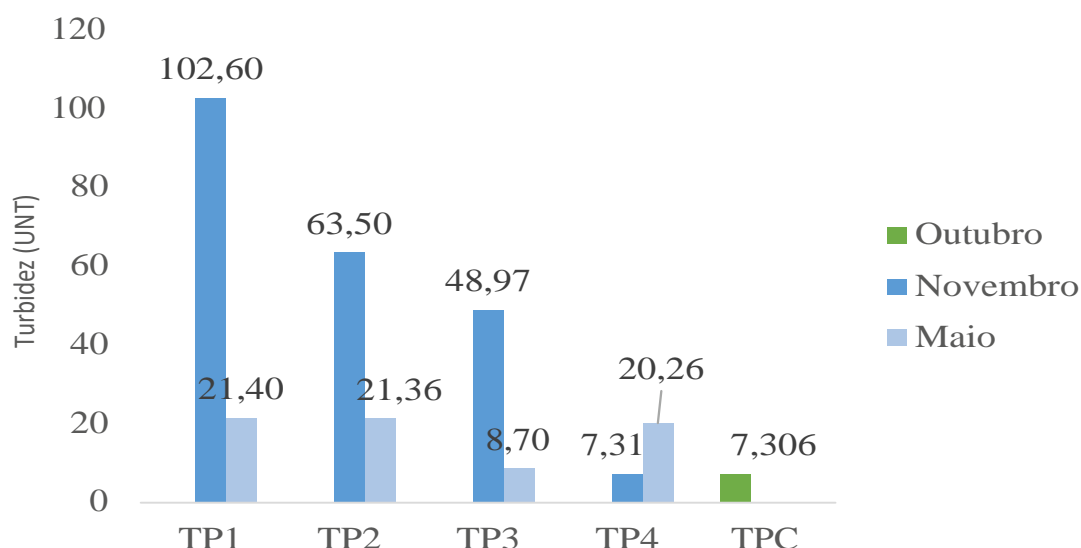


Figura 8 Valores da turbidez ao longo do tempo

Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é um dos principais parâmetros de qualidade da água.

Os resultados neste período de cheia não coincidem com os já registrados por outros estudos nestes locais. Portanto estes dados somente estão inseridos para avaliação. Ao ser refeita uma nova coleta no período de seca do ano seguinte a primeira coleta e com a metodologia de análise para este parâmetro ajustada foi possível verificar uma melhor característica com a real condição deste igarapé.

As concentrações de oxigênio foram em geral maiores no período de cheia, isto apesar de não coincidir com outros estudos pode ser devido ao menor aporte de sólidos neste período e, conseqüentemente a penetração de luz e produtividade primária são maiores. Na época de seca com o maior aporte de sólidos nos rios a entrada de luz decresce, seguido do decréscimo da produtividade e, como conseqüência a concentração de oxigênio dissolvido também decresce (MARTINELLI *et al*, 2002). A Figura 10 mostra os resultados de OD ao longo do tempo.

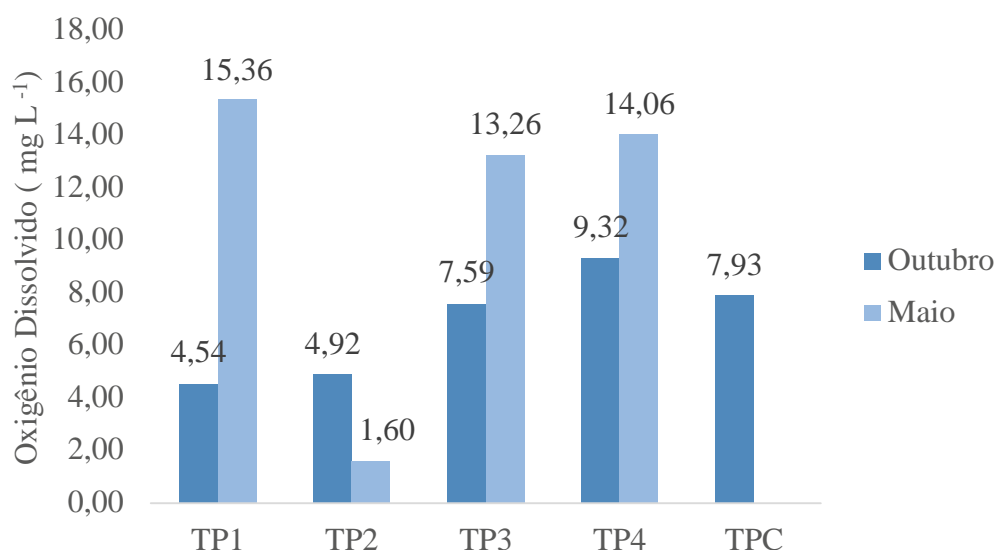


Figura 9 Valores do oxigênio Dissolvido ao longo do tempo

Demanda Bioquímica de Oxigênio

Assim como os Oxigênio Dissolvido a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi refeita para no período de cheia. A DBO é um índice ambiental muito importante para determinar a necessidade de oxigênio das águas residuais, efluentes e águas poluídas, pois mede o oxigênio molecular utilizado durante um período de incubação especificado para a degradação bioquímica da matéria orgânica (demanda carbonácea) e o oxigênio utilizado para oxidar material inorgânico como sulfetos e íons ferrosos (RASTOGI *et al*, 2003).

O Igarapé estudado apresentou alta DBO comprovando que estes corpos de água apresentam influência antrópica e não vem preservando suas características naturais, pois apresentaram concentrações bem acima do indicado pela resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 2 que estima um valor de até 5 mg/L⁻¹. A Figura 11 mostra os resultados de DBO para ao longo do tempo.

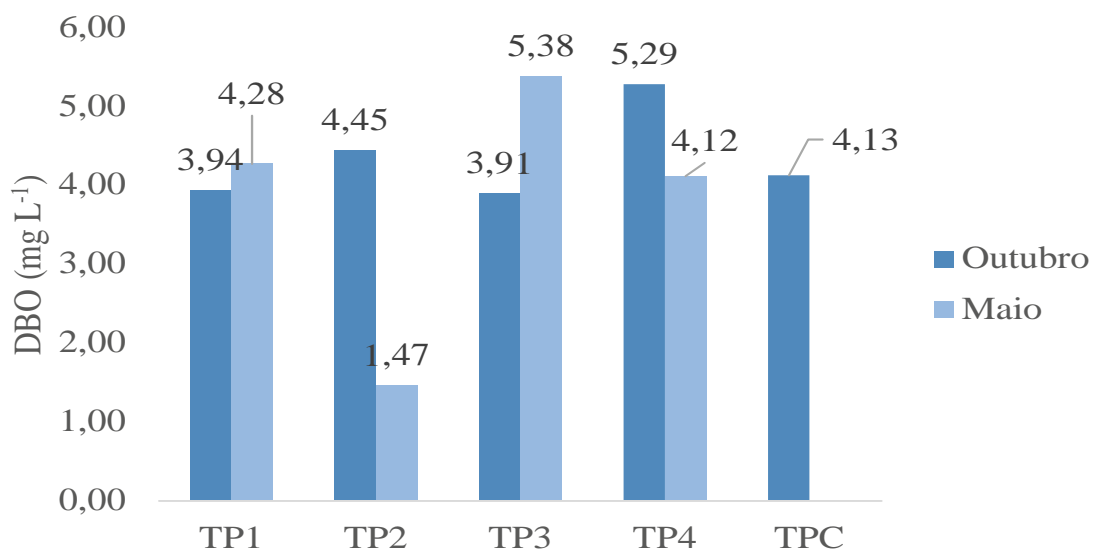


Figura 10 Valores da DBO ao longo do tempo

Sólidos Totais

De acordo com a Figura 11 os valores de resíduos totais estiveram compreendidos entre 0 a 0,11 mg/L. As concentrações de resíduos tiveram um aumento no sentido área urbana e o ponto controle sendo os maiores valores no período de seca como visto abaixo.

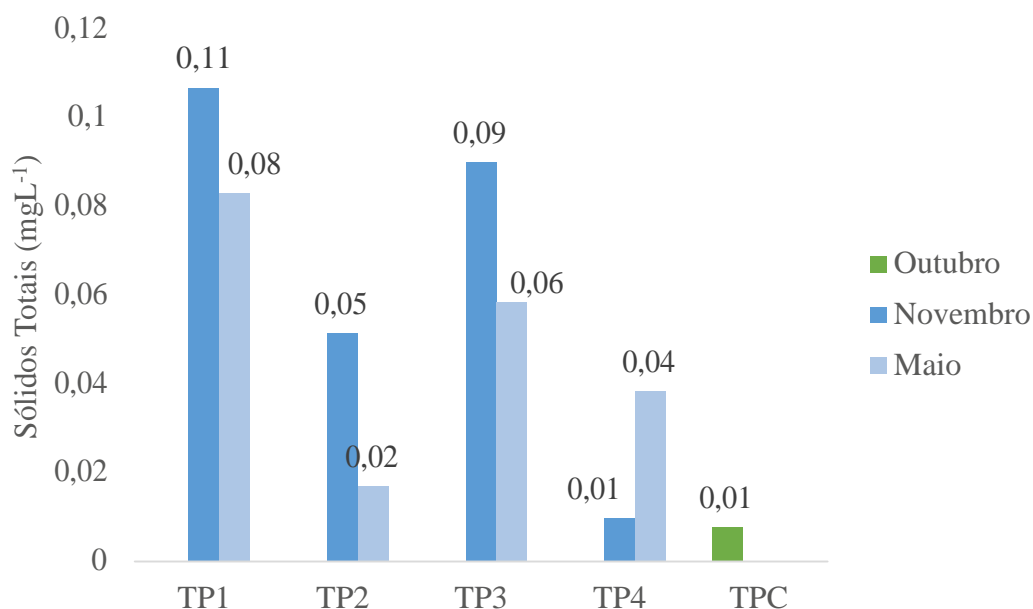


Figura 11 valores dos Sólidos totais ao longo do tempo

Nitrogênio Total

A Figura 13 apresenta os valores da concentração de fósforo total, no decorrer do ano de 2015 e 2016, no Igarapé Tarumã.

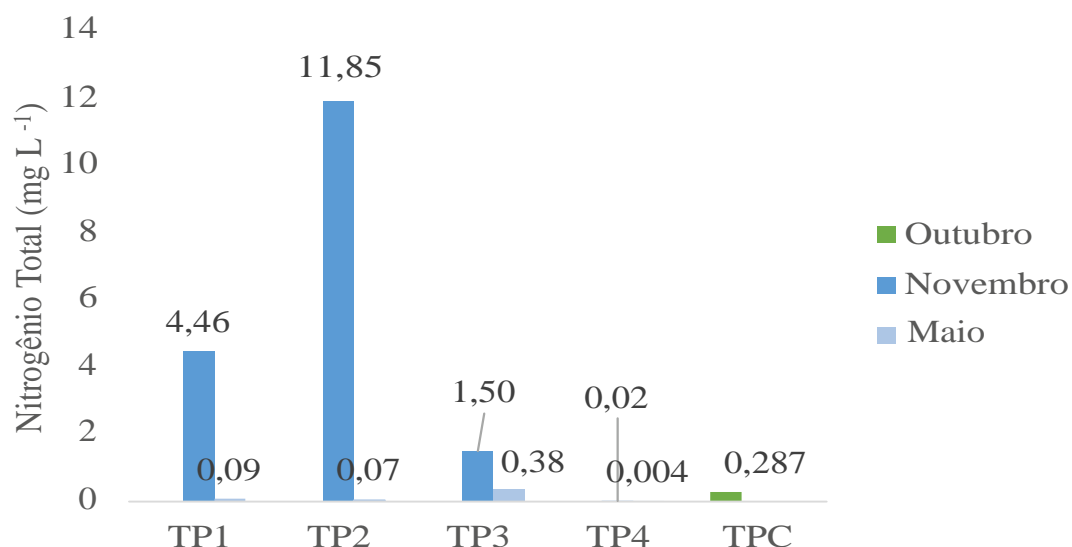


Figura 12 Valores de Nitrogênio Total ao longo do tempo.

Como pode ser observado, em quase todos os pontos, exceto no ponto controle, a concentração de nitrogênio ficou muito acima do limite estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA, para os rios de classe 2, que é de 10,0 mg/L. O ponto 2, situado ao montante da cachoeira Tarumã, apresentou as maiores concentrações de nitrato, isso demonstra que pode estar havendo lançamento de esgoto doméstico clandestino no curso d'água, em pontos distantes deste analisado, ainda em área urbana, pois a presença de nitrogênio total na forma de Nitrato, que foi o analisado por este trabalho, é um indicativo de poluição remota nas águas. Além disto estes valores assim podem indicar eutrofização nas águas.

Fósforo Total

A Figura 14 apresenta os valores da concentração de fósforo total, no decorrer do ano de 2015 e 2016, no Igarapé Tarumã.

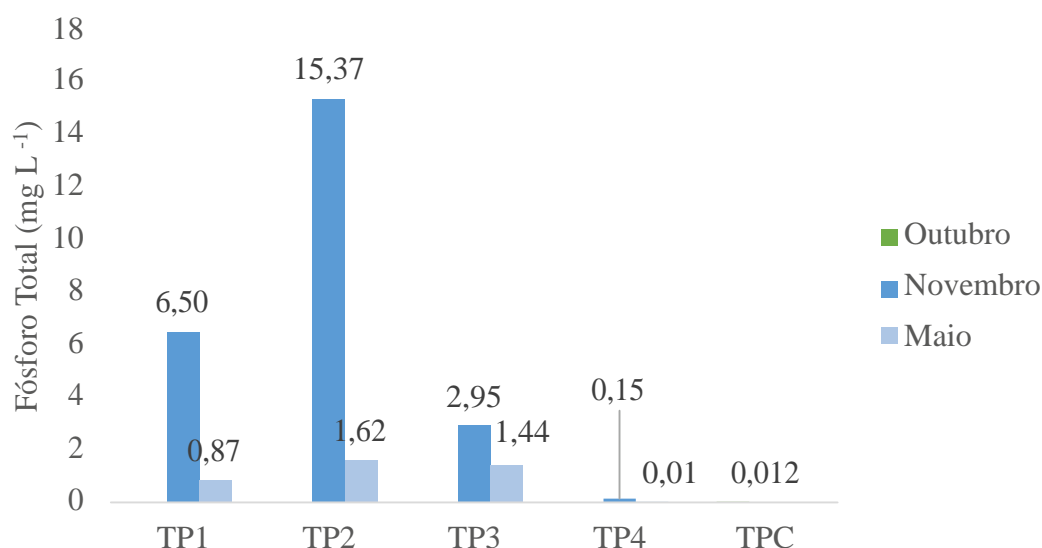


Figura 13 Valores de Fósforo Total ao longo do tempo

Verifica-se que os valores da concentração de fósforo no ponto controle foi quase nula, ficou abaixo do limite estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA, que é de 0,05mg/L, nos dois períodos analisados. Nos demais pontos, este limite foi ultrapassado todos no decorrer dos períodos. Estas altas concentrações foram, muito provavelmente, decorrentes da descarga de esgoto sanitário tratado, cujos detergentes constituem a principal fonte, e das águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas, podendo contribuir para a proliferação de algas e para a aceleração indesejável do processo de eutrofização.

5.1.10 Coliformes totais

A Figura 15 apresenta a evolução da concentração de coliformes totais, no decorrer do ano de 2015 e 2016, no Igarapé Tarumã.

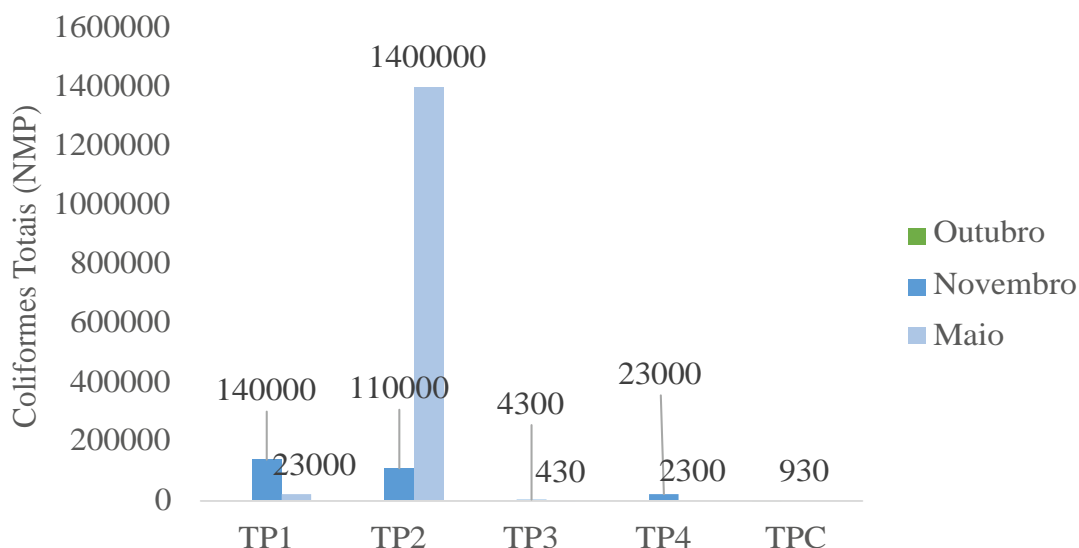


Figura 14 Valores de Coliformes Totais ao longo do tempo.

As bactérias do grupo coliformes indicam poluição fecal. As análises das amostras de água indicaram a presença de coliformes acima do valor estabelecido para as águas classificadas como classe 2, pela Resolução 357/05 do CONAMA, que é de 1.000 coliforme termo tolerantes por 100 mililitros.

O ponto 2, localizado na cachoeira do Tarumã, apresentou as maiores concentrações de coliformes, isso pode significar um constante lançamento de dejetos a esse local.

Posteriormente a coleta foi verificado que a montante deste local foi criado um local para criação de peixes, e que constantemente é despejado os dejetos no igarapé. Isto pode ser o motivo deste ponto mesmo estando localizado na zona rural estar com concentrações bastante elevadas de coliformes fazendo que diminua o valor de qualidade do IQA. Desta forma este parâmetro pode ser mudado o valor do seu peso para um peso menor e assim verificar se a qualidade pode aumentar.

5.2 Equações e cálculo do IQA

Para realização do cálculo do IQA foi utilizado o IQA adaptado pela CETESB, desta forma utilizou-se todos os parâmetros que a CETESB utiliza.

Como os resultados de Oxigênio Dissolvido tiveram alterações nas análises laboratoriais não foi possível fazer uma comparação entre os dois períodos hidrológicos, no entanto a aplicação em um período pode demonstrar se o IQA adaptado pela CETESB se enquadra nas características das águas da região em estudo. Sendo assim foi usado somente os dados de Oxigênio Dissolvido período de cheia correspondendo aos meses de Novembro de 2015 e Outubro de 2016.

A partir da quantificação de cada parâmetro de qualidade para realização do cálculo do IQA foram verificados os limites e a média em que cada um deles encontram-se. Após foi utilizado a equação de qualidade (qi) da CETESB conforme indicada na Tabela 2, para cada um dos parâmetros, e dentro dos limites quantificados. Segundo a CETESB (2012), o cálculo de qualidade das águas fornece resultados representados por (qi) que variam em uma escala de 0 a 100 obtidos através das equações representadas das curvas de qualidade de cada parâmetro que são mostradas na Figura 1 as quais foram adaptadas por Von Sperling (2007). As Tabelas 8 e 9 mostram os valores de todos os parâmetros bem como as equações de qualidade (qi) para os meses de novembro de 2015 e outubro de 2016 correspondendo ao período sazonal de seca.

Tabela 8 Parâmetros e equações de qualidade dos parâmetros do mês de novembro de 2015. OD (oxigênio Dissolvido); CT (Coliformes Totais); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NT (Nitrogênio Total); FT (Fósforo Total); pH (Potencial Hidrogeniônico); ST (Sólidos Totais); qi^w (Qualidade do parâmetro)

TP1 - Pon+C15:I49te do igarapé Tarumã						
Parâmetros	Valores	Limites	Equação de qi	Valores de qi	peso (w)	qi ^w *
			$q1 = 3 + 0,34*(\% \text{sat}) + 0,008095*(\text{sat})^2 +$			
OD (%Sat)	10,88	0 - 50	$1,35252*0,00001*(\% \text{sat})^3$	7,67	0,17	1,41
CT	140000	5	$q2 = 3$	4,10	0,15	1,24
DBO	4,60	0 - 5	$q3 = 99,96*10^{(-0,123278xC)}$	65,33	0,10	1,52
NT	4,46	0 - 10	$q4 = 100 - 8,169xC + 0,3059xC^2$	69,65	0,10	1,53
FT	19,93	>10	$q5 = 5$	61,19	0,12	1,64
pH	6,02	4 - 6,2	$q6 = 155,5 - 77,36*pH + 10,2481*pH^2$	5,00	0,10	1,17
Temperatura	27,04	25 - 100	$q7 = 94$ (valor fixo)	94,00	0,10	1,58
Turbidez	102,60	0 - 150	$q8 = 100,17 - 2,67*Turb + 0,03775*Turb^2$	223,61	0,08	1,54
ST	0,11	0 - 25	$q9 = 79,75 + 0,166C - 0,001088C^2$	79,77	0,08	1,42
TP2 - Montante da Cachoeira do Tarumã						
Parâmetros	Valores	Limites	Equação de qi	Valores de qi	peso (w)	qi ^w *
			$q1 = 3 + 0,34*(\% \text{sat}) + 0,008095*(\text{sat})^2 +$			
OD (%Sat)	11,91	0 - 50	$1,35252*0,00001*(\% \text{sat})^3$	9,22	0,17	1,43
CT	110000	5	$q2 = 3$	4,15	0,15	1,24
DBO	4,60	0 - 5	$q3 = 99,96*10^{(-0,123278xC)}$	56,70	0,1	1,50
NT	11,85	10 - 60	$q4 = 101,9 - 23,1023*LogC$	77,09	0,1	1,54
FT	47,12	>10	$q5 = 19,8*EXP(-0,0512842*C)$	5,00	0,1	1,17
pH	5,76	4 - 6,2	$q6 = 155,5 - 77,36*pH + 10,2481*pH^2$	49,91	0,12	1,60
Temperatura	26,38	25 - 100	$q7 = 94$ (valor fixo)	94,00	0,1	1,58
Turbidez	63,50	0 - 150	$q8 = 100,17 - 2,67*Turb + 0,03775*Turb^2$	30,29	0,08	1,31
ST	0,05	0 - 25	$q9 = 79,75 + 0,166*C - 0,001088*C^2$	79,76	0,08	1,42
TP3 - Praia Dourada						
Parâmetros	Valores	Limites	Valores de qi	Valores de qi	peso (w)	qi ^w
			$q1 = 3 + 0,34*(\% \text{sat}) + 0,008095*(\text{sat})^2 +$			
OD (%Sat)	17,24	0 - 50	$1,35252*0,00001*(\% \text{sat})^3$	11,34	0,17	1,51
CT	4300	1 - 5	$q2 = 100 - 37,2*logC + 3,60743*logC^2$	12,46	0,15	1,46
DBO	3,90	0 - 5	$q3 = 99,96*10^{(-0,123278xC)}$	61,81	0,1	1,55
NT	1,50	0 - 10	$q4 = 100 - 8,169xC + 0,3059xC^2$	88,43	0,1	1,51
FT	9,04	5 - 10	$q5 = 19,8*10^{(-0,13544*C)}$	1,18	0,1	1,02
pH	5,60	4 - 6,5	$q6 = 155,5 - 77,36*pH + 10,2481*pH^2$	43,14	0,12	1,57
Temperatura	29,60	25 - 100	$q7 = 94$ (valor fixo)	94,00	0,1	1,58
Turbidez	48,97	0 - 150	$q8 = 100,17 - 2,67*Turb + 0,03775*Turb^2$	38,33	0,08	1,34
ST	0,06	0 - 25	$q9 = 79,75 + 0,166*C - 0,001088*C^2$	79,76	0,08	1,42
TP4- Kilômetro 30 da estrada BR 174						
Parâmetros	Valores	Limites	Equação de qi	Valores de qi	peso (w)	qi ^w
			$q1 = 3 + 0,34*(\% \text{sat}) + 0,008095*(\text{sat})^2 +$			
OD (%Sat)	22,69575	0 - 50	$1,35252*0,00001*(\% \text{sat})^3$	15,04	0,17	1,59
CT	23000	1 - 5	$q2 = 100 - 37,2*logC + 3,60743*logC^2$	6,37	0,15	1,32
DBO	5,29	5 - 15	$q3 = 104,67 - 31,5463*LogC$	81,85	0,1	1,55
NT	0,02	0 - 10	$q4 = 100 - 8,169xC + 0,3059xC^2$	99,84	0,1	1,58
FT	0,4599	0 - 1	$q5 = 99*10^{(-0,91629*C)}$	37,52	0,1	1,44
pH	4,84	4 - 6,2	$q6 = 155,5 - 77,36*pH + 10,2481*pH^2$	21,18	0,12	1,44
Temperatura	27,26	25 - 100	$q7 = 94$ (valor fixo)	94,00	0,1	1,58
Turbidez	7,31	0 - 150	$q8 = 100,17 - 2,67*Turb + 0,03775*Turb^2$	82,67	0,08	1,42
ST	0,02	0 - 25	$q9 = 79,75 + 0,166*C - 0,001088*C^2$	79,75	0,08	1,42

Tabela 9. Parâmetros e equações de qualidade dos parâmetros do mês de Outubro de 2016. OD (oxigênio Dissolvido); CT (Coliformes Totais); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NT (Nitrogênio Total); FT (Fósforo Total); pH (Potencial Hidrogeniônico); ST (Sólidos Totais); qi^w (Qualidade do parâmetro).

TPC - Cachoeira da Asframa						
Parâmetros	Valores	Limites	Equação de qi	Valores de qi	peso (w)	qi ^w
			$q1 = 3 + 0,34*(\%sat) + 0,008095*(sat)^2 +$			
OD (% Sat)	26,39	0 – 50	$1,35252*0,00001*(\%sat)^3$	17,86	0,17	1,63
CT	2300	1 – 5	$q2 = 100 - 37,2*\log C + 3,60743*\log C^2$	15,71	0,15	1,51
DBO	4,12	1 – 5	$q3 = 99*10^{(-0,1232728*C)}$	59,57	0,10	1,50
NT	0,29	0 – 10	$q4 = 100 - 8,169xC + 0,3059xC^2$	97,68	0,10	1,58
FT	0,04	0 – 1	$q5 = 99*10^{(-0,91629*C)}$	96,52	0,10	1,57
pH	4,56	4 – 6,2	$q6 = 155,5 - 77,36*pH + 10,2481*pH^2$	15,83	0,12	1,39
Temperatura	25,18	25 – 100	$q7 = 94$ (valor fixo)	94,00	0,10	1,58
Turbidez	20,26	0 – 150	$q8 = 100,17 - 2,67turb + 0,03775turb^2$	61,57	0,08	1,39
ST	0,04	0 – 25	$q9 = 79,75 + 0,166C - 0,001088C^2$	79,76	0,08	1,42

Após os ajustes, os valores de todas as equações de qualidade (qi) foram elevados aos seus respectivos pesos (w), os quais permitem calcular o IQA a partir da equação 11. Os pesos são o que indica a importância de cada parâmetro no índice e qual parâmetro mais influencia no resultado final do IQA. A Tabela 10 mostra os valores dos pesos para cada parâmetro utilizado neste trabalho.

Tabela 10 Parâmetros de Qualidade da Água e respectivos Pesos.

PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA	PESO (w)
Oxigênio Dissolvido - OD	0,17
Coliformes Termotolerantes	0,15
Potencial Hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio Total - NT	0,10
Fósforo Total - FT	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totais - ST	0,08

Equação 11:

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

A partir do cálculo efetuado, obteve-se a classificação da qualidade da água dos pontos do Igarapé Tarumã analisados, a qual está indicada pelo IQA-CETESB parametrizado de acordo com a Tabela 6.

Os resultados do IQA-CETESB nos pontos monitorados feitos nos meses de Novembro de 2015 e Outubro de 2016 estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Produtos das equações de qualidade elevadas aos respectivos pesos e resultado do IQA.

NOVEMBRO		
PONTO	Produtos []	IQA
Controle	$\prod(1,35*1,58*1,56*1,58*1,58*1,35*1,58*1,42*1,42)$	36,00 (Regular)
1	$\prod(1,41*1,24*1,52*1,53*1,64*1,17*1,58*1,54*1,42)$	26,91 (Ruim)
2	$\prod(1,43*1,24*1,50*1,54*1,17*1,60*1,58*1,31*1,42)$	22,59 (Ruim)
3	$\prod(1,51*1,46*1,51*1,57*1,02*1,57*1,58*1,34*1,42)$	24,94 (Ruim)
4	$\prod(1,58*1,32*1,55*1,58*1,43*1,44*1,57*1,42*1,41)$	33,99 (Ruim)

O índice de qualidade das águas tem como principal objetivo traduzir os parâmetros de qualidade de um determinado corpo hídrico em nota de classificação, de modo a facilitar a comunicação com o público não técnico (FREITAS et. Al, 2011). Os resultados de IQA, apresentados na tabela 10, mostram que os pontos coletados no igarapé Tarumã classificam a água como Ruim, ou seja, se enquadrando entre 19 - 36 em 4 dos pontos analisados e como Regular, enquadrando-se entre 36 a 51 em 1 dos pontos analisados. A classificação melhor para o IQAs na bacia do Tarumã-Açu foi encontrada no ponto escolhidos para ser o controle, enquadrando-se na categoria Regular apenas na coleta do mês de Maio de 2016, a ligeira mudança pode ser devido a esse ponto ser ambiente com características naturais. No entanto, apesar do ponto controle estar com uma qualidade melhor que os demais pontos, continua em uma qualidade indicada como não boa para águas de classe 2 indicado pela CETESB.

Os pontos T1, T2 e T3 e TP4 tiveram a classificação de ruim, que é quase a pior classificação de qualidade da água. Isto pode ser devido a consequência da interferência humana conforme vem verificando Pascoaloto et al (2008).

É importante verificar que o ponto 3 (TP3) encontra-se bastante parecido em termos de qualidade com os pontos 1 e 2 que estão localizados dentro da zona urbana de Manaus. Esse ponto está localizado em um local já distante da cidade, sendo local de balneário, e a verificação da qualidade Ruim para ele é preocupante, sendo necessário um olhar de ação dos órgãos que regularizam as águas para esse local.

Foi verificado que os parâmetros de maior peso como oxigênio dissolvido e coliformes realmente possuem uma sensibilidade maior que os demais parâmetros, isto é como encontrado em ambientes poluídos como neste estudo. Por outro lado, deve ser notado o parâmetro pH, pois o mesmo em ambientes de igarapé como o Tarumã possui naturalmente para esta região uma qualidade boa dentro da faixa obtida (4 – 6,5) para a maioria dos valores obtidos neste estudo. Com isto pode-se propor uma mudança na curva de qualidade para este parâmetro bem como o seu peso pode ser alterado, e verificando-se deste modo se ocorre alguma melhoria na qualidade destas águas.

Foi verificado que o ponto escolhido para controle teve a classificação de IQA melhor que todos os outros pontos, subindo em um nível a qualidade das suas águas, ficando na classificação de Regular, no entanto esta qualidade não demonstra realmente a condição das águas deste local pois o mesmo é um ambiente bastante preservado e livre de ações antrópicas que possam afetar sua qualidade. Isto pode demonstrar que o IQA adaptado pela CETESB necessita de ajustes para os valores desta região, que melhor representem a sua qualidade. Esta qualidade diminuiu bastante devido aos valores de coliformes e pH quando aplicados no cálculo e elevados aos respectivos pesos diminuiram o índice do local, portanto propõem-se um ajuste na curva de qualidade para estes parâmetros para melhor representarem a qualidade da água desta região.

Em comparação com o IQA baseado em valores estabelecidos pela legislação CONAMA 357/2005 para águas de classe 2, 89% dos IQAs obtidos estiveram abaixo desse valor. De modo geral, a condição de qualidade mais desfavorável nas águas do Igarapé do Tarumã foi determinada nos pontos localizados dentro da cidade de Manaus.

A utilização do IQA foi satisfatória e condizente em relação a mudança de qualidade conforme a mudança dos pontos de coleta, pois os pontos que estiveram dentro da zona urbana do local (TP1, TP2) estudado tiveram os piores valores de IQA, ocorrendo uma ligeira melhoria ao ir para o ponto 4 (TP4) e uma melhoria melhor ainda no ponto da estrada BR 174 um pouco mais longe da cidade, e finalmente o ponto controle foi o tido como de melhor qualidade em relação aos demais. Essas mudanças nos locais indicados demonstram que o IQA ao ser utilizado realmente pode ser um excelente meio para se

verificar a qualidade das águas, mas que precisa ser analisado individualmente cada parâmetro e verificar o limite permitido para cada parâmetro dentro dos órgãos reguladores como o da resolução CONAMA 357/05.

Desde modo pode-se verificar que o cálculo do IQA adaptado pela CETESB representou bem a qualidade das águas do igarapé estudado, no entanto pode-se notar que alguns parâmetros necessitam de alguns ajustes nos seus pesos devido as águas dessa região possuírem características diferenciadas em relação a outros locais. Com o ajuste nos pesos e equações de qualidade pode-se verificar se ocorre uma melhoraria na qualidade destas águas para uma classificação que melhor represente as características naturais de qualidade deste local.

6. CONCLUSÕES

O índice de qualidade da água aqui adotado, mostrou-se bastante satisfatório para avaliação da qualidade da água da bacia do Tarumã-Açu quando demonstrado a mudança de qualidade da água que está sob influência urbana para locais onde está mais preservado dessas influências.

Todos os locais de coleta tiveram uma classificação de qualidade da água como não boa. Sendo demonstradas pela qualidade Ruim para todos os pontos analisados, mas com o aumento de Ruim para Regular no ponto escolhido para controle.

Os piores resultados de qualidade da água foram encontrados no Pontos T1, T2 e T3 que estão localizados dentro da cidade de Manaus, tendo sua classificação como Ruim. A verificação de qualidade Ruim no ponto TP4 pode indicar que esse Igarapé já está bastante degradado pela ação antrópica, pois este ponto encontra-se em local distante da cidade, em zona Rural. Além deste ponto outro ponto a se notar foi o ponto TP3 que é um local utilizado para balneário, o mesmo encontra-se em uma região um pouco distante da cidade, mas a qualidade de suas águas demonstrada pelo IQA foi bastante parecida com os pontos TP1 e TP2 que estão localizado dentro da zona urbana de Manaus. Estes locais vêm sofrendo forte pressão antrópica com a entrada de efluentes domésticos sem tratamento, e causando a degradação na qualidade da água ao longo dos anos estudados e tornando-se desta maneira inadequado para qualquer atividade.

O único ponto que se obteve uma ligeira melhor característica das águas foi o ponto escolhido para ser controle, porém ele encontra-se na faixa Regular que também está no limite indicado para águas qualidade não boa.

As aplicações das equações de qualidade para o cálculo do IQA foram bem representativas para avaliação da qualidade do igarapé estudado em zona urbana com classificação Ruim, no entanto, não foi adequado para o ponto controle, que mostrou classificação Regular. Portanto, pode-se notar que alguns parâmetros como o pH e Coliformes Totais necessitam de alguns ajustes nos seus pesos devido as águas dessa região possuírem características diferenciadas em relação a outros locais.

Os resultados das concentrações de alguns parâmetros obtidos no igarapé do Tarumã-Açu indicam que a presença de poluição pode ser devido proveniente de lançamento de esgoto doméstico, pois altas concentrações de coliformes Totais, Nitrogênio Total e fósforo Total são indicativos de poluição deste tipo. Também o uso e ocupação do

solo, estão alterando, se já não alteraram drasticamente as características físico-químicas e biológicas do Igarapé do Tarumã. As maiores concentrações encontradas foram nos dois primeiros pontos de coleta, onde está localizado dentro da cidade de Manaus indicando que pode haver influência direta de ação antrópica,

Os resultados mostraram que a água do Igarapé Tarumã encontra-se com altas concentrações de matéria orgânica, nutrientes e coliformes fecais concluindo-se que a água do Igarapé do Tarumã nos trechos em estudo, para o ano de 2015 e 2016, encontram-se poluídas, pois possuem altas concentrações de Nitrogênio Total, Fósforo Total, Coliformes Totais, que são indicativos visíveis de poluição, sendo que as principais causas de poluição para este igarapé segundo a literatura são a entrada de efluentes domésticos e pelo aterro controlado da cidade, deixando-o inutilizado para qualquer finalidade.

7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Água. NBR 10664/89. Determinação de resíduos (sólidos) - Método gravimétrico - Método de ensaio. **1989**.

ABBASI, T. and ABBASI, SA. Water quality indices. Amsterdam: Elsevier. **2012**.

ALVES, E. C. Monitoramento da qualidade da água da bacia do rio Pirapó. Dissertação (Mestrado) – UEM, Maringá, PR. **2006**.

APHA - American Public Health Association; American Water Work Association – AWWA; Water Pollution Control Federation – WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22^a ed. New York, **2012**. p.1268

ATON, A. D., CLESCERI, L. S. & GREENBERG, A. E. Standard methods for the examination of water and wastewater. *Am.Publ.Health. Ass.* vol. 13, p. 106 a 114. **1995**.

AZEVEDO R.P.; Uso de água subterrânea em sistema de abastecimento público de comunidades na várzea da Amazônia central. *Acta Amazônica* vol. 36, p. 313 a 320, **2015**.

BEAMONTE, E.; BERMUDEZ, J., CASINO, A., VERES, E.; A statistical study of the quality of surface water intended for human consumption near Valencia (Spain). *Journal of Environmental Management* vol. 83, p. 307 a 314, **2007**.

BERTOSSI, A.P.A.; CECÍLIO, R.A.; NEVES, M. A.; GARCIA, G.O.; Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas do solo no sul do Espírito Santo. *Revista Árvore*. vol. 37, n. 1, p.107 a 117, **2013**.

BITTENCOURT, M. M.; AMADIO, S. A.; Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. *Acta Amazonica*, vol. 37, n. 2, p. 303 a 307, **2007**.

BRANCO, S. M. Hidrologia aplicada a engenharia sanitária. 3^a ed. São Paulo: CETESB, **1986**. p. 789.

BRINKMANN, W.L.F., SANTOS, A.. Natural water in Amazonia.: Soluble calcium properties. *Acta Amazonica*, vol. 3. p. 33 a 40. **1973**

BRITO A.D.; Seasonal and spatial variations in limnological conditions of a floodplain lake (Lake Catalão) connected to both the Solimões and Negro Rivers, Central Amazonia. *Acta Amazônica*. vol. 44, p. 121 a 134, **2014**.

BROWN, R.M., MCCLELLAND, N.I., DEININGER, R.A., TOZER, R.G. A water quality index e do we dare? *Water Sewage Works*. vol., 117, p. 339 a 343. **1970**.

BÜHRING, R.; COSTA, L. A. da; BARBOSA, E.B. Cadastramento quali-quantitativo georreferenciado das árvores localizadas nas ruas do centro da cidade de Manaus – AM. In. VII Seminário em Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal. Curitiba, Paraná, p. 210 – 218, **2006**.

CAMPOS, Z. E. S.; Parâmetros físicos-químicos em igarapés de água clara e preta ao longo da rodovia BR- 174 entre Manaus e Presidente Figueiredo-AM. **1994**. Dissertação (mestrado em química na área de Geologia Ambiental)-Instituto de Geociências. Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

CARMOZE, J.P. O metabolismo de ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. FAPESP, p. 253. **1994**.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo - . Índice de Qualidade da água (IQA). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov/agua/água-superficiais/108-índices-de-qualidade-das-águas>>. Acesso em: 08 Agost 2015.

CÓRDOBA, E. B. ; MARTÍNEZ, A.C.; FERRER, E.V.; Water quality indicators: Comparison of a probabilistic index and a general quality index. The case of the Confederación Hidrográfica del Júcar (Spain). *Ecological Indicators*. vol.10, n. 5, p. 1049 a 1054, **2010**.

DAIANE, L. M.; RUBEN E. P.; ADILSON, B.C.; EDUARDO, A. L.; Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution nº 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). *Acta de Limnologia Brasil*. vol. 24, n. 1, p.29 a 42, **2012**.

DEBELS, P.; FIGUEROA, R.; URRUTIA, R.; BARRA, R.; NIELL, X.; Evaluation of water quality in the chillán river (central Chile) using physicochemical parameters and a modified water quality index. *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 110, p. 301 a 322, **2005**.

DEUS, BRITO, R.; DAVID, M.; KENOV, M.; FORNARO, I.; NEVES, A.; ALVES, R. Impact evaluation of a pisciculture in the Tucuruí reservoir (Pará, Brazil) using a two-dimensional water quality model. *Journal Of Hydrology*. vol. 487, p. 1 a 12, abr. 2013. Disponível em: <http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0022169413000681?httpAccept=text/xml>. Acesso em: 01 jul. 2015.

DINIUS, S.H.; Design of an index of water quality. *Water Resources Bulletin* 23. vol.5, p. 833 e 843, **1987**.

DOBBIE, M.J.; DAIL, D.; Robustness and sensitivity of weighting and aggregation in constructing composite indices. *Ecological Indicators*. Vol. 29, p. 270 a 277, **2013**.

ESTEVES, A.F. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro. Ed. Interciência, **1998**. p.602

FREITAS, E. V. C; BARRETO, F. M. S; NUNES, A. B. A; ALENCAR, M. F. Índice de Qualidade da Água Bruta do Açude Gavião – Município de Pacatuba. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **2011**.

FILIZOLA, N.; GUYOT, J.L.; MOLINIER, M.; GUIMARÃES, V.; OLIVEIRA, E.; FREITAS, M.A.; Caracterização hidrológica da Bacia Amazônica. *Amazônia uma perspectiva interdisciplinar*. EDUA, Manaus, **2002**.

FILIZOLA, N.; GUYOT, J. L.; MOLINIER, M.; GUIMARÃES, V.; OLIVEIRA, E.; FREITAS, M. A. Caracterização hidrológica da bacia Amazônica. *Caminhos da Amazônia uma perspectiva interdisciplinar*. p. 33-53, **2002**.

FISCH, G.; MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Acta Amazônica*.vol.28, p. 3-27, **1998**.

FLORES-LOPES, F.; Monitoramento ambiental da Bacia Hidrográfica do lago Guaíba – RS – Brasil, através da utilização de diferentes metodologias aplicadas a taxocenoses de peixes. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, UFRGS, Porto Alegre, **2006**, p.228,

FITTKAU, E.J.; W.; KLINGE, H.; SIOLI, H. Substrate and vegetation in the Amazon region. In: Cramer, J. (ed). *Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde* Herausgegeben von Reinhold tuxen. Vaduz: J. Cramer. vol. 79. p. 73 a 90. **1975**.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHSTNTAD, M. A. M. *Methods for chemical analysis of fresh waters*. Boston: Blackwell, **1978**.

GUIMARÃES, J.R. e NOUR, E.A.A. Tratando nossos esgotos: Processos que imitam a natureza. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola – Química Ambiental*. p. 19-30, **2001**.

HURLEY, T.; SADIQ, R.; MAZUMDER, A.; Adaptation and evaluation of the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) for use as an effective tool to characterize drinking source water quality. *Water Research*. vol. 46, n. 11, p. 3544 a 3552, **2012**.

IAP, Instituto Ambiental do Paraná- Turbidez das águas. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=92>>. Acesso em: 08 Janeiro, 2015.

JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.& SPARKS, R.E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, vol. 106. p. 110 a 227. **1989**

KHAN, A.A.; PATERSON, R.; KHAN, H.; Modification and application of the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) for the communication of drinking water quality data in Newfoundland and Labrador. *Water Quality Research Journal of Canada*. vol. 39, n.3, p. 285 a 293, **2004**.

KOÇER, M.A.T.; SEVGILI, H.; Parameters selection for water quality index in the assessment of the environmental impacts of land-based trout farms. *Ecological Indicators*. vol. 36, p. 672 a 681, **2014**.

KONG, X; YE, S.; The impact of water temperature on water quality indexes in north of Liaodong Bay. *Marine Pollution Bulletin*. vol. 80, n. 1 a 2, p. 245 a 249, **2014**.

KRISTENSEN, E.; BOUILLON, S.; DITTMAR, T.; MARCHAND, C. Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review. *Aquatic botany*, vol.89, p. 201-219, **2008**.

LERMONTOV, A.; YOKOYAMA L.; LERMONTOV, M.; MACHADO, M.A.S.; River quality analysis using fuzzy water quality index: Ribeira do Iguape river watershed, Brazil. *Ecological Indicators*. vol. 9, n. 6, p. 1188 a 1197, **2009**.

LOBATO, T.C.; HAUSER-DAVIS, R.A; OLIVEIRA T.F.; SILVEIRA A.M.; SILVA, H.A.N.; TAVARES, M.R.M.; SARAIVA, A.C.F.; Construction of a novel water quality index and quality indicator for reservoir water quality evaluation: A case study in the Amazon region. *Journal Of Hydrology*. vol. 522, p. 674 a 683, **2015**.

LUMB, A.; SHARMA, T. C. E FRANÇOIS BIBEAULT, J. A review of genesis and evolution of Water Quality Index (WQI) and some future directions. *Water Quality Expo Health*. 2011 mar. Disponível em <http://www.springerlink.com/content/808k1g1810736um1/fulltext.pdf>.

MARTINELLI, L.A.; SILVA, A.M.; CAMARGO, P.B.; MORETTI, L.R.; TOMAZALLI, TOMAZELLI, A.C.; SILVA, D. M. L.; FICHER, E.G.; SONODA, K. C.; SALOMÃO, M.S.M.B. Levantamento das cargas orgânicas lançadas nos rios do estado de São Paulo. *Biota Neotrópica*. vol.2. p. 45 a 78, **2002**.

MARTINS, C.R.; PEREIRA, P.A.P.; LOPES, W.A. e ANDRADE, J.B. Ciclos globais de carbono, nitrogênio e enxofre. *Cadernos temáticos de Química Nova na Escola – Química, Vida e Ambiente*. vol. 8. p. 28 a 41, **2003**.

MEDEIROS, Adaelson Campelo. Obtenção do IQA para avaliação da qualidade da água em rios dos municípios de abaetetuba e barcanena (PA). 2012. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará - UFPA, Belém, **2012**.

MELO, A. L. S; CUNHA, H. B; BARAÚNA, E. F. Avaliação dos coliformes nas águas do Rio Negro na orla de Manaus-AM. In: XV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. Anais. Manaus: PIBIC/INPA/CNPQ/FAPEAM. **2006**. p.373

MENDONÇA, A. S. F.; REIS, J. A. T. Utilização de modelo computacional na análise de limites impostos aos parâmetros de qualidade de água em rios. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13, Belo Horizonte, MG. **1999**.

MORETTO, D. L. CALIBRAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) PARA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARDO, RS, BRASIL. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão e Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul – Unisc, Santa Cruz do Sul, **2011**.

MORETTO, Daiane Lautert et al. Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution nº 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). Acta Limnologia Brasil. vol 24, n. 1, p. 29 a 42, **2012**.

NAZIANO, Filizola et al. Study of the variability in suspended sediment discharge at manacapuru, amazon river, brazil. Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis. vol., 16, n. 2, p. 93 a 99, **2009**.

NEIFF, J.J. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. Caracas: Interciência, vol. 15: p. 424 a 441. **1990**.

OLIVEIRA, T.C.S.; RODRIGES, B.F.; CARNEIRO, E.F.; 2008. Qualidade de Vida de Ribeirinhos na Amazônia em Função do Consumo de Água. IV Encontro Nacional da ANPAS. Brasília.

PAIVA, J.B.D. Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, **2001**, p.623

PASCOALOTO, D.. Comunidades de macroalgas de igarapés de terra firme nas regiões de Manaus, Rio Preto da Eva e Presidente Figueiredo, estado do Amazonas: composição, sazonalidade e distribuição.. Manaus: CNPq. **2001a**. Relatório Final de Projeto (Modalidade DCR).

PRANCE, G.T. PIRES, J.M.; LOVEJOY, T. E The vegetation types of the Brazilian Amazon. In: Prance, G.T.; Lovejoy, T.E. (eds.) *Key Environments: Amazonia*. Pergamon Press, Oxford. vol. 35 p. 109-145. **1985**.

PRATI, L.; PAVANELLO, R.; PESARIN, F.; Assessment of surface water quality by a single index of pollution. *Water Research*. vol. 5, p. 741 a 751, **1971**.

RAMESH, S.; SUKUMARAN, N.; MURUGESAN, RAJAN A.G.P.; An innovative approach of Drinking Water Quality Index—A case study from Southern Tamil Nadu, India. *Ecological Indicators*. vol. 10, n. 4, p. 857 a 868, **2010**.

RIXEN, T.; BAUM, A.; SEPRYANI, H.; POHLMANN, T.; JOSE, C.; SAMIAJI, J. Dissolved oxygen and its response to eutrophication in a tropical black water river. *Journal of Environmental Management*. vol. 91, p. 1730 a 1737, **2010**.

SADIQ, R.; HAJI, S.A.; COOL, G.; RODRIGUEZ, M.J.; Using penalty functions to evaluate aggregation models for environmental indices. *Journal of Environmental Management*. vol. 91, n.3, p. 706 e 716, **2010**.

SHARMA, P.; MEHER, P. K.; KUMAR A.; GAUTAM, Y.P.; MISHRA K.P.;. Changes in water quality index of Ganges river at different locations in Allahabad. **Sustainability Of Water Quality And Ecology**, [s.l.], vol. 3 e 4, p.67 a 76, 2014. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.swaqe.2014.10.002.

SIOLI, H.; Alguns resultados e problemas da limnologia amazônica. *Boletim técnico do Instituto Agrônômico do Norte*, Belém, n. 24. **1951**.

SIOLI, H.; KLINGE, H. Solos, tipos de vegetação e águas na Amazônia. *Boletim geográfico*. vol. 79, p. 23 a 39, **1962**.

SIOLI, H. Amazônia – Fundamentos da Ecologia da maior região de Florestas Tropicais. Trad. J. Becker. Rio de Janeiro: Vozes, **1985**. p. 72.

SPERLING,V. M. Estudo e modelagem da qualidade da água de rios. Dissertação (mestrado em química na área de química inorgânica)-Instituto de Química. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. **2007**.

STALLARD, R.F.; EDMOND, J.M. Geochemistry of the Amazon. 2: The influence of geology and weathering environment on the dissolved load. *Journal of Geophysical Research*.,vol. 88. p. 9671 a 9688. **1983**.

WATER RESOURCES INVESTIGATIONS. **REPORT 03-4174**: Methods of Analysis by the U.S. Geological Survey National Water Quality Laboratory - Evaluation of Alkaline Persulfate Digestion as an Alternative to Kjeldahl Digestion for Determination of Total and Dissolved Nitrogen and Phosphorus in Water. Denver, Colorado: U.S. Geological Survey, p. 33, **2003**.

VAL, A. L.; ALMEIDA-VAL, V. M. F.; FEARNSTIDE, P. M. .. Amazônia: Recursos hídricos e Sustentabilidade. pp. 95-109. In: Bicudo, C.E.M., Tundisi, J.G. & Scheuenstuhl, M.C.B. (eds.) Aguas do Brasil: Análises Estratégicas. Instituto de Botânica, São Paulo. **2010**. p 222

VALDERRAMA, J. C.; The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorous in natural waters. Marine chemistry. vol.10, p. 109 a 222, **1981**.

VASCONCELOS, M. A.; COSTA, L. A.; OLIVEIRA, M. A. F. Estudo da paisagem da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu, Manaus, Amazonas, utilizando imagens de radar. In: ANAIS XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, João Pessoa - Pb. Anais. João Pessoa: Inpe., p. 6459 a 6466. **2015**.

VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas residuárias. 3ª ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, Belo Horizonte, MG. **2005**.