

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA PARA RECURSOS AMAZÔNICOS

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM BALNEÁRIOS
DE ITACOATIARA - AM

RICARDO TAKASHI KUWANO

ITACOATIARA

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA PARA RECURSOS AMAZÔNICOS

RICARDO TAKASHI KUWANO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM BALNEÁRIOS
DE ITACOATIARA - AM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre, área de concentração Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Recursos Amazônicos.

Orientadora: Prof^a Dr^a. Fabiana Maria Monteiro Paschoal

ITACOATIARA

2017

Ficha Catalográfica

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

K97a Kuwano, Ricardo Takashi
Avaliação da Qualidade das Águas em Balneários de Itacoatiara
AM / Ricardo Takashi Kuwano. 2017
63 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Fabiana Maria Monteiro Paschoal
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos
Amazônicos) - Universidade Federal do Amazonas.

1. balneabilidade. 2. coliformes totais. 3. coliformes
termotolerantes. 4. análise microbiológica . I. Paschoal, Fabiana
Maria Monteiro II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

RICARDO TAKASHI KUWANO

Avaliação da Qualidade das Águas em Balneários de Itacoatiara AM.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos, área de concentração Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Recursos Amazônicos.

Aprovado em 07 de novembro de 2017.

BANCA EXAMINADORA


Dra. Fabiana Maria Monteiro Paschoal, Presidente
Universidade Federal do Amazonas


Dra. Renata Takeara
Universidade Federal do Amazonas


Dra. Liane Cristine Rebouças Demosthenes
Universidade Federal do Amazonas

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos pais, Tadashi e Kinue, pelas lições diárias de dedicação, afeto à família e incentivo aos estudos.

À Alzenira, minha querida companheira, pelo seu carinho, amor e apoio incondicional nessa caminhada.

Ao meu filho Matheus Toshiro pela felicidade trazida à minha vida todos desde o seu nascimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por uma vida abençoada e pela possibilidade de contribuir com a sociedade através desta dissertação.

À minha orientadora Profa. Dra. Fabiana Maria Monteiro Paschoal pelo acompanhamento, sempre contribuindo com sua experiência para os melhores resultados e caminhos a serem seguidos.

Aos proprietários e funcionários dos balneários por permitirem que o seu empreendimento fosse objeto de pesquisa deste trabalho e por todo apoio, incentivo e disponibilidade.

Ao Prof. Dr. Maxwell Adriano Abegg pelas dicas e pelos questionamentos em microbiologia, que contribuíram para o enriquecimento da pesquisa, Prof. Dr. Fábio Medeiros e Msc. Bruno Morales pela ajuda com o tratamento estatístico.

Aos colegas João Lucas e Arlesson pelas dicas e pelo auxílio com os equipamentos dos laboratórios.

À banca examinadora, cujos professores doutores aceitaram o convite para contribuir e adicionar experiência acadêmica ao meu trabalho.

À Universidade Federal do Amazonas pelo incentivo à Pós Graduação, ao PPGCTRA, em especial aos professores e funcionários da secretaria do Programa e, por fim, à todos que de alguma maneira contribuíram para a realização e conclusão desta dissertação.

RESUMO

As praias e balneários de água doce são locais que atraem os turistas e auxiliam no desenvolvimento das economias locais e regionais no Estado do Amazonas. Devido à sua importância, há necessidade de realizar uma boa gestão que permita o seu uso com segurança para a saúde da população. Considerando a possibilidade de degradação dos ambientes naturais e o risco de doenças por veiculação hídrica foi criado, através da Resolução CONAMA 274/2000, um instrumento de verificação de parâmetros que determinam critérios para avaliar se a água de uma praia ou balneário está própria ou imprópria para a recreação de contato primário. Apesar da existência deste instrumento há mais de 16 anos, poucos trabalhos foram encontrados para esta região, nesta área de estudo. Com o objetivo de obter informações sobre a qualidade físico-química e microbiológica da água e realizar um estudo das condições da água para fins recreacionais, foram definidos três balneários em Itacoatiara, sendo utilizado como critério de seleção a sua proximidade em relação à área urbana. Foi feita a determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes em água pelo método da fermentação em tubos múltiplos (FTM) e determinado os parâmetros pH, temperatura da água e oxigênio dissolvido, através de equipamentos multiparâmetros portáteis. Foram realizadas coletas semanalmente em dois períodos hidrológicos nos dias de maior frequência de banhistas. Os resultados das análises microbiológicas apresentaram valores abaixo de 1000 NMP coliformes fecais (termotolerantes) por 100 mL de amostra. O pH variou de 5,75 à 8,23, a temperatura da água de 28,7°C à 35,5°C e o oxigênio dissolvido de 4,61 mgL⁻¹ à 18,06 mgL⁻¹. As condições físicas e estéticas da água e dos balneários estavam adequadas, não sendo encontradas galerias de águas pluviais, floração de algas, despejo de esgotos, resíduos, óleos e graxas ou outras substâncias capazes de oferecerem risco à saúde ou tornar desagradável a recreação. Considerando a Resolução CONAMA 274/2000, apesar da presença de coliformes termotolerantes na água e a variação do pH, todos os locais apresentaram condições de qualidade PRÓPRIA para balneabilidade, sendo categorizados como EXCELENTE e MUITO BOAS para recreação.

Palavras chave: *balneabilidade, coliformes totais e termotolerantes, análise microbiológica.*

ABSTRACT

Freshwater beaches and resorts are places that attract tourists and assist in the development of local and regional economies in the State of Amazonas. Due to its importance, it is necessary to carry out a good management that allows the safe use for the population health. Considering the possibility of degradation of the natural environments and the risk of diseases by water transmission, a CONAMA Resolution 274/2000 was created as an instrument to verify parameters that determine criteria to evaluate if the beach's or resort's water is proper or improper for primary contact recreation. Despite the existence of this instrument for more than 16 years, a few numbers of papers have been found for this region in this area of study. In order to obtain information on the physical-chemical and microbiological quality of water and to carry out a study of the water conditions for recreational purposes, three freshwater beaches were defined in Itacoatiara, being used as a selection criterion their proximity to the urban area. The determination of the Most Probable Number (MPN) of total and thermotolerant coliforms in water was performed by the multiple tube fermentation method (MTF) and parameters pH, water temperature and dissolved oxygen with portable multiparameter equipment. Weekly sample collections were carried out in two hydrological periods on the days of greater frequency of bathers. The results of the microbiological analyzes presented values below 1000 MPN fecal coliforms (thermotolerant) per 100 mL of sample. The pH ranged from 5,75 to 8,23, water temperature from 28,7°C to 35,5°C and dissolved oxygen from 4,61 mgL⁻¹ to 18,06 mgL⁻¹. The physical and aesthetic conditions of the baths and waters were adequate, we did not find galleries of rainwater, algae flowering, sewage disposal, waste, oils and greases or other substances that may pose a health risk or make recreation unpleasant. Considering the CONAMA Resolution 274/2000, despite the presence of thermotolerant coliforms in the water and the pH variation, all places presented PROPER conditions for bathing, being categorized as EXCELLENT and VERY GOOD for recreation.

Keywords: *balneability, total and thermotolerant coliforms, microbiological analysis.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Identificação dos pontos de coleta	28
Figura 2 - Distância entre a entrada de Itacoatiara e o Balneário 1	28
Figura 3 - Distância entre a entrada de Itacoatiara e o Balneário 2.....	29
Figura 4 - Distância entre a entrada de Itacoatiara e o Balneário 3.....	30
Figura 5 - Ponto de coleta e realização da coleta no Balneário 1	31
Figura 6 - Escada de acesso à água e coleta de amostra no Balneário 2.	32
Figura 7 - Ponto de coleta no Balneário 3	32
Figura 8 - Esquema da determinação do NMP de coliformes totais, termotolerantes e E. coli pela fermentação em tubos múltiplos FTM.....	34
Figura 9 - Tubo contendo o Caldo Lactosado e Tubo de Durhan com resultado negativo (-) e resultado positivo (+) para coliformes totais	35
Figura 10 - Tubo contendo o Caldo Verde Brilhante Bile e Tubo de Durhan com resultado negativo (-) e resultado positivo (+) para coliformes totais	35
Figura 11 - Tubo contendo o Caldo EC e Tubo de Durhan com resultado negativo (-) e resultado positivo (+).....	36
Figura 12 - Estruturas de alvenaria e acesso à área de recreação no Balneário 1	41
Figura 13 - Estruturas em madeira e área de acesso à água do Balneário 2.....	45
Figura 14 – Estrutura do restaurante em alvenaria e área de acesso à água do Balneário 3. ...	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Processos que afetam a qualidade da água superficial	16
Tabela 2 - Principais doenças associadas à água contaminada	20
Tabela 3 - Dias das campanhas de coletas no período de enchente e cheia.	27
Tabela 4 - NMP. com limite de confiança de 95% para várias combinações de resultados positivos quando 5 tubos são usados para cada diluição (10 mL, 1,0 mL e 0,1 mL).....	37
Tabela 5 - Itens de verificação das condições estéticas dos balneários e da água.....	40
Tabela 6 - Valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras do Balneário ponto P1.	41
Tabela 7 - Valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras do Balneário ponto P2.	46
Tabela 8 - Valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras do Balneário ponto P3.	49
Tabela 9 – Teste de Normalidade.	52
Tabela 10 – Resultado da ANOVA para coliformes termotolerantes.	52
Tabela 11 - Resultado da ANOVA para pH.	53
Tabela 12 - Teste de Tukey a 5% para a variável pH entre os períodos	53
Tabela 13 - Resultado da ANOVA para temperatura da água.	54
Tabela 14 - Resultado da ANOVA para oxigênio dissolvido.	54
Tabela 15 - Teste de Tukey a 5% para a variável oxigênio dissolvido entre os períodos.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação por categoria da qualidade da água para balneabilidade.....	39
Quadro 2 - Resultado da análise microbiológica de balneabilidade no Balneário 1	44
Quadro 3 - Resultado da análise microbiológica de balneabilidade no Balneário 2.	48
Quadro 4 - Resultado da análise microbiológica de balneabilidade no Balneário 3.	51

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE QUADROS	11
SUMÁRIO.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Qualidade da água	16
2.2 Balneabilidade	18
2.3 Aspectos de saúde pública.....	20
2.4 Parâmetros indicadores.....	21
2.4.1 Parâmetros físico-químicos	22
2.4.2 Parâmetros biológicos.....	23
2.4.2.1 Métodos para análise microbiológica da água.....	24
2.4.2.1.1 Técnica da fermentação em tubos múltiplos (FTM)	25
3. OBJETIVOS	26
3.1 Geral	26
3.2 Específicos.....	26
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
4.1 Caracterização do local de estudo	26
4.2 Coleta das amostras	30
4.3 Análises de pH, temperatura, oxigênio dissolvido	32
4.4 Preparação das amostras para análise de coliformes	33
4.5 Análise de coliformes	33
4.6 Categorias de qualidade.....	38
4.7 Análise estatística	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
5.1 Balneabilidade no Ponto P1.....	40
5.2 Balneabilidade no Ponto P2.....	45
5.3 Balneabilidade no Ponto P3.....	48
5.4 Comparação de resultados	52
6. CONCLUSÕES	55

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
-------------------------------------	----

1. INTRODUÇÃO

A água possui papel fundamental para a existência e manutenção da vida devido suas características peculiares e pelo fato de que nenhum processo metabólico ocorre sem sua ação direta ou indireta (SPERLING, 2005). Devido a isso, deve estar presente em quantidade e qualidade apropriada em função dos seus objetivos de uso, tais como: abastecimento doméstico e industrial, irrigação, dessedentação de animais, preservação de flora e fauna, geração de energia elétrica, navegação, paisagismo, diluição de resíduos, recreação e lazer (ESTEVES, 2011).

O Brasil possui aproximadamente 13% da água doce disponível no planeta, entretanto, sua distribuição é desigual, sendo 81% concentrados na Região Hidrográfica Amazônica (Amazonas, Amapá, Acre, Rondônia e Roraima), sendo que no Estado do Amazonas está o menor contingente populacional e conseqüentemente, a menor demanda (ANA, 2014). Segundo dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), o Estado do Amazonas possui índice médio de atendimento urbano por rede de água entre 80% e 90% e índice de atendimento urbano por rede coletora de esgoto inferior a 10%, informações preocupantes em relação à qualidade deste recurso natural (BRASIL, 2016).

Segundo Medeiros *et al.* (2016), a qualidade das águas é caracterizada por parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, que são alterados devido à interferências do próprio ecossistema ou de ações antrópicas resultantes de atividades de uso e ocupação do solo. Como conseqüência do crescimento populacional e da expansão urbana sem o devido planejamento, a redução das áreas verdes e de espaços para recreação transforma as cidades em locais cada vez menos acolhedores ambientalmente devido à poluição do ar, água e solo (LONDE e MENDES, 2014). Considerando esses fatores, a população busca ambientes e paisagens que proporcionem prazeres diferentes do cotidiano urbano e as localidades que possuem atrativos naturais são procuradas para lazer, descanso ou à educação ambiental (LOPES & de JESUS, 2017).

Os balneários de água doce, também conhecidos como “banhos” ou “praias”, são importantes atrativos naturais no Estado do Amazonas, que são muito procurados nos finais de semana para a prática esportiva, recreação, lazer ou apreciação da paisagem (ARCOS *et al.*, 2009).

O uso da água para fins de recreação pode ser classificado de acordo com o tipo de contato entre o usuário e a água. O contato primário está relacionado com a prática de atividades em que há contato corporal total com a água, como a natação, surfe, esqui aquático e mergulho. Já o contato secundário está relacionado com atividades de pesca e navegação,

em que o contato com a água é parcial e normalmente apenas os braços e as pernas têm contato frequente com a água (NHMRC, 2008).

O uso dessas águas para atividades de recreação de contato primário demanda requisitos mais restritivos de qualidade, que devem atender às condições de balneabilidade, considerando o risco oferecido à saúde pela exposição direta e prolongada a organismos patogênicos, cianotoxinas, insetos vetores, metais pesados, óleos e graxas, presentes em corpos hídricos contaminados. Essa contaminação ocorre principalmente devido ao lançamento de grandes cargas poluidoras, resíduos domésticos e industriais em área urbana (OLIVIERA *et al.*, 2007, ARCOS *et al.*, 2009 e QUEIROZ & RUBIM, 2016) e também pela atividade pecuária em área rural (LOPES *et al.*, 2008 e LOPES & MAGALHÃES Jr, 2010).

Segundo Filho e Oliveira (2008), a água pode se transformar em um veículo de disseminação de doenças quando está poluída ou contaminada por microrganismos patogênicos e a avaliação dos recursos hídricos é uma necessidade que exige atenção das autoridades sanitárias e órgãos ambientais, a fim de preservar sua qualidade (ASSIS & MURATORI, 2007) e evitar que se transforme em um sério problema de saúde pública (MORAES & JORDÃO, 2002).

Na avaliação dos recursos hídricos, o grau de contaminação é usualmente observado através da densidade de organismos indicadores em que há uma relação semi-quantitativa entre estes e a presença de patogênicos, assumindo-se que se os indicadores estão presentes, os patogênicos também estarão (AZEVEDO, 2001).

Para Bastos *et al.* (2000), o indicador mais adequado é aquele que melhor apresenta os riscos de saúde associados com a contaminação de um determinado ambiente, considera também que o indicador que melhor tem realizado esta tarefa por mais de cem anos são as bactérias do grupo coliforme.

No Brasil, a balneabilidade, ou seja, a avaliação das águas para recreação de contato primário em águas doces, salinas e salobras, deve atender aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n. 274, de 29 de novembro de 2000. De acordo com esta Resolução, as condições de balneabilidade em águas doces são avaliadas nas categorias própria e imprópria para uso, sendo as próprias subdividida em excelente, muito boa e satisfatória, que são definidas de acordo com os teores de coliformes fecais (termotolerantes) ou *Escherichia coli*.

Apesar desta resolução estar em vigor desde 2001, foram encontrados poucos artigos ou resultados de análises relacionados à balneabilidade das águas no Amazonas e nenhum para o Município de Itacoatiara, não sendo possível assegurar as condições necessárias para garantir a saúde e o bem-estar dos banhistas que frequentam esses locais.

Neste trabalho foi realizado um estudo em balneários do município de Itacoatiara, juntamente com a análise e classificação da qualidade da água, verificando os critérios de balneabilidade descritos na Resolução CONAMA 274/2000.

Os resultados deste trabalho servirão como uma base inicial de dados para a criação de instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas e realizar o monitoramento de áreas em que o contato prolongado com a água possa trazer danos à saúde da população.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Qualidade da água

A água é um dos recursos naturais mais disponíveis na natureza, ocupando cerca de 70% da superfície do planeta. Devido a sua importância, a água deve estar disponível em quantidade suficiente e é fundamental que apresente condições físicas, químicas e microbiológicas adequadas para sua utilização pelos organismos (BRAGA *et al.*, 2002; FREITAS *et al.*, 2002).

Segundo Salati *et al.* (2002), a qualidade das águas, mesmo com suas condições naturais em equilíbrio, varia com as características dos ecossistemas correspondentes de acordo com a ocorrência de processos químicos, físicos, hidrológicos e biológicos, conforme listado na Tabela 1.

Tabela 1 - Processos que afetam a qualidade da água superficial

Tipo de processo	Processo que ocorre no corpo hídrico
Químico	Dissolução de partículas; precipitação de minerais
Físico	Resfriamento e aquecimento; troca gasosa com a atmosfera
Hidrológico	Evaporação; diluição
Biológico	Crescimento e decaimento microbiano; decomposição da matéria orgânica

Fonte: Adaptado de (Meybeck *et al.*, 1996)

Para Meybeck e Helmer (1992), a qualidade da água pode ser definida através da presença de determinadas substâncias orgânicas ou inorgânicas em diferentes concentrações e especiações e através da composição da biota aquática presente no corpo hídrico. Estes fatores dependem do clima e do solo da região, da vegetação, do ecossistema e atividades antrópicas, ou seja, sofre influência de variações no espaço e no tempo, decorrentes de processos internos e externos ao corpo de água.

Segundo Branco (1991), a expressão “qualidade da água” refere-se à um padrão de qualidade o mais próximo possível do “natural”, próximo ao encontrado nas nascentes antes do contato do homem. Além disso, considera também que há um grau de pureza desejável que está diretamente relacionado com o seu uso, incluindo abastecimento, irrigação, pesca, entre outros.

De acordo com MEYBECK & HELMER (1992) a determinação da qualidade de um ambiente aquático pode ser realizada através de medidas quantitativas de parâmetros físicos e químicos (na água, no material particulado e nos organismos) e/ou testes bioquímicos/biológicos (DBO₅, testes de toxicidade) ou medidas semiquantitativas e qualitativas (índices bióticos, aspectos visuais, inventário de espécies, odor). Estas determinações são realizadas em campo e em laboratório para produzir vários tipos de informação e fornecer diferentes interpretações técnicas.

O desenvolvimento econômico, o aumento populacional e a diversificação das atividades antrópicas, resultaram na redução da qualidade da água no aumento da demanda pelos recursos hídricos, estabelecendo de conflitos entre os usuários em seus múltiplos usos. Entre eles, são considerados os principais: o abastecimento público e industrial, irrigação, produção de energia, dessedentação animal, navegação, recreação e o turismo (PEREIRA, 2012). Considerando a natureza de sua utilização existem três possibilidades de uso: o consuntivo (C), em que ocorre a retirada da água de sua fonte natural e a redução de sua disponibilidade espacial e temporal; o uso não consuntivo (NC), que retira e retorna a água à sua fonte de suprimento, podendo haver alguma alteração em sua disponibilidade espacial e temporal e o uso local (L), que utiliza a água da fonte sem qualquer modificação relevante, temporal ou espacial de sua disponibilidade (TUCCI *et al.*, 2013).

O uso da água para fins de recreação é considerado não consuntivo e os requisitos de qualidade estão relacionados ao nível de contato com a água, devido ao risco oferecido à saúde (NHMRC, 2008). Na recreação de contato primário, as condições de qualidade da água são mais restritivas devido à exposição direta e prolongada da água com o tronco e face dos usuários, o que facilita o contato dos olhos, ouvidos, mucosas e ferimentos existentes na pele com organismos patogênicos, metais pesados, óleos e graxas presentes em águas contaminadas (BENETTI; BIDONE, 2001). Na recreação de contato secundário as condições de qualidade da água são menos restritivas, considerando que apenas os membros, braços e pernas possuem contato frequente com a água e a possibilidade de ingestão de quantidades apreciáveis de água é pequena, reduzindo a possibilidade de adquirir doenças (NHMRC, 2008; CETESB, 2016).

2.2 Balneabilidade

A balneabilidade constitui a qualidade da água para fins recreacionais, ou seja, é a capacidade que um local tem de possibilitar o banho e atividades esportivas em suas águas e não devem apresentar substâncias tóxicas ou organismos patogênicos em concentrações que possam causar danos à saúde pelo contato com a pele ou por ingestão (BRAGA *et al.*, 2002 e BERG *et al.*, 2013)

Para garantir o bem-estar dos banhistas, há a necessidade de realizar análises periódicas para a avaliação da qualidade da água, baseados em microrganismos indicadores de contaminação fecal que devem ser monitorados para identificar as condições de balneabilidade em um determinado local, possibilitando definir as classes de balneabilidade e realizar uma melhor orientação os usuários (CETESB, 2016).

Segundo a Resolução CONAMA 274/2000, que define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras, as águas destinadas à recreação de contato primário terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria, sendo as próprias subdivididas em “excelente”, “muito boa” e “satisfatória”, dependendo da quantidade de coliformes fecais (termotolerantes) ou *Escherichia coli* encontrados em um conjunto de amostras de um determinado local.

O desenvolvimento do turismo em balneários vem ocorrendo no Brasil desde a década de 1930, quando as estâncias turísticas do litoral e do interior estavam se estabelecendo. Ainda hoje as localidades que possuem o seu principal atrativo relacionado aos recursos hídricos continuam em franco desenvolvimento (QUEIROZ, 2000). No Estado do Amazonas os locais mais frequentados são os balneários de água doce em área urbana ou rural, durante os finais de semana e em períodos de alta temporada (ARCOS *et al.*, 2009).

Estudos realizados por Melo *et al.* (2006) sobre os efeitos das drenagens de bacias urbanas que deságuam no Rio Negro, ao longo da orla de Manaus, apontam que o crescimento acelerado da população a partir da década de 1970 e a infraestrutura sanitária deficiente, comprometeram a qualidade da água dessas micro bacias, tornando-as impróprias para a balneabilidade, identificando resultados de coliformes termotolerantes próximos de 93.000 NMP/100 mL no igarapé do Amarelinho. Apesar disso, os resultados deste mesmo estudo nas águas do Rio Negro, apresentaram características naturais devido ao seu forte poder de diluição e autodepuração.

Oliveira *et al.* (2007) estudou a qualidade da água nas micro bacias urbanas de Manaus que deságuam no Rio Negro e identificou a variação nos resultados de densidade de coliformes fecais e termotolerantes em relação aos períodos de cheia e estiagem (seca), com o aumento deste índice nos igarapés do Educandos e Amarelinho devido ao lançamento de

efluentes e redução de sua vazão no período da seca e no porto da Ceasa no período da cheia, por receber maior quantidade de despejos orgânicos, inorgânicos e resíduos devido ao aumento das chuvas neste período. Como resultado deste estudo, foi observado que a qualidade da água das microbacias estão piorando com o tempo, mas que o Rio Negro ainda apresenta características naturais devido sua alta capacidade de diluição e depuração.

Arcos *et al.* (2009) estudou a balneabilidade em três praias localizadas no Rio Negro, apresentando também a sua importância para o desenvolvimento socioeconômico regional. Neste estudo também houve a influência dos períodos de cheia e estiagem nos resultados do estudo de balneabilidade, sendo que as praias mais próximas do centro de Manaus foram classificadas como impróprias para o uso no período de seca, com resultados de coliformes termotolerantes próximos à 1500 NMP/100 mL na Praia da Lua e 2000 NMP/100 mL na Praia da Ponta Negra, somente a Praia do Tupé foi considerada própria neste mesmo período. No período de cheia, todas as praias foram consideradas próprias para o banho.

Peixoto *et al.* (2014) avaliou a qualidade da água do Rio Beem no Município de Humaitá-AM e identificou que a concentração de coliformes totais e termotolerantes é influenciada pelo período hidrológico, apresentando valores superiores ao permitido pela Resolução CONAMA 274/2000 em vários pontos analisados no período de seca, devido à capacidade de diluição do rio ser menor com a redução de sua vazão.

Dourado *et al.* (2015) realizou um estudo de qualidade da água em rios, cachoeiras e corredeiras do município de Presidente Figueiredo, sendo detectado valores acima de 1000 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes em cinco dos oito pontos de monitoramento no período amostrado, sendo o maior resultado (240.000 NMP/100 mL), encontrado no Igarapé dos Veados. Este é um resultado crítico para este município que possui como uma de suas principais atividades o ecoturismo e enfrenta problemas ambientais devido à influência urbana, mineração e alto contingente de pessoas nos finais de semana.

Queiroz & Rubim (2016) realizaram o levantamento de informações de balneabilidade na Orla de Manaus nos períodos compreendidos entre 2002 a 2009 e concluíram que em maior ou menor grau, todos os igarapés urbanos de Manaus estão poluídos, seja por efluentes industriais, esgoto doméstico, águas servidas como também pela falta de coleta de resíduos. Este estudo também concluiu que, apesar das médias temporais apresentarem variações de concentração de coliformes na água entre os período de cheia e seca, a análise estatística não identificou relação entre essas variáveis neste local.

Como se pode observar pelos trabalhos mencionados, os estudos de balneabilidade no Estado do Amazonas são realizados, em sua maioria, na cidade de Manaus, sendo que, nos

outros locais é realizado de forma isolada. Apesar disso, é possível observar que os principais fatores de contaminação da água estão relacionados ao aumento populacional, urbanização e infraestrutura sanitária deficiente. Devido a esses fatores, os estudos para avaliar a evolução da qualidade das águas são de extrema importância para que se possa identificar suas causas e desenvolver soluções para esses problemas.

2.3 Aspectos de saúde pública

Os cursos de água podem ser contaminados por esgoto doméstico, agrícola ou industrial e, ao atingirem as águas das praias e/ou balneários, podem expor os banhistas a bactérias, vírus e protozoários. Outra forma de contaminação é a poluição por vazamento de combustível de embarcações como lanchas e jet-skis ou material fecal advindo dos próprios banhistas em locais em que não há estrutura adequada para os frequentadores (CETESB, 2016). Quando essas águas estão fora dos padrões de sanidade apresentam a possibilidade do usuário contrair diversas doenças e até a morte (BERG *et al.*, 2013). As principais doenças de veiculação hídrica transmitidas aos banhistas pela água contaminada são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais doenças associadas à água contaminada

Organismo	Doença	Agente Causal	Sintomas
Bactéria	Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Diarréia extremamente forte, desidratação, alta taxa de mortalidade
Bactéria	Gastroenterite	<i>Escherichia coli</i> enteropatogênica	Diarréia
Bactéria	Leptospirose	<i>Leptospira</i> várias espécies	Icterícia, Febre
Bactéria	Febre tifóide	<i>Salmonella typhi</i>	Febre elevada, diarreia, ulceração do intestino delgado
Bactéria	Desintéria Bacilar	<i>Shigella dysenteriae</i>	Forte Diarréia
Vírus	Hepatite infecciosa	Vírus da Hepatite A	Icterícia, febre
Protozoário	Desintéria amebiana	<i>Entamoeba histolytica</i>	Diarréia prolongada

Fonte: adaptado de Sperling (2005).

As doenças de veiculação hídrica mais comuns requerem tratamento simples ou nenhum dependendo da gravidade e não possuem efeitos de longo prazo na saúde humana, mas em locais muito contaminados, os banhistas podem estar expostos a doenças mais graves como cólera, hepatite A, febre tifóide e desintéria (CETESB, 2016).

A gastroenterite é a doença mais comum associada à água contaminada por esgotos e apresenta alguns dos seguintes sintomas: enjoo, vômitos, diarreia, dores de estômago, dor de

cabeça e febre, sendo que, em manifestações menos graves, incluem infecções dos olhos, ouvidos, nariz e garganta (BERG *et al.*, 2013). Normalmente a incidência de doenças gastrointestinais é maior em locais onde a água possui densidade de coliformes superior a 2.300 NMP/100 mL (STEVENSON, 1953).

Berg *et al.* (2013) afirma que o contato com a água contaminada pode afetar os usuários de forma distinta, ou seja, nem todas as pessoas que se banham em uma praia considerada imprópria para a recreação ficarão doentes. Isso depende de diversos fatores que podem aumentar o risco de se contrair as doenças, como as condições imunológicas de cada um, o tipo de exposição (contato primário ou secundário, se engoliu muita água) ou tempo de exposição (permaneceu muito tempo na água).

Diversos grupos de usuários estão expostos a uma série de perigos que variam de acordo com as características do local (proximidade de comunidades ou centros urbanos), dos usuários (estado de saúde, idade, etc.) e o tipo de atividade realizada. Segundo a World Health Organization (WHO, 2003) os principais grupos de usuários são:

- Moradores locais (público em geral);
- Hóspedes de hotéis;
- Turistas;
- Nadadores;
- Frequentadores de acampamentos;
- Especialistas em práticas desportivas (pescadores, mergulhadores, canoeiros).

O grupo de crianças e idosos são os que apresentam o risco mais elevado de prejuízo à saúde quando há contaminação por microrganismos patogênicos na água (WHO, 2003).

Uma das dificuldades para a avaliação da qualidade da água para fins de recreação no Estado do Amazonas é a carência de estudos e programas de monitoramento que avaliem as condições de balneabilidade, o que pode permitir o contato de banhistas com águas contaminadas por efluentes domésticos e até industriais.

2.4 Parâmetros indicadores

Para avaliar a qualidade da água, são utilizados parâmetros indicadores, divididos em três categorias: físicos, químicos e biológicos (SPERLING, 2005). Para expressar a situação de um corpo de água, é importante realizar a seleção adequada desses parâmetros de acordo com a necessidade de cada tipo de uso desse recurso hídrico (CHAPMAN e KIMSTACH, 1996; HIRAI, 2014). Dentre esses, a recreação é um tipo de uso que demanda grau de

qualidade elevado, considerando o risco de adquirir doenças veiculadas pela água através do contato físico ou a ingestão de quantidades apreciáveis de água (HIRAI, 2014).

2.4.1 Parâmetros físico-químicos

O potencial hidrogeniônico (pH) é a medida da intensidade de condições alcalinas ou ácidas do meio líquido por meio da medição da presença de ions hidrogênio (H^+) através de equipamentos de bancada em laboratórios ou em campo por equipamentos portáteis. A escala varia de 0 a 14 indicando solução neutra para o valor igual a 7, ácida para valores menores que 7 e alcalina para valores acima de 7. A acidez ou alcalinidade da água estão associados a fatores naturais como a formação geológica, absorção de gases, fotossíntese e oxidação de matéria orgânica ou fatores antropogênicos como o despejo de esgotos domésticos ou industriais, que podem causar irritações na pele e nos olhos se o pH da água estiver extremamente ácido ou básico (Sperling, 2005). Estudos realizados nos rios da Amazônia por Sioli (1956), Belger e Forsberg (2006), Oliveira *et al.* (2007), Cunha e Pascoaloto (2009) apresentaram pH ácido em diversos rios, lagos e igarapés, sendo esse resultado associado a fatores naturais relacionados à abundância de matéria orgânica proveniente da decomposição da floresta.

A temperatura é a medida de intensidade de calor que pode ser determinada com o auxílio de termômetros ou sensores em campo e a escala utilizada neste estudo é grau Celsius ($^{\circ}C$). As variações de temperatura nas águas acontecem por meio da transferência natural de calor por radiação, condução e convecção devido a interação entre o solo e a atmosfera ou pelo lançamento de efluentes industriais como usinas termelétricas (SPERLING, 2005). O seu estudo é importante porque ao elevar a temperatura da água, a taxa das reações físicas, químicas e biológicas aumentam, reduzindo a solubilidade de gases importantes para a vida aquática como o oxigênio (AZEVEDO, 1999). Estudos de balneabilidade realizados por Peixoto *et al.* (2014) e Campos (2015) apresentaram temperaturas abaixo de $40^{\circ}C$, sendo observada apenas a transferência de calor da atmosfera para a água, não sendo encontrados lançamentos de efluentes que alterassem significativamente a temperatura da água.

O oxigênio dissolvido (OD) é outra variável importante para a caracterização de ecossistemas aquáticos e sua concentração na água depende de fatores naturais, como a temperatura, pressão atmosférica, características hidráulicas (existência de cachoeiras), atividades biológicas e/ ou fatores antrópicos como o lançamento de esgotos. A unidade de medida utilizada para OD é mgL^{-1} (PINTO, 2007). O OD é uma variável essencial para as atividades e manutenção do metabolismo dos organismos aeróbios que habitam as águas

naturais (SILVA *et al.*, 2013) e de extrema relevância na legislação de classificação das águas naturais, bem como na composição de índices de qualidade de águas (PINTO, 2007). De acordo com SILVA *et al.* (2013), o comportamento do OD é bastante heterogêneo nos rios da Amazônia, sendo encontradas variações de 1,96 mgL⁻¹ a 8,94 mgL⁻¹ em condições naturais. O principal fator considerado como responsável por essa variação na disponibilidade de OD na coluna da água é a carga de sedimentos em suspensão transportada pelo Rio Amazonas e alguns tributários.

2.4.2 Parâmetros biológicos

Segundo Wade *et al.* (2003) a associação entre indicadores de contaminação fecal e infecções gastrintestinais observadas em banhistas têm sido investigadas desde a década de 1950, através de diversos estudos epidemiológicos publicados até hoje e que são utilizados como referência para classificação da qualidade das águas para fins recreacionais, como no primeiro guia da *United States Environmental Protection Agency* (USEPA), publicado em 1986.

O estudo das condições de balneabilidade no Brasil, deve atender aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 274, de 29 de novembro de 2000. De acordo com a referida resolução, as condições de balneabilidade das águas doces são classificadas em categorias, definidas de acordo com os teores de coliformes fecais (termotolerantes) ou *Escherichia coli* encontrados na água (LOPES; de JESUS, 2017).

Os coliformes totais são bactérias do grupo coliforme, bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não esporuladas e capazes de se desenvolver na presença de sais biliares fermentando a lactose e produzindo gás e ácido a temperatura de 35,0 ±0,5°C em 24/48 horas, podendo apresentar a atividade da enzima β - galactosidase. Este grupo contém os seguintes gêneros: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter* (FRANCO; LANDGRAF, 2008). Os coliformes fecais ou termotolerantes, podem ser definidos da mesma forma dos coliformes totais, no entanto, fermentam a lactose em 24 horas a uma temperatura mais elevada 44,5 ±0,2°C (BRASIL, 2013). Pelo menos três gêneros fazem parte desse grupo: *Escherichia*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, tendo como principal representante a *Escherichia coli*, presente em abundância em fezes humanas e de animais e sendo encontrada somente em esgotos, águas e solo que tenham recebido contaminação fecal recente (BRASIL, 2001). A detecção de uma pequena quantidade dessas bactérias não confere à água uma condição infectante, mas densidades de coliformes termotolerantes, *E. coli* ou enterococos superiores a

2.300 NMP/100 mL demandam um estudo mais detalhado devido à incidência de doenças gastrointestinais ser maior nesses locais (STEVENSON, 1953).

Nos estudos realizados em corpos de água urbanos por Scandelai *et al.* (2012), Peixoto *et al.* (2014), Dourado *et al.* (2015), Queiroz & Rubim (2016), Oliveira *et al.* (2017), foi observada a relação entre a presença de esgotos e o aumento da concentração de bactérias do grupo coliforme termotolerante, sendo maior a densidade nos pontos de coleta próximos de áreas urbanas, pontos de lançamento de esgotos e de drenagem pluvial.

2.4.2.1 Métodos para análise microbiológica da água

Segundo Grechi (2005) a análise microbiológica para avaliar a qualidade das águas pode ser realizada para pesquisar a presença ou ausência de microrganismos, quantificar os presentes e/ou identificar e caracterizar diferentes espécies de interesse. Existem diversos métodos para realizar as análises microbiológicas em laboratório, sendo estes divididos em convencionais e rápidos.

Os métodos convencionais mais amplamente utilizados e preconizados pela Vigilância Sanitária, são a Técnica da Fermentação em Tubos Múltiplos (FTM) e a Técnica de Membrana Filtrante, em que o primeiro é considerado versátil por ser realizado em amostras límpidas ou turvas e não requerer equipamentos sofisticados, mas é laborioso e demorado para obtenção dos resultados (BERNARDO, 2007), o segundo é mais rápido, porém depende de equipamento de custo elevado e não é indicado para amostras com alto índice de turbidez (GRECHI, 2005; MARQUEZI; GALLO; DIAS, 2010).

Os métodos rápidos foram desenvolvidos devido à necessidade de se obter dados analíticos mais rapidamente e também aumentar a produtividade laboratorial. Como resultado, foram desenvolvidos métodos que detectam a presença de um microrganismo através da ação de determinadas enzimas específicas, que modificam os substratos (cromogênico e/ou fluorogênico) e levam à uma alteração da cor e/ou a fluorescência do meio (ASHBOLT; GRABOW; SNOZZI, 2001).

Os métodos rápidos Colilert e Colitag detectam de forma simultânea os coliformes totais e *Escherichia coli*, simplificando o trabalho no laboratório, reduzindo o tempo de análise e os custos operacionais (DANTAS *et al.*, 2010; MARQUEZI, 2010).

Vários métodos rápidos já foram aprovados pela *United States Environmental Protection Agency* (USEPA), porém os métodos convencionais são muito utilizados como métodos oficiais em diversos laboratórios brasileiros e de outros países e são considerados como referência em diversas publicações (FRANCO; LANDGRAF, 2008), mesmo em

trabalhos em que são utilizados os métodos rápidos (BERNARDO, 2007; BETTEGA *et al.*, 2006; GRECHI, 2005).

2.4.2.1.1 Técnica da fermentação em tubos múltiplos (FTM)

A técnica da Fermentação em Tubos Múltiplos (FTM) permite conhecer o Número Mais Provável (NMP) de microrganismos presentes na amostra original. Neste método, as alíquotas das amostras em diversas diluições são colocadas em tubos de ensaio com meios de cultura que, após período de incubação de 24/48 horas, são identificados como positivo ou negativo para o microrganismo de interesse (MARQUEZI, 2010). Para realizar a contagem, são necessários três testes, sendo dois para coliformes totais (teste presuntivo e teste confirmativo) e um para coliformes termotolerantes.

Durante os testes, os tubos considerados positivos são identificados devido ao aspecto turvo observado no tubo de ensaio e também através da visualização de formação de bolhas de gás que ficam aprisionadas no tubo de Durham. O aspecto turvo é observado porque, após o crescimento microbiano, as células que crescem no meio de cultura dispersam a luz que atravessa a suspensão. As bolhas de gás são resultantes do processo de fermentação para produção da energia necessária para o crescimento microbiano (MADIGAN; MARTINKO; PARKER, 2004).

Para o teste presuntivo de coliformes totais, utiliza-se o meio de cultivo Caldo Lactosado (CL) ou Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST), ambos são meios de enriquecimento seletivo para bactérias do grupo coliformes e auxiliam na recuperação de células injuriadas. Após 24/48 horas de incubação a $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ de temperatura, deve-se observar os tubos de ensaio. Nos tubos de ensaio em que forem observados a turvação do meio e o crescimento com produção de gás nos tubos de Durham, serão considerados positivos e os tubos sem turvação e/ou sem formação de gás serão identificados como negativos para coliformes totais (SILVA FILHO, 2004).

O teste confirmativo para coliformes totais é realizado inoculando-se uma alíquota de cada tubo positivo do teste anterior em um tubo com o meio de cultura Caldo Verde Brilhante Bile, que apresenta em sua formulação sais biliares com a função de inibir o crescimento de bactérias gram-positivas, selecionando desta forma, os coliformes. Após o período de incubação de 48 horas a $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ de temperatura, deve-se observar a turvação do meio e também a presença de gases para identificar os tubos como positivos e usar a tabela de NMP para verificar o número mais provável de coliformes totais por 100 mL (MARQUEZI, 2010).

O teste confirmativo para coliformes termotolerantes é realizado inoculando-se uma alíquota de cada tubo positivo do teste presuntivo em um tubo com o meio de cultura Caldo EC (*Escherichia coli*). Após o período de incubação de 24 horas a $44,5\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ de temperatura, deve-se observar a turvação do meio e também a presença de gases para identificar os tubos como positivos e usar a tabela de NMP para verificar o número mais provável de coliformes (BRASIL, 2013).

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

O objetivo geral deste trabalho foi realizar o estudo da qualidade da água para fins recreacionais em balneários próximos da área urbana do Município de Itacoatiara-AM.

3.2 Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Determinar os parâmetros coliformes termotolerantes, pH, temperatura da água e oxigênio dissolvido;
- Comparar os resultados entre os balneários selecionados e entre os períodos de enchente e cheia.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização do local de estudo

O Município de Itacoatiara (AM) faz parte da Região Metropolitana de Manaus, sob a Lei Complementar n°. 52 de 30 de maio de 2007. A área territorial é de aproximadamente 8.891,9 km² e representa 8% da região nordeste do Estado do Amazonas. Os municípios limítrofes são: Manaus e Rio Preto da Eva à Oeste, Silves e Itapiranga ao Norte, Autazes, Careiro e Nova Olinda do Norte ao Sul, Maués à Sudeste e Boa Vista do Ramos e Urucurituba à Leste. A cidade apresenta relevo que varia de suave ondulado a plano, características da planície amazônica, com a presença de áreas inundáveis. Dados do censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016) apontam uma população de 86.839 habitantes, sendo 57.423, da zona urbana e 29.416 da zona rural, com uma estimativa para 2017 de um total de 98.503 habitantes.

O estudo foi realizado em três balneários no Município de Itacoatiara (AM), identificados por Balneário 1 (P1); Balneário 2 (P2) e Balneário 3 (P3), a fim de que se possa manter o sigilo do local e do proprietário. Inicialmente, foram realizadas visitas preliminares

para reconhecimento da área, observação do acesso ao local, verificação de pontos de apoio e a definição dos pontos de coleta. Para a amostragem, foi observado o período hidrológico proposto por Bittencourt (2007) sendo dividida em duas campanhas de 5 semanas para cada ponto, a primeira campanha dentro do período de enchente (dezembro de 2016 a fevereiro de 2017) e a segunda dentro período de cheia (maio de 2017 a junho de 2017), conforme representado na Tabela 3.

Tabela 3 - Dias das campanhas de coletas no período de enchente e cheia.

Enchente	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta	5ª Coleta
P1	11/12/2016	24/12/2016	01/01/2017	07/01/2017	14/01/2017
P2	24/12/2016	01/01/2017	07/01/2017	14/01/2017	21/01/2017
P3	14/01/2017	21/01/2017	28/01/2017	04/02/2017	11/02/2017
Cheia	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta	5ª Coleta
P1	13/05/2017	21/05/2017	27/05/2017	03/06/2017	10/06/2017
P2	13/05/2017	21/05/2017	27/05/2017	03/06/2017	10/06/2017
P3	13/05/2017	21/05/2017	27/05/2017	03/06/2017	10/06/2017

Durante as visitas preliminares observou-se que a população era mais frequente nos balneários aos sábados, domingos e feriados, no período da tarde, entre 13h00 e 17h00, sendo definido este intervalo como o momento mais propício para as coletas em todos os locais de amostragem previamente definidos. A atividade comercial realizada nos três locais de estudo é o comércio de alimentos e bebidas e não é cobrado ingresso para acesso ao balneário, exceto em ocasiões especiais quando ocorre a contratação de artistas para shows e apresentações especiais de música ao vivo. O funcionamento dos balneários 1 e 2 ocorre apenas nos finais de semana e feriados, somente o balneário 3 realiza atividade comercial todos os dias.

De acordo com o Plano Diretor Participativo do Município de Itacoatiara, a área de expansão urbana tem seu limite próximo ao km 08 da Rodovia AM-010 (sentido Itacoatiara-Manaus). Os balneários 1 e 2 estão localizados dentro dessa área, sendo que, o balneário 2, está localizado no km 7,5, próximo ao limite da área de expansão urbana. O balneário 3 está localizado em área rural, distante 13 quilômetros do centro da cidade. Na Figura 1 pode-se identificar os pontos de coleta (P1, P2, P3) e o limite do perímetro de expansão urbana de Itacoatiara no quadro em vermelho.

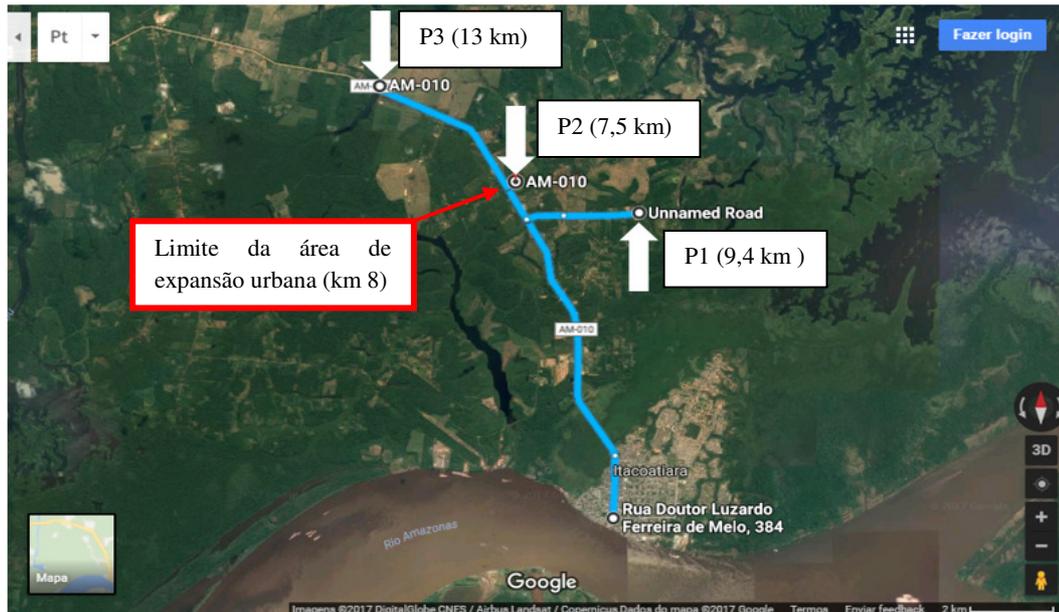


Figura 1 – Identificação dos pontos de coleta
Fonte: GOOGLE MAPS, 2017.

Os balneários foram selecionados considerando a facilidade de acesso e a proximidade da região central da cidade. A definição dos pontos de coleta ocorreu observando-se a região com maior concentração de banhistas (BRASIL, 2001 e CETESB, 2011)

O percurso até o Balneário 1 é realizado pela rodovia AM-010, virando à direita na estrada do Canaçari e seguindo à direita na bifurcação no início do ramal em estrada de terra. A distância entre o centro de Itacoatiara até o local de coleta P1 (latitude: $03^{\circ} 04' 29,9''$ S; longitude: $58^{\circ} 26' 28,2''$ W) é de aproximadamente 9,4 quilômetros, sendo percorrido oito quilômetros e meio em asfalto e novecentos metros em estrada de terra sem dificuldades e em menos de 20 minutos. Na Figura 2 é possível observar o caminho percorrido até o balneário 1.

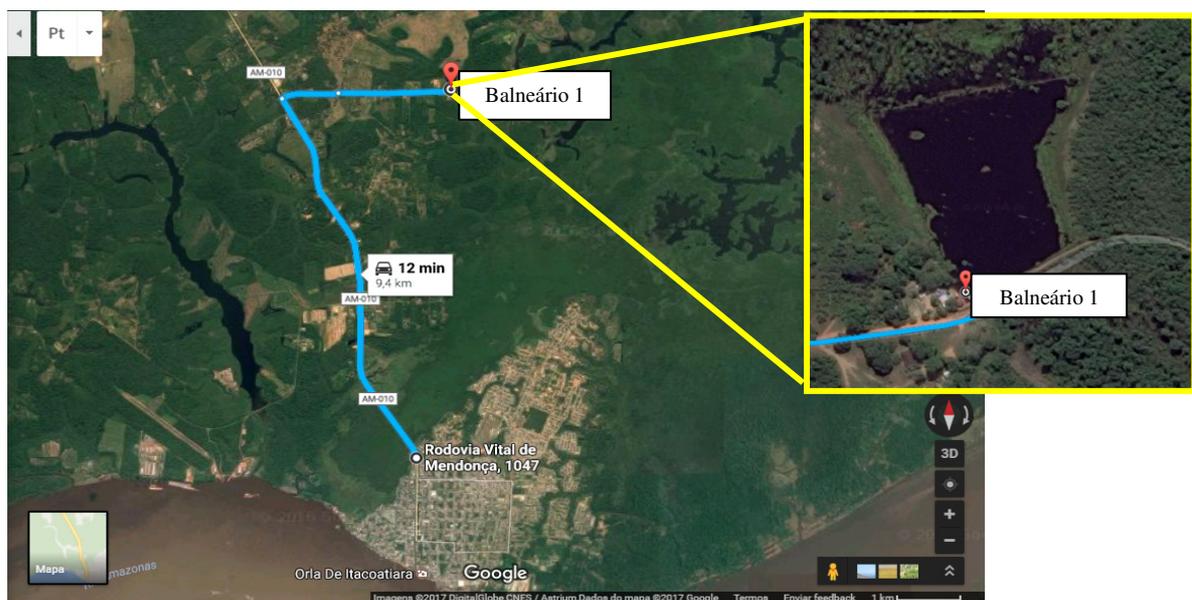


Figura 2 - Distância entre a entrada de Itacoatiara e o Balneário 1
Fonte: Imagens Google, 2016

O percurso até o Balneário 2 é realizado através da rodovia AM-010, sendo a entrada à direita no quilômetro sete e meio. A distância entre o centro de Itacoatiara até o local de coleta P2 (latitude: 03° 04' 3,7" S; longitude: 58° 28' 3,9" W) é de aproximadamente 7,5 quilômetros e trezentos metros, sendo percorrido sete quilômetros e duzentos metros em asfalto e trezentos metros em estrada de terra sem dificuldades e em menos de quinze minutos.

Na Figura 3 é possível observar o caminho percorrido até o balneário 2.

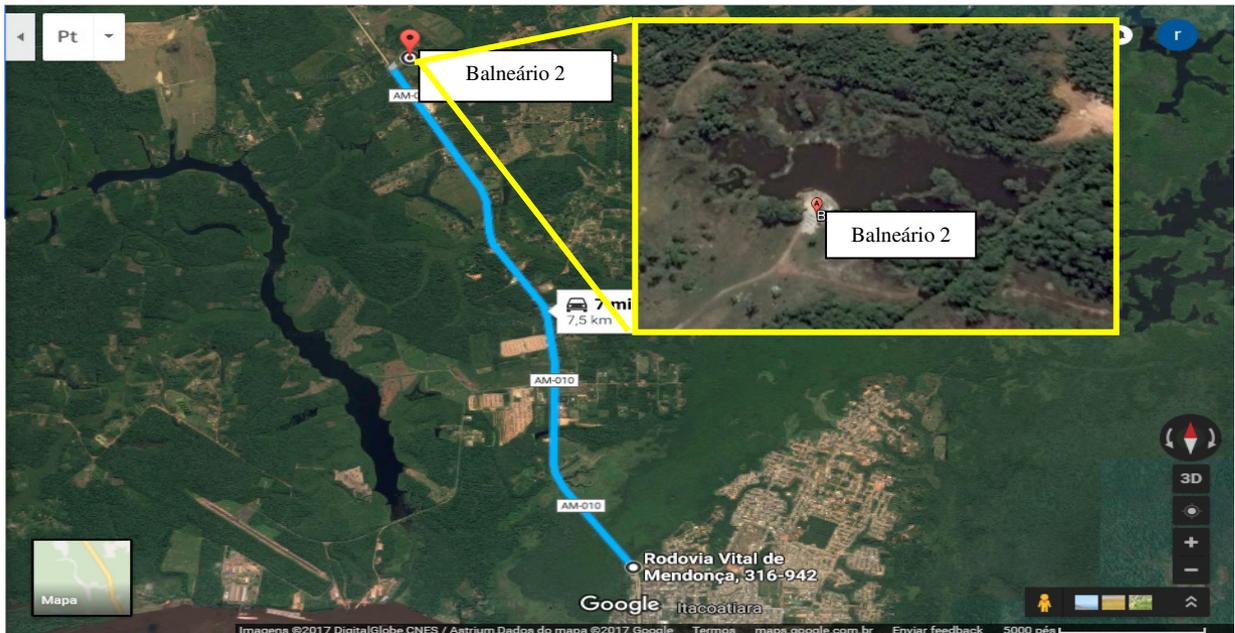


Figura 3 - Distância entre a entrada de Itacoatiara e o Balneário 2

Fonte: Imagens Google, 2016

O acesso até o Balneário 3 é realizado pela rodovia AM-010, sendo a entrada localizada à direita no km 13, a distância entre o centro de Itacoatiara até o local de coleta P3 (latitude: 03° 02' 42,7" S; longitude: 58° 29' 49,9" W) é de treze quilômetros, sendo todo o caminho percorrido em asfalto em aproximadamente 15 minutos. Na Figura 4 é possível observar o caminho percorrido até o balneário 3.



Figura 4 - Distância entre a entrada de Itacoatiara e o Balneário 3
 Fonte: Imagens Google, 2016

A verificação das condições estéticas da água e do local indicados na Resolução CONAMA 274/200 foi realizada através de comunicação verbal com os proprietários, funcionários e usuários dos balneários, da observação visual do local e do preenchimento de uma tabela com itens de verificação. Os itens de verificação observados nos balneários são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Itens de verificação das condições estéticas dos balneários e da água

Item Verificado
Coleta de resíduos pelo órgão público
Banheiros (masculino e feminino)
Presença de despejo de resíduos na água
Presença de despejo de esgoto na água
Presença de despejo óleos, graxas outras subst.
Floração de algas visíveis
Ocorrência de enfermidades relacionadas ao local
Atividade industrial nas proximidades
Atividade agrícola nas proximidades

4.2 Coleta das amostras

As amostras de água foram coletadas durante 5 (cinco) semanas consecutivas para cada período (enchente e cheia), aos sábados ou domingos (considerados os dias de maior

frequência dos banhistas) e à isóbata aproximada de 1 (um) metro, representando a região mais utilizada para recreação, conforme especificado na Resolução CONAMA nº 274/2000. Em cada ponto identificado, foi realizada a marcação de suas referências geográficas com auxílio de um GPS marca Garmin, modelo etrex10.

As coletas das amostras de água bruta de superfície foram realizadas de acordo com os procedimentos do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2011), sendo necessário adentrar na água até a linha da cintura (aproximadamente um metro), abrir o frasco mantendo a tampa a uma distância aproximada de 10 centímetros e realizar o preenchimento com a amostra até aproximadamente três quartos do seu volume para possibilitar sua homogeneização durante o ensaio em laboratório.

Para cada balneário foi definido apenas um ponto de coleta, considerando que os banhistas ficam concentrados próximos a área de acesso à água e não foi encontrada nenhuma tubulação de lançamento de esgoto ou drenagem pluvial direcionada para a água de nenhum dos balneários.

A coleta do ponto P1 foi realizada próxima à rampa de acesso à água, próximo à entrada do Balneário 1, conforme apresentado na Figura 5.



Figura 5 - Ponto de coleta e realização da coleta no Balneário 1
Fonte: Kuwano, 2017

A coleta do ponto P2 foi realizada no final do balneário, ao lado da escada de acesso à água, conforme apresentado na Figura 6.



Figura 6 - Escada de acesso à água e coleta de amostra no Balneário 2.
Fonte: Kuwano, 2016

No Balneário 3, o acesso à água é realizado através de uma estrutura de madeira onde os banhistas ficam concentrados. Na Figura 7 pode ser observado o ponto de coleta P3.



Figura 7 - Ponto de coleta no Balneário 3
Fonte: Kuwano, 2017

Após a coleta, os frascos foram fechados, identificados e acondicionados em caixa térmica com gelo para o transporte até o Laboratório de Diversidade e Motilidade Microbiana da Universidade Federal do Amazonas (ICET/UFAM), onde foram determinados os Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes.

4.3 Análises de pH, temperatura, oxigênio dissolvido

Os parâmetros pH, temperatura e oxigênio dissolvido foram mensurados no momento da coleta, com equipamentos portáteis da marca HANNA instruments, modelo HI 8424 (pH) e HI9146 (temperatura e oxigênio dissolvido).

4.4 Preparação das amostras para análise de coliformes

A homogeneização da amostra foi realizada invertendo os frascos 25 vezes em um arco de 30 cm (SILVA *et al.*, 2010).

Os meios de cultura foram preparados conforme instruções da embalagem e a descrição no Manual prático de análise de água da Fundação Nacional da Saúde (BRASIL, 2013), sendo utilizados:

- caldo lactosado (CL) em concentração dupla;
- caldo lactosado (CL) em concentração simples;
- caldo verde brilhante bile a 2% (VB);
- caldo EC.

A inoculação da amostra nos tubos de ensaio contendo os meios de cultura foi realizada de forma asséptica em cabina de segurança biológica marca Grupo VECO, modelo BIO SEG 09.

Para incubar os tubos de ensaio em temperatura controlada, foram utilizadas estufas microbiológicas marca NOVA ETICA.

4.5 Análise de coliformes

As técnicas adotadas para a determinação do Número Mais Provável de coliformes na água foram as preconizadas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, publicação da American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation, descritos no Manual prático de análise de água da Fundação Nacional da Saúde (BRASIL, 2013).

Foram realizados os testes presuntivo e confirmativo para coliformes totais e o teste para coliformes termotolerantes, conforme esquema apresentado na Figura 8.

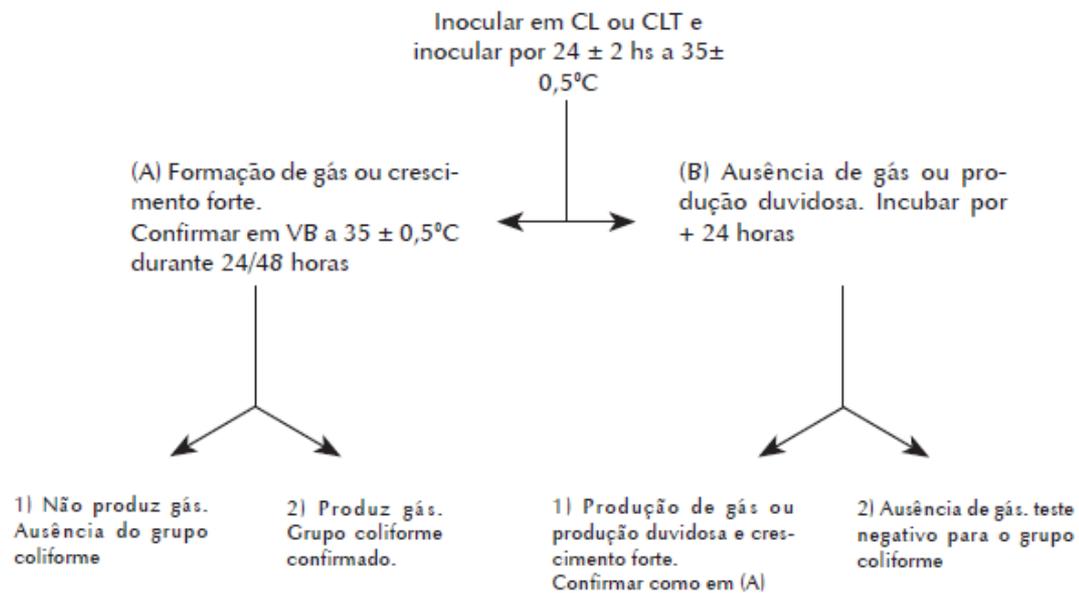


Figura 8 - Esquema da determinação do NMP de coliformes totais, termotolerantes e *E. coli* pela fermentação em tubos múltiplos FTM.
Fonte: BRASIL, 2013.

Para cada teste presuntivo e confirmativo, foi preparado 1 tubo de ensaio extra com 10 mL. do meio de cultura utilizado para realizar o controle negativo em cada etapa da análise de coliformes.

Para o teste presuntivo de coliformes totais foi utilizado como meio de cultura o Caldo Lactosado (CL) e 5 tubos de ensaio para cada série. Foram utilizados 15 tubos para este teste, sendo:

- a) 5 tubos de ensaio com 10 mL. de caldo lactosado de concentração dupla e 10 mL da amostra (diluição 1:1);
- b) 5 tubos de ensaio com 10 mL. de caldo lactosado de concentração simples e 1 mL da amostra (diluição 1:10);
- c) 5 tubos de ensaio com 10 mL. de caldo lactosado de concentração simples e 0,1 mL da amostra (diluição 1:100);

Os tubos foram incubados **em estufa** microbiológica a $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$ durante 24/48 horas e os tubos que apresentaram turvação e gás nos tubos de Durham foram identificados como positivo no teste presuntivo e foram separados para realizar teste confirmativo para coliformes totais e termotolerantes. A Figura 9 mostra um resultado negativo e um exemplo de resultado positivo para o crescimento de coliformes totais.

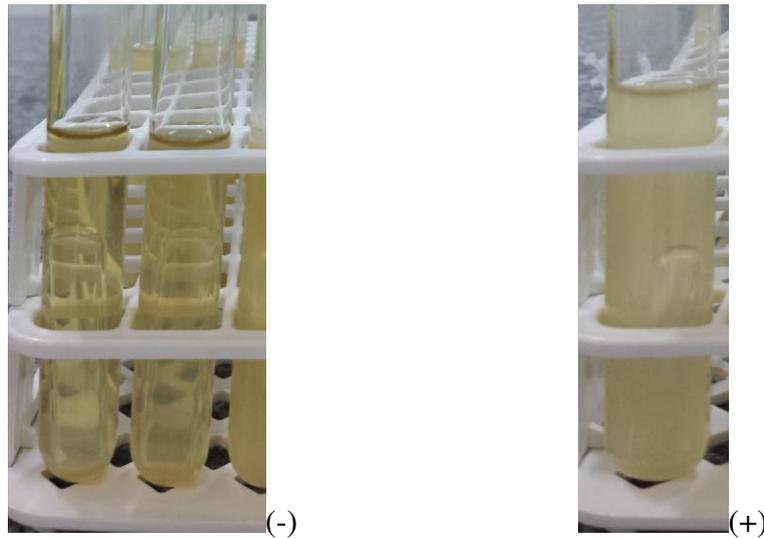


Figura 9 - Tubo contendo o Caldo Lactosado e Tubo de Durhan com resultado negativo (-) e resultado positivo (+) para coliformes totais
 Fonte: Kuwano, 2016

Para o teste confirmativo de coliformes totais foi utilizado como meio de cultura o Caldo Verde Brilhante Bile (VB). Para cada tubo com resultado positivo do teste presuntivo foi realizada uma alçada com porção de amostra para inocular em um tubo de ensaio com 10 mL do meio de cultura (VB). Após o período de 24/48 horas na estufa microbiológica a $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ de temperatura, foi realizada a observação e a identificação dos tubos positivos. Na Figura 10 é possível observar um exemplo de resultado negativo e de resultado positivo para coliformes totais.

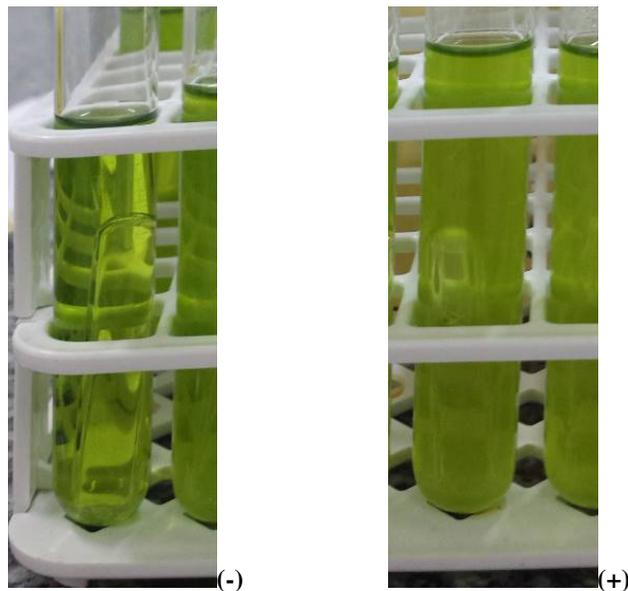


Figura 10 - Tubo contendo o Caldo Verde Brilhante Bile e Tubo de Durhan com resultado negativo (-) e resultado positivo (+) para coliformes totais
 Fonte: Kuwano, 2016

Para o teste coliformes termotolerantes foi utilizado como meio de cultura o Caldo EC (*E. coli*). Para cada tubo com resultado positivo do teste presuntivo foi realizada uma alçada com porção de amostra para inocular em um tubo de ensaio com 10 mL do meio de cultura (*E. coli*). Após o período de 24 horas em estufa microbiológica a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ de temperatura foi realizada a observação e a identificação dos tubos positivos. A Figura 11 apresenta um tubo de ensaio com exemplo de resultado negativo e resultado positivo para coliformes termotolerantes.

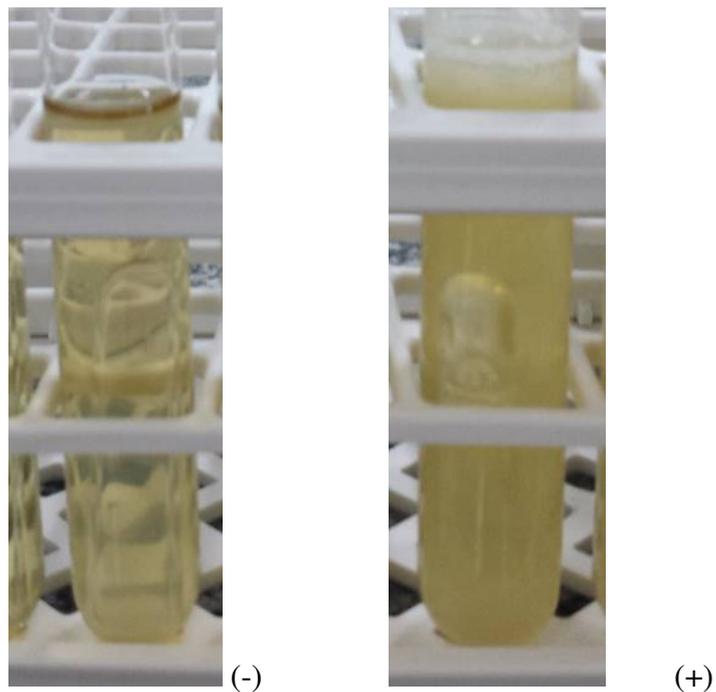


Figura 11 - Tubo contendo o Caldo EC e Tubo de Durhan com resultado negativo (-) e resultado positivo (+)
Fonte: Kuwano, 2016

A determinação do número mais provável de coliformes termotolerantes é realizada observando o número de tubos positivos e as combinações descritas na Tabela 4.

Tabela 4 - NMP. com limite de confiança de 95% para várias combinações de resultados positivos quando 5 tubos são usados para cada diluição (10 mL, 1,0 mL e 0,1 mL).

Combinação de positivos	NMP/100 ml	Limites	
		Inferior	Superior
0-0-0	< 2	-	-
0-0-1	2	1.0	10
0-1-0	2	1.0	10
0-2-0	4	1.0	13
1-0-0	2	1.0	11
1-0-1	4	1.0	15
1-1-0	4	1.0	15
1-1-1	6	2.0	18
1-2-0	6	2.0	18
2-0-0	4	1.0	17
2-0-1	7	2.0	20
2-1-0	7	2.0	21
2-1-1	9	3.0	24
2-2-0	9	3.0	25
2-3-0	12	5.0	29
3-0-0	8	3.0	24
3-0-1	11	4.0	29
3-1-0	11	4.0	29
3-1-1	14	6.0	35
3-2-0	14	6.0	35
3-2-1	17	7.0	40
4-0-0	13	5.0	38
4-0-1	17	7.0	45
4-1-0	17	7.0	46
4-1-1	21	9.0	55
4-1-2	26	12	63
4-2-0	22	9.0	56
4-2-1	26	12	65
4-3-0	27	12	67
4-3-1	33	15	77
4-4-0	34	16	80
5-0-0	23	9	86
5-0-1	30	10	110
5-0-2	40	20	140
5-1-0	30	10	120
5-1-1	50	20	150
5-1-2	60	30	180
5-2-0	50	20	170
5-2-1	70	30	210
5-2-2	90	40	250
5-3-0	80	30	250
5-3-1	110	40	300
5-3-2	140	60	360
5-3-3	170	80	410
5-4-0	130	50	390
5-4-1	170	70	480
5-4-2	220	100	560
5-4-3	280	120	690
5-4-4	350	160	820
5-5-0	240	100	940
5-5-1	300	100	1300
5-5-2	500	200	2000
5-5-3	900	300	2900
5-5-4	1600	600	5300
5-5-5	≥1600	-	-

Fonte: APHA (1985)

4.6 Categorias de qualidade

A Resolução CONAMA 274/2000 apresenta em seu Art. 2º, uma subdivisão de categorização da qualidade das águas próprias e impróprias para recreação, sendo utilizados parâmetros físicos/ estéticos e microrganismos indicadores (coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*), sendo ele:

Art. 2o As águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria.

§ 1o As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas seguintes categorias:

- a) Excelente: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros;
- b) Muito Boa: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros;
- c) Satisfatória: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros.

§ 2o Quando for utilizado mais de um indicador microbiológico, as águas terão as suas condições avaliadas, de acordo com o critério mais restritivo.

§ 3o Os padrões referentes aos enterococos aplicam-se, somente, às águas marinhas.

§ 4o As águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, for verificada cada uma das seguintes ocorrências:

- a) não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;
- b) valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros;
- c) incidência elevada ou anormal, na Região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;
- d) presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;
- e) pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais;
- f) floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;
- g) outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

§ 5o Nas praias ou balneários sistematicamente impróprios, recomenda-se a pesquisa de organismos patogênicos.

Considerando as orientações apresentadas pela Resolução CONAMA 274/2000, os resultados para cada balneário serão apresentados em forma de um quadro temático com padrão de cores de acordo com as categorias: PRÓPRIAS (Excelente, Muito Boa e Satisfatória) e IMPRÓPRIAS, conforme ilustrado no Quadro 1:

Quadro 1 - Classificação por categoria da qualidade da água para balneabilidade

CATEGORIAS DE QUALIDADE Resolução CONAMA 274/2000	Art. 2º da Resolução CONAMA 274/2000 Quando em 80% ou mais das 5 semanas houver no máximo	
	<i>Escherichia coli</i>	Coliformes termotolerantes
Própria/ Excelente	200	250
Própria/ Muito Boa	400	500
Própria/ Satisfatória	800	1000
Imprópria	2000	2500

4.7 Análise estatística

A comparação dos resultados das variáveis (coliformes termotolerantes, pH, temperatura da água e oxigênio dissolvido) entre os balneários e os períodos de enchente e cheia, foi realizado através da técnica estatística de Análise de Variância (ANOVA) seguida de teste Tukey. O modelo foi composto por dois fatores: o local (os três balneários que fizeram parte do estudo), o período hidrológico (enchente e cheia) e a sua respectiva interação. O nível de significância adotado nos testes foi de 5% e as análises realizadas com o auxílio do programa estatístico PAST e Microsoft Excel.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizados os estudos de balneabilidade para verificar a qualidade da água de três balneários (P1; P2; P3) na região de Itacoatiara. O balneário mais distante (P3) está localizado a 13 Km da área central de Itacoatiara podendo ser considerados como balneários localizados na zona de expansão urbana (P1 e P2) e área rural (P3) de Itacoatiara sendo de fácil acesso da população Itacoatiarense e turistas de outras regiões.

A análise das condições estéticas dos balneários foi realizada mediante informações obtidas, por meio de conversa informal e visitas guiadas, com os responsáveis pelos locais, e através de observações visuais das propriedades e seus arredores. Os dados obtidos estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Itens de verificação das condições estéticas dos balneários e da água

Item Verificado	Balneário 1	Balneário 2	Balneário 3
Coleta de resíduos pelo órgão público	SIM	SIM	SIM
Banheiros (masculino e feminino)	SIM	SIM	SIM
Presença de despejo de resíduos na água	NÃO	NÃO	NÃO
Presença de despejo de esgoto na água	NÃO	NÃO	NÃO
Presença de despejo óleos, graxas outras substâncias	NÃO	NÃO	NÃO
Floração de algas visíveis	NÃO	NÃO	NÃO
Ocorrência de enfermidades relacionadas ao local	NÃO	NÃO	NÃO
Atividade industrial nas proximidades	NÃO	NÃO	NÃO
Atividade agrícola nas proximidades	SIM	SIM	SIM

Analisando os dados obtidos na Tabela 5 podemos observar que aparentemente a água dos balneários encontravam-se naquele momento em condições de banho, uma vez que a água estava visualmente isenta de resíduos; despejo de esgoto, óleo, graxa e não observou-se algas. Não foram encontradas indústrias ou comércios de grande porte próximos aos balneários constatou-se, visualmente, durante as visitas que nos três pontos estudados os vizinhos são produtores de gado e/ ou bubalinos. Entretanto, somente a obtenção de dados por meio visuais e através de conversas informais com os responsáveis pelos locais não garantem aos banhistas a qualidade de balneabilidade das águas. Estudos referentes aos parâmetros físico-químico e biológico das águas dos balneários foram estudados a fim de que atendessem aos padrões mínimos de balneabilidade exigidos pela Resolução CONAMA 274/2000.

As análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos de cada balneário serão apresentados a seguir. Esses balneários tiveram seus parâmetros estudados e avaliados separadamente e os resultados obtidos posteriormente foram comparados uns com os outros a fim de que pudéssemos averiguar qual balneário apresentava os melhores parâmetros de balneabilidade definidos pela Resolução CONANA 274/2000.

5.1 Balneabilidade no Ponto P1

O balneário, P1, conforme descrito no item 4.1 e mostrado na Figura 12, é um dos balneários mais próximos da cidade de Itacoatiara. De acordo com o proprietário do local a água do balneário 1 é proveniente de nascentes encontradas dentro da propriedade, mas no período da cheia pode receber contribuições do Lago do Canaçari e do Lago da Poranga.



Figura 12 - Estruturas de alvenaria e acesso à área de recreação no Balneário 1
Fonte: Kuwano, 2016.

Na Figura 12, pode-se observar que o balneário 1 possui estruturas em alvenaria para abrigar a cozinha, o bar, os banheiros e também os chuveiros para atender aos banhistas. Em todas as visitas o local esteve sempre limpo, sem resíduos acumulados na água ou no solo. De acordo com o proprietário a coleta de resíduos é realizada parte pela prefeitura e parte por ele para evitar o acúmulo de lixo no local.

Os resultados referentes aos parâmetros físico-químico, tais como, temperatura, pH, oxigênio dissolvido e microbiológicos: coliformes totais e coliformes termotolerantes das análises das amostras de água coletadas no balneário P1 nos períodos de enchente e cheia estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras do Balneário ponto P1.

Parâmetros do ponto P1	Coletas do período de enchente					Coletas do período de cheia				
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
Temperatura (°C)	31,2	33,5	29,8	32,2	33,4	31,5	31,6	33,1	31,9	33,3
pH	6,46	6,47	5,75	7,63	6,25	6,67	6,78	5,91	5,63	5,58
CT (NMP/100mL)	900	500	500	110	170	220	900	280	300	500
CF (NMP/100mL)	350	500	300	17	50	170	220	170	300	280
OD (mgL ⁻¹)	6,01	4,87	4,61	12,74	13,11	8,02	7,93	7,87	8,07	7,80

CT: Coliformes Totais; CF: Coliformes Fecais (Termotolerantes); OD: Oxigênio Dissolvido

De acordo com Kubitza, (2003) e Zuin *et al.* (2009), a temperatura da água determina vários processos físico, químicos e biológicos ela é um importante fator regulador do metabolismo (consumo de oxigênio e excreção de resíduos metabólicos, do crescimento) da atividade, da degradação da matéria orgânica e da sobrevivência dos organismos aquáticos. Analisando os dados da Tabela 6, observa-se que a temperatura da água do balneário P1 apresentou os seguintes valores mínimos e máximos de temperatura: T mín = 29,8 °C e T máx

= 33,5 °C no período da enchente e T mín = 31,5 °C e T máx = 33,9 °C no período da cheia. Observa-se que a temperatura média dos dois períodos ficaram em torno de 32 °C não sendo observado variação nos valores de temperatura para o período da enchente e cheia.

Andrade *et al.* (2016) analisou a água do lago Macurani em Parintins - Amazonas e também não observou variação sazonal nos valores de temperatura que foi registrado em torno de 28°C; Oliveira (2008) estudou a sazonalidade dos corpos de água do Arquipélago de Mariuá, médio Rio Negro - Amazonas e também não constatou variação nos valores de temperatura da água do Arquipélago nos períodos de vazante e cheia.

Acredita-se que vários fatores possam estar colaborando para o alto valor de temperatura da água observado no balneário 1, tais como, a água do balneário 1 é uma água represada com baixa vazão e fluxo, o balneário possui uma estrutura para os banhistas toda em cimento e alvenaria e o fator principal que é a falta de vegetação ciliar próximo ao ponto de coleta da água, como pode ser observado na Figura 5, desse modo a área de coleta da água apresentou uma maior exposição à radiação solar ocasionando um valor mais alto de temperatura. De acordo com Arcova & Cicco, (1999) a ausência de cobertura vegetal às margens dos corpos hídricos acarreta em uma maior exposição à radiação solar aumentando a temperatura das águas. Estudos de balneabilidade realizados por Peixoto *et al.*, (2014) e Campos, (2015) apresentaram temperaturas abaixo de 40°C, sendo observada apenas a transferência de calor da atmosfera para a água, não sendo encontrados lançamentos de esgoto que alterasse significativamente a temperatura da água.

O valor do pH em águas naturais pode ser influenciado por diversos fatores, tornando-o uma variável ambiental importante e complexa e juntamente com outros parâmetros pode fornecer indícios de grau de poluição, metabolismo de comunidades e impactos em ecossistemas aquáticos (Vasconcelos & Souza, 2011 e Zuin *et al.*, 2009).

Podemos observar na Tabela 6 que o menor valor de pH no período da enchente foi de 5,75 e o maior valor foi de 7,63 com um valor médio de 6,51 nas cinco análises das águas realizadas nesse período já para o período de cheia o valor mínimo do pH foi 5,58 e o máximo de 6,78 vale ressaltar que os valores de pH, ligeiramente ácidos, encontrados na 3ª, 4ª e 5ª coleta estão abaixo dos valores permitidos pela Resolução CONAMA 357/05, que recomenda-se para mananciais valores de pH em torno de 6,0 e 9,0. De acordo com Zuin *et al.*, 2009 as águas naturais apresentam um valor de pH variando entre 4 e 9. Vasconcelos & Souza (2011) afirma que o valor do pH da grande maioria dos corpos hídricos varia entre 6 e 8 sendo que os ecossistemas com baixos valores de pH tem elevadas concentrações de ácidos dissolvidos (sulfúricos; nítricos; oxálicos, acéticos e carbônico) formados principalmente pela

atividade metabólica dos micro-organismos aquáticos. Comparando-se os baixos valores de coliformes totais; coliformes fecais e uma quantidade mais elevada de oxigênio dissolvido com os valores de pH para o período de cheia compreendido entre a 3ª e 5ª coleta acredita-se que a diminuição do valor do pH não esteja sofrendo influência da atividade metabólica de microorganismos aquáticos devido aos coliformes mas podem ser atribuídos a uma presença maior de matéria orgânica na água proveniente da vegetação local na época da cheia ocasionando um valor mais ácido para o pH. Se considerarmos a média dos valores de pH para os dois períodos observamos que estão dentro do intervalo permitido pela Resolução CONAMA 357/05.

Na Tabela 6 podemos observar que no período da enchente o menor valor registrado de oxigênio dissolvido foi de $4,87 \text{ mgL}^{-1}$ e o maior valor foi de $13,11 \text{ mgL}^{-1}$. Na 2ª e na 3ª coleta de água podemos observar que os valores de oxigênio dissolvido de $4,87 \text{ mgL}^{-1}$ e $4,61 \text{ mgL}^{-1}$, respectivamente, estão abaixo do valor permitido pela Resolução CONAMA 357/05, ou seja, inferior a 6 mgL^{-1} . Segundo Zuin *et al.* (2009) a temperatura da água atua diretamente na concentração de oxigênio dissolvido, sendo inversamente proporcional a esta, essa reciprocidade foi observada na 2ª coleta, período da enchente, na qual foi registrada a temperatura de $33,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (temperatura mais alta desse período) podendo justificar o baixo valor de oxigênio dissolvido encontrado, entretanto, além da temperatura, podemos atribuir a essa queda a alta concentração de coliformes totais e fecais observado nessa coleta. Na 3ª coleta embora a temperatura observada na água esteja mais baixa, a acidez da água e a elevada carga orgânica indicada pelos resultados de coliformes totais e fecais mais altos, contribuiu com a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido. Na 1ª coleta observa-se a maior concentração de coliformes totais e conseqüentemente uma queda na concentração de oxigênio dissolvido esse aumento de coliforme total pode ser atribuído ao escoamento superficial provocado por precipitações intermitentes na véspera da coleta. Em trabalhos desenvolvidos por Santos e Reis (1998) e por Sales (2006) também se constatou acentuado aumento na concentração de coliformes em período de maior precipitação pluviométrica. Na 4ª e 5ª coleta observa-se os maiores valores de oxigênio dissolvido, em torno de $12,93 \text{ mgL}^{-1}$ o qual, embora observa-se uma temperatura alta da água, o valor do pH está em torno de 6,94, valor bem próximo da neutralidade, e os baixos valores de coliformes totais e fecais contribuíram para aumentar a quantidade de oxigênio dissolvido na água nesse período.

Já para o período da cheia o menor valor de oxigênio dissolvido foi de 7,80 e o maior valor foi de 8,07, observa-se portanto que nesse período os valores de oxigênio dissolvido durante as cinco coletas estão em torno de um valor médio de $7,94 \text{ mgL}^{-1}$ apresentando

valores dentro do permitidos pela Resolução CONAMA 357/05, ou seja, não inferior a 6 mgL⁻¹. Embora foram observadas temperatura elevada e acidez da água na 3^a, 4^a e 5^a coleta os valores de coliformes totais e fecais obtidos foram baixos não ocasionando uma queda brusca nos valores de oxigênio dissolvido, conforme observado no período da enchente. Na 2^a coleta observa-se um alto valor de coliformes totais que foi atribuído a ao escoamento superficial provocado por precipitações intermitentes na véspera da coleta.

Considerando as orientações apresentadas pela Resolução CONAMA 274/2000, os resultados para cada balneário serão apresentados em forma de um quadro temático com padrão de cores de acordo com as categorias: PRÓPRIAS (Excelente, Muito Boa e Satisfatória) e IMPRÓPRIAS, conforme descrito no item 4.6.

O resultado do estudo de balneabilidade realizado no período de enchente (dezembro de 2016 a janeiro de 2017) e período de cheia (maio a junho de 2017) e a classificação de acordo com a categoria de qualidade podem ser sumarizados no Quadro 2.

Quadro 2 - Resultado da análise microbiológica de balneabilidade no Balneário 1

Ponto 1: Balneário 1 - Período de Enchente		Coliformes Totais NMP/100 mL	Coliformes termotolerantes NMP/100 mL
1 ^a Semana	Data: 11/12/2016	900	350
2 ^a Semana	Data: 24/12/2016	500	500
3 ^a Semana	Data: 01/01/2017	500	300
4 ^a Semana	Data: 07/01/2017	110	17
5 ^a Semana	Data: 14/01/2017	170	50
CATEGORIA DE QUALIDADE (Coliformes termotolerantes)			Própria/ Muito Boa
Ponto 1: Balneário 1 - Período de Cheia		Coliformes Totais NMP/100 mL	Coliformes termotolerantes NMP/100 mL
1 ^a Semana	Data: 13/05/2017	220	170
2 ^a Semana	Data: 21/05/2017	900	220
3 ^a Semana	Data: 27/05/2017	280	170
4 ^a Semana	Data: 03/05/2017	300	300
5 ^a Semana	Data: 10/05/2017	500	280
CATEGORIA DE QUALIDADE (Coliformes termotolerantes)			Própria/ Muito Boa

Observa-se no Quadro 2 que, embora haja presença de coliformes termotolerantes variando de 17 a 500 NMP/100 mL, no período da enchente e variando de 170 a 300 NMP/100 mL, no período da cheia, através dos critérios da Resolução CONAMA 274/2000, a água do balneário 1 é classificada como Própria/ Muito boa para banho por apresentar no máximo 500 coliformes termotolerantes em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas analisadas.

5.2 Balneabilidade no Ponto P2

O balneário, P2, conforme descrito no item 4.1 e mostrado na Figura 13 está situado a 7,5 Km do centro cidade de Itacoatiara. De acordo com o proprietário do local a água do balneário 2 é proveniente de nascentes encontradas dentro da propriedade, mas pode receber contribuições do Lago de Serpa no período da cheia.



Figura 13 - Estruturas em madeira e área de acesso à água do Balneário 2.
Fonte: Kuwano, 2016

Na Figura 13 pode-se observar que o balneário 2 possui uma estrutura mais próxima da natureza, ou seja, estruturas em madeira para abrigar a cozinha e os banheiros, areia, bastante árvores e vegetação ao redor do balneário. As condições estéticas para balneabilidade, como a ausência de resíduos no solo e na água e a presença de coletor para os resíduos pode ser observado também na Figura 13.

Através de caminhada pelo entorno do balneário não foi encontrada nenhuma tubulação com lançamento de esgoto ou águas pluviais para dentro do balneário. Também foi constatada a presença de coletores de resíduos em pontos estratégicos em que há a maior concentração dos banhistas. De acordo com o proprietário a coleta de resíduos é realizada parte pela prefeitura e parte por ele para evitar o acúmulo de lixo no local.

Os resultados referentes aos parâmetros físico-químico, tais como, temperatura, pH, oxigênio dissolvido e microbiológicos: coliformes totais e coliformes termotolerantes das análises das amostras de água coletadas no balneário P2 nos períodos de enchente e cheia estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras do Balneário ponto P2.

Parâmetros do ponto P2	Coletas do período de enchente					Coletas do período de cheia				
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
Temperatura (°C)	35,2	28,7	32,1	33,4	33,0	32,9	31,4	33,3	32,7	35,5
pH	7,78	8,23	7,71	6,98	7,81	6,23	7,18	6,33	5,81	5,39
CT (NMP/100ml)	500	900	500	170	900	500	300	350	900	240
CF (NMP/100ml)	500	900	100	140	280	170	300	300	220	240
OD (mgL ⁻¹)	7,91	7,48	18,06	13,03	13,54	9,03	8,92	9,51	9,42	8,83

CT: Coliformes Totais; CF: Coliformes Fecais (Termotolerantes); OD: Oxigênio Dissolvido

Analisando-se os dados da Tabela 7 para o período da enchente podemos observar que, com exceção da 4^a coleta, o menor valor de pH obtido foi de 7,71 e o máximo valor encontrado foi de 8,23 resultando em uma água levemente alcalina. Já no período da cheia podemos observar que na 1^a, 2^a e 3^a coleta o pH manteve-se levemente ácido entretanto na 4^a e 5^a coleta o pH ficou abaixo do 6,0, aumentando um pouco mais a acidez da água, isso se deve provavelmente a maior concentração de matéria orgânica proveniente da lixiviação do solo e da vegetação local no período de maior precipitação pluviométrica.

Na Tabela 7 observa-se que a temperatura da água do balneário P2 apresentou os seguintes valores mínimos e máximos de temperatura: T mín = 28,7 °C e T máx = 35,2 °C no período da enchente e T mín = 31,4 °C e T máx = 35,5 °C no período da cheia. Observa-se que a temperatura média dos dois períodos ficaram em torno de 32,8 °C não sendo observado variação significativa nos valores de temperatura para o período da enchente e cheia.

Observa-se na Tabela 7 que, no período da enchente, em todas as cinco coletas os valores de oxigênio dissolvido estavam de acordo com a Resolução CONAMA 357/05, ou seja, não inferior a 6 mg L⁻¹. Observa-se que o dado de oxigênio dissolvido, 1^a coleta, apresentou o segundo valor mais baixo registrado nesse período, 7,91 mgL⁻¹, essa queda do valor do oxigênio dissolvido pode ser atribuído provavelmente, aos altos valores de coliformes totais e fecais, ambos 500 NMP/100 mL e a elevada temperatura da água no dia da coleta, 35,2°C. Segundo Andrade *et al.* (2016) a temperatura elevada da água pode favorecer o crescimento de microorganismos e dentre eles os considerados patogênicos. De acordo Vasconcelos & Souza, 2011 águas de superfície relativamente límpidas, apresentam-se saturadas de oxigênio dissolvido, porém este pode ser rapidamente consumido pela demanda de oxigênio pelo microorganismos provenientes de coliformes fecais e totais. Dentro desse contexto, altos valores de coliformes fecais está associado diretamente na redução do oxigênio dissolvido.

Comportamento semelhante foi observado na 2ª coleta, período de enchente, embora a temperatura da água foi a mais baixa registrada no período, o valor de oxigênio dissolvido foi o mais baixo $7,48 \text{ mg L}^{-1}$, acredita-se que o alto valor de coliformes totais somados ao alto valor de coliformes fecais, ambos $900 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$ influenciaram diretamente no baixo valor da concentração de oxigênio dissolvido devido provavelmente a alta concentração de matéria orgânica proveniente provavelmente da precipitação pluviométrica que ocorreu de 24h a até 48h antes da coleta da água nesses dois dias de análise. É possível observar ainda na Tabela 7 que na 3ª e 5ª coleta, período de enchente, os altos valores de coliformes totais e os baixos valores de coliformes fecais não influenciaram diretamente na quantidade de oxigênio dissolvido que teve o valor mínimo de $13,54$ e máximo de $18,06 \text{ mg L}^{-1}$. Desse modo observa-se que a os baixos valores de coliformes fecais não estão influenciando diretamente nos valores de oxigênio dissolvido.

Observa-se, ainda no período da enchente, que na 4ª coleta embora o valor do pH tenha se aproximado da neutralidade e que foi registrada a segunda temperatura da água mais alta, $33,4^\circ\text{C}$, foi observado que o valor de oxigênio dissolvido manteve-se elevado, em torno de $13,03 \text{ mgL}^{-1}$ esse comportamento semelhante ao observado para as outras 4 coletas para esse período se deve provavelmente a estrutura do local, como comentado acima, entretanto, podemos atribuir também as baixas concentrações de coliformes totais e fecais obtidos nessa coleta.

Já para o período da cheia do balneário 2, Tabela 7, observa-se que o valor mínimo de coliformes totais encontrado foi de $240 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$ e o máximo foi de $900 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$ e os valores de coliformes fecais variou de $170 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$ (valor mínimo) a $300 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$ (valor máximo) resultando em um aumento na concentração da matéria orgânica, resultando em uma diminuição da concentração de oxigênio dissolvido quando comparado com o período da enchente, o qual teve o seu valor máximo registrado de $9,51 \text{ mgL}^{-1}$ e o valor mínimo de $8,83 \text{ mgL}^{-1}$. Esse aumento da concentração de coliformes totais e fecais no período da cheia se deve provavelmente a maior precipitação pluviométrica nesse período devido provavelmente ao escoamento superficial de fezes de gados e bubalinos contidas nas pastagens, ao redor do balneário, que escoam para o rio aumentando a concentração de coliformes totais e fecais na água.

O resultado do estudo de balneabilidade no ponto 2 realizado no período de enchente (dezembro de 2016 a janeiro de 2017) e período de cheia (maio a junho de 2017) e a classificação de acordo com a categoria de qualidade podem ser sumarizados no Quadro 4.

Quadro 3 - Resultado da análise microbiológica de balneabilidade no Balneário 2.

Ponto 2: Balneário 2 - Período de Enchente		Coliformes Totais NMP/100 mL	Coliformes termotolerantes NMP/100 mL
1ª Semana	Data: 24/12/2016	500	500
2ª Semana	Data: 01/01/2017	900	900
3ª Semana	Data: 07/01/2017	500	110
4ª Semana	Data: 14/01/2017	170	140
5ª Semana	Data: 21/01/2017	900	280
CATEGORIA DE QUALIDADE (Coliformes termotolerantes)			Própria/ Muito Boa
Ponto 2: Balneário 2 - Período de Cheia		Coliformes Totais NMP/100 mL	Coliformes termotolerantes NMP/100 mL
1ª Semana	Data: 13/05/2017	500	170
2ª Semana	Data: 21/05/2017	300	300
3ª Semana	Data: 27/05/2017	350	300
4ª Semana	Data: 03/06/2017	900	220
5ª Semana	Data: 10/06/2017	240	240
CATEGORIA DE QUALIDADE (Coliformes termotolerantes)			Própria/ Muito Boa

Observa-se no Quadro 4 que, embora haja presença de coliformes fecais variando de 140 a 900 NMP/100 mL, no período da enchente, e variando de 170 a 300 NMP/100 mL, no período da cheia, através dos critérios da Resolução CONAMA 274/2000, a água do balneário 2 é classificada como Própria/ Muito boa para banho, por apresentar no máximo 500 coliformes termotolerantes em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas analisadas. O resultado de 900 NMP/100 mL da 2ª coleta, realizada em 01/01/2017, representou os 20% da amostragem no período da cheia, não alterando o resultado de balneabilidade do balneário 2.

5.3 Balneabilidade no Ponto P3

O balneário, P3, conforme descrito no item 4.1 e mostrado na Figura 14 está situado a 13 Km da cidade de Itacoatiara. De acordo com o proprietário do local a água do balneário 3 é proveniente de nascentes encontradas dentro da propriedade, mas pode receber contribuições do Rio Urubu no período da cheia.



Figura 14 – Estrutura do restaurante em alvenaria e área de acesso à água do Balneário 3.
Fonte: Kuwano, 2016

Na Figura 14 pode-se observar que o balneário 3 possui estruturas em alvenaria para abrigar a cozinha, o bar e os banheiros e estruturas em madeira como os quiosques para acomodar os banhistas e uma ponte para facilitar o acesso à água. Em todas as visitas o local estava limpo, sem resíduos acumulados no chão ou na água. Através de caminhada pelo entorno do balneário não foi encontrada nenhuma tubulação com lançamento de esgoto ou águas pluviais para dentro do balneário. De acordo com o proprietário a coleta de resíduos é realizada pela prefeitura, que atende à demanda do local.

Os resultados referentes aos parâmetros físico-químico, tais como, temperatura, pH, oxigênio dissolvido e microbiológicos: coliformes totais e coliformes termotolerantes das análises das amostras de água coletadas no balneário P2 nos períodos de enchente e cheia estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras do Balneário ponto P3.

Parâmetros do ponto P3	Coletas do período de enchente					Coletas do período de cheia				
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
Temperatura (°C)	32,9	32,2	31,0	31,7	31,5	31,3	29,9	32,7	30,8	34,3
pH	7,12	7,89	6,97	6,79	6,33	6,48	6,59	6,63	5,76	5,97
CT (NMP/100ml)	500	350	500	350	500	350	900	70	350	170
CF (NMP/100ml)	50	110	280	280	350	140	90	50	90	300
OD (mgL ⁻¹)	10,74	11,32	12,01	9,05	10,10	7,1	6,9	7,32	7,63	7,75

CT: Coliformes Totais; CF: Coliformes Fecais (Termotolerantes); OD: Oxigênio Dissolvido

Analisando-se os dados da Tabela 8 para o período da enchente podemos observar que, o menor valor de pH obtido foi de 6,33 e o máximo valor encontrado foi de 7,89 resultando em uma água levemente neutra a alcalina. Já no período da cheia podemos

observar que na 1ª e 2ª coleta o pH manteve-se levemente ácido entretanto na 3ª, 4ª e 5ª coleta o pH ficou abaixo do 6,0, aumentando um pouco mais a acidez da água, isso se deve provavelmente a maior concentração de matéria orgânica proveniente da lixiviação do solo e da vegetação local no período de maior precipitação pluviométrica e também as características naturais dos rios e tributários da Amazônia, conforme estudos de Sioli (1956), Belger e Forsberg (2006), Oliveira *et al.* (2007), Cunha e Pascoaloto (2009).

Na Tabela 8 observa-se que a temperatura da água do balneário P3 apresentou os seguintes valores mínimos e máximos de temperatura: T mín = 31,0 °C e T máx = 32,9 °C no período da enchente e T mín = 29,9 °C e T máx = 34,3 °C no período da cheia. Observa-se que a temperatura média dos dois períodos ficaram em torno de 31,9 °C não sendo observado variação significativa nos valores de temperatura para o período da enchente e cheia.

Observa-se na Tabela 8 que, no período da enchente, em todas as cinco coletas os valores de oxigênio dissolvido estavam de acordo com a Resolução CONAMA 357/05, ou seja, não inferior a 6 mg L⁻¹. Observa-se que o dado de oxigênio dissolvido, 4ª coleta, apresentou o valor mais baixo registrado nesse período, 9,05 mgL⁻¹, essa queda do valor do oxigênio dissolvido pode ser atribuído provavelmente, aos coliformes totais e fecais e a elevada temperatura da água no dia da coleta, 31,7°C semelhante ao observado na 1ª coleta no Balneário 2, período da enchente. Nas demais coletas os valores de oxigênio dissolvido variou de 10,10 mg L⁻¹ (menor valor) a 12,01 mg L⁻¹ (maior valor). A quantidade de coliformes totais, nesse período, variou de 350 NMP/100 mL a 500 NMP/100 mL e as de coliformes fecais variou de 50 NMP/100 mL a 350 NMP/100 mL observa-se que esses valores de coliformes fecais não afetaram diretamente a quantidade de oxigênio dissolvido.

Já no período da cheia observa-se na Tabela 8 que apesar de em todas as cinco coletas os valores de oxigênio dissolvido estejam de acordo com a Resolução CONAMA 357/05, ou seja, não inferior a 6 mg L⁻¹ uma menor concentração de oxigênio dissolvido é observada nesse período quando comparado ao período da enchente. O menor valor de oxigênio dissolvido foi observado na 2ª coleta essa queda no valor do oxigênio dissolvido pode ser atribuído provavelmente a alta concentração de coliformes totais (900 NMP/100 mL) esse aumento da concentração de coliformes totais no período da cheia se deve provavelmente a maior precipitação pluviométrica nesse período devido provavelmente ao escoamento superficial de fezes de gados e bubalinos contidas nas pastagens, ao redor do balneário, que escoam para o rio aumentando a concentração de coliformes totais e fecais na água. Estudos de Cunha *et al.* (2004) e Mota (2008) também identificaram a existência da relação entre

precipitação e aumento da concentração de coliformes termotolerantes devido ao escoamento superficial da água que pode carrear impurezas e causar a poluição difusa.

Observa-se que na 4ª e 5ª coleta, período da cheia, embora os valores de coliformes fecais e totais estejam um pouco abaixo dos observados para a 1ª e 2ª coleta a média dos valores de oxigênio dissolvido nessas duas análises giram em torno de $7,69 \text{ mgL}^{-1}$ e se devem principalmente a decomposição da matéria orgânica, que podem se confirmados pelos baixos valores de pH, provavelmente proveniente da lixiviação do solo e da vegetação local no período de maior precipitação pluviométrica.

O resultado do estudo de balneabilidade realizado no período de enchente (dezembro de 2016 a janeiro de 2017) e período de cheia (maio a junho de 2017) e a classificação de acordo com a categoria de qualidade podem ser sumarizados no Quadro 4.

Quadro 4 - Resultado da análise microbiológica de balneabilidade no Balneário 3.

Ponto 3: Balneário 3 - Período de Enchente		Coliformes Totais NMP/100 mL	Coliformes termotolerantes NMP/100 mL
1ª Semana	Data: 24/12/2016	500	50
2ª Semana	Data: 01/01/2017	350	110
3ª Semana	Data: 07/01/2017	500	280
4ª Semana	Data: 14/01/2017	350	280
5ª Semana	Data: 21/01/2017	500	350
CATEGORIA DE QUALIDADE (Coliformes termotolerantes)			Própria/ Muito Boa
Ponto 3: Balneário 3 - Período de Cheia		Coliformes Totais NMP/100 mL	Coliformes termotolerantes NMP/100 mL
1ª Semana	Data: 13/05/2017	350	140
2ª Semana	Data: 21/05/2017	900	90
3ª Semana	Data: 27/05/2017	70	50
4ª Semana	Data: 03/06/2017	350	90
5ª Semana	Data: 10/06/2017	170	300
CATEGORIA DE QUALIDADE (Coliformes termotolerantes)			Própria/ Excelente

Podemos observar, no Quadro 4 que o balneário 3 apresentou as menores concentrações de coliformes termotolerantes nos períodos estudados, sendo classificado na categoria de qualidade Própria/Excelente no período da cheia e Própria/ Muito boa no período de enchente. Os menores valores de coliformes termotolerantes encontrados no balneário 3,

quando comparado aos balneários 1 e 2 deve-se provavelmente por ser o balneário mais distante da área urbana de Itacoatiara, possuir poucas residências próximas devido aos vizinhos serem propriedades maiores (fazendas) e o local ser mais semelhante às condições naturais, apresentando uma área mais verde com bastante grama e árvores ao redor.

5.4 Comparação de resultados

Através do teste de normalidade de Shapiro-Wilk com o programa PAST, constatou-se que as variáveis coliformes termotolerantes (CF) e oxigênio dissolvido (OD) não possuem distribuição normal ($p < 0,05$), sendo necessário realizar a transformação dos dados (OD_transf. e CF_transf.) para atender aos requisitos antes de realizar a comparação do resultado das variáveis (coliformes termotolerantes, pH, temperatura da água e oxigênio dissolvido) entre os balneários e os períodos de enchente e cheia utilizando a análise de variância (ANOVA). O resultado do teste de normalidade pode ser observado na Tabela 9.

Tabela 9 – Teste de Normalidade.

	CF	ph	T. água	O. D.	OD_transf.	CF_transf.
N	30	30	30	30	30	30
Shapiro-Wilk	0,8392	0,9587	0,9794	0,9165	0,9526	0,9557
P	0,00037	0,2862	0,8095	0,02172	0,1989	0,2398

CF: Coliformes Fecais (Termotolerantes); OD: Oxigênio Dissolvido

O resultado de comparação da variável coliformes termotolerantes entre os balneários e períodos estudados é apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 – Resultado da ANOVA para coliformes termotolerantes.

	G.L.	SQ	QM	F	P	F _{crítico}
Período	1	16,2501	16,2501	0,5552	0,4634	4,2597
Balneário	2	97,1725	48,5862	1,6601	0,2112	3,4028
Período x Balneário	2	24,4729	12,2364	0,4181	0,6629	3,4028
Resíduo	24	702,397	29,2665			
Total	29	840,2935				

De acordo com os resultados da tabela 10, para os valores de $P > 0,05$, deve-se aceitar a hipótese nula (H_0), ou seja, nenhuma diferença significativa foi encontrada na interação entre período e balneário, entre os balneários ou entre os períodos para a variável coliformes termotolerantes. Mesmo apresentando variação na concentração de coliformes termotolerantes

nas análises realizadas nos três balneários e nos períodos de enchente e cheia, não foi encontrada diferença significativa na comparação entre as médias dos resultados, este era um resultado esperado, considerando que todos os balneários apresentaram boas condições de qualidade da água para recreação.

O resultado de comparação da variável pH entre os balneários e períodos estudados é apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Resultado da ANOVA para pH.

	G.L.	SQ	QM	F	P	F _{crítico}
Período	1	5,8344	5,8344	18,0812	0,0003	4,2597
Balneário	2	2,0010	1,0005	3,1005	0,0634	3,4028
Período x Balneário	2	1,6389	0,8195	2,5396	0,0999	3,4028
Resíduos	24	7,7443	0,3227			
Total	29	17,2186				

De acordo com os resultados da tabela 11, para os valores de $P > 0,05$, deve-se aceitar a hipótese nula (H_0), ou seja, nenhuma diferença significativa foi encontrada na interação entre período e balneário e entre os balneários, porém entre os períodos foi encontrado o valor de $P < 0,05$, então deve-se rejeitar a hipótese nula (H_0) para a variável pH. Pode-se observar que existe pelo menos uma diferença significativa entre os períodos de enchente e cheia para a variável pH. Para verificar onde está essa diferença, foi aplicado o teste de Tukey e o resultado é apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 - Teste de Tukey a 5% para a variável pH entre os períodos

DMS	q	QMR	G.L. _{res}
0,7418	2,92	0,3227	24
	Balneário 1	Balneário 2	Balneário 3
Enchente	6,512 a	7,702 a	7,020 a
Cheia	6,114 a	6,188 b	6,286 a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%

De acordo com os resultados da Tabela 12, a diferença significativa para a variável pH encontrada nos períodos de enchente e cheia foi ocorreu no balneário 2. Este era um resultado esperado, pois o balneário 2 apresentou a maior diferença na comparação entre as médias de pH na enchente e na cheia. No período de cheia a água do balneário 2 apresentou

característica alcalina, apresentando pH 8,23, o maior resultado encontrado entre os balneários. Já no período da cheia, apresentou pH de características levemente ácidas que podem ser relacionadas com a maior concentração de matéria orgânica em decomposição carregada do solo para a água através do escoamento superficial no período de maior precipitação pluviométrica.

O resultado de comparação da variável temperatura da água entre os balneários e períodos estudados é apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 - Resultado da ANOVA para temperatura da água.

	G.L.	SQ	QM	F	P	F _{crítico}
Período	1	0,6453	0,6453	0,2648	0,6115	4,2597
Balneário	2	5,1047	2,5523	1,0473	0,3664	3,4028
Período x Balneário	2	0,6887	0,3443	0,1413	0,8690	3,4028
Resíduo	24	58,488	2,437			
Total	29	64,9267				

De acordo com os resultados da Tabela 13, como os valores de $P > 0,05$, deve-se aceitar a hipótese nula (H_0), ou seja, nenhuma diferença significativa foi encontrada na interação entre período e balneário, entre os balneários ou entre os períodos para a variável temperatura da água. Este resultado era esperado, considerando-se que não foram observados lançamentos de efluentes e esgotos ou outros fatores que pudessem influenciar significativamente nas medições de temperatura. O fator natural que poderia influenciar nos resultados seria a influência da radiação e interação do solo e atmosfera, que foi reduzido ao realizar as medições de temperatura em um curto espaço de tempo.

O resultado de comparação da variável oxigênio dissolvido entre os balneários e períodos estudados é apresentado na Tabela 14.

Tabela 14 - Resultado da ANOVA para oxigênio dissolvido.

	G.L.	SQ	QM	F	P	F _{crítico}
Período	1	0,7144	0,7144	4,3433	0,0480	4,2597
Balneário	2	0,8551	0,4275	2,5992	0,0951	3,4028
Período x Balneário	2	0,4312	0,2156	1,3109	0,2882	3,4028
Resíduos	24	3,9476	0,1645			
Total	29	5,9483				

De acordo com os resultados da tabela 14, como os valores de $P > 0,05$, deve-se aceitar a hipótese nula (H_0), ou seja, nenhuma diferença significativa foi encontrada na interação entre período e balneário e entre os balneários, porém entre os períodos o valor de $P < 0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula (H_0) para a variável oxigênio dissolvido. Pode-se observar que existe pelo menos uma diferença significativa entre os períodos de enchente e cheia para a variável oxigênio dissolvido. Para verificar onde está essa diferença, foi aplicado o teste de Tukey e o resultado é apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 - Teste de Tukey a 5% para a variável oxigênio dissolvido entre os períodos

DMS	q	QMR	G.L. _{res}
0,5298	2,92	0,1646	24
	Balneário 1	Balneário 2	Balneário 3
Enchente	2,800 a	3,416 a	3,260 a
Cheia	2,818 a	3,022 a	2,708 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

De acordo com os resultados da Tabela 15, a diferença significativa da variável oxigênio dissolvido encontrada nos períodos de enchente e cheia ocorreu no balneário 3. Apesar de todos os resultados de oxigênio dissolvido estarem de acordo com a Resolução CONAMA 357/05, ou seja, não inferior a 6 mg L^{-1} , o balneário 3 foi o que apresentou maior diferença na comparação entre as médias deste parâmetro, sendo os melhores resultados encontrados no período de enchente, em que as chuvas ocorrem com menor frequência que na cheia. Os valores de coliformes termotolerantes também foram maiores neste balneário no período de cheia e, como balneário está localizado dentro de uma fazenda de pecuária extensionista de bovinos e bubalinos, considera-se que houve redução na concentração de oxigênio dissolvido na água devido à maior quantidade de matéria orgânica em decomposição carregada pela água durante as chuvas mais frequentes e intensas no período de cheia.

6. CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados, conclui-se que a água de todos os balneários avaliados na área de estudo são consideradas sanitariamente seguras para os banhistas, sendo a água dos balneários 1 e 2 consideradas própria/muito boas para balneabilidade no período de enchente e cheia e a água do balneário 3 considerada própria/muito boa no período de enchente e própria/excelente no período de cheia.

Nestes termos, o resultado deste trabalho pode colaborar na elaboração de um plano de monitoramento para acompanhar a evolução da qualidade da água ao longo do tempo, para colaborar na conservação e uso racional de áreas importantes para o turismo e economia locais e na revitalização de ambientes degradados pelas atividades antrópicas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas. Balanço das Águas. Brasília, n.3, 2014. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/Publicacoes.aspx>>. Acesso em: 21 set 2016.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21. ed. Washington DC: APHA, 2005.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 16 ed. Washington DC: APHA, 1985.

ANDRADE, F. S. DE ; SILVA, A. M. DA.; ARIDE, P. H. R.; OLIVEIRA, A. T. DE. Análise físico-química e da microbiota da água do lago Macurany, Paritins, Amazonas. **Biota Amazônia**. v. 6, n. 2., p.132 – 134, 2016.

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, A. Qualidade da água de micorbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha. *Scientia Forestalis*, v. 56.p. 125 – 134, 1999.

ARCOS, A. N.; CUNHA, H. B.; BRINGEL, S. R. B. Condições de balneabilidade de três praias do Rio Negro, Manaus – AM. In: **XVII JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**. Anais... Manaus: PIBIC/CNPQ/FAPEAM/INPA, p. 345-346, 2009.

ASSIS, F. O.; MURATORI, A. M. Poluição hídrica por dejetos de suínos: um estudo de caso na área rural do município de Quilombo, Santa Catarina. **Revista Eletrônica Geografar**. Curitiba, v.2, n.1, p.42-59, 2007.

AZEVEDO, E. B. Poluição e tratamento e água. **Química Nova na Escola**. n. 10, nov. 1999.

AZEVEDO, M. V. **Estudo da relação entre Hepatite A e condições de balneabilidade em cenários de saneamento precário na região de Mangaratiba, Baía de Sepetiba-RJ**. 2001. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública com concentração na área de Saneamento e Saúde Ambiental) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2001.

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; NASCIMENTO, L. E. do; CARVALHO, G. R. M.; SILVA, C. V. da. Coliformes como indicadores da qualidade da água: alcance e limitações. In: **Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Anais... Fortaleza: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 2000.

BELGER, L.; FORSBERG, B. R. Factors controlling Hg levels in two predatory fish species in the Negro river basin, Brazilian Amazon. **Science of the Total Environment**, v. 367, p. 451-459, 2006.

BENETTI, A; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. In: TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, p. 849-876, 2001.

BERG, C. H.; GUERCIO, M. J.; ULBRICHT, V. R. Indicadores de balneabilidade: a situação brasileira e as recomendações da World Health Organization. **International Journal of Knowledge Engineering and Management**. Florianópolis, v. 2, n. 3, p. 83-101, 2013.

BERNARDO, M. S. M. V. **Comparação dos métodos aplicados na detecção de bactéria de coliformes, *Escherichia coli* e *Enterococcus sp.* em águas para fins recreativos.** 2007. Dissertação (Mestrado em Análises de Água) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, Faro, 2007. Disponível em: <<https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/6311/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 12 set. 2016.

BETTEGA, J. M. P. R.; MACHADO, M. R.; PRESIBELLA, M.; BANISKI, G.; BARBOSA, C. A. Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 30, n. 5, p. 950-954, set/out. 2006

BICUDO, C. E. de M.; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B., (org). **Águas do Brasil: análises estratégicas.** São Paulo: Instituto de Botânica, 2010.

BITTENCOURT, M. M.; AMADIO, S. A. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. **Acta Amazônica**. v. 37. p. 303-308, 2007.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I. CONEJO, J. G. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável.** 2. ed. São Paulo: Editora Pearson Prentice Hall, 2002.

BRANCO, S. M. A água e o homem. In: PORTO, R. L. L.; BRANCO, S. M.; CLEARY, R. W.; COIMBRA, R. M.; EIGER, S.; LUCA, S. J.; NOGUEIRA, V. de P. Q.; PORTO, M. F. do A. **Hidrologia Ambiental.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo ABRH, v. 3, 414p, 1991.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Balanco das Águas.** 4. ed. Brasília: ANA, 2015.

BRASIL. IBGE CIDADES. Informações completas de Itacoatiara, 2017. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/am/itacoatiara/panorama>> Acesso em: jul. 2017.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água.** 4. ed. Brasília: Funasa, 2013.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2014.** Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016.

BRASIL. **Resolução n. 274 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 29 de novembro de 2000.** Brasília, DF: CONAMA, 2001.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das praias litorâneas no estado de São Paulo 2015.** São Paulo: CETESB, 2016.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.** São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

CAMPOS, J. S.; CUNHA, H. F. A. Análise comparativa de parâmetros de balneabilidade em Fazendinha, Macapá-AP. **Biota Amazônica**. v.5, n.4, p. 110- 118, 2005.

CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. Selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. (Ed.). **Water quality assessments: a guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. 2 ed. London: UNESCO/WHO/UNEP, 1996. p. 74-133.

CUNHA, A. C.; CUNHA, H. F. A.; BRASIL JÚNIOR, A. C. P. DANIEL, L. A.; SHULZ, H. E. Qualidade microbiológica da água em rios de áreas urbanas e periurbanas no baixo Amazonas: o caso do Amapá. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.9, n.4, p. 322- 328, 2004.

CUNHA, H. B.; PASCOALOTO, D. **Hidroquímica dos rios da Amazônia**. Manaus: Governo do Estado do Amazonas. Secretaria de Estado da Cultura, CCPA, 2009. 160 p.

DANTAS, A. K. D., SOUZA, C.; FERREIRA, M. S.; ANDRADE M. A.; ANDRADE, D.; WATANABE, E. Qualidade microbiológica da água de bebedouros destinada ao consumo humano. **Revista Biociências**, v.16, n.2, 2010.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2. ed. Sao Paulo: Editora Rima, 2005.

DOURADO, M. O. V.; FREITAS, E. P., SILVA, M. S. R., MIRANDA, S. A. F.; ABREU, A. C. Avaliação da qualidade das águas das cachoeiras e corredeiras do município de Presidente Figueiredo - Manaus/AM. In: **XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**. Anais... Brasília: ABRH, 2015, p. 1-7.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos em Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FILHO, J. L de O. P.; OLIVEIRA, A. M. Impactos socioambientais da ocupação desordenada das margens da Lagoa do Apodi - RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Mossoró, v. 3, n. 1, p. 58-76, 2008.

FIM, J. D. I.; GUIMARÃES, S. F.; BOBOTE, A. G.; FILHO, G. R. N. **Manual de Criação de Mantrinxã (*Brycon amazonicus*) em Canais de Igarapés**. Manaus: Editora INPA, 2009, 46p.

FRANCENER, S. F.; ANDRADE, L. R.; MOREIRA, J. P. P. C.; NUNES, M. L. A.; GOMES, J. B.; SANTOS, L. R. et al. Avaliação do índice de balneabilidade em uma área de lazer no município de Ji-Paraná – Rondônia. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**. Anais... São Paulo: ABRH, 2011, p. 1-9.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008, 182 p.

FREITAS, V. P. S.; BRÍGIDO, B. M.; BADOLATO, M. I. C.; ALABURDA, J. Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 61, n. 1, p. 51-58, 2002.

GASPAROTTO, F. A. **Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP**. 2011. Dissertação (Mestrado Programa de Pós Graduação em Ciências) Universidade de São Paulo. Piracicaba, p. 90. 2011. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64133/tde-06072011-104010/pt-br.php>> Acesso em: 15 set. 2016.

GRECHI, S. de Q. **Avaliação da eficiência de métodos rápidos usados para detecção de Coliformes Totais e Coliformes Fecais em amostras de água, em comparação com a técnica de fermentação em tubos múltiplos**. 2005. Dissertação (Mestrado alimentos e nutrição) – Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Araraquara, 2005. Disponível em: <http://www2.fcfa.unesp.br/Home/Posgraduacao/AlimentoseNutricao/Simone_Gregghi-completo.pdf> Acesso em: 30 abr. 2016.

GOOGLE MAPS. [**Distância entre a entrada de Itacoatiara e o Balneário 1**]. [2017]. Disponível em: < <https://www.google.com.br/maps/place/3%C2%B004'29.9%22S+58%C2%B026'28.2%22W/@-3.0749722,-58.4433554,760m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-3.0749722!4d-58.4411667>>. Acesso em 10 jan. 2017.

GOOGLE MAPS. [**Distância entre a entrada de Itacoatiara e o Balneário 2**]. [2017]. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/3%C2%B004'03.7%22S+58%C2%B028'03.9%22W/@-3.0676944,-58.4699387,760m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-3.0676944!4d-58.46775> >. Acesso em 10 jan. 2017.

GOOGLE MAPS. [**Distância entre a entrada de Itacoatiara e o Balneário 3**]. [2017]. Disponível em: < <https://www.google.com.br/maps/place/3%C2%B002'42.7%22S+58%C2%B029'49.9%22W/@-3.0451944,-58.4993831,760m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-3.0451944!4d-58.4971944>>. Acesso em 10 jan. 2017.

GOOGLE MAPS. [**Identificação dos pontos de coleta**]. [2017]. Disponível em: < <https://www.google.com.br/maps/dir/-3.1307387,-58.4462982/3%C2%B004'29.9%22S+58%C2%B026'28.2%22W/3%C2%B004'3.7%22S+58%C2%B028'3.9%22W/3%C2%B002'42.7%22S+58%C2%B029'49.9%22W/@-3.0879999,-58.5043531,14638m/data=!3m2!1e3!4b1!4m15!4m14!1m0!1m3!2m2!1d-58.4411667!2d-3.0749722!1m3!2m2!1d-58.46775!2d-3.0676944!1m3!2m2!1d-58.4971944!2d-3.0451944!3e0>>. Acesso em 10 jan. 2017.

HIRAI, F. M. **O uso de dados de precipitação e qualidade da água no gerenciamento de recursos hídricos com vistas à balneabilidade**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. São Paulo, 2014. Disponível em: < http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-29122014-174631/publico/Dissertacao_FHIRAI.pdf> Acesso em: 07 jul. 2017.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. 1. ed. Jundiaí: Fernando Kubitza, 2003, 229 p

LONDE, P. R.; MENDES, P. C. A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. **Hygea**, v. 10, n. 18, p. 264-272, 2014.

LOPES, F. W. A; de JESUS, C. R. Lazer e balneabilidade: uma abordagem histórica sobre o uso recreacional das águas na sociedade. **Caderno de Geografia**, v.27, n.50, p. 557-572, 2017.

LOPES, F.W.A.; MAGALHAES JR, A.P. Avaliação da qualidade das águas para recreação de contato primário na bacia do alto Rio das Velhas - MG. **Hygeia**. v.11, n.6, p.133-150, 2010.

LOPES, F. W. A; MAGALHÃES Jr, A. P; PEREIRA, J. A. A. Avaliação da qualidade das águas e condições de balneabilidade na bacia do ribeirão de Carrancas-MG. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, p. 111-120, 2008.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; PARKER, J. **Microbiologia de Brock**. 10. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

MARQUEZI, M. C. **Comparação metodológica para a estimativa do número mais provável (NMP) de coliformes em amostras de água**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-21102010-160234/en.php>> Acesso em: 12 set. 2016.

MARQUEZI, M. C.; GALLO, C. R.; DIAS, C. T. S. Comparação de métodos para análise de coliformes totais e *E. coli* em amostras de água. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n. 3, p. 291-296, 2010. Disponível em:< <http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v69n3/v69n3a03.pdf>> acesso em 15 out. 2016.

MEDEIROS, S. R. M.; CARVALHO, R. G.; SOUZA, L.; BARBOSA, A. H. S. Índice de qualidade das águas e balneabilidade no Riacho da Bica, Portalegre, RN, Brasil. **Revista Ambiente Água**, v. 11, n. 3, p. 711-730, 2016.

MELO, A.L.S.; CUNHA, H.B.; BARAÚNA, E.F.. Avaliação dos coliformes nas águas do rio Negro na orla de Manaus – AM. In: XV Jornada de Iniciação Científica do PIBIC/CNPq/FAPEAM/INPA. **Livro de resumos** expandidos da XV Jornada de Iniciação Científica do PIBIC/CNPq/FAPEAM/INPA. Manaus: INPA, 2006, pp. 373-374.

MEYBECK, M.; HELMER, R. An Introduction to water quality. In: CHAPMAN D. **Water quality assessment**. Cambridge: University Press, 1992. 585p.

MEYBECK, M.; KUUSISTO, E.; MAKELA, A. MALKKI, E. Water quality. In: BARTRAM, J.; BALLANCE, R. (Ed.). **Water quality monitoring: a practical guide to design and implementation of fresh water quality studies and monitoring programmes**. London: UNEP/WHO, 1996. P.15-36.

MORAES, D. S. de L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**. v. 36, n. 3, p. 270-274, 2002.

MOTA, S. **Gestão ambiental de recursos hídricos**. E ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

NATIONAL HEALTH AND MEDICAL RESEARCH COUNCIL (NHMRC). **Guidelines for Managing Risks in Recreational Water**. Autralian Government, 2008. p.16.

OLIVEIRA, J. M.; CUNHA, H. B; BARAÚNA, E. F. Avaliação dos coliformes nas águas do rio negro ao longo da orla de Manaus/AM. In: **XVI JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**. Anais... Manaus: PIBIC/CNPQ/FAPEAM/INPA, p. 461-462, 2007.

OLIVEIRA, A. T. **Caracterização hematológica de *Potamotrygon cf. hystrix*: subsídios ao manejo e a conservação da espécie**. Dissertação de mestrado em Diversidade Biológica, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, AM, 119p., 2008.

PEIXOTO, K. L. G.; NOGUCHI, H. S.; PEREIRA, A. R.; MARCHETTO, M.; SANTOS, A. A. Avaliação das Características Quali-Quantitativa das Águas do Rio Beem, Município de Humaitá-Amazonas. **Engineering and Science**. v. 2, n. 1, p. 1-13, 2014.

PEREIRA, E. M. **Análise de conflitos pelo uso da água relacionados à oferta e À demanda: Bacia do Rio Piracicaba - MG**. 2012. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

PINTO, M. C. F (Org.). **Manual de medição in loco: temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido**. CPRM/Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte. 43p, 2007. Disponível em<http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/geologia_medica/manual_medicoes_T_%20pH_OD.pdf> Acesso em 12 set. 2016.

PORTO, M. F. **Sistemas de gestão da qualidade das águas: uma proposta para o caso brasileiro**. 2002. Tese (Livre-Docência) Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. São Paulo, 2002

PHILLIPPI JR, Arlindo, et al. **Saneamento, saúde e Ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole, 2005.

RIEDEL, Guenther. **Noções de saúde ambiental: Controle sanitário dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1992.

QUEIROZ, O. T. M. M. **Impactos das atividades turísticas em área de reservatório: uma avaliação sócio-ambiental do uso e ocupação na área da represa do lobo, município de Itirapina, SP**. 2000. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2000

QUEIROZ, C. P. S.; RUBIM, M. A. L. Avaliação da condição de balneabilidade na orla urbana de Manaus/AM/Brasil. **Scientia Amazonia**, v. 5, n. 2, p. 24-33, 2016.

SALATI, E.; LEMOS, H. M. Água e desenvolvimento sustentável. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, E.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2 ed. São Paulo: Escrituras, 2002. p. 39-63.

SILVA, Neusely da, et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. São Paulo: Varela, 2010.

SILVA FILHO, G. N. S. **Microbiologia: manual de aulas práticas**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2004.

SIOLI, H. As Águas do Alto Rio Negro. **Boletim Técnico Instituto Agrônômico do Norte**. Belém. n. 32, p. 117-155. 1956.

SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A.F.; DOMINGOS, R. N.; SILVA, S. L. R.; SANTANA, G. P. Classificação dos rios da Amazônia: uma estratégia para preservação desses recursos. **HOLOS Environment**, v. 13, n. 2, p. 163-174, jun. 2013

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

SPERLING, E. von. Água para saciar corpo espírito: Balneabilidade e outros usos nobres. In: Anais...XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES, Joinville, 2003.

STEVENSON, Albert H. Studies of bathing water quality and health. **Am J Public Health**, Ohio, n. 43, p.529-538, 1953.

TUCCI, C. E. M (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2013.

VASCONCELOS, V. de M. M.; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 6, n. 2, 2011.

WADE, T. J.; PAI, N.; EISENBERG, J. N. S.; COLFORD Jr, J. M. Do U.S. Environmental Protection Agency water quality guidelines for recreational waters prevent gastrointestinal illness? A systematic review and meta-analysis. **Environ Health Perspect**, v. 111, n.8, p.1102–1109, 2003.

WHO. World Health Organization. **Guidelines for safe recreational water environments: coastal and fresh waters**. Geneva: World Health Organization, 2003. v.1, 253p.

ZUIN V. G. ; IORIATTI, M. C. S. e MATHEUS, C. E. O Emprego de Parâmetros Físicos e Químicos para a Avaliação da Qualidade de Águas Naturais: Uma Proposta para a Educação Química e Ambiental na Perspectiva CTSA. **Química Nova na Escola**, v. 31, n.1, p. 3-8, 2009