



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Rede credenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Bruna Soares Borges Oliveira

AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS CAPTADAS EM POÇOS E
VERIFICAÇÃO DE BALNEABILIDADE DA PRAIA BEIRA RIO, EM PORTO
NACIONAL-TO

Palmas -TO

2021

Bruna Soares Borges Oliveira

AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS CAPTADAS EM POÇOS E
VERIFICAÇÃO DE BALNEABILIDADE DA PRAIA BEIRA RIO, EM PORTO
NACIONAL-TO

Monografia submetida ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Kenia Parente Mendonça

Palmas -TO

2021

Bruna Soares Borges Oliveira

AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS CAPTADAS EM POÇOS E
VERIFICAÇÃO DE BALNEABILIDADE DA PRAIA BEIRA RIO, EM PORTO
NACIONAL-TO

Monografia submetida ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário Luterano de Palmas, como
requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Kenia Parente Mendonça

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me Kenia Parente Mendonça
Orientador
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas -TO

2021

Dedico este trabalho primeiramente a Deus e a NS. Aparecida a quem devo honra e graça por todas as bênçãos derramadas, possibilitando a realização deste. Dedico a conclusão desse curso aos meus pais, Marcelino Reis Oliveira e Selma Soares Borges, ao meu irmão Dr. Breno Soares Borges, ao meu filho Miguel Soares O.M. Rios e a todos que de muitas formas me incentivaram e ajudaram para que fosse possível a concretização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por todas as bênçãos, saúde e força ao longo dessa jornada acadêmica.

A NS. Aparecida a quem sou devota, por todos os milagres resultantes de sua interseção ao pai celestial.

Aos meus pais, Marcelino Reis Oliveira e Selma Soares Borges, pelo amor, incentivo, companheirismo incondicional e por me ajudarem de todas as formas a não desistir dessa graduação.

Ao meu irmão Dr. Breno Soares Borges por compreender a importância dessa conquista me incentivando e cobrando a concretização desse ciclo.

Ao meu filho Miguel Soares O.M. Rios, por compreender minha ausência em prol de nosso futuro, por me ensinar diariamente o verdadeiro significado da vida com sua existência.

À minha orientadora Kenia Parente Mendonça, por aceitar o convite na orientação desse trabalho, a quem possui a admiração de todos por sua conduta profissional dentro do CEULP-ULBRA. Obrigada por ser tão humana, sensata e incentivadora, trazer leveza e positividade sempre.

RESUMO

O presente trabalho tem por finalidade avaliar os parâmetros de qualidade da água na praia Beira Rio utilizada para fins recreativos, e o diagnóstico da potabilidade e a qualidade da água subterrânea explorada em vários bairros do município, em Porto Nacional –TO, levando estratégias para as gerações atuais e futuras sobre formas de captação de água subterrânea, quanto ao uso, preservação, conservação e utilização de forma sustentável e sem desperdício. Para a avaliação de balneabilidade foram analisadas as concentrações de dois indicadores de poluição fecal, coliformes fecais termotolerantes e *Escherichia Coli*, através da técnica *Collilert*. Sendo as bactérias *E. coli* o principal indicador microbiológico de contaminação. A coleta foi realizada em três pontos amostrais durante seis semanas seguidas, estes pontos foram selecionados de acordo com o local de maior utilização pelos banhistas, conforme determina a Resolução Conama nº 274/2000. Todas as amostras dos três pontos analisados apresentaram valores de *E. coli* menores que 200NMP/100ml de amostra. De acordo com a Resolução nº 274, os valores encontrados nessa faixa permitem classificar os locais analisados como balneáveis (recreação de contato primário) no período analisado. Diante dos resultados obtidos durante as seis semanas analisadas a Praia Beira Rio encontrasse dentro dos padrões de balneabilidade. Para diagnosticar a potabilidade e avaliar a qualidade da água subterrânea do município foi construído um panorama da qualidade da água da região, às principais fontes de contaminação, aquíferos e sua classificação, padrões de consumo, legislação entre os temas abordados. Diante dos resultados obtidos, é importante ter um fornecimento seguro de água principalmente para evitar doenças, tais como diarreia, cólera, febre tifoide e paratifoide, hepatites infecciosas e disenteria amebiana e bacilar, garantindo assim a proteção do manancial subterrâneo, com eliminação das possíveis causas da poluição, a fim de garantir captação e o armazenamento de águas pluviais, tanto para prevenir a sua deterioração futura, como para proteger e melhorar o estado do ecossistema.

Palavras-chave: Águas Subterrâneas; Preservação; Qualidade da água; Microbiologia da água; Balneabilidade; Coliformes fecais.

ABSTRACT

The present work aims to evaluate the parameters of water quality at the Beira Rio beach used for recreational purposes, and the diagnosis of potability and quality of underground water explored in various districts of the city, in Porto Nacional -TO, leading to strategies for current and future generations on ways of capturing groundwater, regarding its use, preservation, conservation and use in a sustainable and non-wasteful way. For the evaluation of workability, the concentrations of two indicators of fecal pollution, thermotolerant fecal coliforms and Escherichia Coli, were analyzed using the Collilert technique. E. coli bacteria are the main microbiological indicator of contamination. The collection was carried out at three sampling points for six consecutive weeks, these points were selected according to the place of greatest use by bathers, as determined by Conama Resolution No. 274/2000. All samples from the three analyzed points presented E. coli values lower than 200NMP/100ml of sample. According to Resolution No. 274, the values found in this range allow classifying the analyzed places as bathing (primary contact recreation) in the analyzed period. In view of the results obtained during the six weeks analyzed, Praia Beira Rio is within the standards of bathing. To diagnose potability and assess the quality of underground water in the municipality, an overview of the region's water quality was constructed, including the main sources of contamination, aquifers and their classification, consumption patterns, legislation, among the topics covered. In view of the results obtained, it is important to have a safe water supply, especially to prevent diseases such as diarrhea, cholera, typhoid and paratyphoid fever, infectious hepatitis and amoebic and bacillary dysentery, thus ensuring the protection of the underground water source, eliminating possible causes to ensure the capture and storage of rainwater, both to prevent its future deterioration and to protect and improve the state of the ecosystem.

Keywords: Groundwater; Preservation; Water quality; Water microbiology; Bathing; Faecal coliforms.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Perfuração de Poços Artesianos.....	15
Figura 2- Classificação da água.....	18
Figura 3- O Ciclo Hidrológico.....	19
Figura 4- Tipos de Aquíferos Quanto à Pressão.....	22
Figura 5- Representação Esquemática do Nível de Pressão nos Aquíferos.....	23
Figura 6- Atlas nacional do Brasil: Caracterização da Região Hidrográfica do TocantinsAraguaia.....	27
Figura 7- Ilha do Bananal.....	28
Figura 8- Rio Tocantins.....	30
Figura 9- Ponte de Porto Nacional Sobre o rio Tocantins.....	30
Figura 10- Classificação dos Poços.....	31
Figura 11- Tipos De Poços Para A Captação Das Águas Subterrâneas.....	32
Figura 12- Contaminação das Águas Subterrâneas.....	36
Figura 13- Localização do Município de Porto Nacional.....	50
Figura 14- Localização da praia Beira Rio no município de Porto Nacional no estado do Tocantins.....	53
Figura 15- Localização dos pontos demarcados na praia Beira Rio em Porto Nacional-TO.....	54
Figura 16- Percentual de Contaminação.....	59
Figura 17- Locais Onde Tem Rede de Esgoto Sanitário.....	60
Figura 18- Potencial Hidrogeniônico (pH).....	62
Figura 19- Turbidez.....	64
Figura 20- Ponto I.....	66
Figura 21- Resultado das análises do ponto (PI).....	67
Figura 22- Precipitação Pluviométrica.....	68
Figura 23- Ponto II.....	69
Figura 24- Resultado das análises do ponto (PII).....	70
Figura 25-Ponto III.....	70
Figura 26- Resultado das análises do ponto (PIII).....	71
Figura 27-Resultado das análises de Escherichia coli (NMP/100ml) dos três pontos.....	72

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1- Benefícios e Cuidados das Águas Subterrâneas.	15
Quadro 2- Doenças Causadas Pela Deficiência no Suprimento e/ou Qualidade da Água. ..	17
Quadro 3- Classificação da Água Quanto à Porosidade.	20
Quadro 4- Funções dos Aquíferos.	25
Quadro 5- Qualidade da Água Para Consumo Humano e Seu Padrão de Potabilidade.....	34
Quadro 6- Principais Fontes de Contaminação do Manancial Subterrâneo.	37
Quadro 7- Responsabilidades das Operadoras do Sistema de Abastecimento.....	40
Quadro 8-Classificação da água em relação à balneabilidade segundo a Resolução 274. ...	42
Quadro 9- Classificação dos Poços Analisado.....	51
Quadro 10- Coordenadas geográficas e UTM dos pontos demarcados.	54
Quadro 11- Relação das datas de coletas de água da praia Beira Rio.	55
Quadro 12-Classificação média das análises de cada ponto.	72
Tabela 1- Padrão Microbiológico de Potabilidade. Portaria MS nº 2914/2011.	39
Tabela 2-Organismos Patogênicos de Veiculação Hídrica e Transmissão Fecal-oral e sua Importância para o Abastecimento.....	40
Tabela 3-Resultados das Análises Laboratoriais.....	57
Tabela 4-Resultados das Análises Laboratoriais.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AGA - Associação Guardiã da Água

AHITAR - Administração das Hidrovias do Tocantins e Araguaia

ANA - Agência Nacional de Águas

APHA - *American Public Health Association*

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CF - Coliformes Fecais

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

E. coli. - *Escherichia coli*

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

GPS - *Global Positioning System*

H₂O - Fórmula Molecular da Água

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFTO - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins ml -
Mililitros

MS- Ministério da Saúde

NBR - Denominação de Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas

(ABNT)

NMP - Número mais provável

PMAE- Plano Municipal de Água e Esgoto

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

SNGRH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

UNEP - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

WHO - *World Health Organization* (Organização Mundial de Saúde)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	ÁGUA SUBTERRÂNEA	14
2.2	BENEFÍCIOS E CUIDADOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	15
2.3	CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA.....	18
2.4	TIPOS DE AQUÍFEROS	20
2.5	BACIAS HIDROGRÁFICAS DO TOCANTINS.....	27
2.6	POÇOS.....	31
2.7	QUALIDADE, POTABILIDADE, DADOS E PARÂMETROS, FONTES DE CONTAMINAÇÃO E LEGISLAÇÃO SOBRE ÁGUAS.....	33
2.8	BALNEABILIDADES	41
2.9	ATUAL SITUAÇÃO HIDROLÓGICA DO TOCANTINS.....	47
3	OBJETIVOS	49
3.1	OBJETIVO GERAL	49
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	49
4	METODOLOGIA	50
4.1	LOCAL DA PESQUISA	50
4.2	ÁREA DE ESTUDO - ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	51
4.3	ÁREAS DE ESTUDO – BALNEABILIDADE DA PRAIA BEIRA RIO	53
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
5.1	RESULTADOS DAS ANÁLISES – ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	57
5.2	RESULTADOS DAS ANÁLISES LABORATORIAIS.....	57
5.3	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	59
5.4	RESULTADOS DAS ANÁLISES – BALNEABILIDADE	65
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
6.1	BALNEABILIDADE DA PRAIA BEIRA RIO - PORTO NACIONAL.....	73
6.2	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – PORTO NACIONAL	73
	REFERÊNCIAS	76

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à vida, ao desenvolvimento econômico, à conservação e manutenção dos serviços ecossistêmicos. Apesar da importância do sistema hídrico, a população não faz o seu uso consciente sendo suscetível a escassez. Dessa forma, a degradação dos recursos hídricos, expõem a saúde da população ao risco de doenças pelo contato e consumo.

Tucci, Hespanhol e Netto (2000) afirmam que o desenvolvimento dos recursos hídricos e a preservação dos sistemas naturais estão relacionados às condições sociais e econômicas do país e representam um enorme desafio para a população brasileira.

A preservação de rios, nascentes, contribui para que as florestas nativas atuem como reguladoras do fluxo de água, agindo nas áreas mais altas e mais baixas da bacia hidrográfica.

A Resolução CONAMA 274/00, define parâmetros que as águas doces, salobras e salinas terão os níveis de qualidade avaliados por indicadores específicos, de modo a assegurar as condições de balneabilidade (recreação de contato primário como atividade de mergulho, natação, esqui aquático e pesca esportiva), no intuito de estabelecer os parâmetros legais e todos os critérios relacionados à qualidade da água.

No município de Porto Nacional- TO, a utilização da água para fins recreativos e originados de poços artesianos em usos múltiplos, deixam parte da população bastante receosa e devido a insatisfação, manifestou-se a preocupação socioambiental de avaliar a qualidade da água em poços artesianos e da praia Beira Rio. Dessa forma, é indispensável a verificação, uma vez que, anteriormente à formação do lago, havia ali residências e, conseqüentemente, fossas sépticas, que agora jazem submersas à água.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A água infiltra-se no subterrâneo, sofrendo uma constante recarga de chuvas e corpos de água, com interferência direta e indireta das ações do homem (RIBEIRO *et al.*, 2007).

A água subterrânea tem diversas funções no sistema hídrico global como a transferência de energia e ligações ao sistema climático, fornecendo suporte aos ecossistemas, biodiversidade e principalmente ao ser humano, seja na indústria, agricultura ou para o próprio consumo pessoal (MANZIONE, 2015).

A atividade agrícola tem desenvolvida aplicação de agroquímicos sobre o solo e o uso de pesticidas no combate as larvas, que afetam as áreas de mananciais, correndo o risco de contaminações, atingem o solo carregado pelas águas da chuva que corre para os rios, lagos infiltrando-se no lençol freático (TUCCI, 2000). De certa forma, a poluição pode ser evitada ou até mesmo reduzida através de tratamento em um corpo receptor (RIBEIRO, 2004).

Com base nos autores citados acima, a distribuição do abastecimento de água subterrânea encontra-se mais protegidos da contaminação, a partir do processo de lixiviação, quando a água da chuva ou de irrigação percola o solo e arrasta consigo substâncias dissolvidas que poderão ter como destino o lençol freático ou os aquíferos profundos.

A intensidade da lixiviação é afetada pelas interações peculiares que se estabelecem entre elementos químicos em formas iônicas e a fase sólida do solo, principalmente, reações de adsorção as quais condicionam maior ou menor retenção dos íons nas partículas do solo. Assim, a natureza do nutriente, e os atributos químicos e físicos do solo são os principais fatores que condicionam a movimentação de um dado nutriente em profundidade e, conseqüentemente, o seu potencial de contaminação (RESENDE, 2002).

Conforme a ANA (2005), em suas atribuições tem por finalidade na implantação da PNRH, promover e elaborar estudos que subsidia na aplicação de recursos financeiros da União em serviços/obras no controle da poluição hídrica, conforme estabelecido nos Planos de Recursos Hídricos. Tendo como finalidade da Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos ter atualizado o diagnóstico da demanda e qualidade, dos recursos hídricos do país e suas distribuições.

Estima-se que existam aproximadamente no país pelo menos 400 mil poços, a água subterrânea de poços e fontes vem sendo utilizada para diversos fins e é intensamente explorada no Brasil, tendo como utilidade no: o abastecimento de casas, irrigação de plantações, indústrias e lazer (ZOBY e MATOS, 2002).

No Brasil conforme dados obtidos pelo IBGE (2002), estima-se que 15,6% das residências utilizam exclusivamente água subterrânea, 77,8% usam rede de abastecimento de água e 6,6% usam outras formas de abastecimento. A indicação da potabilidade da água subterrânea para o consumo é feita a partir da análise de um conjunto de parâmetros microbiológicos e físico-químicos, de acordo com as normas vigentes no País e eventualmente as internacionais, as análises microbiológicas e físico-químicas das águas subterrâneas são importantes e requeridas para a avaliação da potabilidade da água (CELLIGOI, 1999).

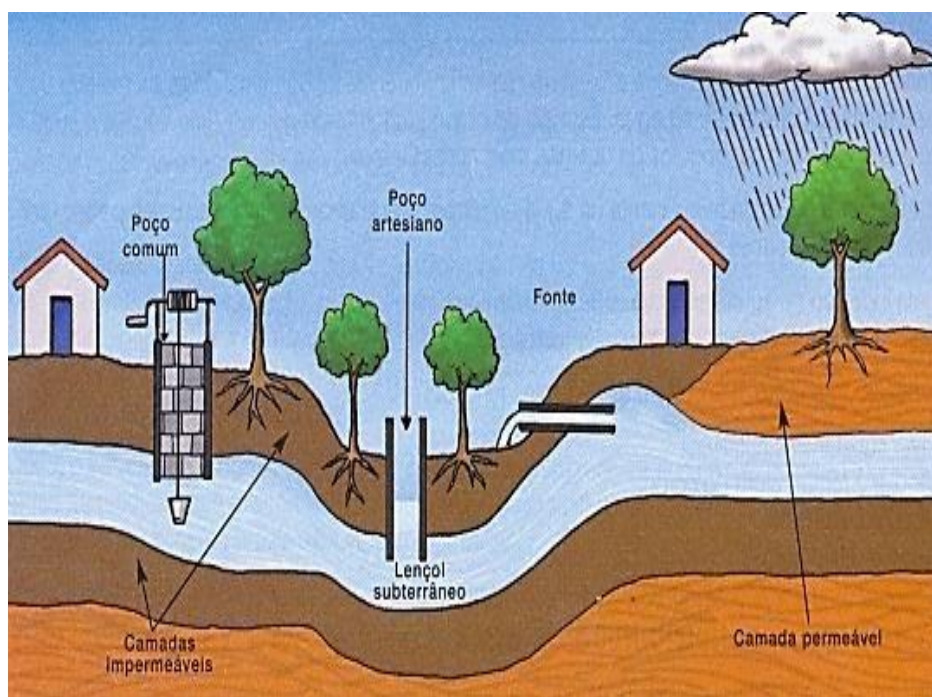
No Brasil, a avaliação da potabilidade da água subterrânea é realizada considerando os limites máximos apresentados pela Portaria nº. 2914, de 2011, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). As águas destinadas para o consumo da população são compostas por: padrão microbiológico, padrão de turbidez para a água pós-filtração ou prédesinfecção, padrão para substâncias químicas que representam riscos à saúde, padrão de radioatividade, padrão de aceitação para o consumo humano (HELLER e PÁDUA, 2006).

2.1 ÁGUA SUBTERRÂNEA

A água subterrânea é a parcela da água que permanece no subsolo, onde lentamente descarrega água até a superfície, sendo explorada através de poços. Tem por função essencial na manutenção do solo, brejos e pântanos e formando assim lagos e rios. Sendo também responsável pelo fluxo dos rios, conseqüente perenizando os períodos de estiagem. Esse trajeto em torno do mundo é de 13 mil km³/ano, aproximadamente um terço da descarga média de um trajeto longo dos rios, estimando-se em 43 mil km³/ano (REBOUÇAS *et al.*, 2002).

Conforme a AGA (Associação Guardiã das Águas) , a água subterrânea vem antes de 12 mil anos a.C., tendo em seus primeiros vestígios os primórdios, utilizados pelo homem em sua sobrevivência, como também animais e plantas, onde surgiram os primeiros poços. Assim passando pelos chineses que atribuíram método da perfuração até os tempos atuais de uso por diversas etnias.

Figura 1-Perfuração de Poços Artesianos.



Fonte: Azambujo e Santos (2008).

A qualidade natural das águas depende de como está sendo o consumo humano e as formas de irrigação, no caso de indústrias, necessita de correção, principalmente da dureza e do pH no domínio das águas bicarbonatadas cálcicas (CAMPOS, 1988). De acordo com a ANA (2005) a população brasileira inferior a 5 mil habitantes, com exceção do nordeste, regiões formadas por rochas cristalinas, tem reservas subterrâneas formadas por água da chuva, neblina e geadas.

2.2 BENEFÍCIOS E CUIDADOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A seguir no Quadro 1 pode-se observar alguns benefícios e cuidados a serem utilizados para o uso sustentável das águas subterrâneas (ALBUQUERQUE FILHO *et al.*, 2011).

Quadro 1- Benefícios e Cuidados das Águas Subterrâneas.

Benefícios	Cuidados
------------	----------

<p>Os mananciais subterrâneos notadamente os mais profundos e confinados, tendem a apresentar temperaturas elevadas para a água (por exemplo, 50 – 60 0C), como ocorre no Sistema Aquífero Guarani, no Sul, Sudeste e Centro Oeste do Brasil, podendo ser utilizadas como fonte de energia, para os diversos usos.</p>	<p>Uma vez que não são visíveis, as águas subterrâneas são difíceis de ser avaliadas requerendo a aplicação de métodos complexos por profissionais técnicos especializados o conhecimento e o uso sustentável do manancial.</p>
<p>As águas subterrâneas possuem boa qualidade natural e as porções não saturadas suprajacentes representam relativa proteção no processo de infiltração/ percolação vertical, dos líquidos que afluem oriundos da superfície dos terrenos. Isso significa que os perigos de contaminação sanitária tendem a ser menores quando se utiliza água subterrânea para abastecimento humano.</p>	<p>A facilidade de se localizar poços espalhados nos terrenos pode resultar em concentração indevida de pontos de captação e requerer maior controle na extração de água para não ocasionar a superexploração do aquífero. O monitoramento e controle devem ser adotados.</p>
<p>Os aquíferos livres/freáticos/não-confinados são os verdadeiros reservatórios/celeiros que fornecem as águas que garantem os fluxos das nascentes, rios e de todos os demais corpos d'água superficiais perenes. No Brasil os aquíferos respondem por 90 % da perenização dos cursos d'água, possibilitando que eles continuem fluindo nas épocas de estiagem.</p>	<p>Os aquíferos devem ser protegidos, pois a contaminação das suas águas requer técnicas complexas, custos elevados e longo período para recuperação. Em áreas com nível d'água subterrânea rasa ou áreas de baixa velocidade de circulação de água e elevada taxa de evaporação, poderá ocorrer aumento no teor de sais na água do aquífero.</p>
<p>A extensão territorial, a espessura de camadas componentes dos aquíferos e a presença de espaços vazios na estrutura rochosa, possibilitam o armazenamento de grandes volumes, ou até mesmo, proporcionando gigantescas reservas de águas.</p>	<p>Desenvolver boas práticas ambientais no aproveitamento das águas subterrâneas, conhecendo as características dos aquíferos, monitorizando a exploração e o comportamento do nível d'água ao longo do tempo, possibilitando a manutenção do balanço hídrico da bacia e garantindo o fluxo de base dos cursos d'água superficiais e a vida nas bacias.</p>

Fonte: Albuquerque Filho *et al.* (2011).

Conforme UNEP (2010), o mau uso da água, tem provocado mais mortes devido a sua contaminação do que violência e guerra. Pode ocorrer através de sistema de captação de águas, sendo composto por seis componentes básicos: área de captação; telhado; calhas; valas ou tubulações de coleta; tanque de armazenamento; cisternas; reservatórios de chuva onde são coletadas se armazenadas; sistema de distribuição através de bombas. Através de um fornecimento de água é importante ter segurança em sua distribuição, caso contrário podendo provocar algumas doenças (QUADRO 2).

Quadro 2- Doenças Causadas Pela Deficiência no Suprimento e/ou Qualidade da Água.

Grupos	Doenças
1 - Doenças transmitidas pela água - A água atua apenas como veículo passivo para os agentes infecciosos; todas estas doenças dependem também das condições sanitárias.	Cólera, Febre tifóide, Desintéria Bacilar, Hepatite infecciosa, Leptospirose e Gastroenterites.
2 – Doenças advindas da falta d'água - A falta de uma quantidade adequada de água aliada às más condições de higiene pessoal cria condições favoráveis à sua disseminação. As infecções intestinais também dependem da falta ou inadequada disposição dos dejetos humanos.	Sarna, Piolhos, Leptospirose, Tracoma, Conjuntivites, Desintéria bacilar, Desintéria amebiana, Febre paratifóide, Diarréias, Vermes, Lombrigas.
3 – Doenças causadas por agentes infecciosos disseminadas pelo contato ou ingestão de água - Uma boa parte do ciclo de vida dos agentes infecciosos se dá junto com os animais aquáticos. Alguns destas doenças são também agravadas através da disposição dos rejeitos líquidos	Esquistossomose, filariose
4 – Doenças transmitidas por insetos que vivem próximos a água - As infecções são transmitidas por mosquitos, insetos voadores que vivem na água ou atacam perto da mesma. Eles são especialmente ativos e agressivos próximos as águas estagnadas expostas.	Febre amarela, dengue, dengue hemorrágica, encefalites, filariose, malária.

Fonte: Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente (UNEP, 2010).

De acordo com UNEP (2010) ainda ressalta que a falta de água limpa mata 1,8 milhões de crianças com menos de 5 anos de idade por ano, em decorrência da água de esgoto sem tratamento. A diarreia é uma das principais causada pela água suja, matando cerca de 2,2 milhões de pessoas ao ano, conforme relatórios, e mais de metade dos leitos de hospital no mundo é ocupada por pessoas com doenças ligadas à água contaminada.

2.3 CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA

Conforme a Resolução CONAMA nº 357, as águas foram divididas em classes de acordo com seus respectivos usos (CONAMA, 2005), conforme Figura 2.

Figura 2- Classificação da água.

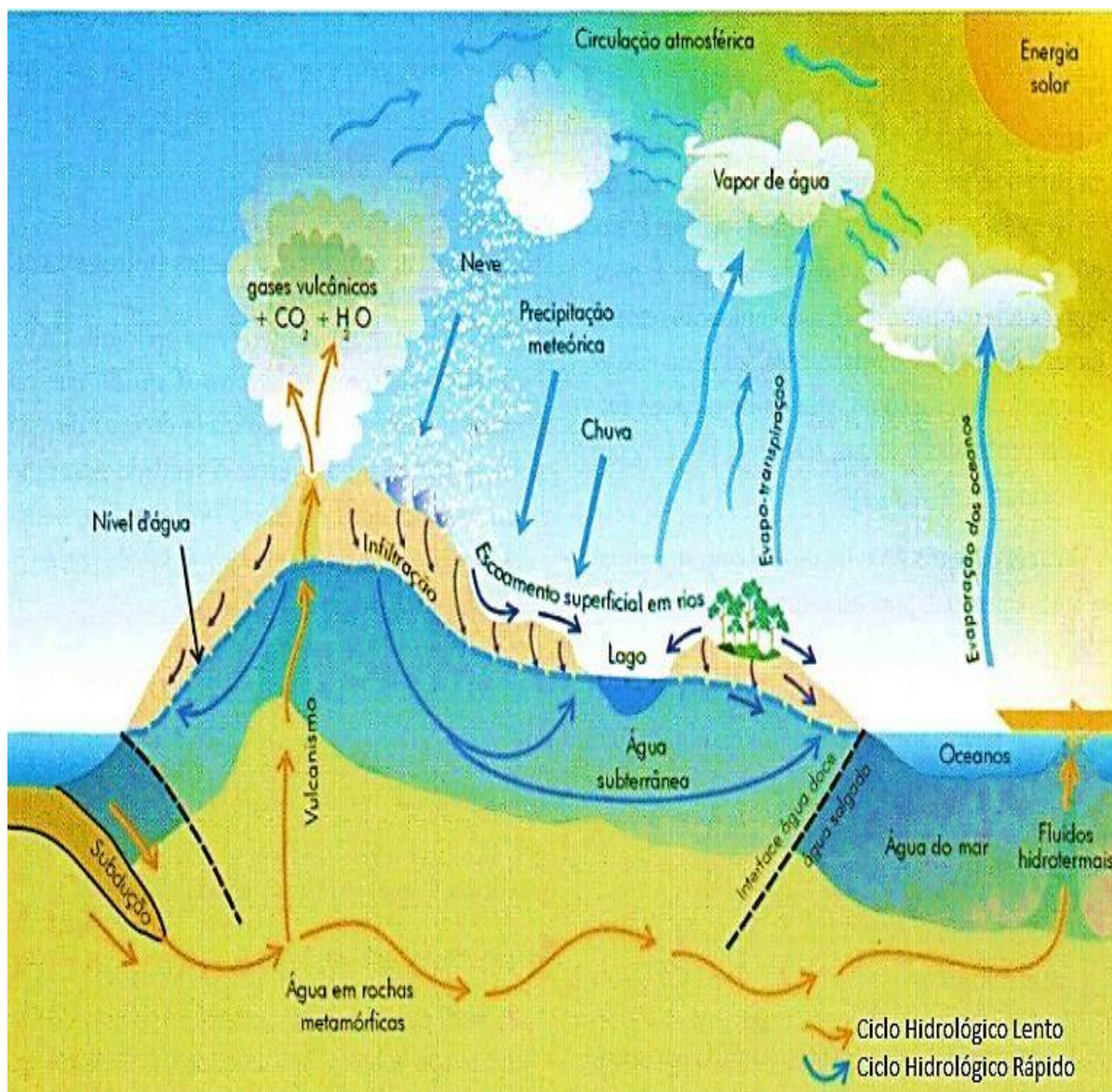
CLASSE	DESTINO
ESPECIAL	abastecimento para consumo humano após desinfecção preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral
CLASSE 1	abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado proteção das comunidades aquáticas recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho 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 proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas
CLASSE 2	abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional proteção das comunidades aquáticas recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho 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 aquicultura e a atividade de pesca
CLASSE 3	abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras pesca amadora recreação de contato secundário dessedentação de animais
CLASSE 4	navegação harmonia paisagística

Fonte: CONAMA (2005).

Segundo os dados estáticos da FUNASA (2006), aproximadamente 1.386 quatrilhões de toneladas de água existente no planeta em que vivemos apenas 3% é de água doce, sendo que 2,7% correspondem à água na atmosfera e nos lençóis existentes em grandes profundidades (mais de 800m). A água subterrânea tem uma importante função como água potável, sendo percebida pelo fato de que apenas 0,3% do volume total de água no planeta são para o consumo do homem, e 0,01% são encontrados em superfícies como rios e lagos e 0,29% restante provêm poços e nascentes sendo considerados subterrâneos.

A água subterrânea tem sido escavada por muitas décadas seja pela escavação de poços para armazenamento da água ou para a superfície em olhos d'água e o número de escavações é crescente principalmente no abastecimento público e de atividades agrícolas e industriais (HELLER; PÁDUA, 2006).

Figura 3- O Ciclo Hidrológico.




Fonte: Karmann (2010).

2.4 TIPOS DE AQUÍFEROS

Aquífero é uma formação geológica constituída por rochas permeáveis, que tem por função armazenar água em seus poros ou fraturas, capaz de depositar e de transmitir a água armazenada. Assim, uma litológica só será aquífera se, permitir a transmissão da água armazenada. Apresenta uma extensão de poucos quilômetros quadrados a milhares de quilômetros quadrados, apresentando espessuras de poucos metros a centenas de metros (REBOUÇAS *et al.*, 2002). Quanto à porosidade, existem três tipos aquíferos (QUADRO 3).

Quadro 3- Classificação da Água Quanto à Porosidade.

Tipos de Aquíferos quanto à	
Porosidade	
POROSO	
	<p>Aquífero Poroso ou Sedimentar: São formados por rochas sedimentares consolidadas, inconsolidadas ou solos arenosos, onde ocorre a circulação da água formada por grãos de areia, silte e argila de granulção variada. Constituem os mais importantes aquíferos, devido seu grande volume de água que armazena. Acumula sedimentos arenosos nas bacias sedimentares, permitindo que a água faça seu fluxo para qualquer direção, em função de pressão hidrostática ali existente conhecida como isotropia.</p>
FISSURAL	
	<p>Aquífero Fraturado ou Fissural: Formado por rochas ígneas, metamórficas ou cristalinas, duras e maciças, onde ocorre à circulação da água se faz nas fraturas, fendas e falhas, abertas devido ao movimento tectônico. A capacidade de acumular água se relaciona à quantidade de fraturas, permitindo a infiltração e fluxo da água. Os poços perfurados nessas rochas fornecem poucos metros cúbicos de água por hora, capazes de conduzir a água.</p>
CÁRSTICO	
	<p>Aquífero Cárstico (Karst): Formado em rochas calcárias ou carbonáticas, onde a circulação da água se faz nas fraturas e outras discontinuidades (diáclases) que resultaram da dissolução do carbonato pela água. Aberturas que podem atingir grandes dimensões de rios subterrâneos. São aquíferos heterogêneos, descontínuos, com águas duras, com fluxo em canais. As rochas são os calcários, dolomitos e mármore.</p>

Fonte: Borghetti *et al.* (2004).

Quanto à pressão na superfície superior os aquíferos podem ser de dois tipos (FIGURA 4):

Figura 4- Tipos de Aquíferos Quanto à Pressão.



Fonte: Borghetti *et al.* (2004).

- **Aquífero Confinado ou Artesiano**

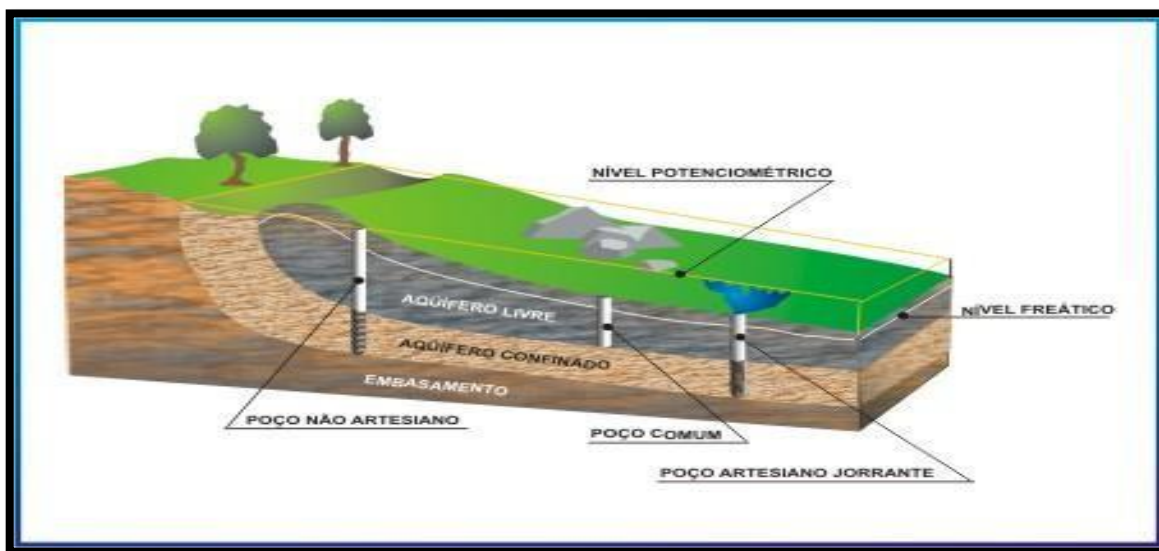
Quando um aquífero se encontra entre duas camadas impermeáveis ele se encontra confinado. Pelo fato da camada confinante superior ser impermeável, a água se encontra sob uma pressão maior que a pressão atmosférica, sendo o aquífero denominado de aquífero confinado ou água subterrânea confinada. Quando um poço é perfurado através da camada superior confinante atingindo o aquífero, a altura da água no poço representa a pressão a que se encontra submetida à água no aquífero. A pressão hidrostática em determinado ponto do aquífero, expressa em metros de água, é igual à distância vertical desse ponto àquele nível. A elevação alcançada pela água em um poço que atinge um aquífero confinado é definida como o nível piezométrico. Uma superfície imaginária representando a pressão em todos os pontos ou parte de um lençol confinado é a superfície piezométrica. Esta é análoga à superfície efetiva do lençol dos aquíferos freáticos (LEITE, 2010).

- **Aquífero Livre ou Freático**

A forma da superfície superior da zona de saturação, ou do aquífero, é denominada de superfície do lençol. Depende da topografia do terreno, em parte, tendendo, em geral, a acompanhar a conformação da superfície do solo. A ocorrência da água subterrânea em alguns aquíferos está subordinada à superfície do lençol. Significa dizer que o limite superior do aquífero é definido pela própria superfície do lençol. Na superfície do lençol a água nos poros do aquífero encontra-se sob pressão atmosférica como se estivesse em um reservatório ao ar livre, e nessas condições o aquífero é denominado de lençol de superfície livre, lençol freático ou aquífero livre. A pressão hidráulica em determinado ponto do lençol freático é igual a sua profundidade, medida da superfície livre até o ponto em questão, podendo ser expressa pela coluna de água ou pressão hidrostática, em metros. Quando um poço é perfurado em um lençol freático, o nível estático da água no poço é o mesmo que o da superfície livre do aquífero. A superfície livre do lençol não é estacionária, movendo-se periodicamente para cima quando a zona de saturação recebe mais água de infiltração vertical e para baixo, nos períodos de estiagem, quando a água armazenada previamente flui para as nascentes, cursos de água, poços e outros pontos de descarga da água subterrânea (LEITE, 2010).

O nível da água é designado então de nível freático (FIGURA 5).

Figura 5- Representação Esquemática do Nível de Pressão nos Aquíferos.



Fonte: Borghetti *et al.* (2004).

Conforme Borghetti *et al.* (2004), em uma perfuração de um aquífero confinado a água subirá do teto, devido à pressão exercida pelo peso das camadas confinantes subjacentes. A altura a que a água sobe chama-se nível potenciométrico e o furo é artesiano. Numa perfuração de um aquífero livre, o nível da água não varia porque

corresponde ao nível da água no aquífero, isto é, a água está à mesma pressão que a pressão atmosférica.

- **Áreas De Recarga e Descarga Do Aquífero**

Um aquífero apresenta um reservatório permanente de água abastecida através da infiltração da chuva e de outras fontes subterrâneas. O rio é um exemplo de reserva reguladora correspondente ao seu escoamento. O abastecimento do aquífero é chamado zona de recarga podendo ser direta ou indireta. O escoamento de parte da água do aquífero ocorre na zona de descarga, é aquela que onde as águas emergem do sistema, alimentando rios e jorrando com pressão por poços artesianos (ANA, 2001).

Os aquíferos podem ser reabastecidos localmente pela infiltração da água das chuvas. É a chamada recarga direta, característica dos aquíferos livres. Já nos aquíferos confinados o mais comum é que aconteça a recarga indireta onde o reabastecimento ocorre somente nos locais onde a camada que contém o aquífero aflora. Esses locais são denominados zona de recarga desses aquíferos. Nos aquíferos fissurais a recarga pode ser direta ou indireta ou ambas de acordo com as condições e local de ocorrência (CAPUCCI *et al.*, 2001).

Zona de Recarga Direta: é aquela onde as águas da chuva se infiltram diretamente no aquífero, através de suas áreas de afloramento e fissuras de rochas subjacentes. Sendo assim, a recarga sempre é direta nos aquíferos livres, ocorrendo em toda a superfície acima do lençol freático. Nos aquíferos confinados, o reabastecimento ocorre preferencialmente nos locais onde a formação portadora de água aflora à superfície. Zona de Recarga Indireta: são aquelas onde o reabastecimento do aquífero se dá a partir da drenagem (filtração vertical) superficial das águas e do fluxo subterrâneo indireto, ao longo do pacote confinante subjacente, nas áreas onde a carga potenciométrica favorece os fluxos descendentes (ANA, 2001).

As taxas de recarga ocorrem maiores em regiões planas, bem arborizadas, e nos aquíferos livres. Nas regiões com relevo acidentado, sem cobertura vegetal, ficam sujeitas a práticas de uso e ocupação que favorecem as enxurradas, ocorrendo mais lentamente e de maneira limitada (REBOUÇAS *et al.*, 2002).

- **Funções Dos Aquíferos**

Os aquíferos podem cumprir várias funções, dentre elas: função de produção, de filtro, de transporte ou função energética, conforme descrito no Quadro 4.

Quadro 4- Funções dos Aquíferos.

FUNÇÕES DOS AQUÍFEROS	
<p>FUNÇÃO DE PRODUÇÃO</p> <p>Corresponde à sua função mais tradicional de produção de água para o consumo humano, industrial ou irrigação.</p>	<p>FUNÇÃO DE ESTOCAGEM E REGULARIZAÇÃO</p> <p>Utilização do aquífero para estocar excedentes de água que ocorrem durante as enchentes dos rios, correspondentes à capacidade máxima das estações de tratamento durante os períodos de demanda baixa, ou referentes ao reuso de efluentes domésticos e/ ou industriais.</p>
<p>FUNÇÃO DE FILTRO</p> <p>Corresponde à utilização da capacidade filtrante e de depuração bio-geoquímica do maciço natural permeável. Para isso, são implantados poços a distâncias adequadas de rios perenes, lagoas, lagos ou reservatórios, para extrair água naturalmente clarificada e purificada, reduzindo substancialmente os custos dos processos convencionais de tratamento.</p>	<p>FUNÇÃO AMBIENTAL</p> <p>A hidrogeologia evoluiu de enfoque naturalista tradicional (década de 40) para hidráulico quantitativo até a década de 60. A partir daí, desenvolveu-se a hidroquímica, em razão da utilização intensa de insumos químicos nas áreas urbanas, indústrias e nas atividades agrícolas. Na década de 80 surgiu a necessidade de uma abordagem multidisciplinar integrada da geohidrologia ambiental.</p>

<p style="text-align: center;">FUNÇÃO TRANSPORTE</p> <p>O aquífero é utilizado como um sistema de transporte de água entre zonas de recarga artificial ou natural e áreas de extração excessiva.</p>	<p style="text-align: center;">FUNÇÃO ESTRATÉGICA</p> <p>A água contida em um aquífero foi acumulada durante muitos anos ou até séculos e é uma reserva estratégica para épocas de pouca ou nenhuma chuva. O gerenciamento integrado das águas superficiais e subterrâneas de áreas metropolitanas, inclusive mediante práticas de recarga artificial com excedentes da capacidade das estações de tratamento, os quais ocorrem durante os períodos de menor consumo, com infiltração de águas pluviais e esgotos tratados, originam grandes volumes hídricos. Esses poderão ser bombeados para atender o consumo essencial nos picos sazonais de demanda, nos períodos de escassez relativa e em situações de emergência resultantes de acidentes naturais, como avalanches, enchentes e outros tipos de acidentes que reduzem a capacidade do sistema básico de água da metrópole em questão.</p>
<p style="text-align: center;">FUNÇÃO ENERGÉTICA</p> <p>A utilização de água subterrânea aquece da pelo gradiente geotermal como fonte de energia elétrica ou termal.</p>	<p style="text-align: center;">FUNÇÃO MANTENEDORA</p> <p>Mantém o fluxo de base dos rios.</p>

Fonte: Rebouças *et al.* (2002).

Além de suprir água suficiente para manter os cursos de águas superficiais estáveis (função de produção), os aquíferos também ajudam a evitar seu transbordamento, absorvendo o excesso da água da chuva intensa (função de regularização). Na Ásia tropical, onde a estação quente pode durar até 9 meses e onde as chuvas de monção podem ser bastante intensas, esse duplo serviço hidrológico é crucial (SAMPAT, 2001).

Segundo Tucci (2000), os aquíferos também proporcionam uma forma de armazenar água doce sem muita perda pela evaporação - outro serviço particularmente valioso em regiões quentes, propensas à seca, onde essas perdas podem ser extremamente altas. Na África, por exemplo, em média, um terço da água extraída de reservatórios todo ano perde-se pela evaporação. Os pântanos, habitats importantes para as aves, peixes e outras formas de vida silvestre, nutrem-se, normalmente, de água subterrânea, onde o lençol freático aflora à superfície em ritmo constante. Onde há muita exaustão de água subterrânea, o resultado é frequentemente, leitos secos de rios e pântanos ressecados.

2.5 BACIAS HIDROGRÁFICAS DO TOCANTINS

A bacia hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia possui uma área de mais de 960 mil quilômetros quadrados e abrange os territórios dos estados de Goiás, Tocantins, Pará, Maranhão, Mato Grosso e Distrito Federal. É formada por diversos rios. Os principais são abordados neste estudo, quais sejam: Rio Tocantins, Araguaia e o Rio das Mortes (ANA, 2005).

A Administração das Hidrovias do Tocantins e Araguaia é gerida pela AHITAR e realiza obras de melhoria e viabilidade necessárias, a extensão futura dessa hidrovia pode alcançar aproximadamente 3 mil quilômetros, atravessando as regiões Centro Oeste e Norte do país, ligando o Brasil Central aos portos de Belém-PA e Vila do Conde-PA, bem como aos de Itaqui-MA e Ponta da Madeira-MA através da Estrada de Ferro Carajás, conforme aponta agência Nacional de Águas (ANA, 2005).

Figura 6- Atlas nacional do Brasil: Caracterização da Região Hidrográfica do Tocantins/Araguaia.



Fonte: IBGE (2000).

Segundo Eiten (1994) *apud* Pedroso (2004); Machado *et al.* (2008) a área de abrangência da Bacia do Tocantins-Araguaia é caracterizada, em quase sua totalidade, pelo bioma do Cerrado, que apresenta clima tropical com precipitação variando de 750 a 2.000 milímetros por ano, em média. O Cerrado é uma das áreas mais propícias à produção de alimentos em todo o mundo devido à intensidade da luz solar e a outros fatores favoráveis, como solo, topografia e água. Aproximadamente 18 milhões de habitantes vivem nessa área. Considerando esses fatores, a região consiste em uma zona de frente de expansão em desenvolvimento, com vasta potencialidade para o crescimento econômico.

Com uma extensão total de 2.250 quilômetros, a Hidrovia Tocantins-Araguaia é navegável em três trechos: no Rio das Mortes (afluente da margem esquerda do Rio Araguaia), no Rio Araguaia e no Rio Tocantins. O trecho do Rio das Mortes tem início na cidade de Nova Xavantina-MT e vai até a confluência desse rio com o Araguaia, numa extensão de 580 quilômetros (ANTAQ, 2013). Há, segundo Oliva (2009), 1.300 quilômetros de potencial navegável nessa hidrovia.

No Rio Araguaia, o trecho navegável vai desde a cidade de Aruanã (GO) até a cidade de Xambioá (TO), numa extensão de 1.230 quilômetros. Por fim, no trecho do Rio Tocantins, a porção navegável se inicia na cidade de Miracema do Tocantins e vai até a foz do rio, no Pará, numa extensão aproximada de 440 quilômetros (ANTAQ, 2013).

Figura 7- Ilha do Bananal.



O Rio Araguaia, juntamente com o Javaé, envolve a maior ilha fluvial do mundo: a Ilha do Bananal, que tem 350 quilômetros de comprimento e 80 quilômetros de largura (FRANCISCO, 2015). Os rios da Bacia Tocantins-Araguaia são de extrema importância para a população desse Estado. Cerca de 8 milhões de pessoas residem na área dessa bacia. O potencial hidrelétrico é aproveitado através da construção de várias usinas hidrelétricas, como a da Serra da Mesa, Tucuruí, Canabrava, entre outras. A mineração e a agropecuária são as principais atividades responsáveis pela poluição dos rios da Bacia Tocantins-Araguaia (RODRIGUES, 2003).

Porto Nacional, denominado portal da Amazônia, teve o seu desenvolvimento nos sertões do Brasil Central pelos caminhos da exploração dos minerais e da agropecuária extensiva. O povoado de Porto Nacional nasceu na última década do século XVIII e início do século XIX. Um Português chamado Félix Camoa construiu seu casebre num plano elevado com medo dos “gentios”, em caso de ataque ele se refugiava em uma das ilhas do Rio Tocantins que ficava em frente. Ele começou a explorar a atividade de transportar os passageiros entre as duas margens do Tocantins. Uns buscando as ricas minas de ouro do arraial de Nossa Senhora do Carmo e outros, a importância do movimentado arraial Bom Jesus do Pontal, que por determinação de Sua Alteza, mantinha em suas terras o temido “Presídio Matança” (PARENTE, 1999; PORTO NACIONAL, 2013).

Assim, inúmeros casebres começaram a desenhar um pequeno aglomerado humano, abrigando ali agricultores, pescadores, trabalhadores preparados para o transporte de cargas em direção aos dois arraiais, e mineradores, muito mineradores; na busca diuturna das mais espetaculares pepitas de ouro já encontradas em toda região. “Esta riqueza brotava em abundância das entranhas das terras portuenses e carmelitanas, irradiando luz, brilho e muita luminosidade, feito pedras de fogo” (RODRIGUES, 2003).

Figura 8- Rio Tocantins.



Fonte: Arquivo Próprio (2021).

Figura 9- Ponte de Porto Nacional Sobre o rio Tocantins.



Fonte: Arquivo Próprio (2021).

2.6 POÇOS

Os primeiros registros do aproveitamento da água subterrânea são incertos, datando aproximadamente de 2 mil a.C., relatando construções de poços e túneis, ou seja, sistemas que possuíam uma interconexão entre poços através de túneis, conhecidos como "*qanats*" ou "*kanats*". Estes sistemas de captação foram construídos inicialmente na Pérsia, atualmente Iran, estendendo-se por todas as regiões vizinhas da Península Arábica, até a Europa, e provavelmente indícios de terem influência na região da América do Sul e Central, como no México e Peru. Estas formas de captações de águas receberam diversos nomes como *kettara*, *foggara*, *kizamá*, *fagir*, *jattará*, *mayrá*, *puquio* dentre outras variações nos dialetos existentes nas diversas regiões em que foram construídos (TOLMAN, 1937; LIGHTFOOT, 2000; WESSELS, 2005; ABDIN, 2006).

Todd (1959) apresenta a definição de poço d'água como sendo um furo ou cava, geralmente vertical, escavado no terreno para trazer água subterrânea até a superfície. O mesmo classifica os poços como poços rasos e poços perfurados. Segundo ele um poço raso pode ser, escavado, perfurado, cravado ou lavado. Os poços profundos são tidos como os que são perfurados por métodos de percussão rotativos hidráulicos ou rotativos reversos. Classificação de poços para a captação de águas subterrâneas (FIGURA 11):

Figura 10- Classificação dos Poços.

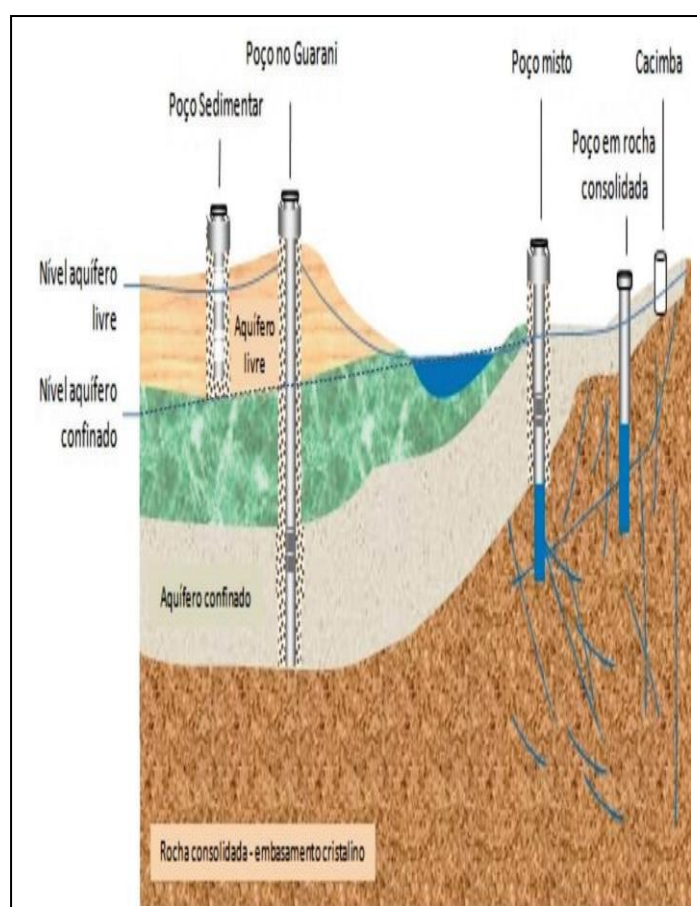
Poço	Escavado: diâmetro > 0,5 m	Cacimba: diâmetro > 0,5 m e que não possui revestimento em sua parede. Cacimbão: diâmetro > 1 m e ≤ 5 m, com revestimento parcial ou total em sua parede. Amazonas: diâmetro > 5m e com revestimento parcial ou total em sua parede.
	Tubular: diâmetro < 0,5 m e revestido com tubos.	Freático: capta água de aquíferos livres. Artesiano: nível potenciométrico está acima da camada confinante. (I)Artesiano não jorrante: nível potenciométrico está abaixo da cota do terreno. (II)Artesiano jorrante: nível potenciométrico está acima da cota do terreno.

Fonte: Vasconcelos (2014).

Um poço artesiano perfurado de acordo com as normas técnicas e dentro de uma tecnologia que possibilite a maior segurança possível poderá oferecer condições totais de aproveitamento da água subterrânea, apresentando as seguintes vantagens: Abastecimento para todos os fins: cidades, residências, hotéis, indústrias, fazendas, hospitais e escolas; Custo por m³ inferior a qualquer outra forma de abastecimento; Suprimento constante de água independente das redes gerais de abastecimento, livre de defeitos, rompimentos de canalizações e cortes temporários; fim dos problemas de estiagem (TUNDISI, 2003).

Devido à sua grande profundidade, os aquíferos estão protegidos da contaminação pelo homem, e, muitas vezes, não é necessário tratamento antes do consumo (GRAY, 1994). De acordo com Azevedo Netto e Alvarez (1991) *apud* Azevedo (2004) as perfurações de poços tubulares profundos devem ser feitas em áreas onde há um potencial hídrico subterrâneo conhecido e que esse potencial seja suficiente para atender a uma necessidade.

Figura 11- Tipos De Poços Para A Captação Das Águas Subterrâneas.



Fonte: Gonçalves e Giampa (2013).

2.7 QUALIDADE, POTABILIDADE, DADOS E PARÂMETROS, FONTES DE CONTAMINAÇÃO E LEGISLAÇÃO SOBRE ÁGUAS

A intensidade da atividade econômica (expansão urbana, indústria, serviços e agropecuária) tem levado aos conflitos de uso da água, assim como a má utilização e o desflorestamento das margens ciliares e dos contribuintes do reservatório podem provocar modificações na qualidade da água de tal maneira, que a exploração do manancial pode ficar comprometida temporária ou definitivamente (MOTA, 1999).

Sperling (1996) afirma que em ecossistemas aquáticos, as principais fontes produtoras de oxigênio são a reaeração atmosférica e a fotossíntese, enquanto as principais fontes de consumo são a oxidação da matéria orgânica dissolvida e presente no sedimento (demanda bentônica) e a nitrificação.

Segundo Tundisi (2003) a água nutre as florestas, mantêm a produção agrícola, assim como, a biodiversidade nos sistemas terrestres e aquáticos. Portanto, os recursos hídricos superficiais são recursos estratégicos para a vida do Planeta Terra. Segundo Sperling (2005), a poluição das águas é a adição de substâncias ou de formas de energia que direta ou indiretamente, alteram a natureza do corpo hídrico, prejudicando os legítimos usos que dele são feitos. Pontieri *et al.* (2008) afirma que as alterações na quantidade, distribuição e qualidade dos recursos hídricos, ameaçam a sobrevivência humana e as demais espécies do planeta. Desta maneira, os principais parâmetros que indicam poluição nos recursos hídricos são: Temperatura da água, Potencial hidrogeniônico, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido (TUCCI, 2004).

A potabilidade da água envolve aspectos físicos, químicos e biológicos. Destaca-se para os poços rasos, perfurados no aquífero freático, os parâmetros microbiológicos, especialmente, as bactérias heterotróficas e os coliformes (SANT'ANNA *et al.*, 2003; BRASIL, 2006; BARBOSA *et al.*, 2009). Conforme Brasil (2011) a Portaria MS Nº 2.914 de 12/12/2011 art. 5º, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Para os fins desta Portaria, são adotadas as seguintes definições (QUADRO 5).

Quadro 5- Qualidade da Água Para Consumo Humano e Seu Padrão de Potabilidade.

Qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade	
I - água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;	II - água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde;
III - padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido nesta Portaria;	IV - padrão organoléptico: conjunto de parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde;
V - água tratada: água submetida a processos físicos, químicos ou combinação destes, visando atender ao padrão de potabilidade;	VI - sistema de abastecimento de água para consumo humano: instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição;
VII- solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano: modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição;	VIII - solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano: modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares;
IX - rede de distribuição: parte do sistema de abastecimento formada por tubulações e seus acessórios, destinados a distribuir água potável, até as ligações prediais;	X - ligações prediais: conjunto de tubulações e peças especiais, situado entre a rede de distribuição de água e o cavalete, este incluído;
XI - cavalete: kit formado por tubos e conexões destinados à instalação do hidrômetro para realização da ligação de água;	XII - interrupção: situação na qual o serviço de abastecimento de água é interrompido temporariamente, de forma programada ou emergencial, em razão da necessidade de se efetuar reparos, modificações ou melhorias no respectivo sistema;
XIII - intermitência: é a interrupção do serviço de abastecimento de água, sistemática ou não, que se repete ao longo de determinado período, com duração igual ou superior a seis horas em cada ocorrência;	XIV - integridade do sistema de distribuição: condição de operação e manutenção do sistema de distribuição (reservatório e rede) de água potável em que a qualidade da água

	produzida pelos processos de tratamento seja preservada até as ligações prediais;
XV - controle da qualidade da água para consumo humano: conjunto de atividades exercidas regularmente pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, destinado a verificar se a água fornecida à população é potável, de forma a assegurar a manutenção desta condição;	XVI - vigilância da qualidade da água para consumo humano: conjunto de ações adotadas regularmente pela autoridade de saúde pública para verificar o atendimento a esta Portaria, considerados os aspectos socioambientais e a realidade local, para avaliar se a água consumida pela população apresenta risco à saúde humana;
XVII - garantia da qualidade: procedimento de controle da qualidade para monitorar a validade dos ensaios realizados;	XVIII - recoleta: ação de coletar nova amostra de água para consumo humano no ponto de coleta que apresentou alteração em algum parâmetro analítico; e
XIX - passagem de fronteira terrestre: local para entrada ou saída internacional de viajantes, bagagens, cargas, contêineres, veículos rodoviários e encomendas postais.	

Fonte: Brasil (2011).

Segundo Sperling (1996), a qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. Mesmo com a bacia preservada em suas condições naturais, a qualidade das águas subterrâneas é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica. O impacto ocorre devido o contato da água em escoamento ou infiltração com as partículas, substâncias e impurezas do solo.

O crescente aumento do consumo da água, seja pelo aumento da população ou pelas taxas de consumo *per capita*, é responsável pelo uso cada vez mais intensivo dos recursos hídricos subterrâneos. Poços rasos ou profundos, tubulares ou escavados são utilizados para captar a água subterrânea. Em alguns casos, verifica-se a super exploração de alguns mananciais, isto é, as taxas de bombeamento, consideradas insustentáveis, são superiores aquelas de recarga natural. Adicionalmente, as águas subterrâneas estão cada vez mais poluídas, sendo as principais fontes os efluentes domésticos, industriais e agrícolas (HELLER e PÁDUA, 2006).

Como a recarga das águas no subsolo ocorre, na maioria dos casos, devido à infiltração da água de chuva em excesso no solo, atividades realizadas neste solo podem ameaçar a qualidade da água subterrânea. A poluição de aquíferos ocorre onde o descarte da carga contaminante gerada pelas atividades antrópicas (urbana, industrial, agrícola, mineradora) é inadequadamente controlada e certos componentes excedem a capacidade de atenuação das camadas do solo (RIBEIRO *et al.*, 2007).

Estes representam fontes de contaminação das águas subterrâneas por bactérias e vírus patogênicos, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas (SILVA e ARAÚJO, 2003). O termo *poluição* pode ser definido como alteração nas características físicas, químicas ou biológicas de águas naturais decorrentes de atividades humanas (TUCCI, 2000).

As atividades antrópicas representam risco aos aquíferos e à qualidade das águas subterrâneas. São descritas, a seguir, as principais fontes potenciais de contaminação do manancial subterrâneo (RIBEIRO *et al.*, 2007), conforme Figura 12 e Quadro 6.

Figura 12- Contaminação das Águas Subterrâneas.



Fonte: Azambujo e Santos (2008).

Quadro 6- Principais Fontes de Contaminação do Manancial Subterrâneo.

Fontes Potenciais de Contaminação do Manancial Subterrâneo	
<p>Construção dos Poços</p> <p>A Resolução nº 15 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos CNRH de (2001), considera que toda empresa que execute perfuração de poço tubular profundo deverá ser cadastrada junto aos conselhos regionais de engenharia, arquitetura e agronomia e órgãos estaduais de gestão de recursos hídricos, e apresentar as informações técnicas necessárias, semestralmente e sempre que solicitado.</p>	<p>Saneamento</p> <p>Cabe ressaltar que a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde considera que em poços, fontes e nascentes, tolera-se a presença de coliformes totais, na ausência de <i>Escherichia Coli</i>, ou, coliformes termotolerantes, desde que sejam investigadas a origem da ocorrência e tomadas providências imediatas de caráter corretivo e preventivo e realizada nova análise de coliformes.</p>
<p>Resíduos Sólidos</p> <p>Os aterros sanitários exigem a impermeabilização do terreno, sistema de drenagem, cobertura do material depositado, tratamento do chorume e captação dos gases produzidos pela decomposição do lixo. O lixão é uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública.</p>	<p>Agricultura</p> <p>Os três principais nutrientes exigidos pelas culturas são o nitrogênio (N), potássio (K₂O) e fósforo (P₂O₅). A utilização por área destes fertilizantes no Brasil, para o ano de 2002, foi de 33,93 kg/ha de nitrogênio, 52,50 kg/ha de fósforo e 57,19 kg/ha de potássio, totalizando 143,62 kg/ha (IBGE, 2002). O uso intensivo destes compostos nas culturas favorece o aparecimento destes compostos nas águas subterrâneas.</p>
<p>Indústria</p> <p>A existência de uma área contaminada pode causar restrições ao uso do solo e danos ao patrimônio público e privado, com a desvalorização das propriedades CETESB (2004).</p>	<p>Postos de combustíveis</p> <p>Os hidrocarbonetos que compõe o petróleo são amplamente utilizados na indústria e no transporte. A produção, manuseio e transporte de combustíveis envolvem o uso de tanques de armazenamento que são suscetíveis a vazamentos e acidentes que representam sério risco ambiental e à saúde humana.</p>

<p>Mineração</p> <p>A atividade mineradora é amplamente distribuída no território nacional e explora os mais diversos minérios. Os seus impactos sobre o meio ambiente, de forma geral, são bem conhecidos e incluem a contaminação de solo, ar, sedimentos, desmatamento e poluição sonora.</p>	<p>Cemitérios</p> <p>A contaminação de águas subterrâneas por cemitérios está relacionada à alteração da qualidade química das águas e da presença de microrganismos existentes nos corpos em decomposição. As doenças de veiculação hídrica, que causam fortes distúrbios gastrintestinais, tais como vômitos, cólicas e diarreias, hepatite, leptospirose, febre tifoide e a cólera.</p>
---	---

Fonte: Ribeiro *et al.* (2007).

O grupo coliforme compreende os bacilos Gram negativos, oxidase negativos, fermentadores da lactose com produção de gás a 35°C em 48h, e é formado pelos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, entre outros. As bactérias do grupo coliforme estão presentes no intestino humano e de animais de sangue quente, sendo eliminadas nas fezes em números elevados (10⁶ a 10⁸ /g) (APHA, 1992).

Neste caso, a avaliação da presença dos coliformes termotolerantes na água tem importância pelo fato de nesse grupo estar inserido a bactéria *Escherichia Coli*, nitidamente considerada como um indicador de presença fecal. O grau de contaminação das águas é usualmente aferido com base na densidade de organismos indicadores, no pressuposto de que há uma relação semiquantitativa à presença de microrganismos patogênicos (BRASIL, 2006).

Relacionado à qualidade da água adequada para consumo humano, a obrigação em legislar está a cargo do MS. Relativo a esta matéria, está em vigor a Portaria MS Nº 2914/2011 de 12 de dezembro de 2011. Essa portaria dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011).

Tabela 1- Padrão Microbiológico de Potabilidade. Portaria MS nº 2914/2011.

Parâmetro	VMP ¹
Água para consumo humano²	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes³	Ausência em 100ml
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes³	Ausência em 100ml
Coliformes totais	
Sistemas que analisam até 40 amostras por mês	Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas
Sistemas que analisam mais de 40 amostras por mês	Apenas uma amostra poderá mensalmente apresentar resultado positivo em 100ml

Fonte: Brasil (2011).

A tabela 2 apresenta uma relação de organismos patogênicos e respectivas características, organizadas de forma a facilitar a visualização da importância relativa de cada um na transmissão de doenças via abastecimento de água. Em linhas gerais, pode-se dizer que os seguintes fatores favorecem a transmissão: sobrevivência prolongada na água; possibilidade de reprodução na água, particularmente em sistemas de distribuição; resistência elevada à desinfecção; baixa dose infectante; existência de múltiplos focos de contaminação, por exemplo, reservatórios animais (OMS, 1995).

Tabela 2-Organismos Patogênicos de Veiculação Hídrica e Transmissão Fecal-oral e sua Importância para o Abastecimento.

Agente patogênico	Importância para a saúde	Persistência na água ^a	Resistência ao cloro ^b	Dose infecciosa relativa ^c	Reservatório animal importante
Bactérias					
<i>Campylobacter jejuni, C. coli</i>	Considerável	Moderada	Baixa	Moderada	Sim
<i>Escherichia coli</i> patogênica	Considerável	Moderada	Baixa	Alta	Sim
<i>Salmonella typhi</i>	Considerável	Moderada	Baixa	Alta ^d	Não
Outras salmonelas	Considerável	Prolongada	Baixa	Alta	Sim
<i>Shigella spp.</i>	Considerável	Breve	Baixa	Moderada	Não
<i>Vibrio cholerae</i>	Considerável	Breve	Baixa	Alta	Não
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Considerável	Prolongada	Baixa	Alta (?)	Sim
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ^a	Moderada	Podem multiplicar-se	Moderada	Alta (?)	Não
<i>Aeromonas spp.</i>	Moderada	Podem multiplicar-se	Baixa	Alta (?)	Não
Vírus					
Adenovírus	Considerável	?	Moderada	Baixa	Não
Enterovírus	Considerável	Prolongada	Moderada	Baixa	Não
Hepatite A	Considerável	?	Moderada	Baixa	Não
Hepatite transmitida por via entérica, hepatite E	Considerável	?	?	Baixa	Não
Vírus de Norwalk	Considerável	?	?	Baixa	Não
Rotavírus	Considerável	?	?	Moderada	Não (?)
Protozoários					
<i>Entamoeba histolytica</i>	Considerável	Moderada	Alta	Baixa	Não
<i>Giardia lamblia</i>	Considerável	Moderada	Alta	Baixa	Sim
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Considerável	Prolongada	Alta	Baixa	Sim

Fonte: OMS (1995)

De acordo com Brasil (2011) a Portaria MS Nº 2914/2011 de 12 de dezembro de 2011 em seu Art. 13 determina as responsabilidades das operadoras do sistema de abastecimento, (QUADRO 8).

Quadro 7- Responsabilidades das Operadoras do Sistema de Abastecimento.

Responsabilidades das Operadoras do Sistema de Abastecimento
--

Exercer o controle da qualidade da água;

Garantir a operação e a manutenção das instalações destinadas ao abastecimento de água potável em conformidade com as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e das demais normas pertinentes;

Encaminhar à autoridade de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios relatórios das análises dos parâmetros mensais, trimestrais e semestrais com informações sobre o controle da qualidade da água, conforme o modelo estabelecido pela referida autoridade;

Contribuir com os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos por meio de ações cabíveis para proteção dos mananciais de abastecimentos e das bacias hidrográficas;

Proporcionar mecanismos para recebimento de reclamações e manter registros atualizados sobre a qualidade da água distribuída, sistematizando-os de forma compreensível aos consumidores e disponibilizando-os para pronto acesso e consulta pública, em atendimento às legislações específicas de defesa do consumidor.

Fonte: Brasil (2011).

De acordo com a OMS (1995) os riscos à saúde impostos pelas substâncias químicas (de efeito crônico e longo prazo, por vezes não muito bem fundamentados do ponto de vista toxicológico e epidemiológico) e não devem ser comparados aos riscos microbiológicos de transmissão de doenças (de efeito agudo e curto prazo, inquestionáveis e de grande impacto). Em termos gerais, guardada a importância relativa e específica de cada um, a garantia da qualidade microbiológica da água deve receber prioridade.

2.8 BALNEABILIDADES

A Balneabilidade é responsável por fazer a mensuração da situação das águas voltadas para atividades de contato primário, compreendido como o contato objetivo e estendido com água, como nadar, mergulhar, esquiar, dentre outras atividades. Nessas atividades, o indivíduo que está em contato com a água, possui grandes chances de ingerir quantidades significativas de água. Já para atividade de contato secundário, é compreendido como o contato eventual ou acidental com a água, configurando, dessa forma, uma baixa possibilidade de ingerir água (SEMA, 2010).

De acordo com, Benetti e Bidone (2013), ressalta que quando em contato direto, a qualidade da água necessita de condições mais singulares, pois o banhista pode expor-se a altos riscos de contaminações, visto que o corpo hídrico pode estar contaminado com elementos não pertencentes ao mesmo. Já no caso do contato indireto, não há necessidade de condições tão específicas, embora não seja descartada as avaliações de sua qualidade.

A análise da balneabilidade consiste basicamente, na avaliação da qualidade das águas para fins de recreação de contato primário, através dos indicadores microbiológicos (CETESB, 2021).

- **CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO**

O processo da avaliação da balneabilidade requer o estabelecimento de critérios objetivos, baseado em índices microbiológicos que determinam os indicadores a serem monitorados e os seus valores, confrontados com padrões preestabelecidos pela Resolução nº 274/2000 (CONAMA, 2000).

Neste segmento, busca-se fazer a relação entre a existência de indicadores de poluição fecal no ambiente aquático e a ameaça potencial de adquirir doenças graves por meio da utilização da água para recreação (CETESB, 2004). A Resolução nº 274/2000 define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras de maneira que possam garantir as condições de recreações de contato primário e analisar o desenvolvimento da qualidade das águas comparados aos níveis estabelecidos (CONAMA, 2000).

De acordo com a Resolução (CONAMA 2000), as águas consideradas próprias podem ser divididas em três categorias: Excelente, Muito Boa e Satisfatória, segundo as densidades de coliformes fecais ou *Escherichia coli*, em Número Mais Provável (NMP), resultantes de análises, conforme Quadro 8.

Quadro 8-Classificação da água em relação à balneabilidade segundo a Resolução 274.

CATEGORIA	LIMITES NMP/100ML
Excelente	250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 <i>Escherichia Coli</i> .

Muito Boa	500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 <i>Escherichia Coli</i> .
Satisfatória	1000 coliformes fecais(termotolerantes) ou 800 <i>Escherichia Coli</i> .

Fonte: Resolução CONAMA nº274/2000.

De acordo com Nemetz (2004), os Programas de Balneabilidade através do monitoramento das águas costeiras levam em consideração a presença das bactérias do grupo dos coliformes, pois são elas indicadores de poluição microbiológica por estarem presentes nas fezes de animais de sangue quente.

Os órgãos de controle ambiental são responsáveis pela divulgação das condições de balneabilidade das praias e dos balneários e pela inspeção da aplicação e cumprimento desta resolução (CONAMA, 2000).

• QUALIDADE DA ÁGUA

Segundo Sperling (2005), o conceito de qualidade da água é muito mais abrangente do que a reducionista caracterização da água como sendo apenas uma fórmula molecular H₂O, pois isso quer dizer que a água, por causa de suas propriedades de solvente e à sua capacidade de transportar partículas, incorpora a si diversas impurezas, as quais definem a qualidade da água.

Para que haja um uso eficiente da água, aproveitando-se o ápice de seus benefícios é necessário que a mesma esteja em condições adequadas, ou seja, limpa e com concentração equilibrada de determinados componentes (SANTOS, 2010).

A qualidade da água pode ser simbolizada por meio de várias normas que elucidam as suas características: físicas, químicas e biológicas. Essas características são resultantes de uma sequência de processos que acontecem dentro da água e na bacia hidrográfica como decorrência da eficácia de dissolução e de locomoção de substâncias através do escoamento superficial e subterrâneo (LIBÂNIO, 2008).

Segundo Tundisi (2003), a água sempre foi de suma importância para o desenvolvimento e crescimento econômico devido aos diversos usos a que se destina. Dentre as diferentes finalidades que a água tem podemos destacar o uso doméstico, industrial, agrícola e para geração de energia. Dessa forma, conforme tais atividades

cresçam, o consumo de água cresce e esse aumento tem sido cada vez mais acelerado, gerando uma demanda cada vez maior de água em condições de uso.

Dessa forma, a qualidade da água se torna frágil às posições ambientais em que está inserida, sendo a sua conservação, uma essencialidade abrangente e, que precisa muito de atenção de quem a consome, assim como dos responsáveis pela sociedade (D'AGUILA et al., 2000).

Os principais fatores responsáveis pela qualidade da água podem ocorrer através de consequências das condições naturais ou fatores causados pelo homem. O primeiro fator é pontuado pelo autor considerando que mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, a qualidade das águas é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica. O segundo fator pontua sobre a interferência dos seres humanos, pois a interferência do homem, seja de uma maneira concentrada, como na aplicação de defensivos agrícolas no solo contribui na introdução de compostos na água, afetando a sua qualidade (SPERLING, 2005).

• INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA

Os indicadores de qualidade da água estão diretamente associados a práticas de monitoramento que precisam ser realizadas para depois ser escolhida a que possui a maior probabilidade de demonstrar as mudanças que ocorrem na água (TOLEDO e NICOLELLA, 2002).

Segundo Brasil (2006), um indicador perfeito precisaria seguir as seguintes exigências: possuir naturalidade puramente fecal; possuir uma resistência maior que os patogênicos aos efeitos antagônicos do meio ambiente e aos procedimentos de tratamentos; apresentar-se em maiores quantidades que os patogênicos; ser facilmente identificável e não se multiplicar no meio ambiente.

A Resolução 357/2005, define as condições e padrões de qualidade da água (CONAMA, 2005):

- a) Não verificação de efeito tóxico crônico a organismos;
- b) Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- c) Óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) Substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

- e) Corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
- f) Resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- g) Coliformes termotolerantes:

Para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade (Resolução N°274/2000); para os demais usos, os valores devem ser menores a 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral competente;

- h) DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O₂;
- i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂;
- j) Turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);
- k) Cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L e l)

pH: 6,0 a 9,0.

As principais doenças associadas à água são causadas por bactérias e vírus. A sobrevivência desses microrganismos depende da qualidade da água em relação a temperatura, quantidade de oxigênio, turbidez e nutrientes presentes na água. Os patógenos podem estar aderidos nas partículas de areia e sedimentos ocasionando o aumento da concentração desses organismos em rios e lagos (HERMES e SILVA, 2004).

• DEGRADAÇÃO E FONTES DE POLUIÇÃO

Segundo Cruz *et al.* (2008), a degradação ambiental é a alteração das condições naturais, causadas por vários fatores que ocorrem desordenadamente, como o crescimento populacional, crescimento econômico, pobreza, avanço agrícola, entre outros. Dentre os principais meios de degradação são desmatamentos e queimadas, com intuito de aumentar áreas limpas para implantação de indústrias, cultivo agrícola e pecuária.

Com o aumento da poluição e da contaminação hídrica nos últimos anos. O que é gerado devido ao desenvolvimento industrial e do crescimento demográfico que causam a ocupação do solo de maneira rápida e intensa. Esses fatores acabam comprometendo a existência dos recursos hídricos para o consumo humano,

recreação e várias outras atividades elevando o perigo de propagação das doenças de origem hídrica (SOUZA; SILVA, 2005).

Devido aos diversos fatores que agravam a qualidade da água de rios e lagos, como: esgotos domésticos tratados de forma inadequada, controles inadequados dos efluentes industriais, perda e destruição das bacias de captação, localização incorreta de unidades industriais, desmatamento, agricultura migratória sem controle e práticas agrícolas deficientes (MORAES; JORDÃO, 2002).

O saneamento básico está intimamente relacionado à água, pois a mesma apresenta vários nutrientes importantes para garantir uma vida saudável. As doenças de veiculação hídrica representam grande risco à saúde humana. Por conseguinte, é relevante o estabelecimento de políticas de proteção e controle do meio ambiente, em que se enquadram o saneamento básico (HEMPRICH, 2015).

• **PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA FINS DE BALNEABILIDADE**

Decorrente ao aumento do desenvolvimento social, o que é um risco para o meio ambiente, devido as ações desordenadas praticadas pelos seres humanos, os despejos de dejetos sem o devido tratamento, infiltração de produtos tóxicos, entre outras ações. Para garantir o acesso a saúde pública, prevenção e controle de doenças, as ações de saneamento devem estar bem estruturadas. Essa cobertura empregada aos serviços de esgoto sanitário, resíduos sólidos e propriedade da água para o consumo humano apresentam grande insuficiência no Brasil (PEREIRA e TOCCHETTO, 2015).

As atividades turísticas causam impactos ao meio ambiente, caso haja contaminação do recurso hídrico e as recreações acontecem nessas águas, os banhistas estarão susceptíveis a uma série de doenças (LOPES e MAGALHÃES, 2010).

Considerando a necessidade de serem criados instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação aos níveis estabelecidos para a balneabilidade, de forma a assegurar as condições necessárias à recreação de contato primário. Para fins de balneabilidade em águas doces, a resolução CONAMA 274/2000 estabelece que é necessário a realização de avaliações sobre coliformes fecais (termotolerantes) ou *Escherichia coli*.

- **Coliformes fecais (termotolerantes)**

Segundo a Resolução nº 274 do CONAMA (2000), os coliformes fecais (termotolerantes), são bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais caracterizadas pela presença da enzima β -galactosidade e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas à temperatura de 44-45°C em meios contendo sais biliares ou outros agentes tensoativos com propriedades inibidoras semelhantes. Além de presentes em fezes humanas e de animais podem, também, ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica.

Os coliformes fecais termotolerantes são bactérias compostas em sua maior parte, cerca de oitenta por cento, por *Escherichia Coli*, o principal indicador de contaminação fecal (RATTI *et al.*, 2011).

- ***Escherichia Coli (E. coli)***

A Resolução nº 274 do CONAMA (2000), define *Escherichia coli* (*E. coli*), uma bactéria pertencente à família *Enterobacteriaceae*, caracterizada pela presença das enzimas β -galactosidade e β -glicuronidase. Cresce em meio complexo a 44-45°C, fermenta lactose e manitol com produção de ácido e gás e produz indol a partir do aminoácido triptofano. A *Escherichia coli* é abundante em fezes humanas e de animais, tendo, somente, sido encontrada em esgotos, efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente.

2.9 ATUAL SITUAÇÃO HIDROLÓGICA DO TOCANTINS

Além de atender à população, indústrias, agriculturas como forma de irrigação, lazer, etc., o Tocantins tem aproximadamente 47 municípios que são abastecidos pela concessionária e recebe água tratada, sendo feito em torno 350 mil ligações de água. Em todo o Estado distribuídos são 250 pontos de captação divididos em 28 estações de tratamento de água e 222 poços tubulares profundos que produzem 7,2 milhões de m³ de água por mês correndo por mais de 9 mil km de rede. Além disso, os reservatórios e as Estações de Bombeamento têm um controle operacional bem rígido durante todos os dias do ano, garantindo ao consumidor maior tranquilidade quanto

ao abastecimento de água. Conforme dados dessa concessionária de água qualidade da água é controlada durante todo o processo de tratamento, na saída do tratamento, nos reservatórios e no sistema de distribuição, atendendo a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. As análises são realizadas em laboratórios da BRK Ambiental ou por laboratórios terceirizados com comprovada competência (PORTO NACIONAL, 2021).

- **Situação Hidrológica de Porto Nacional – TO**

Conforme o PMAE 2013, a fim de compatibilizar a prestação dos serviços no âmbito municipal com o novo marco legal consistente na Lei Federal nº 11.445/2007, na busca da sua almejada universalização dos serviços. O Plano de Saneamento, nos termos preconizados pela Lei Federal Nº 11.445/07, deverá abranger o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (PORTO NACIONAL, 2013).

Em Porto Nacional, a água é captada através da barragem de acumulação do Ribeirão São João e passa pelos processos de tratamento a seguir: captação, adução, coagulação, dupla filtração, desinfecção, fluoretação, reservação e distribuição. A estação de tratamento está localizada na Rua Contorno, s/nº, Parque Eldorado (PORTO NACIONAL, 2021).

O sistema de tratamento em Escola Brasil funciona em média 12 h/dia, com índice de atendimento de 98% da população e uma produção média de 32,4 m³/dia. A captação é subterrânea e o poço tubular profundo possui profundidade de setenta e oito metros. A água passa pelas seguintes fases: desinfecção e fluoretação. O poço está localizado na Avenida Sete de Setembro, s/n, Centro (PORTO NACIONAL, 2021).

Em Nova Pinherópolis, o sistema de tratamento funciona em média 12h/dia, com índice de atendimento de 98% e uma produção média de 120 m³/dia. A captação é subterrânea e o poço tubular profundo possui profundidade de cem metros. A água passa pelas seguintes fases: desinfecção e fluoretação. O poço está localizado na Avenida B esquina com Avenida N, nº 167, Centro (PORTO NACIONAL, 2021).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Diagnosticar a condição de potabilidade das águas subterrâneas captadas e utilizadas em alguns bairros onde o abastecimento é por meio de poço semi-artesiano ou cacimba e, a qualidade da água para fins de balneabilidade no perímetro da praia Beira Rio, no município de Porto Nacional – TO.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as amostras de água subterrânea e verificar se está apropriada para o consumo humano;
- Realizar análise laboratorial da qualidade da água na praia Beira Rio para fins de balneabilidade, conforme o CONAMA 2000;
- Avaliar a qualidade da água subterrânea e verificar as principais fontes de contaminação;
- Diagnosticar as possíveis fontes de poluição que interfere na qualidade da água da praia Beira Rio;
- Confrontar os dados coletados com a legislação vigente pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde e a literatura técnica.
- Comparar os dados obtidos durante o período de estudo com os padrões estabelecidos pela Resolução 274/2000 do CONAMA.

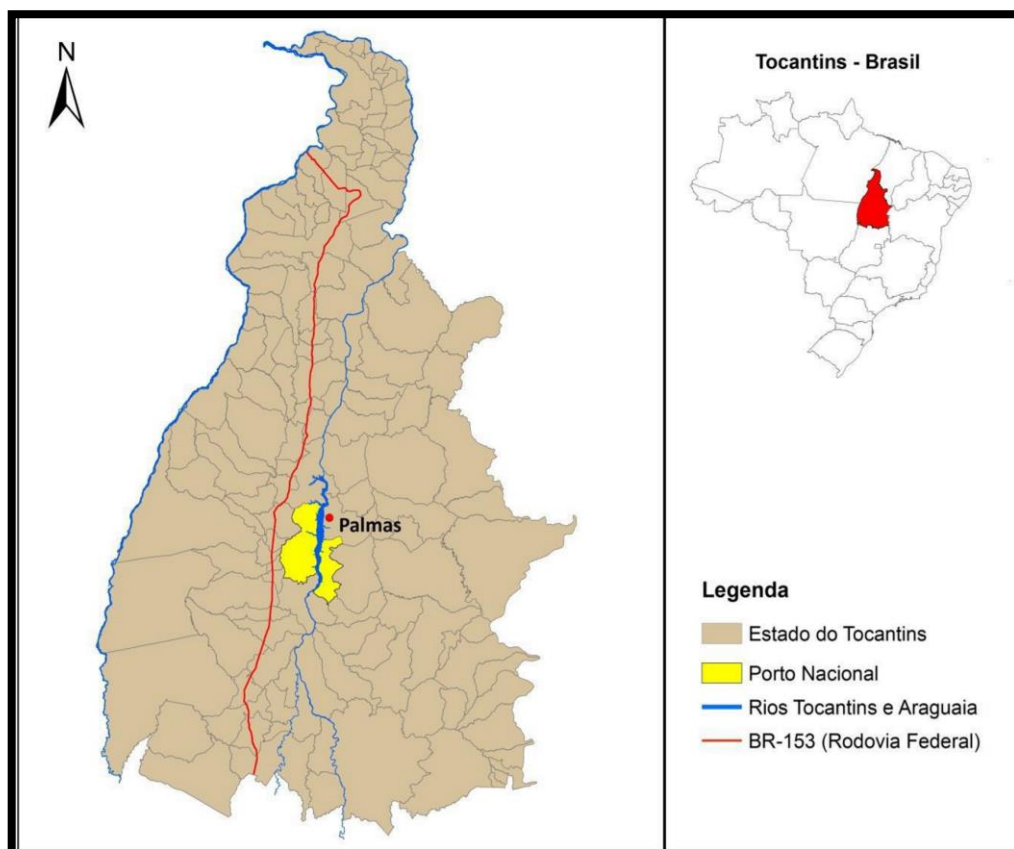
4 METODOLOGIA

4.1 LOCAL DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada no município de Porto Nacional-TO e microrregião. O município de Porto Nacional-TO (FIGURA 13) localiza-se a 64 km da capital Palmas-TO, suas coordenadas geográficas são 10°42'28" Sul e 48°25'01" Oeste, com clima tropical, precipitações em torno de 1.600 mm e temperaturas médias anuais em torno de 26°C e a vegetação predominante é o cerrado. Tem uma área total de 4 449, 918 km², a população estimada no ano de 2021 foi de 52.182 habitantes (IBGE, 2021).

É popularmente denominada de "Capital do Agronegócio", sendo notável pelo potencial agropecuário, possui um clima tropical e na sua vegetação original destaca-se o cerrado, pertence á bacia hidrográfica do rio Tocantins na sua porção ocidental e possui relevo plano, estando a uma altitude de 212 metros (IBGE, 2021).

Figura 13- Localização do Município de Porto Nacional.



Fonte: Porto Nacional (2021).

4.2 ÁREA DE ESTUDO - ÁGUA SUBTERRÂNEA

A área de estudo foi definida através da identificação de residências que utilizam poços para captar água subterrânea para o devido abastecimento, e nos locais onde o abastecimento população é feito por meio de água subterrânea captada de poços.

Os locais definidos foram: Jardim dos Ypês (P1), Nova Capital (P2), Jardim América (P3), Vila Nova (P4), Setor das Mansões (P5), Novo Planalto (P6), Povoado Nova Pinheirópolis (P7) e Povoado Escola Brasil (P8). O quadro a seguir classifica os respectivos poços (QUADRO 9).

Quadro 9- Classificação dos Poços Analisado.

Poços	Classificação
Jardim dos Ypês (P1)	poço semi-artesiano
Nova Capital (P2)	poço semi-artesiano
Jardim América (P3)	poço semi-artesiano
Vila Nova (P4)	poço semi-artesiano
Setor das Mansões (P5)	poço escavado/raso/cacimba
Novo Planalto (P6)	poço escavado/raso/cacimba
Nova Pinheirópolis (P7)	poço semi-artesiano
Povoado Escola Brasil (P8)	poço semi-artesiano

Fonte: Elaboração Própria (2021).

• COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS

As coletas de amostra de água subterrânea para análises laboratoriais foram divididas em duas etapas, a primeira etapa foi executada em setembro de 2021 e a segunda etapa foi executada nos meses de novembro 2021.

Foram feitas análises físico-químicas e microbiológica, os parâmetros físico-químicos analisados foram: *pH*, condutividade elétrica, turbidez e temperatura, e para as análises microbiológica os parâmetros foram: Coliformes Termotolerantes Totais, *Escherichia Coli*. Esses parâmetros foram escolhidos para se ter uma base da potabilidade da água subterrânea em regiões distintas de Porto Nacional-TO.

- **Primeira Etapa**

Na primeira etapa foi coletado as amostras de água subterrânea dos bairros: Povoado Nova Pinheirópolis (P7) e Povoado Escola Brasil (P8). Para a coleta de água subterrânea foi utilizado: luvas de procedimento, as amostras foram coletadas em recipientes plásticos de 1l para análise dos parâmetros físico-químicos e recipientes de vidro de 100 ml estéreis, para as análises microbiológicas. Logo após as amostras foram acondicionadas em caixa térmica com gelo e transportadas até o laboratório da BRK, para análises de parâmetros físico-químicos e microbiológica.

As amostras foram coletadas e conservadas até o momento das análises, utilizando metodologia do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

- **Segunda Etapa**

Na segunda etapa foi coletado amostras de água subterrânea dos bairros: Jardim dos Ypês (P1), Nova Capital (P2), Jardim América (P3), Vila Nova (P4), Setor das Mansões (P5) e Novo Planalto (P6). Para a coleta de água subterrânea foi utilizado: luvas de procedimento, as amostras foram coletadas em recipientes plásticos de 1l para análise dos parâmetros físico-químicos, e recipientes de vidro de 100 ml autoclavados para as análises microbiológicas.

Logo, após as amostras foram acondicionadas em caixa térmica com gelo e transportadas até o laboratório de química do IFTO de Porto Nacional, para análises de parâmetros físico-químicos e microbiológica.

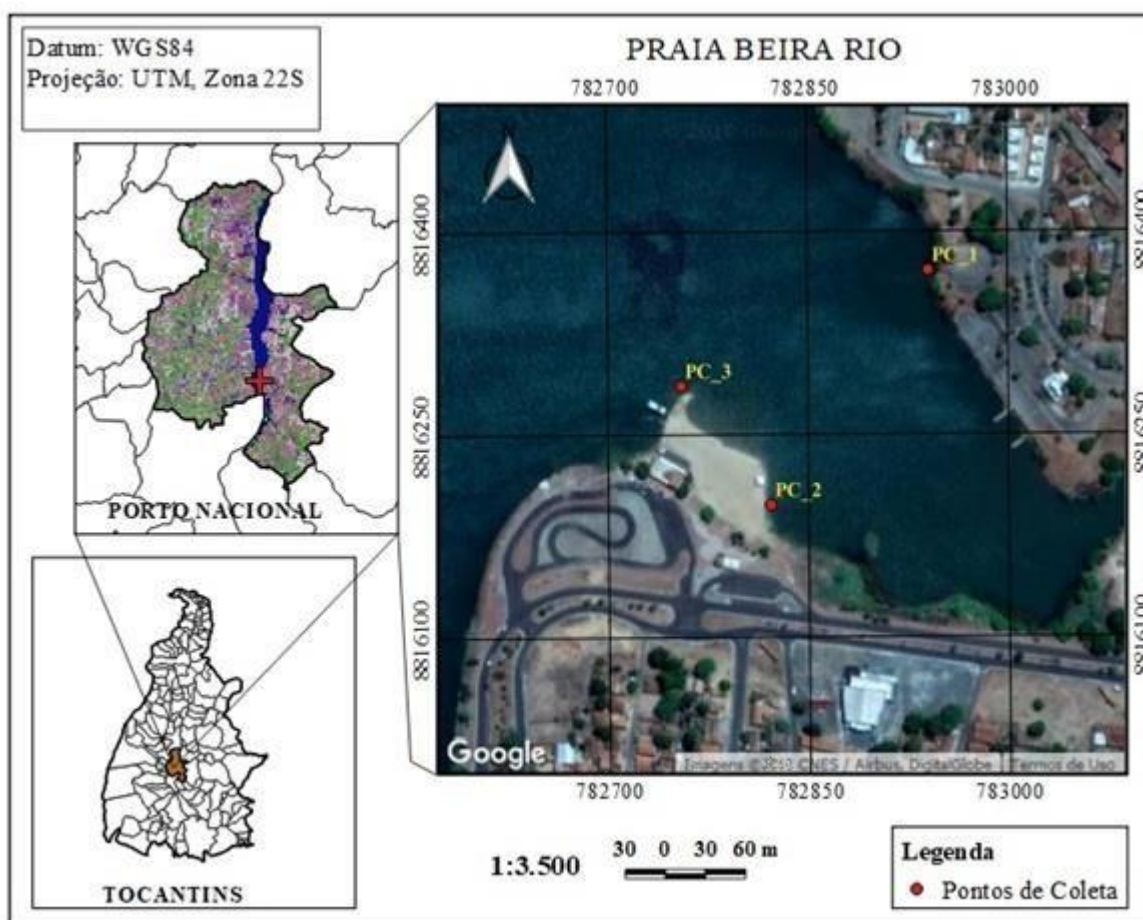
As análises microbiológicas das amostras foram feitas pelo método *colilert*, que consiste em colocar a enzima *colilert* nas amostras e colocar numa estufa microprocessada para cultura bacteriológica durante um período de 24 horas, após esse tempo é identificado a presença de coliformes termotolerantes totais se a cor da amostra ficar amarela, e através da aplicação de luz ultravioleta pode se identificar o NMP (Número Mais Provável) se a amostra reagir a luz. As análises dos parâmetros físico-químicos foram feitas utilizando: turbidímetro, pHmetro e condutivímetro.

As amostras foram coletadas e conservadas até o momento das análises, utilizando metodologia do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

4.3 ÁREAS DE ESTUDO – BALNEABILIDADE DA PRAIA BEIRA RIO

O município de Porto Nacional pertence à bacia hidrográfica do Rio Tocantins e apresenta em seu território os principais afluentes do rio Tocantins, localizados na zona urbana da cidade: os córregos São João, Areia e Água suja.

Figura 14- Localização da praia Beira Rio no município de Porto Nacional no estado do Tocantins.



Fonte: Elaboração Própria (2021).

• TIPO DE PESQUISA

Esse trabalho analisou a qualidade da água da praia Beira Rio e para isso se concretizar, optou-se pela realização de uma análise descritiva com caráter experimental. Esse tipo de pesquisa escolhido foi significativo para o levantamento de dados das variáveis de qualidade da água e avaliação da balneabilidade da praia no município de Porto Nacional.

- **PROCEDIMENTO DE COLETA DE AMOSTRAS**

A Resolução CONAMA nº 274/00 recomenda que a amostragem deve ser efetuada em local onde houver maior concentração de banhistas. A partir disso, três pontos foram selecionados com o auxílio do aparelho GPS de acordo com os parâmetros legais estabelecidos por esta Resolução, podendo ser observada no Quadro 10 e Figura 15.

Quadro 10- Coordenadas geográficas e UTM dos pontos demarcados.

PONTOS	COORDENADAS			
	GEOGRÁFICAS		UTM (MERIDIANO CENTRAL 51 FUSO UTM 22)	
	Latitude (ϕ)	Longitude (λ)	Latitude	Longitude
PONTO I	10°41,802'S	48°24,804'W	782945,16	8816370,22
PONTO II	10°41,895'S	48°24,871'W	782821,50	8816199,70
PONTO III	10°41,851'S	48°24,900'W	782768,28	8816281,30

Fonte: Elaboração própria (2021).

Figura 15- Localização dos pontos demarcados na praia Beira Rio em Porto Nacional-TO.



Fonte: Google Earth (2021).

- **COLETA DAS AMOSTRAS**

As coletas de água foram realizadas semanalmente nos meses de setembro e outubro de 2021, uma amostra de água foi acondicionada em um recipiente de vidro de 100 ml devidamente esterilizado, a aproximadamente 1 metro de profundidade. A amostragem foi realizada durante 6 semanas seguidas, os pontos de coleta de água foram selecionados de acordo com o local de maior utilização pelos banhistas, conforme determina a Resolução Conama nº 274/2000.

Quadro 11- Relação das datas de coletas de água da praia Beira Rio.

COLETAS DE ÁGUA DA PRAIA BEIRA RIO				
Semanas	Meses	Dia do mês	Dia da semana	Horário
1º Semana	Setembro	15	Quarta-feira	07:00 às 09:00
2º Semana		22	Quarta-feira	
3º Semana		29	Quarta-feira	
4º Semana	Outubro	06	Quarta-feira	
5º Semana		13	Quarta-feira	
6º Semana		20	Quarta-feira	

Fonte: Elaboração própria (2021).

Após a coleta, as amostras foram armazenadas em caixa térmica com gelo e transportadas imediatamente para o laboratório de química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO).

- **MÉTODOS DE ANÁLISE BACTERIOLÓGICA**

O presente trabalho optou-se por escolher o método Colilert, o qual consiste na quantificação dos coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli* presentes em uma dada amostra de água. Para quantificação dos coliformes totais e *Escherichia coli* foi utilizado o sistema Quanti-Tray, que é composto por frascos estéreis graduados com capacidade para 100 ml, flaconetes com meio de cultura, cartelas estéreis com 97 cavidades e seladora Quanti-Tray, marca IDEXX.

- I. A solução foi agitada até a completa diluição dos grânulos. Após a diluição, a solução foi incubada a 35°C em estufa por 24 horas.
- II. Após esse período para a realização da quantificação dos coliformes e *E. coli* serão utilizadas cartelas plásticas (aluminizadas, estéreis e descartáveis com 97 cavidades) denominadas de placas Quanti-Tray™ 2000.
- III. A solução com a amostra e o reagente Colilert, após 24 horas, será introduzida na tray e colocada no suporte de borracha para cartela Quanti-Tray 2000 para eliminar o excesso de ar e líquido caso fique na cartela e será selada.
- IV. Após isso foi utilizado um equipamento selador das cartelas plásticas o qual distribuiu e selou a mistura da amostra com o reagente dentro das cavidades das cartelas.
- V. A leitura foi realizada com o auxílio de uma lâmpada ultravioleta utilizada na quantificação das cavidades contaminadas que apresentara bolhas ou gases identificando assim a presença de *E. coli* em cada porção.
- VI. Se a olho nu ocorrer a presença de coloração amarela na solução, o teste é positivo para coliformes totais e, para coliformes fecais se apresentar coloração azul. O teste é negativo com ausência de coloração.
- VII. Os resultados foram expressos de acordo com a tabela NMP (Número Mais Provável em 100 ml de água), onde uma cúpula positiva equivale a uma bactéria em 100 ml de água (ALVES; ODORIZZI; GOULART, 2002).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES – ÁGUA SUBTERRÂNEA

As atividades exploratórias de campo permitiram identificar, basicamente, dois sistemas de captação de água subterrânea no município de Porto Nacional-TO. Um sistema mais simples que capta água do lençol freático a pouca profundidade. Esses poços são conhecidos como poços escavados, rasos ou cacimbas e precisam de bombeamento para a captação.

O outro sistema é composto por poços tubulares e devido a incapacidade de jorrar água até a superfície, sendo necessário o uso de bomba para captação de água. Esses poços são classificados como poços semi-artesianos. Esse sistema é mais complexo e capta água em grandes profundidades.

5.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES LABORATORIAIS

De acordo com os parâmetros estabelecidos pela portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde foi realizado análises de amostras de água subterrânea coletadas nos bairros: Jardim dos Ypês (P1), Nova Capital (P2), Jardim América (P3), Vila Nova (P4), Setor das Mansões (P5), Novo Planalto (P6), Povoado Nova Pinheirópolis (P7) e Povoado Escola Brasil (P8).

Foi identificado valores de parâmetros insatisfatórios para os pontos: P1, P2, P3, P4, P5, P6. Determinando assim que a qualidade e potabilidade da água subterrânea destes pontos estão inadequadas, pois apresentam contaminação por coliformes e pela bactéria *Escherichia Coli* (TABELA 3).

Tabela 3-Resultados das Análises Laboratoriais.

PARÂMETROS	18/10/2021	21/10/2021		25/10/2021		
	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6
PH	5,77	6,28	6,34	6,07	5,36	5,89
TEMPERATURA (IN LOCU)	26,3°	27,1	26,9	27,3	26,4	26,9

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (μ S/CM)	10,25	11,36	6,45	66,9	29,2	51,6
TURBIDEZ (NTU)	2,36	16,6	26,8	0,8	5,18	7,13
COLIFORMES TERMOTOLERANTES TOTAIS (NMP/100ML)	>2914,6	>2914,6	>2914,6	>2914,6	>2914,6	>2914,6
ESCHERICHIA COLI (NMP/100ML)	33,6	77,6	64,4	30,1	34,1	101,01

Fonte: Elaboração Própria (2021).

Nos pontos: P7 e P8 os resultados foram satisfatórios e comparando com os parâmetros estabelecidos pela portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, observamos que os valores dos parâmetros satisfazem os limites permitidos estabelecidos por esta portaria, como Indicado na Tabela 4.

Tabela 4-Resultados das Análises Laboratoriais.

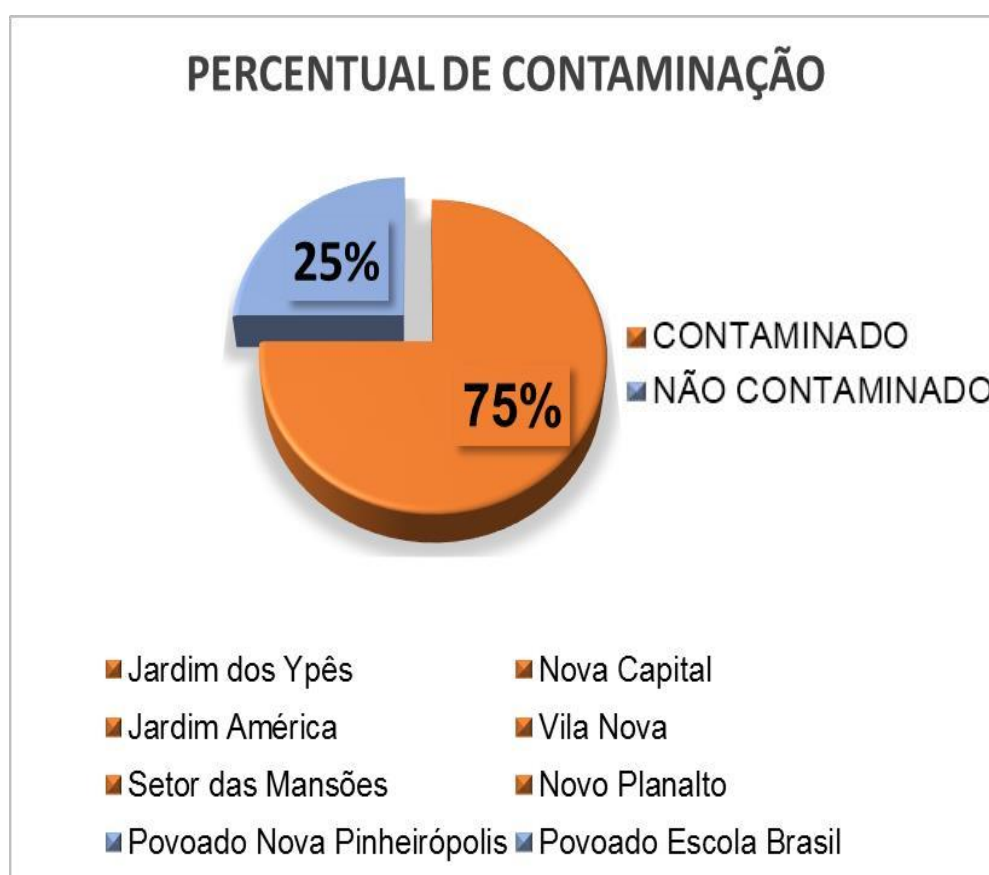
PARÂMETROS	25/10/2021	25/10/2021
	P 7	P 8
PH	7,93	8,31
TEMPERATURA (IN LOCU)	25,7	26,1
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (μ S/CM)	4,3	11
TURBIDEZ (NTU)	0,22	0,24
COLIFORMES TERMOTOLERANTES TOTAIS (PRESENÇA/AUSENCIA)	Ausência	Ausência
ESCHERICHIA COLI (PRESENÇA/AUSENCIA)	Ausência	Ausência

Fonte: Elaboração Própria (2021).

5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Diante dos resultados foi possível observar que no município de Porto Nacional-TO que apenas 25% dos bairros analisados apresentaram ausência de contaminação da água subterrânea, possuindo assim um padrão de qualidade satisfatório para consumo e 75% apontaram índice de contaminação da água subterrânea por coliformes totais e *Escherichia Coli*, que indica que a água subterrânea não está apropriada para consumo e que deve passar por um processo de tratamento para finalmente ser consumida (FIGURA 16).

Figura 16- Percentual de Contaminação.



Fonte: Elaboração Própria (2021).

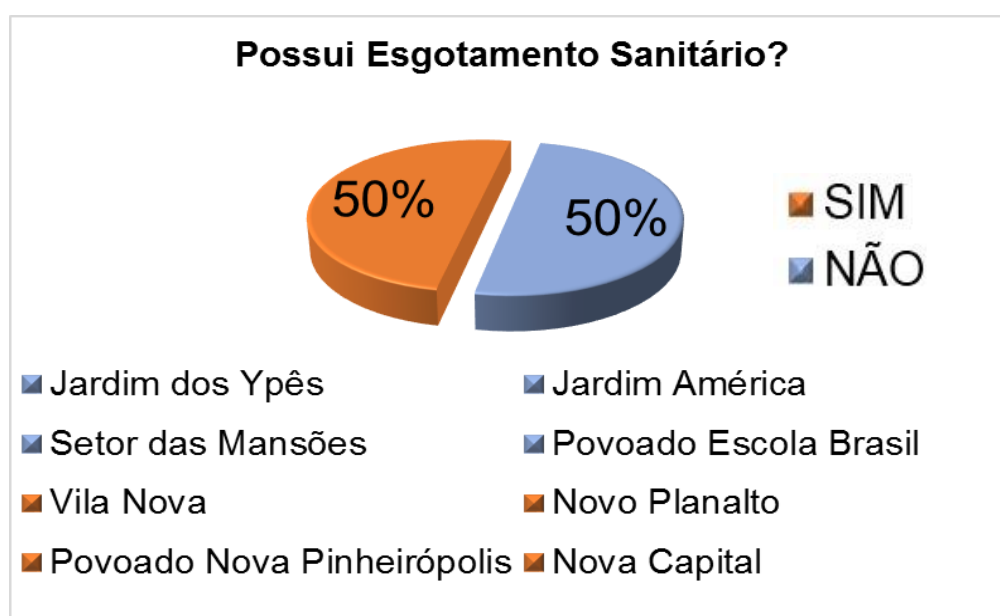
- **Coliformes Termotolerantes Totais e Escherichia Coli**

Relacionados ao consumo de água não potável, Diarreia e outras complicações gastrointestinais estão entre os problemas mais comuns (GUILHERME; SILVA, 2000; OKURA; SIQUEIRA, 2005; BRASIL, 2006). Neste estudo, observou-se

a presença de coliformes totais e *Escherichia Coli* nas amostras avaliadas, o que compromete a potabilidade da água. Em 50% dos bairros onde foram coletadas as amostras de água subterrânea observou a falta de esgotamento sanitário como indicado na Figura 17.

A presença de coliformes e *E.coli* nas águas analisadas pode ser explicada pelas más condições de construção dos poços e pela proximidade de fossas sépticas. Segundo Muchimbane (2010), o saneamento “*in situ*”, que utiliza fossas para o recolhimento dos resíduos humanos e domésticos, sob determinadas condições hidrogeológicas, representam um risco para a contaminação do aquífero.

Figura 17- Locais Onde Tem Rede de Esgoto Sanitário.



Fonte: Elaboração Própria (2021).

Nos bairros Jardim América, Jardim dos Ypês e Setor das Mansões, observou uma pequena criação de gado nas proximidades e através das fezes desses animais observou a contaminação do solo e provavelmente através da infiltração da água da chuva a contaminação do lençol freático. Nas proximidades, cerca de aproximadamente 5 quilômetros, foi identificado um Lixão e possivelmente a contaminação do lençol freático através do chorume.

Segundo Conboy e Goss (2000) a disposição diária de resíduos orgânicos no solo, prática muito disseminada no meio rural, aumenta o risco de contaminação das águas subterrâneas. De acordo com Monteiro *et al.* (2002) toda a matéria orgânica presente no lixo, ao entrar em decomposição, resulta na formação de um líquido

denominado chorume, o qual necessita de um tratamento adequado constituído de sistemas para minimizar os riscos de contaminação ao meio ambiente. Quando isto não ocorre, o chorume percola no solo podendo atingir os aquíferos subterrâneos, contaminando tanto o solo, quanto o lençol subterrâneo.

Constatou que as residências abastecidas por água subterrânea das regiões contaminadas, utilizavam a água subterrânea para consumo humano e para usos diversos, como, por exemplo, lavagem de veículos, limpeza, dessedentação de animais, piscicultura e para irrigação de hortaliças.

A utilização de água de má qualidade na irrigação pode influenciar a salubridade das hortaliças, principalmente em relação à presença de coliformes. A irrigação de hortaliças com água contaminada torna-se veículo de transmissão de patógenos, sobretudo aquelas que são ingeridas sem qualquer tratamento térmico (BONILHA; FALCÃO, 2003).

Águas subterrâneas, especialmente do aquífero freático ou de perfuração rasa, por estar em contato direto com o solo cuja alta porosidade e proximidades com a superfície possibilita receber através da percolação nutrientes e matéria orgânica natural, pode se constituir em um potente veículo hídrico de transmissão de microrganismos (BRASIL, 2006; RAMOS *et al.*, 2008).

A presença de pontos com baixos valores ou ausência de *Escherichia Coli*, podem ser explicados devido a uma maior preservação dos poços, ou porque são poços do tipo ponteira, os quais são mais protegidos em relação aos poços cacimbas que ficam com sua água exposta.

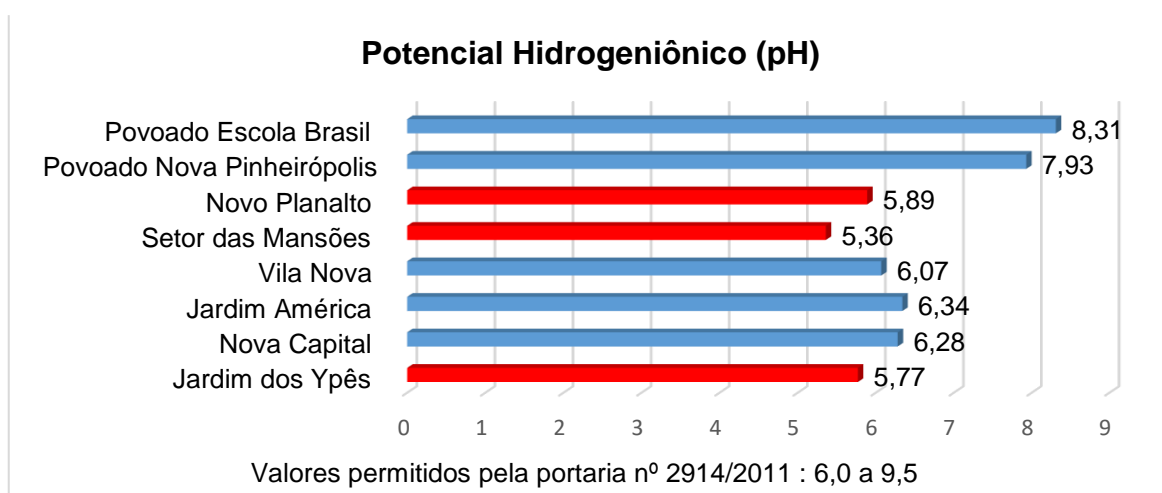
A espécie *Escherichia Coli* está relacionada à presença de fezes, o que sugere a presença de esgoto ou fossas sépticas próximas aos poços. Embora as cepas não serem totalmente patogênicas, a sorotipo O157:H7 produz toxina que pode levar a severos danos a mucosa intestinal, provocando hemorragia e em alguns casos, a morte (BRASIL, 2006; RAMOS *et al.*, 2008).

Como se trata de um indicador fecal existe a possibilidade da presença de vírus, enterobactérias, protozoários, e ovos de helmintos, que não foram analisados no presente trabalho. A presença de coliformes totais e *Escherichia Coli* nas amostras indica que a qualidade microbiológica da água subterrânea da área de estudo, é imprópria para consumo humano e até mesmo para a dessedentação de animais e irrigação.

• POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)

O pH é um índice que caracteriza o grau de acidez ou de alcalinidade de um determinado ambiente (AYERS; WESTCOT, 1994). Os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade. O pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5 (SANTOS, 1997). De acordo com a legislação vigente que rege a qualidade da água para consumo, a Portaria 2914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde determina que os valores máximos de pH devam estar entre 6,0 a 9,5. A água subterrânea amostrada apresentou variação de pH de 5,77 a 8,31 (FIGURA 18).

Figura 18- Potencial Hidrogeniônico (pH).



Fonte: Elaboração Própria (2021).

Os resultados mostraram que alguns pontos apresentaram pH abaixo do padrão recomendado. Os baixos valores de pH podem ser atribuídos à presença de vários fatores, tais como concentrações de CO₂, oxidação da matéria orgânica, temperatura da água, entre outros.

Segundo Sperling (1996) outros fatores que podem influenciar os valores de pH da água são os despejos domésticos e industriais, através da oxidação da matéria orgânica e despejo de químicos.

Embora a maior parte das amostras apresentem o pH dentro da faixa recomendada, parte da comunidade está consumindo água não potável em relação a este parâmetro, representando risco à saúde humana.

- **CONDUTIVIDADE ELÉTRICA**

A condutividade é a medida da habilidade em conduzir corrente elétrica. Diferentes íons variam nessa habilidade, mas, em geral, a maior concentração de íons na água natural, corresponde à maior condutividade. Pode-se utilizar o parâmetro da condutividade elétrica para obter uma noção da quantidade de sais na água, uma vez que está diretamente ligada à quantidade de sólidos dissolvidos totais (MACHADO, 2006).

Os valores para o parâmetro condutividade elétrica variou entre 4,3 a 66,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O parâmetro condutividade elétrica, por si só, não indica padrão de potabilidade, mas sugerem alterações ambientais em águas superficiais e subterrânea.

A portaria 2914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde não estabelece valores para esse parâmetro (BRASIL, 2011). Segundo Santos (1997) os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-na num eletrólito capaz de conduzir a corrente elétrica. Como há uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica, pode-se estimar o teor de sais pela medida de condutividade de uma água.

Segundo Ayers e Westcot (1999), um dos principais problemas de qualidade da água para irrigação é a salinidade, pois o excesso de sais solúveis no solo e na água reduz a disponibilidade da água para as plantas.

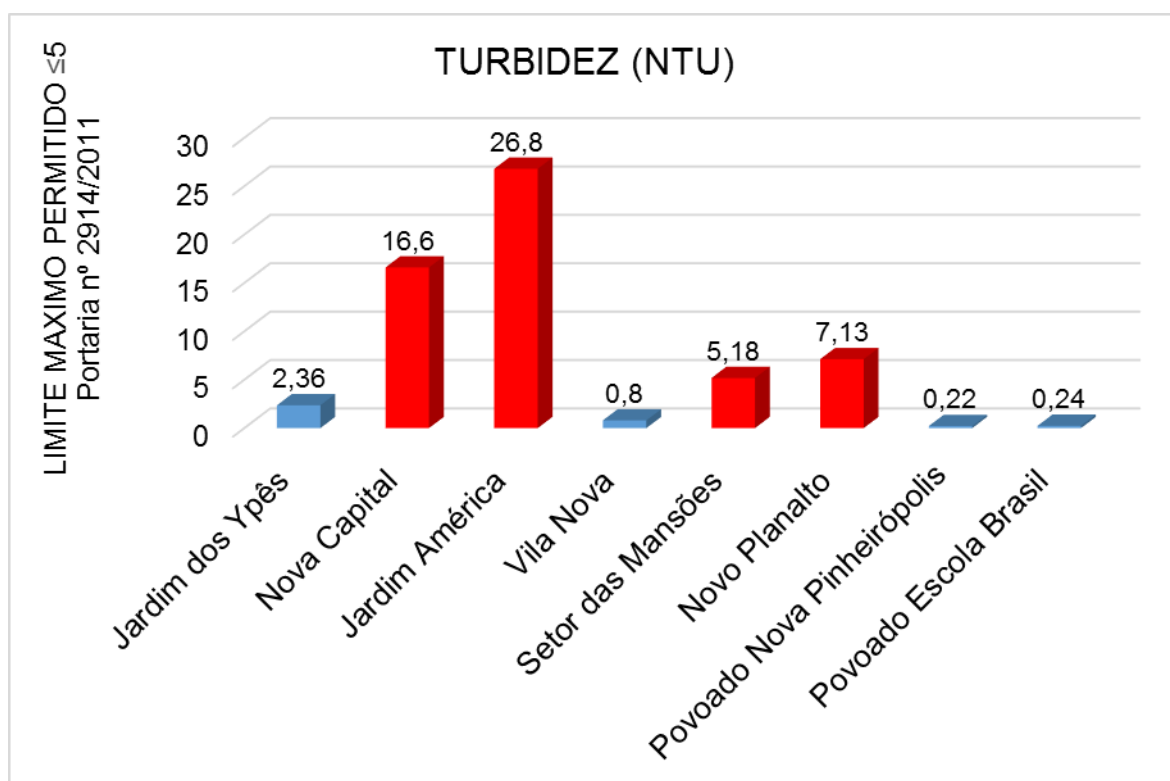
- **TURBIDEZ**

A turbidez representa a propriedade óptica de absorção e reflexão da luz, e serve como um importante parâmetro das condições adequadas para consumo da água (FELTRE, 1994).

Considera-se a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar uma certa quantidade de água. A turbidez é causada por matérias sólidas em suspensão (silte, argila, coloides, matéria orgânica etc.). A turbidez é medida através do turbidímetro,

comparando-se o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra com o espalhamento de um feixe de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão (SANTOS, 1997). Os valores para o parâmetro turbidez variou entre 0,22 a 26,8 estando dentro do padrão apenas 50% das amostras analisadas (FIGURA 19).

Figura 19- Turbidez



Fonte: Elaboração Própria (2021).

A turbidez é um parâmetro que mede a transparência da água de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto, e o valor máximo permitido de turbidez na água distribuída é de 5,0 NTU (unidades nefelométricas de turbidez). Vale salientar que, geralmente, as águas subterrâneas têm baixos valores de turbidez, devido ao efeito filtro do solo (FEITOSA; MANOEL FILHO, 2000; OBIEFUNA; SHERIFF, 2011; BRASIL, 2011).

- **TEMPERATURA**

As águas subterrâneas possuem uma amplitude térmica pequena, isto é, sua temperatura não é influenciada pelas mudanças da temperatura atmosférica.

Observou que a temperatura das amostrada não variou muito de uma para a outra e apresentou uma temperatura normal.

A portaria 2914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde não estabelece valor para esse parâmetro indicando padrão de potabilidade. A variação encontrada pode ser justificada pelas diferentes profundidades dos poços, pois, em aquíferos freáticos, poços mais profundos tendem a apresentar temperatura menor em relação a poços menos profundos (FEITOSA; MANOEL FILHO, 2000).

5.4 RESULTADOS DAS ANÁLISES – BALNEABILIDADE

Segundo WHO (2003) o controle da poluição do recurso hídrico e o monitoramento intensivo da qualidade da água são mecanismos importantes na proteção da saúde dos usuários, na promoção do equilíbrio ecológico do meio ambiente e na garantia de melhorias na qualidade de vida e bem-estar da comunidade.

Os problemas ambientais causados pela modificação do ambiente aquático como a proliferação das plantas aquáticas chamadas macrofitas e apodrecimento das folhas e caules da mata ciliar, aumentam a quantidade de matéria orgânica presente na água e pode favorecer o processo de eutrofização. Esses possíveis fatores causadores de contaminação de recursos hídricos incapacitam o uso da água para fins de recreação de contato primário (WHO, 2003).

O Rio Tocantins apresenta um grande potencial para geração de energia elétrica, no ano de 2001, foi implantada a Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães, no município de Lajeado e devido isso, ocasionou modificações em suas águas. Na fase de represamento, houve a elevação do nível de água e foram submersas a mata ciliar, praias e edificações localizadas às margens do rio. Com isso, uma das fontes de poluição no rio e conseqüentemente nas praias são as fossas sépticas submersas que representam fatores de riscos de contaminação da água por concentração de indicadores microbiológicos CF e *E. coli* e limitam as condições de qualidade da água para o uso recreacional de contato direto e prolongado.

Os resultados obtidos após o monitoramento e as análises laboratoriais realizadas nos três pontos selecionados na praia Beira Rio no rio Tocantins durante o período de seis semanas consecutivas, determinou-se os valores de coliformes fecais e *E. coli*, segundo critérios estabelecidos pela resolução (CONAMA 2000), as águas

consideradas próprias podem ser divididas em três categorias: Excelente, Muito Boa e Satisfatória, segundo as densidades de coliformes fecais ou *Escherichia coli*, em Número Mais Provável (NMP), resultantes de análises, conforme Quadro 8.

Quadro 12-Classificação da água em relação à balneabilidade segundo a Resolução 274.

CATEGORIA	LIMITES NMP/100ML
Excelente	250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 <i>Escherichia Coli</i> .
Muito Boa	500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 <i>Escherichia Coli</i> .
Satisfatória	1000 coliformes fecais(termotolerantes) ou 800 <i>Escherichia Coli</i> .

Fonte: Resolução CONAMA nº274/2000.

Vale ressaltar que durante o período de monitoramento, observou-se que a praia Beira Rio apresentou pouca concentração de banhistas, pois, as análises foram realizadas durante a semana e fora da temporada de praia.

Durante o período das análises foi constatado a presença de coliformes fecais (*E.coli*) nos três pontos monitorados. Segundo A Resolução 274/00 (2000), o parâmetro *Escherichia coli* é considerado como o mais restritivo, e coliformes termotolerantes o menos restritivo. Em seu Artigo 2º, § 2º versa que quando for utilizado mais de um indicador microbiológico, as águas terão as suas condições avaliadas de acordo com o critério mais restritivo. Sendo assim, a bactéria *E. coli* é considerada o indicador microbiológico mais importante para expressar os níveis de poluição ambiental de origem sanitária.

O primeiro ponto de análise (PI), com Latitude (φ) 10°41,802' e Longitude (λ) 48°24,804', foi demarcado como o ponto de embarque e desembarque de voadeiras, lanchas e *jet ski*. É o ponto menos utilizado para banho. Conforme apresentando na figura 3.

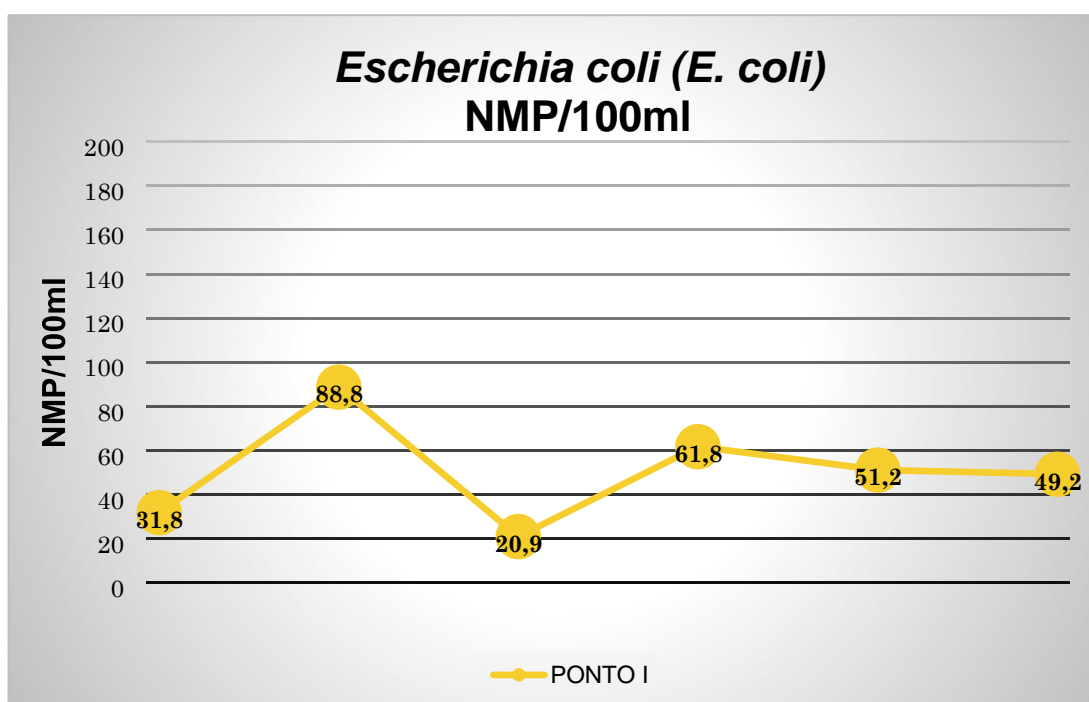
Figura 20- Ponto I.



Fonte: Arquivo próprio (2021).

Após os resultados das análises realizadas no ponto (PI) foi constatado que o mesmo é considerado próprio para uso de contato primário, pois os valores de *E. coli* são inferiores que 200NMP/100ml, conforme Figura 21.

Figura 21- Resultado das análises do ponto (PI).

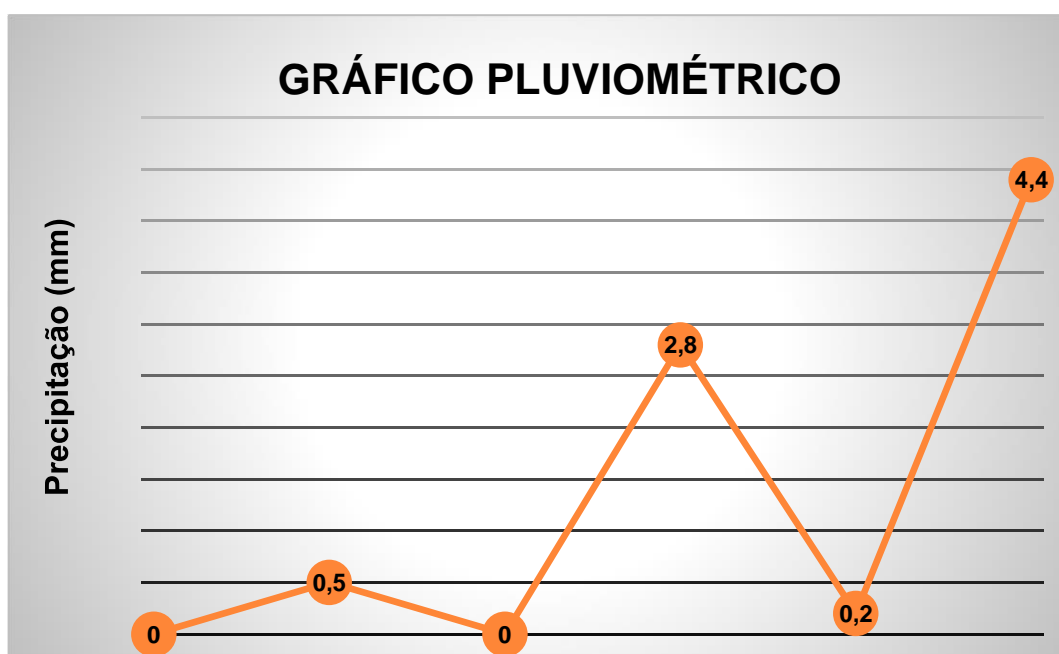


Fonte: Elaboração própria (2021).

As amostras coletadas apresentam valores variando de 20,9 NMP/100mL a 88,8 NMP/100mL. Durante as seis semanas analisadas. A maior presença de *E. coli* foi registrada nos dias 19/09 e 03/10, possivelmente essa alteração ocorreu pelo escoamento superficial das águas pluviais sobre o solo, contaminadas por resíduos e fezes de animais ou pela presença de fossas sépticas e ausência de rede de esgoto nos estabelecimentos no entorno, o que acarreta no aumento da contaminação da água. Isso é explicado pelo aumento do fluxo pluviométrico e consequente transporte de micro-organismos presentes no entorno dos mananciais (MORAIS; SILVA, 2012).

Em alguns dias foram apresentados altos índices pluviométricos, enquanto em outros dias, não houve precipitações na região, conforme Figura 22.

Figura 22- Precipitação Pluviométrica.



Fonte: INMET (2021)

De acordo com o índice de precipitação pluviométrica, nota-se que há uma relação direta entre o aumento dos valores obtidos e o índice pluviométrico em determinadas amostras.

Cunha *et al.* (2003) ressaltam que durante a estação das chuvas, a concentração de coliformes aumenta vertiginosamente, havendo uma nítida diferença das concentrações médias durante os períodos de chuva. A explicação mais provável se deve as cargas de poluentes lixiviados pela água das chuvas, quando são carregadas pelas correntes para os corpos de água superficiais, elevando sua concentração.

No segundo ponto de análise (PII), com Latitude (φ) 10°41,895' e Longitude (λ) 48°24,871', é demarcado como área de banho e lazer, onde recebe a visita de banhistas e turistas não só nos finais de semana, mas, também, durante a semana, conforme apresentando na figura 23.

Figura 23- Ponto II.

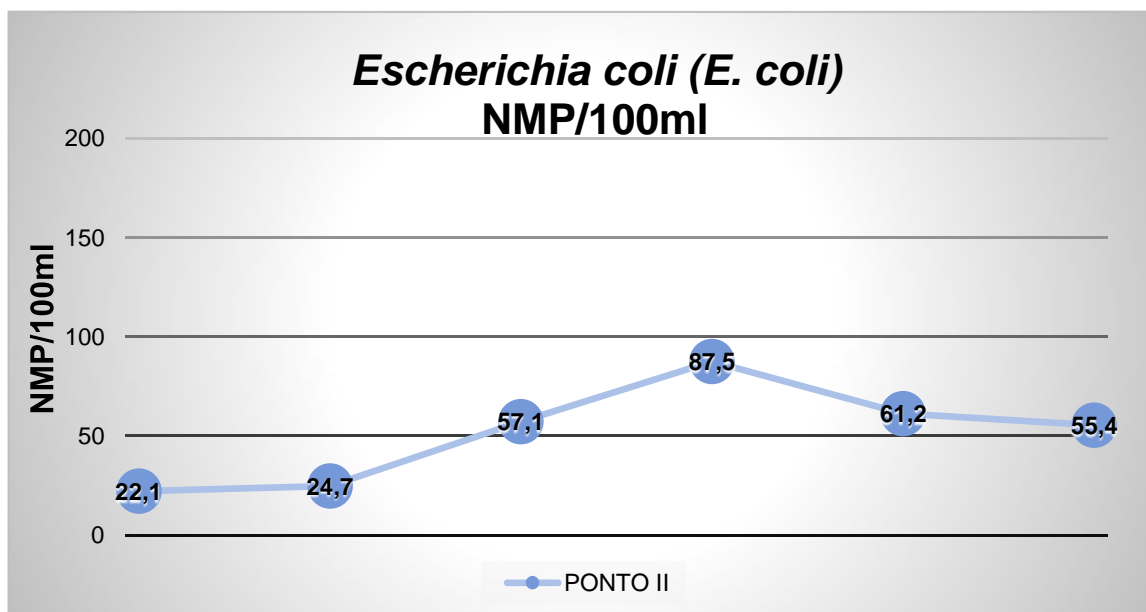


Fonte: Arquivo próprio (2021).

O ponto II apresentou valores variando de 22,1 NMP/100mL a 87,5 NMP/100mL. Com aumento de contaminação no dia 06/10 e 13/10, um possível fator que pode ter ocasionado a variação dos valores obtidos nas amostras do PONTO II é

a precipitação que ocorreu em alguns dias da realização das coletas, visto que o escoamento superficial pode ter aumentado consideravelmente o número de material fecal presente na água.

Figura 24- Resultado das análises do ponto (PII).



Fonte: Elaboração Própria (2021).

No terceiro ponto (PIII), com Latitude (ϕ) 10°41,851' e Longitude (λ) 48°24,900', é demarcado como área de banho e lazer, assim, como o ponto II, recebe a visita de banhistas e turistas não só nos finais de semana, mas, também, durante a semana, conforme apresentando na figura 5.

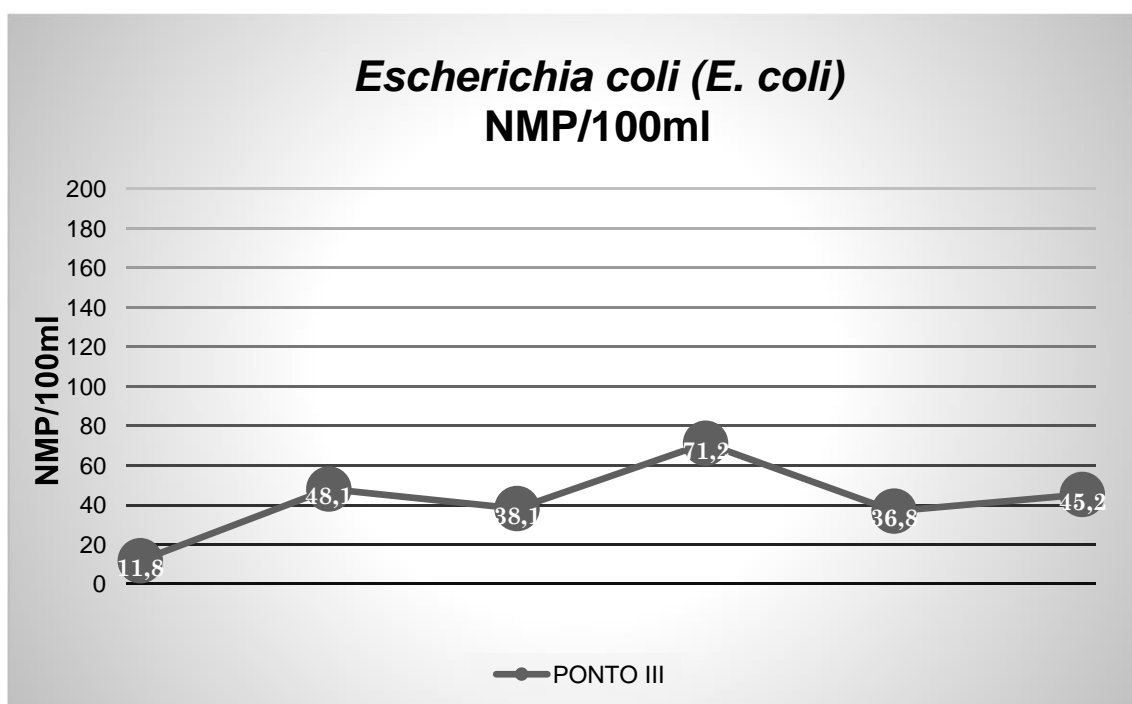
Figura 25-Ponto III.



Fonte: Arquivo próprio (2021).

Este ponto é caracterizado por ser bem próximo ao segundo ponto, tendo assim quase as mesmas características, apresentando valores variando de 11,8 NMP/100mL a 71,2 NMP/100mL. Este ponto foi o que apresentou menores valores de contaminação durante as semanas de análises e um dos possíveis fatores para a baixa concentração de *E. coli* neste ponto, é a quantidade de pedras que contém na água, o que dificulta a população e turistas a usufruir dessa determinada área. Vale ressaltar também a quantidade de vegetação nativa que contém ao redor e resíduos sólidos em torno da praia, por ser uma área de fácil acesso, o que afeta diretamente a atividade recreativa.

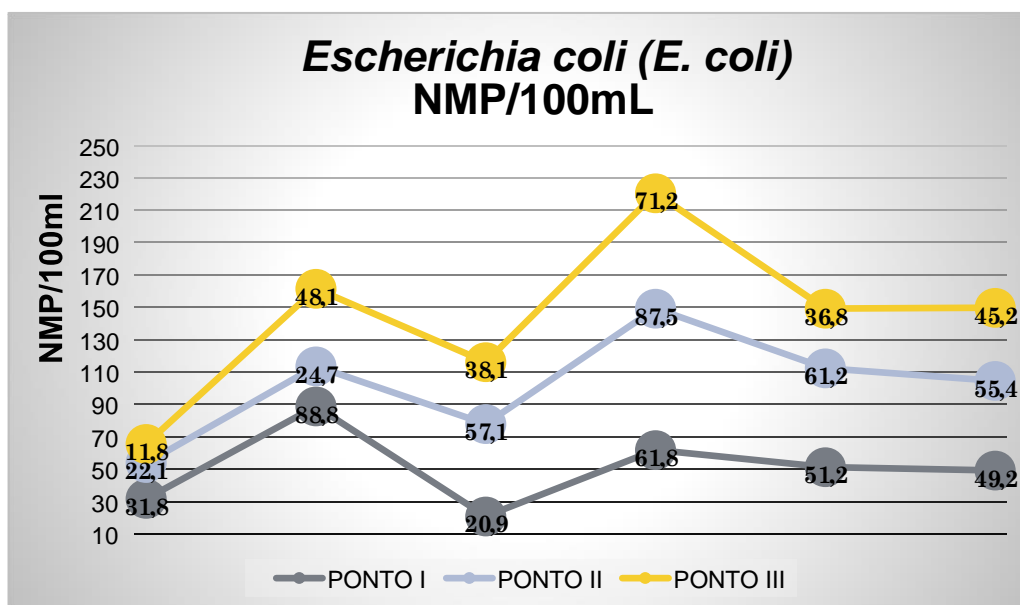
Figura 26- Resultado das análises do ponto (PIII).



Fonte: Elaboração Própria (2021).

Comparou-se os valores obtidos para *Escherichia coli* nos três pontos da praia, para realizar a classificação das amostras nas categorias estabelecidas pela resolução CONAMA nº 274/2000, conforme figura 27.

Figura 27-Resultado das análises de *Escherichia coli* (NMP/100ml) dos três pontos.



Fonte: Elaboração Própria (2021).

Quadro 13-Classificação média das análises de cada ponto.

Pontos	Escherichia coli NMP	Condição	Categoria
PI	50	Própria	Excelente
PII	51	Própria	Excelente
PIII	41	Própria	Excelente

Fonte: Elaboração Própria (2021).

Quadro 14-Classificação da água em relação à balneabilidade segundo a Resolução 274.

CATEGORIA	LIMITES NMP/100ML
Excelente	250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 <i>Escherichia Coli</i> .
Muito Boa	500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 <i>Escherichia Coli</i> .
Satisfatória	1000 coliformes fecais(termotolerantes) ou 800 <i>Escherichia Coli</i> .

Fonte: Resolução CONAMA nº274/2000.

Segundo a Resolução nº 274 (CONAMA, 2000), à presença de *E. Coli*, no período das análises, a praia Beira Rio foi classificada na condição de própria quanto à balneabilidade na categoria excelente. Visto que mais de 80% das amostras obtidas em cada uma das seis semanas apresentaram valores inferiores aos estabelecidos pela Resolução, menores que 200 NMP/100ml.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 BALNEABILIDADE DA PRAIA BEIRA RIO - PORTO NACIONAL

Conclui-se que é possível monitorar a qualidade da água por meio de análises microbiológicas, as quais avaliam a balneabilidade das águas das praias. O monitoramento de balneabilidade da praia Beira Rio, diagnosticou que, durante o período analisado foi confirmado a presença de bactérias coliformes fecais (termotolerantes) e *Escherichia Coli* (*E. coli*). Porém, a praia encontra-se adequadamente apta à prática de atividades recreativas de contato primário, sendo classificada como condição própria na categoria excelente, pois, a concentração de bactérias encontra-se dentro do limite permitido, conforme determina a Resolução 274/2000 do CONAMA.

6.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – PORTO NACIONAL

Concluimos que os bairros: Povoado Nova Pinheirópolis e Povoado Escola Brasil, totalizando apenas 25% área estudada, apresentaram boa qualidade de água

subterrânea para consumo, o padrão de potabilidade dessas regiões estão em conformidade com a Portaria 2914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, indicando que a água subterrânea pode ser usada para consumo humano, dessedentação de animais, irrigação de hortaliças e plantas, piscicultura, lazer e uso em geral.

Os bairros Jardim dos Ypês, Nova Capital, Jardim América, Vila Nova, Setor das Mansões e Novo Planalto, apresentaram índice de contaminação por Coliformes Totais e *Escherichia Coli*. Alguns desses bairros também apresentaram valores de pH e turbidez fora do valor estabelecido pela Portaria 2914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.

Pode-se observar que 75% da área estudada não apresenta o padrão de potabilidade recomendado pela Portaria 2914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde. Associado, inevitavelmente, ao uso da água está a geração de efluentes. Atualmente a única forma de tratar os efluentes gerados pela comunidade nos locais onde não possuem rede coletora de esgoto, é através da construção dos sistemas de tratamento individual de efluentes, que são utilizados como uma alternativa de tratamento de efluentes a fim de evitar a contaminação de solo e dos recursos hídricos subterrâneos.

A implantação de sistemas de tratamento individual de efluentes como o sistema de zona de raízes ou conjunto de fossa, filtro biológico e sumidouro são uma alternativa que busca a autonomia da comunidade na gestão de seus efluentes. Contudo, para que seja eficiente, o sistema precisa de alguns cuidados e manutenção.

Para os locais onde há criação de bovinos são indicados os sistemas de tratamento individual de efluentes como biodigestor ou fossa séptica biodigestor, esses sistemas consistem na transformação dos dejetos animais em adubo ou biofertilizantes. A conservação dos recursos hídricos subterrâneos para o abastecimento comunitário deve ser também estratégia do município, em função da crescente demanda por água potável, pela carência de recursos superficiais, da dependência que os moradores têm pelos recursos e pela condição em que se encontra a qualidade química e microbiológica da água.

Através do estudo realizado chegou à conclusão que as águas subterrâneas dessas regiões não podem ser consumidas sem antes passar por um processo de tratamento de água, devido a oferecer risco a saúde da população, uma vez que um elevado percentual das amostras está em desacordo com a legislação vigente, não

apresentando condições de potabilidade, portanto, capaz de transmitir enfermidades de veiculação hídrica.

REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira nº 10004, de 30 de novembro de 2004. Resíduos Sólidos – Classificação. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004. 77p.

ABDIN, S. Qanats a Unique Groundwater Management Tool in Arid Regions: **The Case of Bam Region in Iran**; In International Symposium on Groundwater Sustainability (USGWAS), 2006.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Bacia do São Francisco: Informações básicas. Bacia do Verde Grande: disponibilidade hídrica.** Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Brasília, 2001.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil.** Brasília, 2005, 123 p.

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Plano Nacional de Integração Hidroviária – PNIH (Relatório Executivo).** BACIA DO TOCANTINS-ARAGUAIA. Brasília: ANTAQ, 2013. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/PNIH/BaciaTocantinsAraguaia.pdf>>. Acesso em 29 de outubro de 2021.

ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; BARBOSA M. C.; AZEVEDO S. G.; CARVALHO A. M. **O papel das águas subterrâneas como reserva estratégica de água e diretrizes para a sua gestão sustentável.** Revista Recursos Hídricos, v. 32, n. 2, p. 53-61, 2011.

ALVES, N. C.; ODORIZZI, A. C.; GOULART, F. C. **Análise microbiológica de águas minerais e de água potável de abastecimento.** Revista Saúde Pública, n. 6, p. 749 – 751, abril, São Paulo. Marília, 2002.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. APHA. **American Water Works Association, Water Pollution Control Federation – Standard methods for the examination of water and wastewater.** New York, 20a Ed. 2005, 1268 p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. APHA. **Compendium of methods for microbiological examination of foods.** 3. ed. Washington; 1992.

APHA - American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st ed. Washington, 2005.

AGA. Associação Guardiã das Águas. Água Subterrânea. Disponível em: <http://www.agua.bio.br/>. Acessado em: 28 de outubro de 2021.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999.** 153 p. (FAO, Irrigação e Drenagem, 29).

AZAMBUJO C.; SANTOS J. **Contaminação das Águas Subterrâneas**. Escola: Escola Secundária Engenheiro Acácio Calazans Duarte, Marinha Grande, Portugal, 2008.

AZEVEDO NETTO, J. M.; ALVAREZ, G. A. **Manual de Hidráulica**. 7. ed. São Paulo: Edgard Blücher, v. II. 1991, p. 333-724.

AZEVEDO, R. P. **Sistema de Abastecimento de Água em Comunidades Rurais de Várzea na Amazônia: da utopia da implantação ao desafio da gestão sustentável**. Dissertação de Mestrado Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, 2004, 160p.

BARBOSA, A.D.; LAGE, M.M.; BADARÓ, A.C.L. Qualidade microbiológica dos bebedouros de um campus universitário de Ipatinga, Minas Gerais. **Rev. Dig. Nut.**, v.3, n. 5, p. 505-517, 2009.

BENETTI, A. E.; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: editora da UFRGS/ABRH, 2013.

BONILHA, P.R.M.; FALCÃO, D.P. Ocorrência de enteropatógeno em alfices e suas águas de irrigação. **Alimentos e Nutrição**. v. 5, p.87-97, 1993.

BORGHETTI, N. B.; BORGGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. **Aquífero Guarani: A Verdadeira Integração dos Países do MERCOSUL**. Curitiba: Ed. Roberto Marinho, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Inspeção sanitária em abastecimento de água**. Série A: normas e manuais técnicos. Brasília, 2006.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria MS nº 2914**, de 12/12/2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2011.

_____. **Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde**. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Série B. Textos Básicos de Saúde. Brasília, 2006. 212 p.

CAMPOS, H.C.N.S. **Contribuição ao estudo Hidrogeoquímica do Grupo Bauru no Estado de São Paulo**, 1988. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Paulo, 1988, p. 122- 132.

CAPUCCI, E. B.; MARTINS A. M.; MANSUR K. L.; MONSORES A. L. M. **Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas: orientação aos usuários**. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável SEMADS. Rio de Janeiro, 2001.

CELLIGOI, A. Considerações sobre análises químicas de águas subterrâneas. **Geografia**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 91-97, 1999.

CONBOY, M.J.; GOSS, M.J. Natural protection of groundwater against bacteria of fecal origin. **J Contam Hydrol**. 2000.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO.
Relatório de Qualidade das Águas Litorâneas no Estado de São Paulo – Balneabilidade das Praias. São Paulo: 142 p, 2004.

_____. **Relatório da qualidade das praias litorâneas do estado de São Paulo 2014**. São Paulo: CETESB, 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **RESOLUÇÃO Nº 274** de 29 de novembro de 2000: Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Brasília, 2000. 3 p.

_____. **RESOLUÇÃO Nº 357** de 17 de março de 2005: 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. Brasília, 2005. 27 p.

_____. **Resolução CONAMA n.357**, de 17 de março de 2005. Brasília. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>. Acesso em: 24 de outubro de 2021.

CUNHA, S.B; GUERRA, A.J.T. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3ª ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1998, 472p.

CRUZ, C. E. B. ; LIMA, J. S. ; BRITO, A. V. C. ; FARIAS, R. M. O. ; LIMA, P. V. P. S. **Fatores de Degradação Ambiental nos Agropolos Do Ceará**. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio BrancoAC, 2008.

D'AGUILA, P. S.; ROQUE, O. C. C.; MIRANDA, C. A. S; FERREIRA, A. P. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 16, p. 791-798, 2000.

EITEN, G. **Vegetação do cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília: UnB/SEMATEC. v. 2, p. 17-73, 1994.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia: **Conceitos e Aplicações**. Fortaleza: CPRM, LABHID - UFPE, ed. 2, 391 p., 2000.

FELTRE, R. **Fundamentos da Química**, vol. Único, Ed. Moderna, São Paulo/SP – 1990.

FRANCISCO, W. C. **Principais bacias hidrográficas do Brasil**, Brasil Escola. Disponível em: <http://brasilecola.uol.com.br/brasil/principais-baciashidrograficas-brasil.htm>. Acesso em: 14 de outubro de 2021

Fundação Nacional de Saúde. **FUNASA**. Manual de Saneamento. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 408p.

GONÇALVES, V. G.; GIAMPÁ, C. E. Q. **Águas Subterrâneas e Poços Tubulares Profundos**. São Paulo, Signus Editora, p. 502, 2013.

GOOGLE EARTH. – MAPAS. **Guia do usuário**. Disponível em: <https://earth.google.com>. Acesso em: 10 setembro de 2021.

GRAY, N. F. **Calidad Del agua potável**: Problemas y soluciones. Zaragoza: Acribia, 1994.

GUILHERME, E.F.M., SILVA, J.A.M. Pseudomonas aeruginosa, como indicador de contaminação hídrica. **Revista Higiene Alimentar**, v. 14, n. 76, p. 4347, 2000.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de Água Para Consumo Humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006, 859 p.

HEMPRICH, M. **A importância da política de Saneamento Básico**. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/topicos/28314290/mariana-hemprich>. Acesso em: 20 de setembro de 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE - Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais – COPIS 2021. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/232XL>. Acesso em: 05 de outubro de 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. **Atlas nacional do Brasil**, 3. ed., Rio de Janeiro, 2000.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - 2002**. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 11 de outubro de 2021.

KARMANN, Ivo. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. **Decifrando a terra**, v. 2, p. 191-214, 2000.

HERMES, L. C.; SILVA, A.S. **Avaliação da qualidade das águas**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 55p.

LEITE, C. E. S. **Tipos de Aquíferos**, Parte II. In: **I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas**, Fortaleza, 2010.

LIGHTFOOT, D. R. A Origem e difusão do Qanats na Arábia: New Evidence do front da Península Norte e do Sul. **O Jornal geográfico**, v. 166, n. 3, p. 215-226. 2000.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 2 ed. Campinas, SP: Átomo, 2008. 443 p.

LOPES, F. W. de A.; MAGALHAES JR, A. P. M. Avaliação da qualidade das águas para recreação de contato primário na bacia do alto rio das velhas – MG. **HYGEIA, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, V. 6, n. 11, 2010.

MACHADO, B. C. **Avaliação da qualidade dos efluentes das lagoas de estabilização em série da Estação de Tratamento de Esgoto de Samambaia, DF para o cultivo de tilápia** (*Oreochromis niloticus*). 2006. 126 f.

MACHADO, R. B.; AGUIAR, L. M. S.; CASTRO, A. A. J. F.; NOGUEIRA, C. C.; RAMOS NETO, M. B. **Caracterização da fauna e Flora do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, Cap. 9, p. 285-300. 2008.

MANZIONE, R. L. **Águas subterrâneas: princípios e práticas sob uma visão multidisciplinar**. São Paulo: Paco Editorial, 388 p., 1 ed., 2015.

MARTINS, L. A. **Contribuições para monitoramento de balneabilidade em águas doces no Brasil**. 2012. Disponível em: <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1005M.PDF>. Acesso em: 18 de setembro de 2021.

MONTEIRO, L. W. S.; COSTA, T. B.; MENEZES, L. B. C. **Estudo Preliminar Da Contaminação Das Águas Subterrâneas Do Entorno Do Lixão Na Cidade De Cametá-Pa**. Águas Subterrâneas, n. 1. In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas (2002).

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**. Corumbá, 2002.

MORAIS, R. C. S.; SILVA, C. E. Diagnóstico ambiental do balneário Curva São Paulo no rio Poti em Teresina, Piauí. **Engenharia Sanitária Ambiental**. v.17, n.1, 2012.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, ABES, 1999.

MUCHIMBANE, A. B. D. A. **Estudo dos indicadores de contaminação das águas subterrâneas por sistemas de saneamento "in situ" Distrito Urbano 4, cidade de Maputo - Moçambique**. 2010.

NEMETTZ, S. **Balneabilidade de praias do Litoral Centro-Norte de Santa Catarina: Estudo de Percepção Ambiental**. 2004. Dissertação de Mestrado da Engenharia Ambiental. FURB. 190p.

PEREIRA, L. C.; TOCCHETTO, Marta R. L. **Balneabilidade e riscos à saúde humana e ambiente**. Agronline.com.br. Disponível em: <http://www.agronline.com.br/artigos.php?id=215>. Acesso em 08 de setembro de 2021.

OBIEFUNA, G. I.; SHERIFF, A. Assessment of Shallow Ground Water Quality of Pindiga Gombe Area, Yola Area, NE, Nigeria for Irrigation and Domestic Purposes. **Research Journal of Environmental and Earth Sciences**, v.3, p.131-141, 2011.

OKURA, M.H.; SIQUEIRA, K.B. Enumeração de coliformes totais e coliformes termotolerantes em água de abastecimento e de minas. **Revista Higiene Alimentar**, v.19, n.135, p. 86-91, 2005.

OLIVA, J. A. B. **Panorama das Hidrovias Brasileiras**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE HIDROVIAS: BRASIL-HOLANDA, 2009, Brasília. Palestra.

Organización Mundial de la Salud. OMS Guías para la calidad del agua potable. V. 1, **Recomendaciones**. 2.ed.. Ginebra, 1995. 195p.

PARENTE, T. G., **Fundamentos Históricos do Estado do Tocantins**, Ed. da UFG, Goiânia, 1999.

PEDROSO, I. L. P. B. Meio ambiente agroindústria e ocupação dos cerrados: o caso do município do Rio Verde no sudeste de Goiás. **Revista Urutágua**, Maringá, n. 6, abr./mai./jun./jul., 2004.

PONTIERI, M. H.; RODRIGUES JUNIOR, P. C.; COVAS, V. D. S.; PELIZER, L. H. Avaliação Preliminar da Qualidade da água do Córrego Capão do Embirá – Franca (SP). **Revista Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal**, v. 9, n. 2, dez. 2008.

PORTO NACIONAL. Brk Ambiental/ Saneatins. **Informativo da qualidade da água fornecida em Porto Nacional-TO**. 2021. Disponível em: <http://www.brkambiental.com/tocantins/wpcontent/uploads/sites/RA_Porto-Nacional.pdf>. Acesso em 28 de outubro de 2021.

PORTO NACIONAL. Plano Municipal de Água e Esgoto- PMAE. Prefeitura Municipal de Porto Nacional, **Secretaria Municipal de Habitação e Meio Ambiente**. Tocantins, 2021. Disponível em: <http://docplayer.com.br/2872788Prefeitura-municipal-de-porto-nacional-secretaria-municipal-de-habitacao-e-meioambiente-plano-municipal-de-agua-e-esgoto-pmae.html>. Acesso: em 12 de outubro de 2021.

RAMOS; D.M.G.; MACHADO, H.F.; VALMIR, L.S.; GUERRA, A.F.; FERNANDES, M.M.; GASPAR, A. Qualidade microbiológica da água consumida pela população do Distrito do Sana – Macaé – Rio de Janeiro. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 67, n. 2, p. 100- 105, 2008.

RATTI, B. A.; BRUSTOLIN, C. F.; SIQUEIRA, T. A. ; ORQUATO, A. S. **Pesquisa de Coliformes Totais e Fecais em Amostras de Água Coletadas no Bairro Zona Sete na Cidade de Maringá-PR**. CESUMAR. Maringá-PR, 2011.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 2. Ed, São Paulo: Escrituras, 2002. 703p.

RESENDE, A. V. **Agricultura e Qualidade da Água: Contaminação da Água por Nitrato**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 29p.

RIBEIRO, K.T.S. **Água e Saúde Humana em Belém**. Projeto Megam. Belém: CEJUP, 2004. 280p.

RIBEIRO, M. L.; LOURNCETTI, C.; PEREIRA, S. Y.; MARCHI, M. R. R. **Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar**. Química Nova, São Paulo, v.30, n.3, 2007, p. 688-694.

RODRIGUES, E. **Pedras de Fogo**. Editora: Alternativa Gráfica e Editora Palmas-TO, 2003.

SAMPAT, P. **Expondo a Poluição Freática**. In: WORLDWATCH INSTITUTE. Estado do Mundo: 2001. Relatório Anual do WWI-Worldwatch Institute/UMA-Universidade Livre da Mata Atlântica, 2001. Disponível em: <http://www.wwiUma.org.br>. Acesso em 15 de outubro de 2021.

SANT'ANNA, S.; SILVA, S.C.F.; FARANI, I.; AMARAL, C.H.R; MACEDO, V.F. Qualidade microbiológica de águas minerais. **Cienc. Tecnol. Aliment.**, v. 23, p. 190-194, 2003.

SANTOS, A.C. **Noções de Hidroquímica**. In: Hidrologia: Conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM/LABHID-UFPE, 1997.

SANTOS, V. O. Análise físico-química da água do Rio Itapetininga-SP: comparação entre dois pontos. In: **Revista Eletrônica de Biologia**. ISSN 1983-7682, v.3, Itapetininga- SP, 2010.

SEMA - Secretária do Estado de Meio Ambiente. **Relatório da avaliação de balneabilidade das praias fluviais 2008 a 2010**. Mato Grosso: 70 p, 2010.

SILVA, R. C. A.; ARAUJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, São Paulo, v.8 n.4, p.1019- 1028 2003.

SOUZA, R. F. P.; SILVA, A. G. J. **Poluição hídrica e qualidade de vida: o caso do saneamento básico no Brasil**. 2005. 8 p.

SPERLING, M. V. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA; Universidade Federal de Minas Gerais, 2 ed., Belo Horizonte,1996.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA; Universidade Federal de Minas Gerais, v.1. 3.ed. 2005.

TODD, D. K. **Hidrologia de Águas Subterrâneas**. Editora: Edgard Blucher Ltda, 1959.

TOLMAN, C.F. **Águas subterrâneas**. New York: McGraw Hill, 1937, 593p.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em micro bacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, Jaguariúna. n.1, p.181-186, mar. 2002.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C. Cenários da gestão da água no Brasil: Uma contribuição para a “visão mundial da água”. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V. 5, n.3. Jul/set 2000.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: **Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora UFRGS/ABRH, p. 943, 2000.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: **Ciência e Aplicação**. 3ª edição, Porto Alegre, Editora da UFRGS/ABRH, 2004.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos. **Revista Interdisciplinar dos Centros e Núcleos da Unicamp**. São Paulo, out. 2003. Disponível em: <http://multiciencia.unicamp.br/art03.htm>.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura, Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo: vol. 55, n. 4, out./dez, 2003.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. UNEP. Clearing the Waters: **A focus on Water Quality Solutions**. 91 p., 2010. Disponível em: [www.unep.org/PDF/clearing the waters.pdf](http://www.unep.org/PDF/clearing%20the%20waters.pdf). Acesso em: 26 de setembro de 2021.

VASCONCELOS, M. B. Poços Para Captação de Águas Subterrâneas: **Revisão de Conceitos e Proposta de Nomenclatura**. In: XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2014, Belo Horizonte. XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2014.

WESSELS, J. Revivendo antigos túneis de água no deserto-Digging for Gold? **Journal of Mountain Science**., v. 2, n. 4, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for safe recreational water environments – coastal and fresh waters**. Genebra, 2003.

ZOBY, J. L. G.; MATOS, B. **Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos**. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 12, Florianópolis, 2002. Florianópolis: ABAS, 2002.