



**FAPAC - FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS PORTO LTDA
ENGENHARIA CIVIL**

**EDSON CALDEIRA SENA
RICARDO CERQUEIRA MELO**

**QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO NO
MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL - TO**

**PORTO NACIONAL - TO
2017**

**EDSON CALDEIRA SENA
RICARDO CERQUEIRA MELO**

**QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO
MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL - TO**

Monografia submetida ao curso de Engenharia Civil Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda., como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Ângelo Ricardo Balduino

**PORTO NACIONAL - TO
2017**

**EDSON CALDEIRA SENA
RICARDO CERQUEIRA MELO**

**QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO
MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL - TO**

Monografia submetida ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda., como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Monografia apresentada e defendida em ____/____/____ e aprovada pela Banca examinadora constituída pelos professores:

Me. Ângelo Ricardo Balduino - Orientador

Prof. Me. Silvia Barros Gomes Souto

Prof. Me. Diogo Pedreira Lima

**PORTO NACIONAL
2017**

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a qualidade da água do Ribeirão São João em Porto Nacional, através dos padrões de qualidade de água - IQA NSF. Para a realização deste trabalho foram estabelecidos três pontos de pesquisa, localizado à jusante do ribeirão São João. As coletas das amostras foram realizadas semanalmente, durante seis semanas, de março a maio de 2017. A qualidade da água foi avaliada por limites permissíveis estabelecidos pela resolução CONAMA nº357/2005 e NSF. Percebeu-se que os padrões de nitrogênio total estão acima do estabelecido pela legislação pertinente, fato que pode estar ocorrendo devido ao uso de insumos agrícolas utilizados nas culturas de soja no entorno do ribeirão. Os valores de pH obtidos nessa pesquisa foram satisfatórios. Apesar de alguns pontos apresentaram um pH ligeiramente ácido. Os resultados obtidos para os parâmetros de temperatura, turbidez, fósforo, sólidos totais dissolvidos, demanda bioquímica do oxigênio e de oxigênio dissolvido permaneceram inferiores aos valores tabelados para a normalidade e qualidade da água. O Ponto III apresentou valores maiores que o normatizado para o elemento fósforo como satisfatório indicando uma alto grau de atividade antrópica no local de coleta que pode ocorrer através de despejos de efluentes domésticos e industriais, fertilizantes e lixiviações de criatórios de animais. Os valores obtidos de coliformes fecais estavam bem acima do limite estabelecido. E aliado à grande quantidade de nitrogênio inferem que a água não esteja apropriada para o consumo humano. Conclui-se que os resultados encontrados classificam os pontos de coletas do Ribeirão dentro da qualidade padrão para a distribuição, com base na NSF.

Palavras-chave: Recurso hídrico. Poluição da Água. Qualidade da água.

ABSTRACT

The main objective of this work was to evaluate the water quality of the Ribeirão São João in Porto Nacional, through the water quality standards - NSF IQA. For the accomplishment of this work three research points were established, located downstream of the São João stream. Samples were collected weekly for six weeks from March to May 2017. Water quality was evaluated by indicators established by resolution CONAMA nº 357/2005 and NSF. It was noticed that the total nitrogen standards are above that established by the pertinent legislation, a fact that may be occurring due to the use of agricultural inputs used in soybean crops around the stream. The pH values obtained in this research were satisfactory. Although some points had a slightly acidic pH. The results obtained for the parameters of temperature, turbidity, phosphorus, total dissolved solids, biochemical oxygen demand and dissolved oxygen remained lower than the values established for normality and water quality. The Point III presented higher values than the normalized for the phosphorus element as satisfactory indicating a high degree of antropic activity at the collection site that can occur through domestic and industrial effluents, fertilizers and leachate from animal farms. The values obtained from fecal coliforms were well above the established limit. And together with the great amount of nitrogen, they infer that the water is not suitable for human consumption. It is concluded that the results found classify the collection points of Ribeirão São João within the standard quality for the distribution, based on the NSF.

Keywords: Water resource. Water pollution. Water quality.

LISTAS DE FIGURAS

Figura1 - Bacia Hidrográfica.....	14
Figura 2 - Curso de manejo de águas pluviais	15
Figura 3 - Fluxograma do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos	20
Figura 4 - Imagem via satélite da bacia hidrográfica do Ribeirão São João.....	32
Figura 5 - Precipitação anual de Porto Nacional de 2007 a 2013	51
Figura 6 - Precipitação anual - Estação Climatológica de Porto Nacional.....	51
Figura 7 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São João	52
Figura 8 - Delimitação da bacia hidrográfica do Ribeirão São João.....	53
Figura 9 - Extensão da bacia hidrográfica do São João	53

LISTAS DE QUADROS

Quadro1 - Valores de pesos de cada parâmetro do IQA	21
Quadro 2 - Relação entre a temperatura e a vida aquática em lagos.	24
Quadro 3 - Coordenadas dos pontos de coleta de água para análise do Ribeirão São João em Porto Nacional, Tocantins.....	33
Quadro 4 - Datas de coleta das amostras de água	37
Quadro 5 - pH da água nos pontos analisados	38
Quadro 6 - Temperatura da água nos pontos analisados	40
Quadro 7 - Turbidez da água nos pontos analisados.....	41
Quadro 8 - Sólidos totais dissolvidos da água nos pontos analisados	42
Quadro 9 - Oxigênio dissolvido da água nos pontos analisados	44
Quadro 10 - Demanda Bioquímica de Oxigênio da água nos pontos analisados	45
Quadro 11 - Fósforo Total da água nos pontos analisados.....	46
Quadro 12 - Nitrogênio Total da água nos pontos analisados.....	48
Quadro 13 - Coliformes Termotolerantes da água nos pontos analisados.....	49

LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - pH da água nos pontos analisados.....	39
Gráfico 2 - Temperatura da água nos pontos analisados.....	40
Gráfico 3 - Turbidez da água nos pontos analisados	41
Gráfico 4 - Sólidos totais dissolvidos da água nos pontos analisados	43
Gráfico 5 - Oxigênio dissolvido da água nos pontos analisados	44
Gráfico 6 - Demanda Bioquímica de Oxigênio da água nos pontos analisados	45
Gráfico 7- Fósforo Total da água nos pontos analisados	47
Gráfico 8 - Nitrogênio Total da água nos pontos analisados	48
Gráfico 9 - Quantidade de coliformes termotolerantes da água nos pontos analisados	49

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA - Agência Nacional de Águas
APP - Área de Preservação Permanente
CE - Condutividade Elétrica da Água
CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CF - Coliformes Fecais
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio
IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
IQA - Índice de Qualidade das Águas
ISTO - Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas
NSF - National Sanitation Foundation
NMP - Número Mais Provável
NTU - Unidade de Turbidez
OECD - Governança de Recursos Hídricos
OD - Oxigênio Dissolvido
PFTHM - Potencial de Formação Trihalometanos
PH - Potencial hidrogeniônico
SDT - Sólidos Dissolvidos Totais
SEMA - Secretária do Meio Ambiente
SEPLAN - Secretaria do Planejamento e Orçamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 BACIA HIDROGRÁFICA	13
2.2 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	15
2.3 PRECIPITAÇÃO.....	16
2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	17
2.5 ÁREA DE DRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA	17
2.6 USO DIVERSO DA ÁGUA	18
2.7 DEGRADAÇÃO E FONTES DE POLUIÇÃO.....	18
2.8 MONITORAMENTO E QUALIDADE DA ÁGUA	20
2.9 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA IQA CETESB	21
2.10. OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)	21
2.11 TEMPERATURA DA ÁGUA	23
2.12 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)	24
2.13 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH).....	24
2.14 TURBIDEZ	25
2.15 SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS (SDT).....	25
2.16 NITROGÊNIO TOTAL	26
2.17 FÓSFORO TOTAL	26
2.18 COLIFORMES FECAIS.....	27
2.19 ÁGUA POTÁVEL.....	28
2.19.1 Abastecimento Público.....	28
2.19.2 Comercial	29
2.19.3 Agricultura e Pecuária	29
2.19.4 Indústria	30
3 OBJETIVOS.....	31
3.1 OBJETIVO GERAL	31
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
4 MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1 PLANO DE TRABALHO	32
4.2 COLETA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA.....	33

4.3 METODOLOGIA LABORATORIAL	34
4.4 DIAGNÓSTICO DA BACIA HIDROGRÁFICA	35
4.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA	35
4.6 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA NSF	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1 PH	37
5.2 TEMPERATURA	39
5.4 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS	42
5.6 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO – DBO.....	45
5.6 FÓSFORO TOTAL	46
5.7 NITROGÊNIO TOTAL	47
5.8 COLIFORMES TERMOTOLERANTES	49
5.9 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA	50
5.10 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA (IQANSF).....	54
6 CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos principais recursos para a sobrevivência do ser humano. Pois seria difícil imaginar qualquer tipo de vida sem a existência desse recurso. A água é um recurso natural que se relaciona com todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos enraizados na sociedade.

Esse recurso é fundamental, pois envolve diversos fatores de utilidade, seja para a sobrevivência humana, para o uso recreativo, ou para o consumo. Na sobrevivência humana, ela é um componente bioquímico dos seres vivos, como meio de vida para várias espécies animais e vegetais.

O planeta Terra é composto em sua grande maioria por água, sendo que a água salgada é predominante. Dentre essa grande disponibilidade de água, o Brasil é um país privilegiado em relação a outros países quando se trata de recursos hídricos, possuindo a maior reserva de água doce do planeta. A Amazônia, por exemplo, é uma região que detém a maior bacia fluvial do mundo. O volume de água do rio Amazonas é o maior de todos os rios do globo, sendo considerado um rio de extrema importância para o planeta.

Há grandes bacias hidrográficas no mundo, mas, infelizmente, a água potável para consumo humano está em pequena proporção, não que esteja se tornando escassa, mas o que ocorre é uma carência de água para atender determinadas demandas que estejam associadas a uma qualidade mínima, levando em consideração sua disponibilidade local. Apesar de serem realizadas políticas públicas de conscientização, a sociedade não se atenta às consequências futuras e acaba desperdiçando e poluindo desnecessariamente.

Com o crescimento populacional e o avanço da (monocultura) agricultura especificamente a cultura da soja, o Ribeirão São João, localizado no município de Porto Nacional, estado do Tocantins, tem sofrido um grande impacto, o mal uso desse recurso natural tem gerado danos irreversíveis para a permanência de sua existência, em alguns trechos é possível notar o quanto a prática de atividades como irrigação, desmatamento para cultivo de soja, criação de bovinos entre outros, uma vez que o Ribeirão abastece o município de Porto Nacional.

Assim, pode-se inferir que a bacia do Ribeirão São João tenha sofrido alterações, na qual a grande problemática que pode ser encontrada é a variação na qualidade da água que é disponibilizada à população de Porto Nacional.

Como Porto Nacional tem se tornado uma potência agrícola do Estado do Tocantins, algumas áreas, que eram ocupadas por matas nativas, principalmente as matas ciliares, passaram a dar lugar para novos loteamentos e para lavouras. Acredita-se que, em virtude da atual situação de acontecimentos em sua Bacia Hidrográfica, o índice de qualidade da água do Córrego São João tenha sido modificado.

Nesse contexto, o presente estudo busca determinar a qualidade da água na bacia hidrográfica do Ribeirão São João, no município de Porto Nacional, Estado do Tocantins, o qual tem por principal finalidade o abastecimento público.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BACIA HIDROGRÁFICA

Na origem da civilização humana priorizava-se a proximidade dos cursos de água. No entanto, ainda hoje aspectos tão básicos como esse são foco de discussões. As consequências das ocupações desordenadas dos solos, acarretando na criação de imensas áreas impermeáveis, gerando problemas de calamidade pública por conta das intensas ocorrências hidrológicas. A urbanização modifica o ciclo hidrológico o que ocasiona uma diminuição da retenção superficial e da infiltração e o aumento dos escoamentos superficiais, agravando as cheias (DRUMMOND; REGO; VEROL, 2015).

Encontra-se no Brasil 12% dos recursos de água doce do mundo, comparativamente a água é um recurso abundante no país. Porém, a distribuição dos recursos hídricos no território é marcada por uma desigualdade: enquanto no Nordeste os Estados são predominantemente semiáridos, encontra-se na região amazônica abundância de água. Essa distribuição desigual é comum em países de grandes dimensões como o Brasil, porém representa hoje e no futuro um imenso desafio para a gestão dos recursos hídricos (OECD, 2015).

Para OECD (2015) por falta de financiamento ou por limitações da capacidade de acompanhamento e execução, os vários planos de recursos hídricos em níveis: nacional, estadual, local e de bacia, são mal coordenados e não chegam a ser colocados em prática. Um exemplo é o fato de eles não estabelecerem com clareza prioridades ou critérios para determinar os recursos hídricos disponíveis e nortear as decisões com relação a alocação para o desenvolvimento da energia hidrelétrica, uso doméstico, extensão de irrigação entre outros.

Segundo Ribeiro et al. (2008) um dos primeiros procedimentos é a delimitação da bacia hidrográfica feitos em análises hidrológicas ou ambientais. Portanto é comum a utilização de informações do relevo em formato analógico, como mapas e cartas, o que de certa maneira compromete a confiabilidade e a reprodução dos resultados devidos à carga de subjetividade inerente aos métodos manuais. Com o aparecimento e consolidação dos sistemas de informações geográficas e, conseqüentemente, a revelação de formas digitais consistente de

representação do relevo, Modelos Digitais de Elevação, desde então esses métodos automáticos para delimitação têm sido utilizados, como mostra a Fig. 1.

A bacia hidrográfica é determinada por uma área na qual é feita a captação natural da água da chuva que direciona o escoamento para um só ponto de saída, seu exutório. É basicamente um conjunto de superfícies vertentes de uma rede de drenagem desenvolvida por cursos d'água que confluem em um só leito exutório (SILVEIRA, 2011).

Figura1 - Bacia Hidrográfica



Fonte: Ribeiro (2008).

Para Teodoro et al. (2007), o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é resultado de sua formação geomorfológica, considerando sua forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, dentre outros e do tipo da cobertura vegetal. Sendo assim, conclui-se que as características físicas e bióticas de uma bacia, exercem influência sobre a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e sub-superficial, dentre outros, sendo de grande importância nos processos do ciclo hidrológico.

Alves e Castro (2003, p.117), salientam que:

Para investigar as características das diversas formas de relevo, as bacias hidrográficas se configuram como feições importantes, principalmente no que se refere aos estudos de evolução do modelo da superfície terrestre. Entretanto, a maioria dos trabalhos científicos à cerca de bacias hidrográficas evidenciam qualitativamente os aspectos de forma o que, em geral, é insuficiente para a identificação de homogeneidades, no que diz respeito aos fatores que influenciam as formas de relevo. Assim, evidente a necessidade do emprego de métodos quantitativos para estudos desta natureza.

Segundo Porto e Porto (2008), o território definido como bacia hidrográfica apresenta como a área na qual se desenvolvem as atividades humanas. Pois todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação fazem parte de alguma bacia hidrográfica. Pode-se dizer que, no seu exutório, estarão representados todos os processos que fazem parte do seu sistema.

A formação da bacia é realizada pelos desníveis dos terrenos e pelo desgaste que a água realiza no relevo de determinada área, originando cursos de escoamento que partem dos pontos mais altos para os mais baixos, separados topograficamente pelos divisores de água (TEODORO et al., 2007).

2.2 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Tomaz (2013, p.03) descreve que: “O tempo de concentração é o tempo que leva uma gota de água mais distante até o trecho considerado na bacia”. Conforme o autor influem sobre o tempo de concentração, algumas variáveis apresentadas na Fig. 2.

- Área da Bacia;
- Comprimento e Declividade do canal mais longo;
- Comprimento ao longo do curso principal, desde o centro até a seção de saída considerada.

Figura 2 - Curso de manejo de águas pluviais



Fonte: Tomaz (2010).

Existem somente três maneiras em que a água é transportada em uma bacia: a primeira é o escoamento superficial, a segunda é o escoamento em tubos e a terceira é o escoamento em canais incluso sarjetas. Existem várias fórmulas empíricas para determinar o valor do tempo de concentração. A obtenção do tempo de concentração é uma informação importante, porém difícil de ser obtida. Enfim, o projetista deve saber que não é possível obter o valor do tempo de concentração por um simples método.

2.3 PRECIPITAÇÃO

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas de maior importância na consumação dos estudos climáticos das distintas regiões do Brasil. Tal importância deve-se as consequências do que elas podem causar, quando em excesso ou em deficiência para os setores produtivos da sociedade, tanto do ponto de vista econômico quanto social (por exemplo a agricultura, irrigação, transporte, hidrologia), causando enchentes, secas, inundações, assoreamento dos rios, quedas de barreiras, entre outros (CALBETE et al., 2003).

Bertoni e Tucci (2013) apresentam que a precipitação é entendida em hidrologia como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a sua superfície terrestre. Neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada e neve são formas diferentes de precipitações. O que diferencia essas formas de precipitações é o estado em que a água se encontra.

O sucesso ou fracasso das atividades humanas pode estar relacionado com as características do regime de chuva de uma determinada região, fazendo com que o conhecimento desses comportamentos seja de vital importância para planejamentos urbanos, agrícolas e ambientais (ANDRADE, 2011).

Partindo deste princípio, o conhecimento a respeito das precipitações assume compromisso fundamental para o desenvolvimento socioeconômico de uma região ou uma bacia hidrográfica, desta forma a estimativa de seus valores mais prováveis, a identificação das áreas de ocorrência e a regularidade que as mesmas se distribuem, constituem informações imprescindíveis para o planejamento hídrico (ARCANJO, 2014).

Segundo Sobrinho et al. (2014) o conhecimento do comportamento das precipitações pode fornecer subsídio para determinar períodos críticos predominantes na região, tendo-se condições de fornecer informações que visem a reduzir as consequências causadas pelas flutuações de chuvas e secas.

2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

O conhecimento das propriedades físicas de uma bacia hidrográfica possibilita conhecer a variação no espaço dos elementos do regime hidrológico na região. Na prática com o estudo realizado é possível estabelecer relações entre as características físicas e os dados hidrológicos conhecidos (DIAS, 2011).

Segundo Tonello et al. (2006), as características físicas e bióticas de uma bacia desenvolvem importante papel nas ações do ciclo hidrológico, influenciando dentre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e sub-superficial.

2.5 ÁREA DE DRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA

A área de drenagem da bacia hidrográfica ou, simplesmente, área da bacia hidrográfica, é toda área plana em projeção horizontal, limitada por divisores topográficos da bacia. Conhecendo essa área torna-se possível a determinação da potencialidade hídrica de uma bacia, influenciando ainda como elemento de cálculo para identificação de outras características físicas. O volume recebido pela bacia pode ser obtido através da multiplicação da área da bacia hidrográfica, pela altura da lâmina d'água precipitada (SOBRINHO et al., 2014).

Essa área pode ser encontrada com o uso de um planímetro ou eletronicamente (cálculo computacional), quando se dispõe do mapa digitalizado. Quando utilizado o planímetro, que embora seja mais trabalhoso, pode-se utilizar o método das quadrilhas, fazendo equivalência entre o mapa topográfico e as quadriculas sobrepostas nele, onde multiplica-se o número de quadriculas pela área de cada quadrícula, obtendo assim a área da bacia hidrográfica. A área das bacias distingue-se geralmente em duas medidas, para as maiores em quilômetros

quadrados ($1 \text{ km}^2 = 106 \text{ m}^2$), e para as menores em hectares ($1 \text{ ha} = 104 \text{ m}^2$ e $1 \text{ km}^2 = 100 \text{ ha}$) (DIAS, 2011).

2.6 USO DIVERSO DA ÁGUA

A água constitui um elemento necessário para praticamente todas as atividades humanas, sendo ainda, componente da paisagem e do meio ambiente. Por ser um recurso fundamental, deve ser conservado e protegido. Sua finalidade presta-se para múltiplos usos, seja para, abastecimento doméstico e industrial, geração de energia elétrica, irrigação de cultivos agrícolas, recreação, navegação, pesca, aquicultura, piscicultura e ainda para assimilação e afastamento de esgotos (CHAVES et al., 2001).

De acordo com a Lei nº 9.433/97, a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. Assim, todos os setores usuários da água possuem igualdade de acesso aos recursos hídricos (ANA, 2015).

O emprego das águas pode atender dois caráteres consuntivo e não consuntivo, sendo que o consuntivo a água é captada do seu curso natural e somente parte dela retorna ao curso normal do rio, ou seja, diminui a sua disponibilidade. Já o não consuntivo representa o inverso, onde não ocorre a modificação do volume de forma expressiva (ANDRADE, 2011).

Um modelo de uso consuntivo da água é a irrigação, pois na prática dessa atividade apenas parte da água capturada retorna ao manancial de origem através do escoamento e outra parte se perde no processo de evapotranspiração das plantas ou se infiltra no solo. Para o caso de uso não consuntivo, cita-se como exemplo a geração de energia hidrelétrica, onde a quantidade total que passa pela turbina é a mesma que delas saem, ou seja, não causando perda de volume ao manancial (PASCHOAL, 2012).

2.7 DEGRADAÇÃO E FONTES DE POLUIÇÃO

Mesmo havendo uma imensa quantidade de recursos hídricos distribuídos por toda a terra 97,5% se encontra nos oceanos e mares, ou seja, é constituído de água salgada, e apenas 2,5% são formados por água doce, sendo que somente 0,007% dessa água é própria para consumo humano. Assim como para atividades

importantes para a saúde de pessoas e animais, como alimentação, higiene, limpeza, entre outras. Destaca-se entre essas atividades, a geração de energia, a pecuária, a agricultura e algumas outras que mesmo não necessitando de um grau tão alto de potabilidade, representam um risco para as fontes de geração de água, por se tratarem de ações antrópicas, podendo acarretar a contaminação de lençóis freáticos, devido ao uso abusivo de produtos tóxicos geralmente utilizados na indústria agropecuária (FILIZOLA et al., 2002).

Furriela (2001) afirma que a água trata-se de um recurso essencial para a subsistência de qualquer ser vivo existente na terra, no entanto, hoje em dia, um quinto da população mundial não tem acesso à água potável.

O acesso de todas as comunidades à água doce tem sido uma das maiores preocupações das organizações mundiais responsáveis pela saúde e desenvolvimento humano. Por esse motivo intensificaram-se as avaliações criteriosas das fontes de poluição dos recursos hídricos. Pois estima-se que nos países em desenvolvimento cerca de 80% das doenças e mais de um terço das mortes ocorridas, são provenientes do consumo de água poluída (MORAES; JORDÃO, 2002).

Segundo Merten e Millena (2002) a contaminação dos mananciais de abastecimento das cidades, decorre de diversos fatores oriundos das ações inconsequentes do homem, inclusive de alguns processos de descontaminação de recursos hídricos, realizados pelas estações de esgoto, que não obedecem aos critérios de purificação necessários, para só então relançarem os dejetos oriundos desse processo nas fontes de água. Assim como da produção industrial que lançam nas águas dos rios os efluentes industriais resultantes de tratamentos químicos e orgânicos, os quais afetam a propriedade natural da água onde são despejados. Ressalta-se ainda que o descontrole no despejo de resíduos provenientes da indústria agropecuária e a falta em algumas regiões de tratamento de esgoto doméstico, para os quais o destino final é os rios, são fatores críticos que acarretam a redução da potabilidade, assim como prejudicam consumo humano de qualquer tipo.

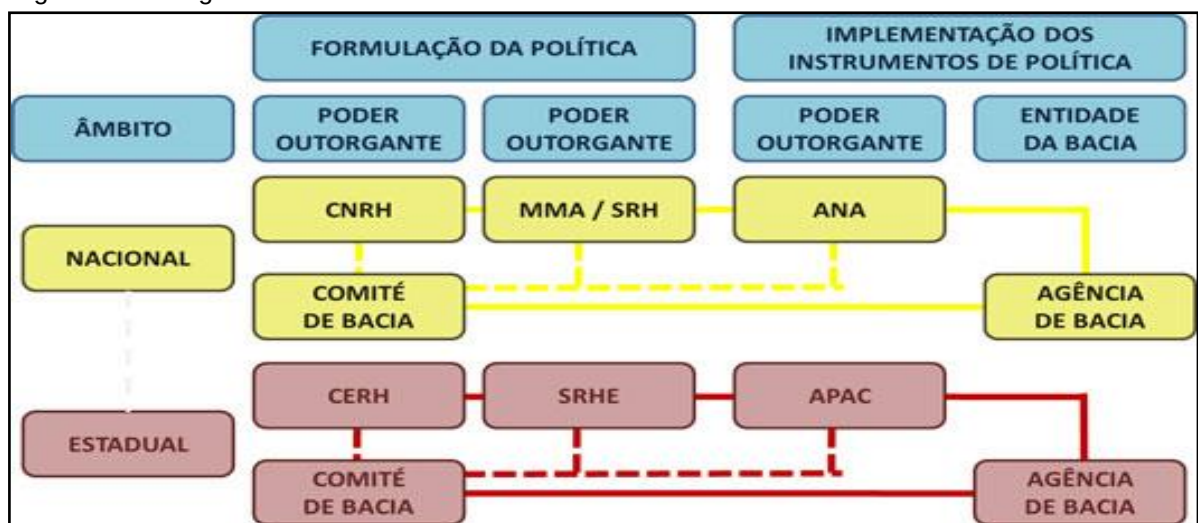
2.8 MONITORAMENTO E QUALIDADE DA ÁGUA

O monitoramento consiste em ações realizadas em conjunto que se propõem acompanhar as propriedades específicas de um sistema para um determinado objetivo (ANA, 2015).

De acordo com IGAM (2015) geralmente existe uma relação da análise qualitativa e quantitativa com o monitoramento de um recurso hídrico, pois através destas é possível acompanhar o processo de mudança das características, físicas, químicas e biológicas, resultante dos fenômenos naturais ou das ações antrópicas, o que possibilita a caracterização e a avaliação de qualidade, garantindo o uso apropriado dos recursos hídricos e a promoção de ações de prevenção e controle de poluição.

Na Fig. 3 apresenta-se um fluxograma constituído pelas entidades constituintes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Figura 3 - Fluxograma do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos



Fonte: MMA (2015).

De acordo com a organização mundial da Saúde quando se trata de recursos hídricos o Brasil é o país mais privilegiado, visto que cerca de 12% da pequena porcentagem de água doce presente no planeta se encontra no Brasil, desigualmente distribuída por todo o país. Na região norte está presente sua maior concentração aproximadamente 72%, possuindo um potencial médio de água doce nos rios de 3.845,5 quilômetros cúbicos por ano (ENGENHARIA CIVIL, 2015).

2.9 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA IQA NSF

O IQA, foi adotado na década de 70, depois de sua criação em 1970 nos Estados Unidos pela National Sanitation Foundation - NSF. No decorrer das décadas alguns Estados brasileiros adotaram o IQA, que hoje é o principal índice de qualidade da água utilizado no país (ANA, 2015).

Quando empregado o termo qualidade de água pode ser subjetivo pois não, essencialmente, está se referindo a pureza da água, mas às características físicas, químicas e biológicas, características essas que iram determinar a que finalidade vão ser utilizadas.

Nesse contexto de avaliação do IQA foram selecionados 9 parâmetros avaliadores, sendo eles: Temperatura da Água, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Potencial Hidrogeniônico (pH), Turbidez, Condutividade Elétrica da Água (CE), Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Nitrogênio Total, Fósforo Total e Coliformes Fecais (CF), onde apresentam os determinados pesos (w_i), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água, conforme o Quadro 1 (ANA, 2015).

Quadro1 - Valores de pesos de cada parâmetro do IQA

PARÂMETROS	UNIDADE	PESO (w_i)
CF	NMP/100ml	0,15
Ph	-	0,12
DBO	Mg/L	0,10
Nitrogênio total	Mgn/L	0,10
Fosfato total	MgPO ₄ /L	0,10
Temperatura	°C	0,10
Turbidez	NTU	0,08
Sólidos totais	Mg/L	0,08
OD	%saturação	0,17

Fonte: Yisa et al. (2012).

2.10. OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

Nas águas o oxigênio faz-se de grande importância para todos os seres vivos presentes no meio, como exemplo, o peixe que não resiste a concentrações de

oxigênio dissolvido inferiores a 4,0 mg/L., ou seja, é um parâmetro de extrema relevância para avaliação do índice de qualidade das águas (OLIVEIRA et al., 2010).

O mecanismo do qual o oxigênio dissolvido na água é regido pela Lei de Henry, que caracteriza a concentração de saturação de um gás na água, em função da temperatura:

$$CSAT = \alpha \cdot p_{gás}$$

Onde α é uma constante que varia inversamente proporcional a temperatura e $p_{gás}$ é a pressão exercida pelo gás sobre a superfície do líquido.

O CONAMA (BRASIL, 2005) estabelece a classificação das águas conforme a Resolução 357/2005, que diz que as águas doces podem ser classificadas em:

I - Classe especial: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção, à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e, à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274 (BRASIL, 2000), à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e, à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274 (BRASIL, 2010), à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e, à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário, e à dessedentação de animais.

V - Classe 4: águas que podem ser destinadas: à navegação e à harmonia paisagística.

Para o presente estudo classificado como águas de Classe 2, a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2005), estabelece que a concentração de oxigênio dissolvido deve ser igual ou superior a 5 mg.L⁻¹.

A percentual de oxigênio dissolvido reintroduzido irá depender das características hidráulicas do local sendo proporcional a velocidade, ou seja, a taxa de reaeração de uma cascata é superior à de um rio de velocidade normal, que por sua vez é superior à de uma represa, que geralmente apresenta uma velocidade baixa. Um segundo fator de bastante relevância é o oxigênio na água como forma de realização da fotossíntese nas algas, que geralmente em águas poluídas, os raios solares são impedidos de penetrarem pela turbidez e cor elevada, onde apenas poucas espécies conseguem sobreviver devido a contaminação. Essa ação fotossintética só é expressiva após ocorrer grande parte da atividade bacteriana na decomposição da matéria orgânica, e ainda com o desenvolvimento de protozoários que, além de decompositores, também consomem bactérias clarificando a água e permitindo a penetração de luz (OLIVEIRA et al., 2010).

2.11 TEMPERATURA DA ÁGUA

Segundo Ana (2015) a temperatura é um dos parâmetros de maior importância, pois ela afeta diretamente os processos físicos e químicos realizados nas fontes de águas. Nesse meio os organismos existentes chegam a limites de variância superior e inferior de temperatura, pois estas sofrem alterações ao longo do dia e nas mudanças das estações do ano. Com a oscilação dessa temperatura de 0 a 30°C, há uma diminuição da viscosidade, da tensão superficial, da compressibilidade, do calor específico, da constante de ionização e do calor latente de vaporização, enquanto aumenta a solubilidade da condutividade térmica e da pressão de vapor com o aumento da temperatura. As elevadas temperaturas costumam ser resultado do lançamento de efluentes industriais sobre altas temperaturas causando inativação ou morte térmica.

O Quadro 2 traz um demonstrativo da relação entre a temperatura e a vida aquática em alguns ambientes (ESTEVEES, 1998).

Quadro 2 - Relação entre a temperatura e a vida aquática em lagos.

TEMPERATURA	NÍVEL	VIDA AQUÁTICA
< 14°C	Baixo	Poucas plantas, truta, poucas doenças.
De 15 a 20°C	Médio	Algumas plantas, besouros d'água, algumas doenças.
De 21 a 27°C	Alto	Muitas plantas, carpa, bagre, muitas doenças de peixes.
> 27°C	Muito alto	A temperatura começa a reduzir a vida aquática.

Fonte: Esteves (1998).

2.12 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

A DBO segundo ANA (2015) é definida como a medida de oxigênio que numa temperatura de incubação específica é consumida em um determinado intervalo de tempo. Uma análise com um período de 5 dias submetido a uma temperatura de incubação de 20°C, é um bom exemplo de DBO, sendo está por sua vez referido como DBO_{5,20}.

Para a CETESB (2009), “a DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável”.

Pela Resolução 357/2005 do CONAMA, o índice permitido para este parâmetro, águas de Classe 2, tem que ser inferior a 5 mg.L⁻¹ (BRASIL, 2005).

Os despejos de cargas orgânicas são fatores determinantes para os altos valores de DBO encontrados num corpo d'água. Valores estes decorrentes da diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água, que interferem no equilíbrio da vida aquática (CETESB, 2009).

2.13 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

O potencial hidrogeniônico é uma escala que mede a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer. As substâncias costumam ser classificadas pelo seu valor de pH, ou seja, pela sua concentração de íons de Hidrogênio (H⁺), em uma substância quanto menor for seu pH, maior é a concentração de H⁺ e menor a de íons OH⁺. Para o CONAMA esse é um fator que interfere no metabolismo das

espécies, por conta disso estipulou limites para águas de Classe 2, por meio da Resolução 357/2005 onde os valores devem permanecer de 6 a 9 (ANA, 2015).

2.14 TURBIDEZ

A turbidez é a dificuldade de um feixe de luz atravessar uma determinada quantidade de água, normalmente devido à presença de sólidos em suspensão, sejam eles partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, tais como algas e bactérias, plâncton em geral etc. Esse parâmetro está diretamente associado a sua claridade, ou seja, quanto maior for a turbidez mais escura será o corpo d'água. Diversas causas podem estar associadas a esse indicador de qualidade, como por exemplo a erosão no solo, lançamento de efluentes nos corpos hídricos ou mesmo a presença de animais que agitam os sedimentos contidos no fundo dos rios (ANA, 2015).

Com as análises concretizadas é possível comparar os resultados com os valores máximos permissíveis, conforme fixa a Resolução 357/05 CONAMA (BRASIL, 2005), onde os valores de turbidez são em função do uso das águas, em que o valor permitido para água tratada é de 1 NTU (unidade nefelométrica de turbidez) na saída das estações de tratamento de água e 5 NTU em qualquer ponto da rede de distribuição.

O valor recomendado das águas de Classe 2 pela Resolução 357/2005 do CONAMA deve ser inferior a 100 NTU (Unidades de Turbidez). A variação de turbidez nas águas superficiais é importante para sua relação com o teor de oxigênio dissolvido em função dos sólidos suspensos dificultarem a penetração da radiação solar, provocando uma diminuição na atividade fotossintética (BRASIL, 2005).

A turbidez é um dos principais parâmetros da seleção de tecnologias para tratamento e de controle operacional dos processos de tratamento.

2.15 SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS (SDT)

Sólidos Dissolvidos Totais é a junção de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas contidas no corpo d'água que se conserva como resíduo.

Todos os resíduos contaminantes da água com exceção dos gases dissolvidos colaboram para a carga de sólidos.

Para a Resolução 357/2005 (BRASIL, 2005) o valor máximo permitido para águas de Classe 2 é de 500 mg.L^{-1} .

2.16 NITROGÊNIO TOTAL

Os compostos de nitrogênio são nutrientes nos processos biológicos, no entanto quando lançado em grandes quantidades nos ambientes aquáticos em conjunto com outros nutrientes como o fósforo causa o processo chamado de eutrofização, que é um descontrole no crescimento das algas, que pode causar prejuízos na utilização da água tanto para o abastecimento público, como para recreação e outras atividades (ANA, 2015).

Nas fontes de água o nitrogênio pode ser encontrado nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Quando se trata do nitrato este pode ser muito tóxico ao homem, pois quando utilizado em altas concentrações, pode desenvolver doenças, além de que pode ser mortal para as crianças (ANA, 2015).

Segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA, o valor máximo do nitrogênio total para águas de Classe 2, varia de acordo com o potencial hidrogeniônico (pH). Para $\text{pH} \leq 7,5$ o valor máximo permitido é de $3,7 \text{ mg.L}^{-1}$, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ o limite máximo admitido é de 2 mg.L^{-1} , para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ o valor máximo permitido é de 1 mg.L^{-1} , já para valores de pH maiores que 8,5 o valor máximo permitido é de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ (BRASIL, 2005).

De acordo com ANA (2015) as formas de acesso do nitrogênio as fontes de água são variadas, uma das principais trata-se dos despejos dos esgotos sanitários e efluentes industriais. Outra fonte de nitrogênio bem comum é quando ocorrem em áreas agrícolas o escoamento da água das chuvas em solos fertilizados e a drenagem de águas pluviais nas cidades.

2.17 FÓSFORO TOTAL

Pode se encontrar o fósforo em sólidos em suspensão e sólidos solutos, sendo proveniente na natureza da dissolução dos solos e da decomposição de

matéria orgânica, já sua presença por ações do homem, pode ser fruto da utilização de fertilizantes, despejos domésticos e industriais, detergentes e excrementos animais. No ambiente aquático, quando encontrado em grandes quantidades, o fósforo pode acarretar no aumento demasiado das algas que por consequência prejudica a qualidade da água, por ser para os organismos fitoplanctônicos um elemento cumulativo e nutriente limitante para o crescimento desses organismos (DANELON; NETTO; RODRIGUES, 2012).

A Resolução 357/2005 do CONAMA para águas com ambientes lênticos de classe 2, estabelece limite máximo de 0,030 mg.L⁻¹ e para ambientes lóticos 0,1 mg. L⁻¹. A fonte do intenso interesse ecológico no fósforo decorre da sua grande importância no metabolismo da biosfera (BRASIL, 2005).

2.18 COLIFORMES FECAIS

Para Michelina et al. (2006) os coliformes fecais são definidos como um grupo de bactérias encontradas nas fezes do homem e dos animais, que geralmente são encontrados no solo ou em fontes de água, sendo detectados através de exames laboratoriais, quando presentes na água a tornam imprópria para consumo humano.

Já de acordo com a Resolução nº 375 de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), os coliformes fecais ou termotolerantes são referidos atualmente como:

Bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44° - 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal.

Para a Resolução do CONAMA de Nº 357/2005 o valor encontrado de coliformes fecais tem que ser inferior a 1000 Número Mais Provável (NMP) / 100 ml, o contrário da Resolução 274/2000 que aborda que esses valores devem ser inferiores a 2000 NMP/100 ml (BRASIL, 2005).

2.19 ÁGUA POTÁVEL

Segundo (OECD, 2015) atualmente há uma preocupação mundial com a qualidade da água para consumo humano, por conta do aumento da poluição e degradação dos recursos naturais, ocasionados pelo desenvolvimento urbano e o aumento populacional. Mas nem sempre foi assim, por muitos séculos a água foi considerada, um bem de quantidade infinita e de total domínio público, onde o homem tinha à sua disponibilidade por ser um recurso autossustentável capaz de restaurar suas propriedades ambientais de forma natural.

2.19.1 Abastecimento Público

A SEMA (2015), diz que “a água é uma necessidade básica da humanidade. A contaminação das águas e a sua escassez comprometem a saúde e a qualidade de vida dos seres humanos”.

O setor de abastecimento de água tem reconhecimento prioritário pela legislação, (BRASIL,1997), que afirma que:

Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - A água é um bem de domínio público;

II - A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Segundo a SEMA (2015), o abastecimento público está direcionado para finitas atividades, sejam elas destinadas as necessidades de alimentação, à higiene pessoal e doméstica. Como ainda para uso público na lavagem das ruas, extinção de incêndios, irrigação de jardins públicos, piscinas, fontes ornamentais, etc.

De acordo com o CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) o Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público (IAP) são calculados nos pontos de amostragem dos rios e reservatórios que servem de abastecimento ao

público, sendo o IAP o produto da ponderação dos IQA e do ISTO (Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas), que é composto pelo grupo de substâncias que afetam a qualidade organoléptica da água, bem como de substâncias tóxicas. Ainda conforme a resolução acima citada o índice será analisado de acordo com três variáveis: IQA - grupo de variáveis básicas (Temperatura da Água, PH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Termo tolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Resíduo Total e Turbidez); e ISTO - apresenta variáveis que indicam a presença de substâncias tóxicas (Potencial de Formação de Trihalometanos - PFTHM, Número de Células de Cianobactérias, Cádmio, Chumbo, Cromo Total, Mercúrio e Níquel); e por último o Grupo de variáveis que afetam a qualidade organoléptica (Ferro Dissolvido, Manganês, Alumínio Dissolvido, Cobre Dissolvido e Zinco).

Em Porto Nacional, a captação da água bruta é realizada através de uma barragem de acumulação do Ribeirão São João, que tem sua nascente na Serra do Carmo. A degradação nessa região tem intensificado em função do desmatamento o que pode prejudicar o abastecimento, pela retirada das matas ciliares que protegem o manancial. Com a formação da barragem de acumulação muitas espécies vegetais foram submersas na água devido à grande área alagada, o que pode causar a alteração da qualidade da água, mas o monitoramento do manancial é realizado com frequência a fim de garantir a potabilidade (ODEBRECHT AMBIENTAL, 2014).

2.19.2 Comercial

O consumo de água no comércio está voltado para atender as demandas dos hotéis, restaurantes, bares, escolas, hospitais, postos de gasolina, oficinas, entre outros estabelecimentos comerciais (HELLER; PÁDUA, 2010).

2.19.3 Agricultura e Pecuária

Como alternativa para a insuficiência da demanda de chuva na agricultura, a irrigação tem se tornado uma alternativa para manter-se a umidade necessária de uma plantação, esse método, no entanto, exige grande consumo de

água. Assim também como outras atividades desenvolvidas na agricultura e pecuária necessitam da utilização da água, como no tratamento de animais, na lavagem das instalações, máquinas e instrumentos (MMA, 2015).

2.19.4 Indústria

Nas indústrias necessita-se da utilização de água desde o processo de incorporação de água nos produtos, até mesmo para lavar os materiais, equipamentos e instalações, sendo ainda necessária nos sistemas de geração de vapor e refrigeração (MMA, 2015).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da água do Ribeirão São João em Porto Nacional, através dos padrões de qualidade de água - IQA NSF.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as amostras de água coletadas em campo no laboratório;
- Monitorar os pontos específicos: urbano e rural;
- Comparar os índices encontrados com os padrões aceitáveis pela norma IQA NSF.

4 MATERIAL E MÉTODOS

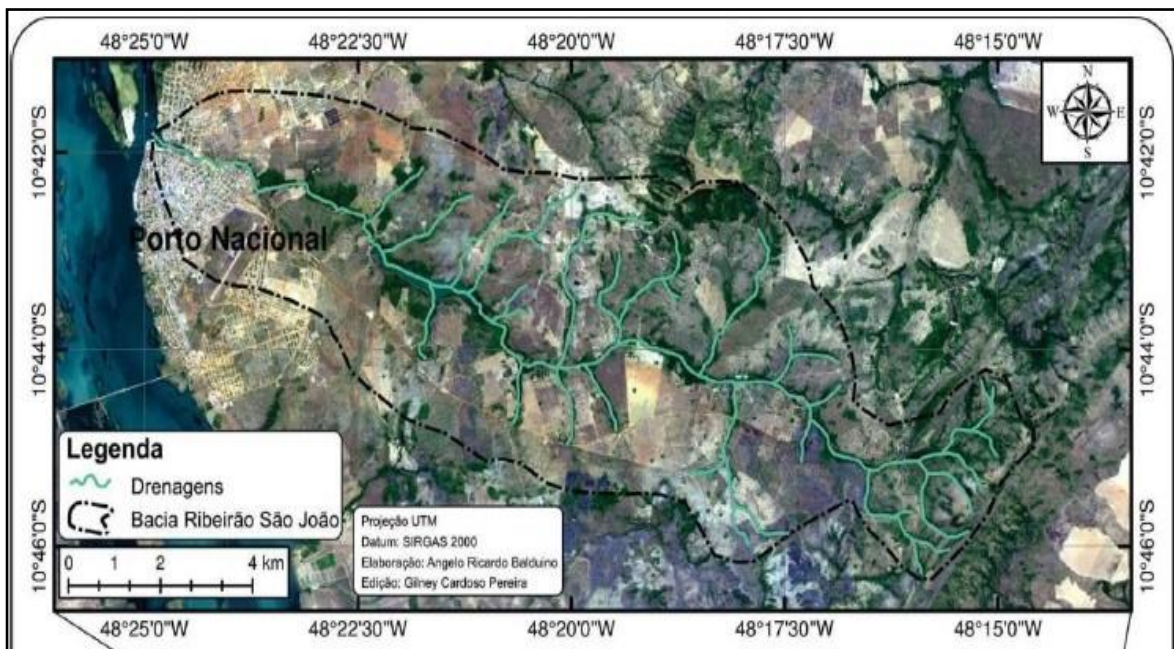
O trabalho foi composto por pesquisas baseadas em estudos, levantamentos *in loco*, sobre uso e ocupação da bacia hidrográfica, como forma de diagnosticar a situação atual, realizando a análise da água através de exames físico-químicos e microbiológicos, tendo como finalidade o cálculo do IQA da bacia hidrográfica do Ribeirão São João, conforme os parâmetros da segunda a National Sanitation Foundation e Standard Methods (APHA, 2007).

4.1 PLANO DE TRABALHO

Realizou-se levantamentos em campo, estudos sobre o uso desta bacia hidrográfica para a definição dos pontos para a coleta e análise de dados.

As pesquisas foram realizadas em campo com uma visita semanal. A Fig. 4 apresenta a bacia hidrográfica do Ribeirão São João, área de estudo dessa pesquisa.

Figura 4 - Imagem via satélite da bacia hidrográfica do Ribeirão São João



Fonte: Balduino (2016)

A bacia do Ribeirão São João possui sua nascente na zona rural, Fazenda Pilões (coordenadas S 10°46'08" e W 48°15'57"), com sentido para o

município de Porto Nacional, atravessando várias propriedades rurais e alguns bairros representativos, tais como: Jardim Querido, Jardim Umuarama, Santa Helena e Vila Nova, com sua foz (coordenadas S 10°42'10" e W 48°23'47") no lago Lajeado.

Nesse estudo foram definidos três pontos de coleta para análise, sendo o primeiro ponto (PI) em sua nascente, esse ponto está localizado a leste do município, na fazenda Pilões, a 25 km do limite urbano, o segundo ponto (PII) está localizado na represa da ODEBRECHT/ SANEATINS e o terceiro ponto (PIII) fica localizado na Praia do Formigueiro no setor Jardim Querido, a latitude e longitude de cada ponto são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Coordenadas dos pontos de coleta de água para análise do Ribeirão São João em Porto Nacional, Tocantins

Pontos de Coletas	Latitude (S)	Longitude (W)
PI	10° 46'08"	48°15'57"
PII	10°43'02"	48°22'21"
PIII	10°42'10"	48°23'47"

Fonte: Elaboração Própria (2017).

4.2 COLETA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA

As amostras de água para a realização das análises foram coletadas semanalmente durante seis semanas, entre os meses de março a maio de 2017, utilizando recipientes de 100 ml para as microbiológicas e de 2000 ml para as físico-químicas.

Posteriormente, as amostras coletadas foram etiquetadas e acondicionadas em caixas térmicas contendo gelo e levadas para serem processadas no laboratório do IFTO - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, em Porto Nacional e LAPEQ - Laboratório de Pesquisa em Química Ambiental, Universidade Federal do Tocantins (UFT) - Campus Palmas - TO.

No total foram coletadas 18 amostras de água (microbiológica e físico-químicas) nos três pontos analisados.

4.3 METODOLOGIA LABORATORIAL

As análises foram realizadas no laboratório do IFTO - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, utilizando os respectivos materiais e métodos de aplicação.

Para a realização da análise de turbidez calibrou-se o equipamento com as soluções de 0,02 e 110 NTU e colocou-se 20 mL da amostra na cubeta do turbidímetro para fazer a leitura da turbidez.

A análise de condutividade elétrica foi realizada com um condutivímetro calibrado no padrão de 145,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Colocou-se a amostra no béquer e introduziu-se o eletrodo para se fazer a leitura da condutividade elétrica.

A análise de pH foi realizada com o pHmetro calibrado com os tampões de pH 4 e 7. Após, a amostra foi colocada no béquer e foi inserido o eletrodo para se fazer a leitura do pH.

Para a análise de temperatura foi introduzido o termômetro digital diretamente no trecho do ribeirão onde foi realizada a coleta para medir a temperatura da água.

Para a realização da quantidade de coliformes fecais presentes na água foi adicionado o reagente (Colilert) à amostra e levado ao incubador por 24 horas a uma temperatura de 35°C, em seguida foi despejado no Quanti-Tray/2000 (contagem de 1 a 2.419 por 100 ml), onde foi realizada a leitura do resultado, sendo elas:

- Cavidades amarelas = coliformes totais
- Cavidades amarelas/fluorescentes = coliformes fecais/ E. coli

Os resultados de coliformes totais e coliformes fecais foram obtidos simultaneamente, consultando a Tabelas apropriadas de Hoskins para se determinar o NMP de Coliformes totais e Coliformes Fecais.

As análises de sólidos dissolvidos totais, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total e fósforo total foram realizadas no LAPEQ - Laboratório de Pesquisa em Química Ambiental, também foram realizadas conforme Standard Methods (APHA, 2007).

4.4 DIAGNÓSTICO DA BACIA HIDROGRÁFICA

O diagnóstico da bacia hidrográfica ocorreu através de visitas em campo, também foram observadas as condições de preservação em suas extremidades, como as matas ciliares que percorrem desde a nascente, analisando se estavam de acordo com o novo Código Florestal Lei 12651/2012 que afirma que a Área de Preservação Permanente (APP) para nascente e olhos d'água é da ordem de 50m de raio no entorno. A bacia em estudo, relacionada ao novo código florestal, classifica-se como sendo um curso d'água natural perene e, que neste caso a sua APP cobre uma largura mínima de 30 metros, logo é um curso d'água de menos de 10 metros de largura.

4.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA

Os fatores físicos que foram trabalhados são:

- Localização geográfica da bacia;
- Área da bacia;
- Ordem da Bacia;
- Extensão média do escoamento superficial;
- Perfil (sinuosidade) do Rio Principal.

4.6 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA NSF

O IQA foi calculado pela forma matemática ponderada multiplicativa da qualidade da água correspondente aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, percentual de saturação de oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez. Sendo exposto pela equação:

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

Onde:

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

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva curva média de variação de qualidade específica para cada parâmetro, em função da sua concentração ou medida;

wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro ou subnível, um número entre 0 e 1, mostrado na Tabela 1, atribuído em função de sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

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

Onde **n** corresponde ao número de parâmetros que entram no cálculo de IQA.

Tabela1 - Parâmetros e pesos para cálculo do IQA - NSF

PARÂMETRO	PESO (WI)
Dissolvido (OD)	0,17
Coliformes Termotolerantes (CTe)	0,16
Potencial Hidrogeniônico (pH)	0,11
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	0,11
Nitratos (NO ₃)	0,10
Fosfatos (PO ₄)	0,10
Temperatura (T)	0,10
Turbidez (Turb)	0,08
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	0,07
Σ	1,0

Fonte: Yisa et al. (2012).

A classificação da qualidade para água do ribeirão foi realizada de acordo com os níveis especificados na Tabela 2.

Tabela 2 - Nível de qualidade ou classificação da água em função do resultado do IQA-NSF

Nível de Qualidade	Faixa
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito ruim	$00 < IQA \leq 25$

Fonte: Yisa et al. (2012).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento da qualidade microbiológica da água foi realizado nos meses de março e abril de 2017. Então a coleta de dados ocorreu durante o período chuvoso e de estiagem. No período chuvoso a água apresentou uma coloração escura que vem dos sólidos carregados para o leito do rio. Já no período de estiagem a água apresentou uma coloração transparente. É importante evidenciar que a coloração mais escura da água não indica contaminação, uma vez que a água incolor também pode estar contaminada.

O Quadro 4 apresenta as datas em que foram realizadas as coletas, realizadas semanalmente, entre os meses de abril a maio de 2017.

Quadro 4 - Datas de coleta das amostras de água

COLETAS
08 MAR/17
15 MAR/17
22 MAR/17
19 ABR/17
26 ABR/17
03 MAI/17

Fonte: Elaboração Própria (2017).

Os resultados obtidos durante a pesquisa serão apresentados e discutidos através das variáveis analisadas considerando os critérios de classificação da Resolução CONAMA nº 274/00 e a NSF USA, para águas próprias e impróprias para fins de balneabilidade, baseados em seis amostras consecutivas.

5.1 PH

O termo pH (potencial hidrogeniônico) é utilizado para expressar a intensidade da condição ácida ou básica de uma solução e é uma maneira de expressar a concentração do íon hidrogênio (SAWYER et al., 1994). Essa variável influencia diretamente os ecossistemas aquáticos naturais devido a seus efeitos na fisiologia de diversas espécies.

As medidas de pH são de extrema utilidade, pois fornecem diversas informações a respeito da qualidade da água. Para que se conserve a vida aquática, o pH ideal deve variar entre 6 e 9.

No Quadro 5 são apresentados os dados obtidos de 08 de março a 03 de maio de 2017. Observa-se que o menor valor do Ponto I ocorreu no dia 08 de março de 2017 e corresponde a 5,4, nos Pontos II e III os menores valores também ocorreram na coleta do dia 08 de março com os respectivos valores de 5,98 e 6,03. O maior valor de pH do Ponto I, II e III ocorreu na coleta do dia 03 de maio de 2017, com os valores de 7,85, 7,90 e 7,93, respectivamente.

Quadro 5 - pH da água nos pontos analisados

pH	PONTO I	PONTO II	PONTO III
08 MAR/17	5,4	5,98	6,03
15 MAR/17	6,12	6,23	6,39
22 MAR/17	6,17	6,33	6,49
19 ABR/17	6,79	7,01	7,02
26 ABR/17	6,8	6,68	6,76
03 MAI/17	7,85	7,90	7,93
MÉDIA	6,5	6,7	6,8

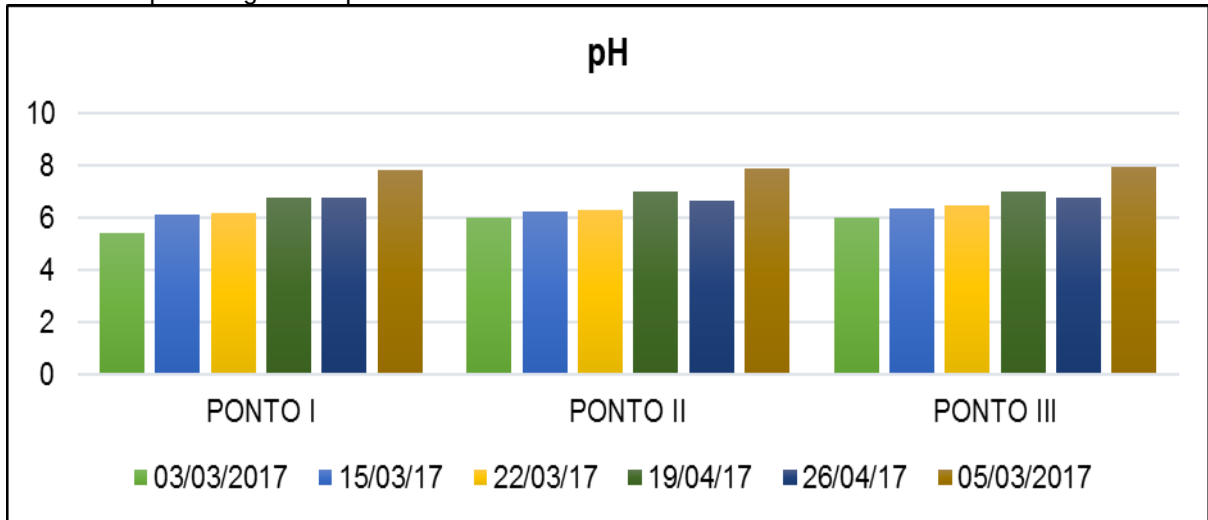
Fonte: Elaboração Própria (2017).

Assim, observa-se no Gráfico 1 que não houve grandes variações de pH sendo que o ponto com valor mais elevado foi o Ponto III no dia 03 de maio de 2017, com 7,93, enquanto o menor valor de pH foi encontrado no Ponto I no primeiro dia de coleta, 08 de março de 2017, no valor de 5,4. Com isso, os valores de pH obtidos nessa pesquisa foram satisfatórios já que a legislação determina valores de 6 a 9.

Os valores abaixo de 6 encontrados na primeira coleta nos Pontos I e II caracterizam um pH ligeiramente ácido.

O pH é um fator fundamental, principalmente nas etapas de coagulação, filtração, desinfecção e controle de corrosão. Quando o pH, em termos de águas residuais se apresenta fora da neutralidade pode afetar o crescimento dos micro-organismos e, valores elevados promovem a proliferação de algas em corpos d'água (SILVA, 2016).

Gráfico 1 - pH da água nos pontos analisados



Fonte: Elaboração Própria (2017).

Segundo Barreto (2013) as variações de pH nas águas naturais podem ocorrer devido ao consumo e/ou produção de dióxido de carbono (CO_2), realizados pelos organismos fotossintetizadores e pelos fenômenos de respiração/fermentação de todos os organismos presentes na massa de água, produzindo ácidos orgânicos fracos.

5.2 TEMPERATURA

De acordo com a Coelho (2016) a temperatura desempenha um importante papel no controle do meio aquático, variando normalmente entre 0° e 30°C .

No período em estudo o Ponto I manteve a média da temperatura com $25,02^\circ\text{C}$, como é visto no Quadro 6, onde a temperatura mínima foi $24,1^\circ\text{C}$ no Ponto I em março de 2017 e a máxima de $28,9^\circ\text{C}$ no Ponto III em abril de 2017. A maior média ocorreu no Ponto II, com $27,35^\circ\text{C}$, conforme mostra o Gráfico 2. Com isso, os dados com relação à temperatura da água estão dentro dos padrões esperados.

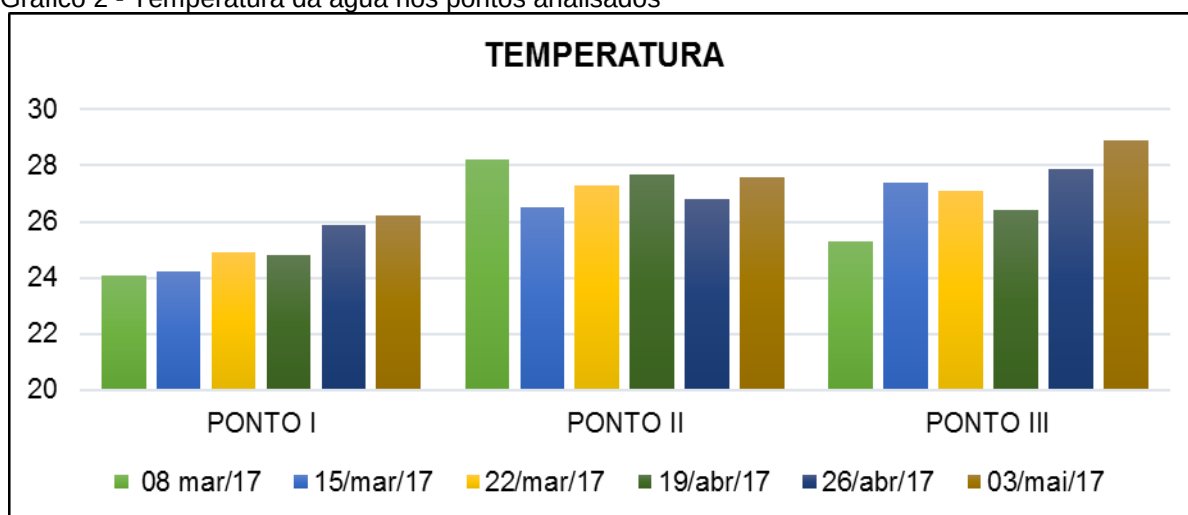
Quadro 6 - Temperatura da água nos pontos analisados

TEMPERATURA	PONTO I	PONTO II	PONTO III
08 MAR/17	24,1	28,2	25,3
15 MAR/17	24,2	26,5	27,4
22 MAR/17	24,9	27,3	27,1
19 ABR/17	24,8	27,7	26,4
26 ABR/17	25,9	26,8	27,9
03 MAI/17	26,2	27,6	28,9
MÉDIA	25,02	27,35	27,17

Fonte: Elaboração Própria (2017).

Corpos de água naturais variam sua temperatura de acordo com o clima, apresentando alterações sazonais. Despejos industriais e usinas termoeletricas podem causar aumento na temperatura da água (COELHO, 2016).

Gráfico 2 - Temperatura da água nos pontos analisados



Fonte: Elaboração Própria (2017).

A elevação da temperatura das águas superficiais diminui a quantidade de oxigênio dissolvido, acarretando efeitos sobre sua capacidade de autopurificação. A temperatura comanda uma importante característica física da água; a densidade. Em bacias em que está previsto aumento das precipitações, pode ocorrer intensificação da poluição, por meio do carreamento de poluentes (nutrientes, patógenos, toxinas) pela água das chuvas (SANTANA et al., 2011).

5.3 TURBIDEZ

A turbidez interfere na penetração de raios solares, que delimita a realização da fotossíntese e consequentemente reduz a reposição do oxigênio. A presença de partículas em suspensão, que causam a turbidez, ou de substâncias em solução, relativas à cor, podem competir para o agravamento da poluição.

Conforme o Quadro 7, o maior valor de turbidez obtido foi no Ponto I, na primeira coleta em 08 de março de 2017, com 11,6 e o menor valor ocorreu também no Ponto I na coleta do dia 26 de abril de 2017, com 2,52.

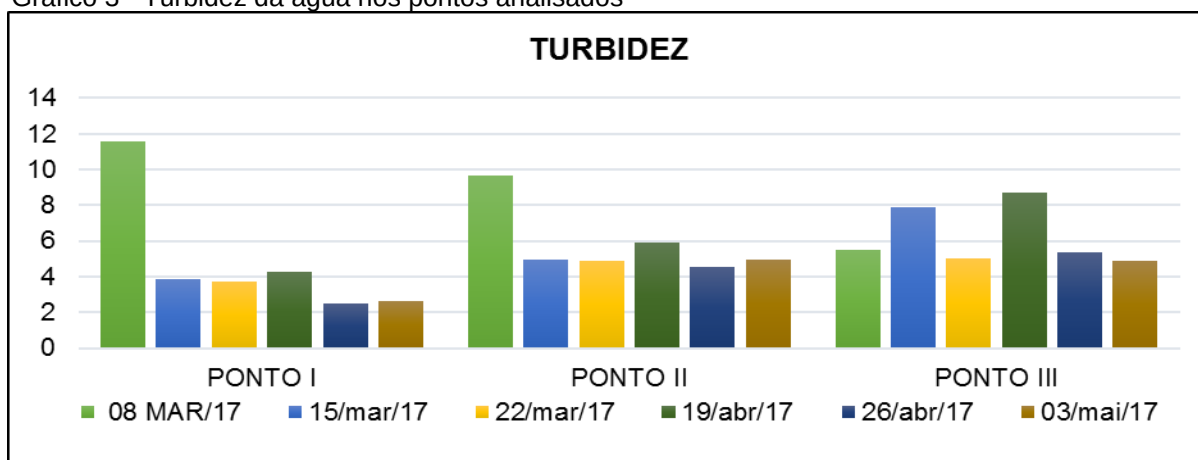
Quadro 7 - Turbidez da água nos pontos analisados

TURBIDEZ	PONTO I	PONTO II	PONTO III
08 MAR/17	11,6	9,65	5,52
15 MAR/17	3,89	4,93	7,92
22 MAR/17	3,71	4,88	5,04
19 ABR/17	4,25	5,88	8,69
26 ABR/17	2,52	4,51	5,38
03 MAI/17	2,61	4,93	4,90
MÉDIA	4,76	5,80	6,24

Fonte: Elaboração Própria (2017).

A maior média de turbidez da água foi observado no Ponto III com 6,24 e o menor ocorreu no Ponto I com 4,76, conforme mostra o Gráfico 3. Desse modo, os valores obtidos são satisfatórios pois a legislação determina que a turbidez deve se limitar a valores menores que 100 NTU.

Gráfico 3 - Turbidez da água nos pontos analisados



Fonte: Elaboração Própria (2017).

Silva, Angelis e Machado (2007) destacam que a precipitação de partículas perturba o ecossistema aquático. A água pode ser turva quando as partículas permanecem algum tempo suspensas ou límpida quando não há muitas partículas em suspensão, no entanto somente a coloração da água e a turbidez não consistem em indicadores de contaminação, já que a água incolor pode estar tão contaminada quanto a água turva.

5.4 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

Os sólidos dissolvidos totais nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação e secagem da amostra a uma temperatura entre 103 e 105°C durante um tempo fixado (CARVALHO; OLIVEIRA, 2003).

Observou-se que o Ponto III apresentou o menor valor de sólidos totais dissolvidos com 7,93 enquanto o maior valor encontrado foi de 22,32 no Ponto I em 15 de março de 2017, mostrados no Quadro 8.

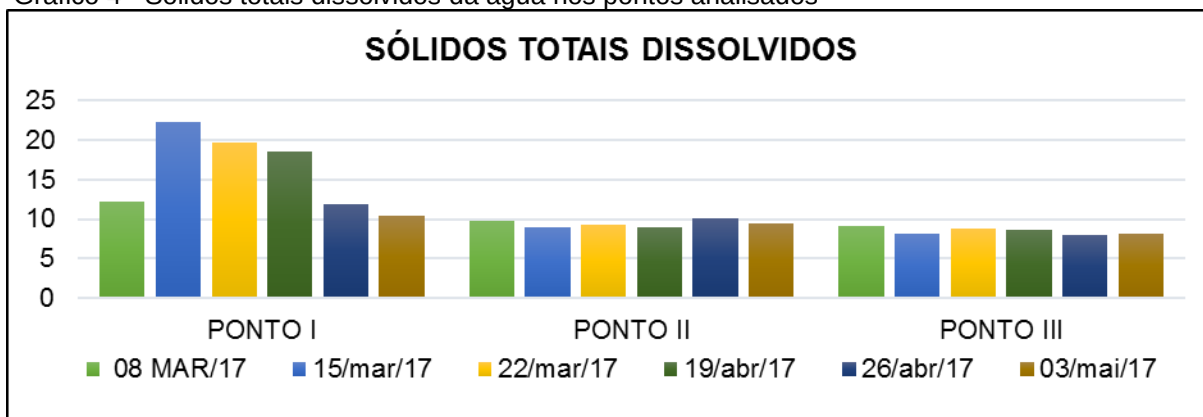
Quadro 8 - Sólidos totais dissolvidos da água nos pontos analisados

SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS	PONTO I	PONTO II	PONTO III
08 MAR/17	12,14	9,85	9,17
15 MAR/17	22,32	8,89	8,12
22 MAR/17	19,73	9,23	8,79
19 ABR/17	18,64	8,97	8,64
26 ABR/17	11,83	10,03	7,93
03 MAI/17	10,45	9,48	8,12
MÉDIA	15,85	9,41	8,46

Fonte: Elaboração Própria (2017).

A maior média encontrada foi no Ponto I com 15,85 e o menor valor obtido foi encontrada no Ponto III com 8,46, apresentados no Gráfico 4. Os valores obtidos nesse trabalho não ultrapassaram 500 mg.L⁻¹, assim atendem de modo satisfatório o parâmetro estabelecido.

Gráfico 4 - Sólidos totais dissolvidos da água nos pontos analisados



Fonte: Elaboração Própria (2017).

De acordo com Tundisi e Matsumura Tundisi (2008) os sólidos totais dissolvidos incluem todos os sais presentes na água e os componentes não iônicos, os compostos orgânicos dissolvidos contribuem para os sólidos totais dissolvidos.

A água com elevado teor de sólidos dissolvidos totais não são próprios para usos. Quando contém menos de 500 mg.L^{-1} de sólidos dissolvidos é, normalmente, satisfatória para uso doméstico e para muitos fins industriais. No entanto, com mais de 1000 mg.L^{-1} , a água contém minerais que lhe conferem um sabor desagradável e a torna inadequada para diversas finalidades (CARVALHO; OLIVEIRA, 2003).

5.5 OXIGÊNIO DISSOLVIDO

O oxigênio é indispensável à vida, aos animais e à maior parte dos micro-organismos que vivem da água. O oxigênio está presente em menor quantidade na água que no ar, pois esse gás é pouco solúvel.

Como apresentado no Quadro 9, o Ponto I apresentou o maior valor de oxigênio dissolvido com 5,17 enquanto o Ponto III apresentou os menores valores que ficaram abaixo do padrão estabelecido 5 mg.L^{-1} . Nas coletas dos dias 22 de março e 19 e 26 de abril tiveram os menores valores de 4,98, 4,96 e 4,93, respectivamente.

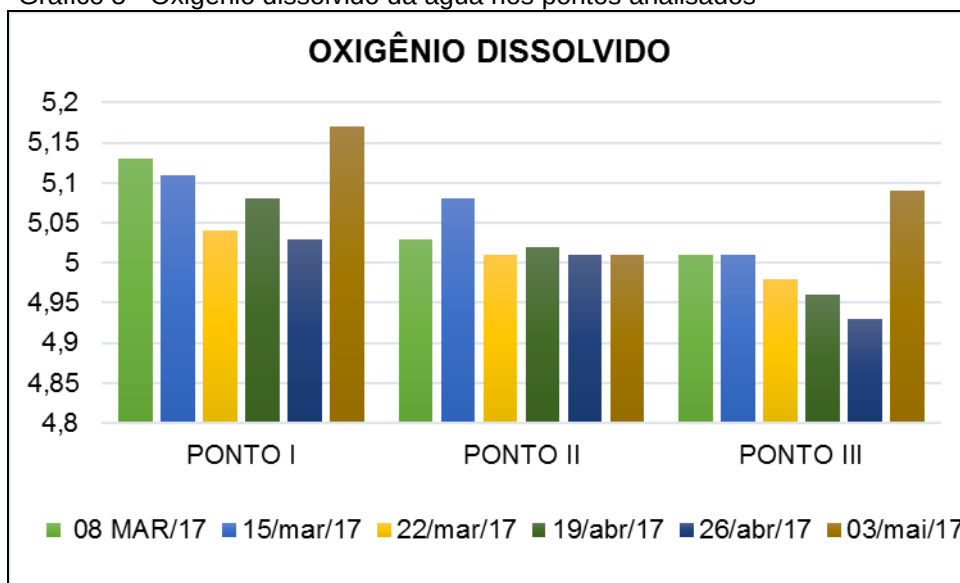
Quadro 9 - Oxigênio dissolvido da água nos pontos analisados

OXIGÊNIO DISSOLVIDO	PONTO I	PONTO II	PONTO III
08 MAR/17	5,13	5,03	5,01
15 MAR/17	5,11	5,08	5,01
22 MAR/17	5,04	5,01	4,98
19 ABR/17	5,08	5,02	4,96
26 ABR/17	5,03	5,01	4,93
03 MAI/17	5,17	5,01	5,09
MÉDIA	5,09	5,03	5,00

Fonte: Elaboração Própria (2017).

No entanto, as médias calculadas no três pontos analisados se encaixam dentro do parâmetro estabelecido, como mostra o Gráfico 5. Barreto (2013) esclarece que um rio considerado limpo, em condições normais, apresenta normalmente, de 8 a 10 mg.L⁻¹. Entretanto, essa quantidade pode variar em função da temperatura e pressão. A determinação do oxigênio dissolvido é imprescindível para avaliar as condições naturais da água e identificar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica.

Gráfico 5 - Oxigênio dissolvido da água nos pontos analisados



Fonte: Elaboração Própria (2017).

Os baixos valores encontrados no Ponto III pode resultar do recebimento de grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis ou ainda da decomposição de micro-organismos que utilizam o oxigênio na respiração. Quanto

maior a carga de matéria orgânica, maior o número de micro-organismos decompositores e, maior o consumo de oxigênio (VON SPERLING, 2005).

5.6 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO – DBO

O aparecimento de sabores, odores e um aspecto visual afetado da água podem indicar um elevado teor de DBO o que exige um maior consumo de oxigênio gerando, então, uma poluição na água (ANA, 2015).

O maior valor da DBO ocorreu na coleta do dia 15 de março de 2017 no Ponto I com 3,11 mg.L⁻¹ enquanto o menor valor foi encontrada no Ponto II da primeira coleta, com o valor de 1,96 mg.L⁻¹, conforme o Quadro 10.

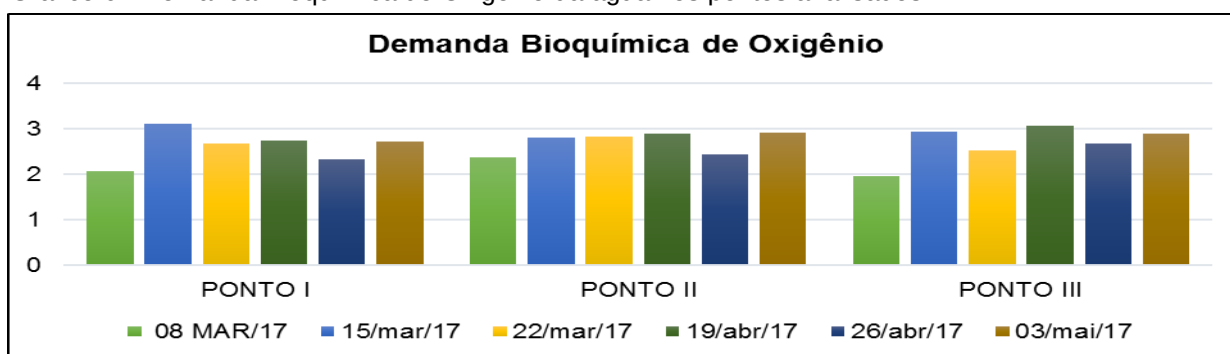
Quadro 10 - Demanda Bioquímica de Oxigênio da água nos pontos analisados

DBO	PONTO I	PONTO II	PONTO III
08 MAR/17	2,06	2,38	1,96
15 MAR/17	3,11	2,81	2,95
22 MAR/17	2,67	2,83	2,53
19 ABR/17	2,74	2,89	3,08
26 ABR/17	2,34	2,45	2,67
03 MAI/17	2,73	2,93	2,89
MÉDIA	2,61	2,72	2,68

Fonte: Elaboração Própria (2017).

No Gráfico 6 percebe-se que os dados obtidos nos três pontos analisados se mantiveram dentro dos limites permissíveis na Resolução nº.357 (BRASIL, 2005) para águas da Classe II para DBO estabelecido de 5 mg.L⁻¹. Esse parâmetro indica que as águas coletadas não apresentam potencial de degradação da qualidade da água.

Gráfico 6 - Demanda Bioquímica de Oxigênio da água nos pontos analisados



Fonte: Elaboração Própria (2017).

A DBO é o parâmetro comumente usado na determinação do oxigênio dissolvido consumido pelos micro-organismos aeróbios e facultativos no processo de oxidação da matéria orgânica biodegradável. Quanto mais elevado for a quantidade de matéria orgânica, mais oxigênio dissolvido será necessário para que os seres decompositores estabilizem a mesma (EIGER, 2003; RODRIGUES, 2005).

5.6 FÓSFORO TOTAL

O Quadro 11 apresenta os valores de concentração do fósforo nos três pontos do Ribeirão São João durante o período de seis semanas, indicando que as maiores valores se concentraram no Ponto I.

Quadro 11 - Fósforo Total da água nos pontos analisados

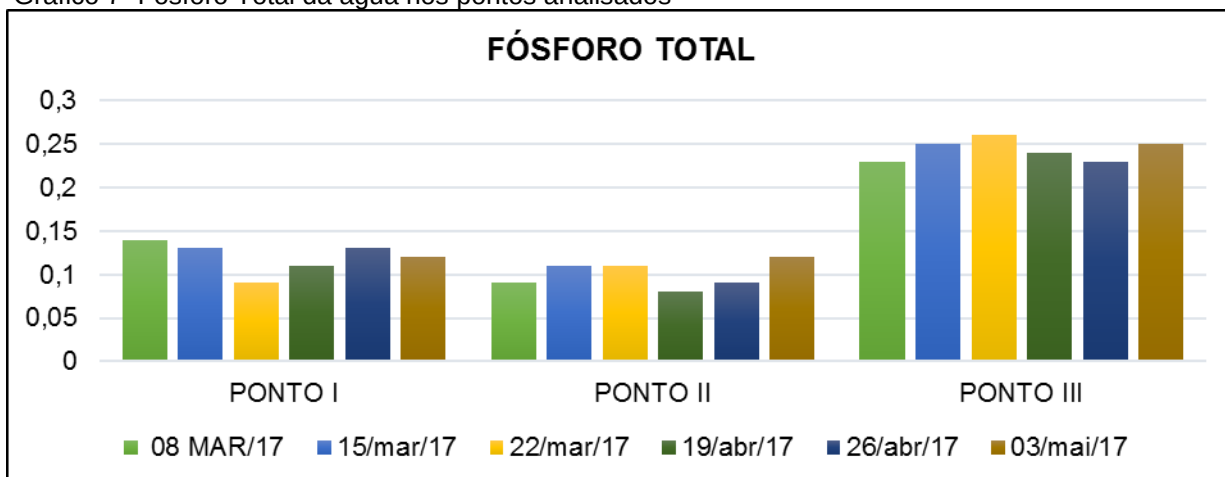
FÓSFORO TOTAL	PONTO I	PONTO II	PONTO III
08 MAR/17	0,14	0,09	0,23
15 MAR/17	0,13	0,11	0,25
22 MAR/17	0,09	0,11	0,26
19 ABR/17	0,11	0,08	0,24
26 ABR/17	0,13	0,09	0,23
03 MAI/17	0,12	0,12	0,25
MÉDIA	0,12	0,1	0,24

Fonte: Elaboração Própria (2017).

A média de maior valor foi obtida no Ponto II com 0,24 mg.L⁻¹. Os resultados variaram de 0,09 mg.L⁻¹ a 0,26 mg.L⁻¹ que pode ser observados no Gráfico 7. Percebe-se então que os valores encontrados nos Pontos I e II não correspondem ao limite estabelecido pela Resolução 357 (BRASIL, 2005) que corresponde a valores menores que 0,030 mg.L⁻¹.

O Ponto III apresentou valores maiores que o normatizado como satisfatório indicando uma alto grau de atividade antrópica no local de coleta que pode ocorrer através de despejos de efluentes domésticos e industriais, fertilizantes e lixiviações de criatórios de animais, segundo comenta Libânio et al. (2005).

Gráfico 7- Fósforo Total da água nos pontos analisados



Fonte: Elaboração Própria (2017).

A presença de fósforo nas águas está ligada diretamente a processos naturais como decomposição de matérias orgânica, carreamento do solo, dissolução de rochas e também a processos antropogênicos como lançamentos de fertilizantes detergentes, esgotos e pesticidas (CARVALHO; OLIVEIRA, 2003).

A alta concentração de fósforo favorece proliferação excessiva de algas e consequente eutrofização do corpo hídrico, causando alterações nas condições físico-químicas das águas (BARRETO, 2013).

5.7 NITROGÊNIO TOTAL

O nitrogênio é fundamental para a manutenção da vida do ambiente aquático, desempenhando funções nas proteínas que são constituintes das enzimas e dos componentes estruturais da parede celular, altas concentrações de nitrogênio presente na água acarreta fenômenos de eutrofização, pois este é nutriente essencial para o crescimento de micro-organismos (algas e cianobactérias) responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (PÁDUA, 2007).

O nitrogênio total esteve presente em elevadas concentrações ao longo do período de estudo. O valor médio do Ponto I foi o mais elevado, com o valor de 5,4 mg.L⁻¹, conforme o Gráfico 8.

O Quadro 12 mostra as variações da concentração de nitrogênio total ocorrido nos três pontos de coleta. O menor valor encontrado foi de 3,27 mg.L⁻¹ no Ponto II e o maior valor foi encontrado no Ponto I de 5,62 mg.L⁻¹. Assim, somente o

valor 3,27 encontrado no Ponto II não excedeu o parâmetro estabelecido pela resolução 357/05 de valores menores que 3,7 mg.L⁻¹.

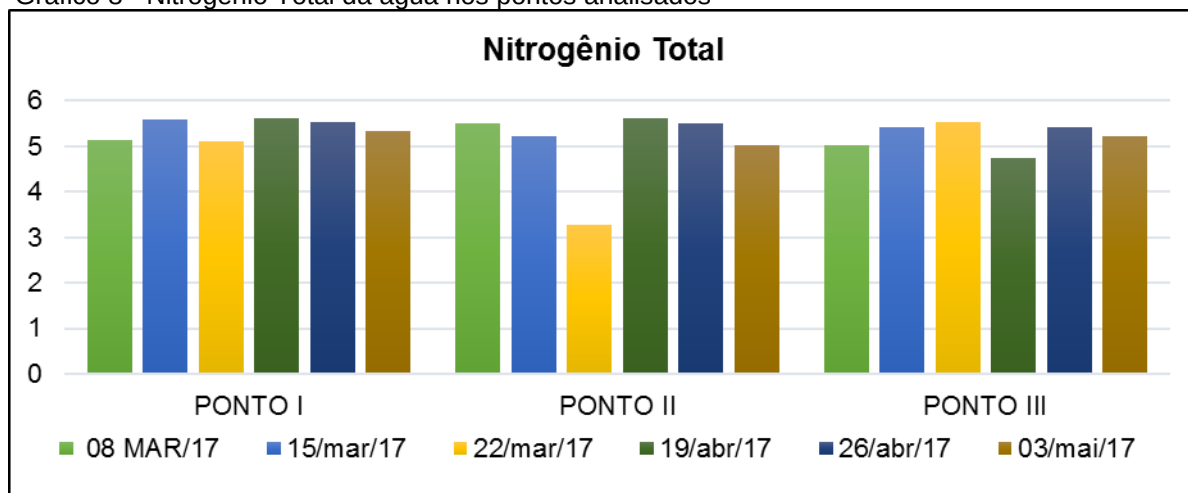
Quadro 12 - Nitrogênio Total da água nos pontos analisados

NITROGÊNIO TOTAL	PONTO I	PONTO II	PONTO III
08 MAR/17	5,13	5,5	5,03
15 MAR/17	5,6	5,23	5,43
22 MAR/17	5,1	3,27	5,53
19 ABR/17	5,63	5,62	4,73
26 ABR/17	5,53	5,5	5,43
03 MAI/17	5,33	5,02	5,23
MÉDIA	5,4	5,0	5,2

Fonte: Elaboração Própria (2017).

As diversas formas de nitrogênio em águas superficiais indicam seu estágio de poluição. Se a poluição for recente, o nitrogênio se encontrará na forma de nitrogênio orgânico ou amônia, e se a poluição for antiga, o nitrogênio aparecerá na forma de nitrato (LIBÂNIO et al., 2005).

Gráfico 8 - Nitrogênio Total da água nos pontos analisados



Fonte: Elaboração Própria (2017).

Segundo Silva (2016) além do consumo de oxigênio dissolvido nos processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato, o nitrogênio está diretamente relacionado com o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, por exemplo, pode conduzir a um crescimento exagerado destes organismos, resultando em processo de eutrofização.

5.8 COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Os pontos de coleta de água foram analisados quanto à presença de bactérias do grupo coliformes fecais. Observa-se no Quadro 13 que os coliformes fecais estão presentes em todos os pontos de estudo, porém o que apresentou uma média mais elevada foi o Ponto III com valores acima dos padrões estabelecidos pela Resolução 357/05 que estabelece valores menores que 1000 NMP/100ml⁻¹ e também pela Resolução 274/00 que estabelece valores menores que 2000 NMP/100 ml⁻¹.

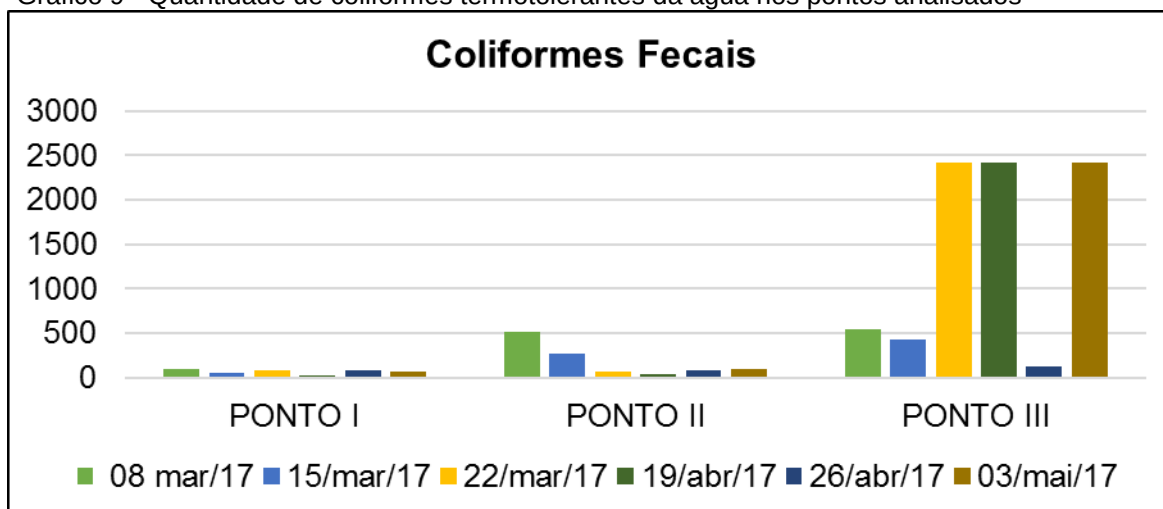
Quadro 13 - Coliformes Termotolerantes da água nos pontos analisados

COLIFORMES TERMOTOLERANTES	PONTO I	PONTO II	PONTO III
08 MAR/17	101,7	517,2	547,5
15 MAR/17	61,7	275,5	435,2
22 MAR/17	85,2	72,2	>2419,6
19 ABR/17	31,7	37,5	>2419,6
26 ABR/17	79,2	84,7	131,8
03 MAI/17	75,2	93,6	>2419,6
MÉDIA	434,7	1080,7	>1515,4

Fonte: Elaboração Própria (2017).

Desse modo, as coletas realizadas no Ponto III nos dias 22 de março e 19 de abril e 03 de maio mostraram uma grande quantidade de coliformes fecais, apresentados no Gráfico 9.

Gráfico 9 - Quantidade de coliformes termotolerantes da água nos pontos analisados



Fonte: Elaboração Própria (2017).

Como mostra o Gráfico 9, os valores variaram de 31,7 NMP/100 ml em abril de 2017 no Ponto I foi maior que 2419,6 NMP/100 ml nas coletas de 22 de março, 19 de abril e 03 de maio de 2017. A quantidade máxima obtida no Ponto III está acima do limite estabelecido pela legislação e a partir dessa quantidade de coliformes a contagem não é específica, sendo esse o número máximo estabelecido que indica a elevada presença de coliformes fecais nessas amostras.

Com base na resolução 357/2005 do CONAMA o valor deve ser inferior a 1000 NMP/100 ml para águas de classe 2, o que indica que esses resultados estão além do valor máximo recomendado, e conforme a Portaria 2.914 a presença dessa quantidade tornam a água imprópria para consumo humano (BRASIL, 2011).

Os valores elevados no Ponto III podem ter ocorrido devido ao local ser utilizado como balneário e juntamente com às precipitações podem favorecer o despejo de esgotos no local.

O aumento de coliformes deve-se, possivelmente, à contribuição de fezes de animais e fezes humanas em suas proximidades. O escoamento superficial e lixiviação em áreas onde há presença de habitações humanas com fossas, no período chuvoso, é um dos principais aspectos responsável pelo aumento do número de coliformes fecais nos corpos d'água (BARROS; SOUZA; SOUZA, 2011).

5.9 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA

A bacia hidrográfica do Ribeirão São João, está localizada a 10°44'16,34" de latitude sul e 48°17'38,17" de longitude oeste, município de Porto Nacional, distante de cerca de 62 km de Palmas, capital do estado, possui sua foz dentro da área urbana, contribuindo diretamente para o Rio Tocantins. O clima de Porto Nacional é tropical, com temperatura média anual de 26,1°C. Para isso o Instituto Nacional de Meteorologia elaborou uma precipitação anual de Porto Nacional de 2007 a 2013, os dados obtidos estão apresentados na Fig. 5.

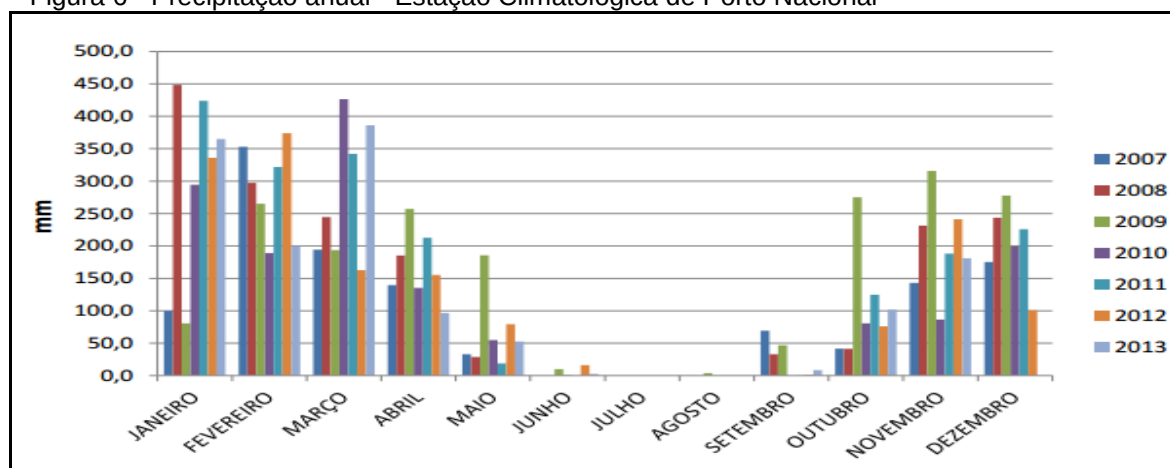
Figura 5 - Precipitação anual de Porto Nacional de 2007 a 2013

Mês/Ano	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
JANEIRO	99,8	448,3	80,6	294,6	424,0	335,9	364,9
FEVEREIRO	353,2	297,4	265,0	189,2	321,9	374,0	199,8
MARÇO	194,4	244,6	193,7	426,6	342,0	162,8	386,3
ABRIL	139,6	185,3	257,2	135,2	212,8	155,4	96,8
MAIO	32,9	28,8	185,6	54,7	18,8	79,4	52,5
JUNHO	0,0	0,0	10,2	0,7	0,0	16,1	2,6
JULHO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AGOSTO	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SETEMBRO	69,3	33,1	46,8	0,0	0,4	1,3	8,4
OUTUBRO	41,7	41,3	275,1	80,7	124,8	76,0	101,8
NOVEMBRO	143,1	231,2	315,6	86,5	188,2	241,3	181,0
DEZEMBRO	175,3	243,5	277,6	199,4	225,7	101,0	

Fonte: Clima no Tocantins (2016).

Observa-se na Fig. 6 que os meses de junho a agosto possuem as menores quantidades de precipitações e o meses de novembro a março possuem uma grande quantidade de chuva. Os meses de abril e maio a quantidade de precipitações vai diminuindo gradativamente.

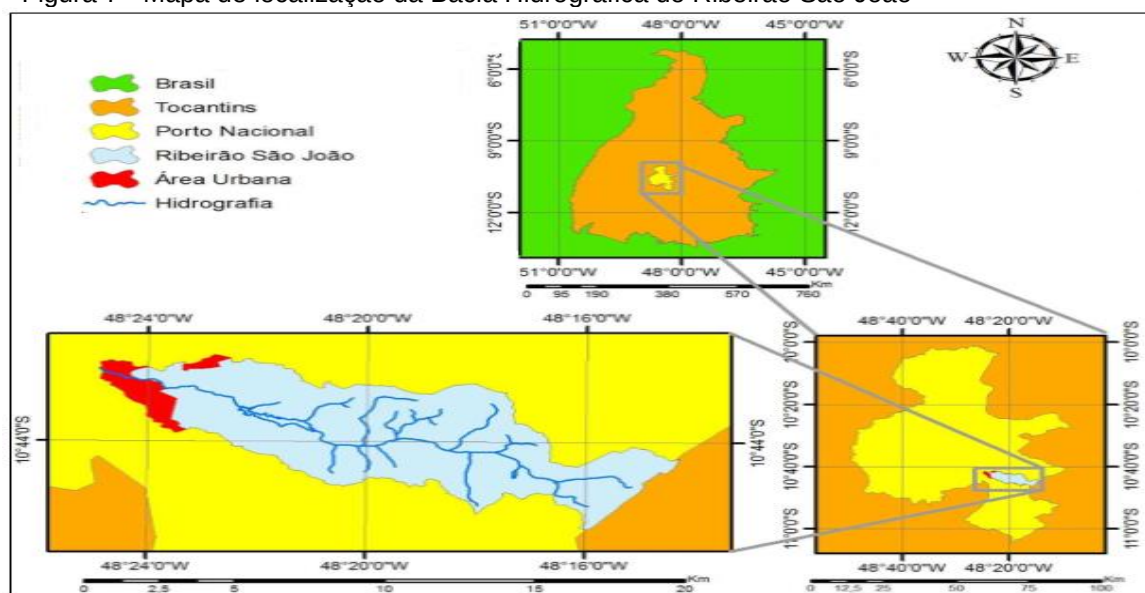
Figura 6 - Precipitação anual - Estação Climatológica de Porto Nacional



Fonte: Clima no Tocantins (2014, 2015, 2016).

O Ribeirão São João apresenta sua nascente na zona rural, Fazenda Pilões (coordenadas S 10°46'08" e W 48°15'57"), com sentido para o município de Porto Nacional, atravessando várias propriedades rurais e alguns bairros representativos, tais como: Jardim Querido, Jardim Umuarama, Santa Helena e Vila Nova, com sua foz (coordenadas S 10°42'10" e W 48°23'47") no lago Lajeado, como mostra a Fig. 7.

Figura 7 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São João

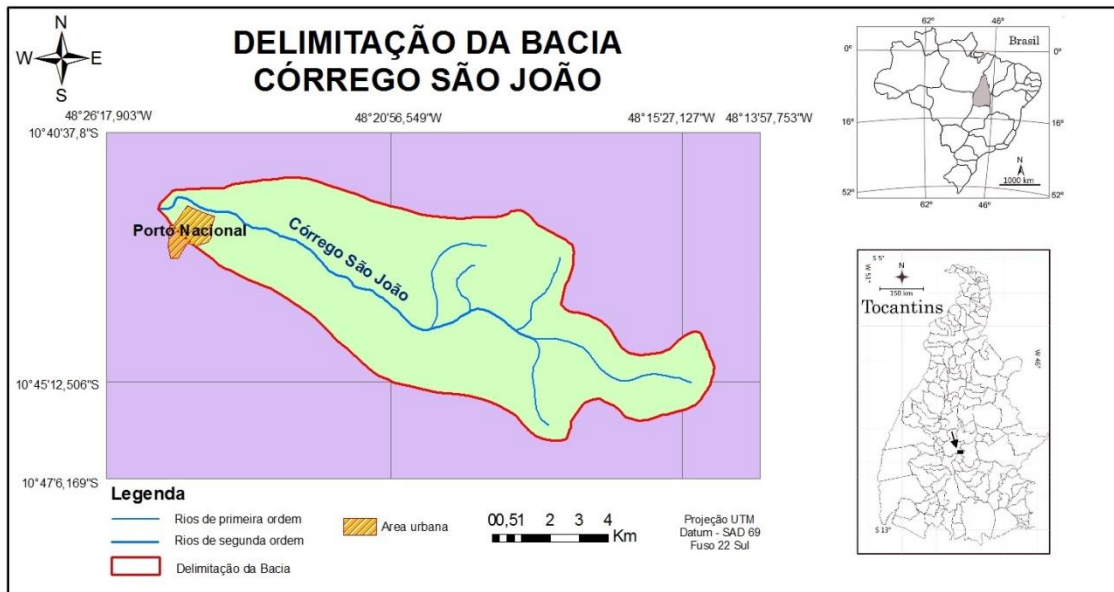


Fonte: Silva (2010).

O município de Porto Nacional é a quarta maior do estado, situado no centro geográfico do Estado, na mesorregião oriental, possui altitude média de 212 metros acima do nível do mar, uma superfície de 4.449,9 Km² e tem como coordenadas 10°42'29" de latitude e 48°25'02" de longitude oeste.

A bacia hidrográfica do córrego São João é uma bacia de 2º Ordem com área de aproximadamente 81,97 km², apresentando sete canais de drenagem com extensão total de 35,50 km, tendo 15,75 km o seu canal principal, conforme a Fig. 8. O divisor de águas possui um perímetro de 46, 26 km e amplitude altimétrica de 323m.

Figura 8 - Delimitação da bacia hidrográfica do Ribeirão São João



Fonte: Oliveira; França (2014).

Com relação à extensão média de escoamento que indica a distância média que a água de chuva teria que escoar sobre os terrenos da bacia do ponto onde ocorreu sua queda até o curso d'água mais próximo, a bacia hidrográfica do São João apresenta uma média é de 0,58 km, como mostra a Fig. 9.

Figura 9 - Extensão da bacia hidrográfica do São João



Fonte: Oliveira; França (2014).

A bacia do Córrego São João tem características de uma bacia alongada, com 35.50 km de comprimento axial, e fator de forma igual a 0,17. Este valor do fator de forma, combinado com o coeficiente de compacidade da bacia sugere que a forma dessa bacia a torna pouco propensa a inundações.

Com relação ao perfil, o ribeirão São João apresenta 1,13 de sinuosidade o que representa uma bacia com estabilidade, pois, o parâmetro de sinuosidade igual ou inferior a 1,5 este índice representa um estado de estabilidade do canal, com um índice acima de 1,5 caracteriza-se por redes de drenagem sinuosas, podendo haver acúmulos de sedimentos, o que pode ser agravado pela ação antrópica.

Baseado em Villela e Mattos (1975), onde a densidade de drenagem varia de 0,5 Km/Km² para as bacias de drenagem pobre, a 3,5 ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas, verifica-se que a bacia do córrego São João é uma bacia de drenagem pobre.

5.10 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA (IQANSF)

Os resultados dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos das águas superficiais do Ribeirão São João foram utilizados no cálculo do IQA para os meses de março a maio de 2017. A classificação da qualidade das águas do Ribeirão São João foi feita a partir dos valores recomendados pela NSF.

A Tabela 3 mostra o comportamento temporal e espacial do IQA nota-se uma variação considerável entre os valores obtidos no período mais chuvoso (março a abril) ao longo do corpo hídrico nos pontos I e II (64,24 a 76,18), diferente do ponto III que teve uma variação menor (de 59,60 a 67,88), evidenciando que, segundo este índice, para o período estudado a qualidade da água pode ser classificada na categoria boa (média = 67,78), e que apesar de algumas variações em pontos específicos, apresenta homogeneidade entre os três pontos de coleta.

Tabela 3 - Índice de qualidade baseado no NSF

Pontos	PI	PII	PIII
Datas			
08/03/2017	66,15	64,23	62,20
15/03/2017	70,72	66,63	62,80

22/03/2017	71,67	69,85	58,47
05/04/2017	76,18	74,69	59,60
12/04/2017	72,23	71,87	67,88
19/04/2017	73,25	71,60	60,07
MÉDIA	71,7	69,81	61,83

Fonte: Elaboração Própria (2017).

Ao analisar separadamente os resultados dos parâmetros considerados no IQA com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 274/00, 357/05 e NSF foi possível observar que dos nove parâmetros, quatro (OD, fósforo total, nitrogênio total e coliformes fecais) estiveram em desacordo com os valores estabelecidos pelas resoluções, entretanto as variações apresentadas mostraram que não foram significativas a ponto de refletirem nos resultados finais, demonstrando que tais variações foram absorvidas por outros parâmetros.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no período em estudo no que se refere a alteração da qualidade da água, permitem inferir que as análises indicam que as águas do Ribeirão São João não atenderam a todos os parâmetros de qualidade estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) para águas de classe 2.

As águas da bacia hidrográfica têm diversos usos que requerem diferentes níveis de qualidade, no entanto, se um sistema de gestão e manejo não for adotado em um curto espaço de tempo, poderá gerar fontes de conflitos. A falta de consciência por parte da população, juntamente com as atividades antrópicas e ausência de fiscalização, são um dos fatores de contribuição significativa para os processos de degradação.

Em decorrência desses processos contínuos de degradação que acometem a bacia hidrográfica em estudo, e de sua importância social, econômica e ecológica para o município de Porto Nacional, deverão ser empreendidos no gerenciamento de recursos hídricos altos investimentos para a prevenção, recuperação e preservação desse grande patrimônio ambiental, o Ribeirão São João, para que em um curto espaço de tempo o IQA (Índice de Qualidade de Água), atualmente classificado como “boa”, não seja classificada em outra classe de qualidade inferior.

A utilização do IQA torna-se então imprescindível para o monitoramento dos recursos hídricos, devido seus custos baixos, bem como a importância para tomadas de decisões. No caso do Ribeirão São João observa-se que o IQA proposto pela NSF não descreve de maneira satisfatória a qualidade, já em alguns usos, como a balneabilidade, especificamente no Ponto III este índice apresenta limitações, pois o parâmetro coliforme é absorvido pelos outros parâmetros, diluindo seu efeito, podendo ocasionar a superestimação da qualidade desta água.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 117-127, 2003.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, PORTAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS. **Indicadores de Qualidade - Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

ANDRADE, F. S. Variabilidade da precipitação pluviométrica de um município do estado do Pará. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 4, p. 138-145, 2011.

ARCANJO, A. M. F. **Potencial influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água do rio Abiaí - PB**. 2014. 53f. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba. 2014.

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 th edition. Washington D. C. American Public Health Association, 2007.

BALDUINO, A. R.; CARVALHO, A. P. Caracterização físico-química das águas da fazenda pilão na bacia hidrográfica do ribeirão São João em Porto Nacional – Tocantins. **Revista Geociências**. v.35, 2016.

BARRETO, L. V. Eutrofização de rios brasileiros. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.16, p. 2013.

BARROS, R. V. G.; SOUZA, H. M. L.; SOUZA, C. A. **Determinação do índice de qualidade da água (IQA) na sub-bacia do Córrego André Em Mirassol D'oeste, Mato Grosso**.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia/ Ciência e Aplicação**. São Paulo: Universidade / ABRH: EDUSP, 1993.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997** - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União, Brasília - DF, 1997.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente - Resolução CONAMA 274/2000 de 29 de novembro de 2000. **Qualidade da água**. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 17 out. 2016.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente - Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 20 out. 2016.

BRASIL - MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria Nº 2.914. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** 12 de dezembro de 2011.

CALBETE, N. O.; CALBETE, S. R.; ROZANTE, J. R.; LEMOS, C. F. **Precipitações intensas ocorridas no período de 1986 a 1996 no Brasil, 1996.** Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 29 abr. 2013.

CARVALHO, R. A.; OLIVEIRA, M. C. V. **Princípios básicos de saneamento do meio.** São Paulo. 3ª edição. Editora SENAC. São Paulo, 2003.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo, Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem.** 2009.

CHAVES, A. G. M.; LIMA, J. E. F. W.; PEREIRA, I. C.; SETTI, A. A. **Introdução ao gerenciamento dos recursos hídricos.** 2. Ed., Brasília, 2001.

CLIMA NO TOCANTINS. **Informações gerais do Estado.** Disponível em: <<http://seagro.to.gov.br/clima-no-tocantins/>>. Acesso em: 13 mai. 2017.

COELHO, S. C. et al. Monitoramento da água de poços como estratégia de avaliação sanitária em Comunidade Rural na Cidade de São Luís, MA, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, vol. 12, n. 1 Taubaté, 2017.

DANELON, J. R. B.; NETTO, F. M. L.; RODRIGUES, S. C. Análise do nível de fósforo total, nitrogênio amoniacal e cloretos nas águas do córrego terra branca no município de Uberlândia (MG). **Geonorte**, Uberlândia, v. 1, n. 4, p.412-421, 2012.

DIAS, F. A. **Caracterização e análise da qualidade ambiental urbana da bacia hidrográfica do Ribeirão Do Lipa, Cuiabá/MT.** 2011. 139f. Monografia (Dissertação em Engenharia de Edificações e Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, 2011.

DRUMMOND, R. B. G.; REGO, A. Q. S. F.; VEROL, A. P. Projeto urbano em sítio histórico aliado a técnicas compensatórias em drenagem urbana, Marechal Hermes, RJ." **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, 2015.

EIGER, S. **Autodepuração dos Cursos D'água.** In: Reuso de Água. Barueri, SP: Manole [et al.]. 2003. 579p.

ENGENHARIA CIVIL. Notícias, inovações e tecnologia. São Paulo: **Revista Engenharia Civil**, Editora Rudder, ano 2, v. 26, 2015.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** 2. Ed. Rio de Janeiro. Editora Inter ciência, 1998. p. 602.

FILIZOLA, H. F. et al. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região Guaíra. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 659-667, 2002.

FURRIELA, Rachel Biderman. **Educação Para o Consumo Sustentável. Ciclo de Palestras sobre Meio Ambiente** - Programa Conheça a Educação do Cibec/Inep-MEC/SEF/COEA, 2001.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. 2. Ed. Belo Horizonte: **UFMG**, 2010.

IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Monitoramento da qualidade das águas**. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/>>. Acesso em: 21 out. 2016.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L., NASCIMENTO, N. O. **A dimensão da qualidade da água: avaliação da relação entre indicadores**. v.10, n. 3, p. 219-228. 2005.

MERTEN, G. H.; MILLENA, J. P., Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência future. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**. Porto Alegre, v.3, n.4, 2002.

MICHELINA, A. de F.; BRONHROA, T. M.; DARÉB, F.; PONSANOC, E. H. G. Qualidade microbiológica de águas de sistemas de abastecimento público da região de Araçatuba, SP. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo - SP, v. 20, n. 147, 2006.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais - SEMAD Unidade de Coordenação Estadual - UCEMG / PNMA II, Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA II Subcomponente, **Monitoramento da Qualidade da Água**, Minas Gerais, Junho, 2015.

MORAES, Danielle Serra de Lima; JORDÃO, Berenice Quinzani. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, Corumbá, p.370-374, 2002.

OECD. **Governança dos Recursos Hídricos no Brasil**, OECD Publishing, Paris. 2015. Disponível em: <http://www.oecd-ilibrary.org/governance/governanca-dos-recursos-hidricos-no-brasil_9789264238169-pt>. Acesso em: 16 nov. 2016.

ODEBRECHT. **Odebrecht ambiental/Saneatins**. 2014. Disponível em: <<http://www.odebrechtambiental.com/tocantins/>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

OLIVEIRA, G. H. et al. Avaliação da eficiência da utilização do oxigênio dissolvido como principal indicador da qualidade das águas superficiais da bacia do córrego bom jardim, Brasilândia/MS. **Revista GEOMAE - Geografia, Meio Ambiente e Ensino**. v.1, n. 01, 2010. Campo Mourão, PR.

OLIVEIRA, M. G. N.; FRANÇA, W. B. **Análise e avaliação da bacia hidrográfica do ribeirão São João para distribuição**. 2014. 46f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade Presidente Antônio Carlos - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto, 2014.

PÁDUA, H. B. **A necessária presença do nitrogênio em sistemas aquáticos**. 2007. Disponível em: <<http://http://www.pisciculturaafb.com.br/artigos14.htm>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

PASCHOAL, R. S. **Usos da água e necessidades de tratamento para consumo humano**. UFJF, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2012.

PORTO, M. F. A., PORTO, R. L., **Gestão de Bacias Hidrográficas, Estudos Avançados**, ISSN, São Paulo, 2008.

RIBEIRO, C. A. A. S. Estruturação topológica de grandes bases de dados de bacias hidrográficas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.4, p.687-696, 2008.

RODRIGUES, R. B. **Sistema de suporte à decisão proposto para a gestão quali-quantitativa dos processos de outorga e cobrança pelo uso da água**. 2005. 155f. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.

SANTANA, S. H. C. Estudo de parâmetros de qualidade de água e análise de imagens do Landsat 5 referente ao oeste da região do Submédio São Francisco. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 2011.

SAWYER, C.N.; MCCARTY, P.L.; PARKIN, G. F. **Chemidtry for envitonmental engineering**. 4º ed. New York.McGraw-Hill Book Company. 1994. 658p.

SEMA - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. Abastecimento Público. Paraná. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pr.gov.br/>>. Acesso em: 13 out. 2016.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F. MACHADO, L. A. T. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 2007.

SILVA, A. A. F. **Geoprocessamento aplicado à análise e mapeamento geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São João - TO**. Porto Nacional, 2010. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal do Tocantins. 2010.

SILVA, D. B. **Qualidade de água e sedimento em reservatório**. 2016. 172f. Dissertação (Mestrado em Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais) - IPEN - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SILVEIRA, A. L. L. **Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais**. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, ABRH, v. 10, n. 1, p. 5-23, 2011.

SOBRINHO, S. P. Determinação dos parâmetros da distribuição gama e média pluviométrica decendial para estações do estado de Mato Grosso. **Rev. bras. meteorol.** vol.29 n.2 São Paulo, 2014.

TEODORO, V. L. I. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n. 20, 2007.

TOMAZ, P. **Curso de Manejo de águas pluviais**. 2013. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_calculoshidrolicos/capitulo04.pdf>. Acesso em: 18 out. 2016.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; ALVARES, C. A.; RIBEIRO, S.; LEITE, F. P. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões - MG. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 632 p.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. v. 1, 3 ed. Belo Horizonte: UFMG. 2005. 452p.

YISA, J.; JIMOH, T. O.; OYIBO, O. M. Underground Water Assessment using Water Quality Index. **Leonardo Journal of Sciences**, July-December, 33-42, 2012.