

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGRONEGÓCIO**

NÍCOLAS AUGUSTO DE CARVALHO FRANCO

**ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZANDO
PARÂMETROS FÍSICOS - QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS**

Botucatu-SP
Fevereiro-2015

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGRONEGÓCIO**

NÍCOLAS AUGUSTO DE CARVALHO FRANCO

**ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZANDO
PARÂMETROS FÍSICOS - QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS**

Orientador: Prof. Me. Sergio Augusto Rodrigues

Coorientador: Dr. Ivan Fernandes de Souza

Relatório de Iniciação Científica apresentada à
FATEC - Faculdade de Tecnologia de
Botucatu como exigência para o programa de
iniciação científica do Curso Superior de
Tecnologia em Agronegócio.

Botucatu-SP
Fevereiro-2015

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a Deus por me apoiar e estar do meu lado nas horas boas e ruins, sempre me ajudando nas minhas dificuldades e me levantando para eu continuar a batalhada da vida.

Agradeço aos meus pais, Patrícia e José e meu irmão Caio, que sempre estão presentes na minha vida e no meu dia-a-dia, que me ajudaram e me apoiaram nas escolhas da minha vida e enfrentando os desafios do meu lado. Uma família forte e unida em Cristo, pois sem ele não somos nada. E agradeço a minha avó Maria, minha tia Cristina e prima Izadora que também estão do meu lado me apoiando. Obrigado por serem tão especiais.

Quero agradecer a minha namorada Giovana que esteve do meu lado nesses três anos, me ajudou nas minhas maiores dificuldades e me animando para que eu não desistisse obrigado. E agradeço a família dela Maria Emília, Mauro e Júlia que agora também fazem parte da minha família, obrigado por me ajudarem e me apoiarem nessa minha caminhada.

Obrigado ao meu orientador Prof. Me. Sergio Augusto Rodrigues que confiou em mim nessa etapa, me incentivando e dando força para eu nunca desistir, sempre alegre e determinado a me ajudar, sou muito grato a ele e ao meu coorientador: Dr. Ivan Fernandes de Souza.

A todos os meus amigos da faculdade, que esses três anos juntos tivemos bons e maus momentos juntos, as brincadeiras, risos e choros foram inesquecíveis, levarei essa experiência para minha vida e nunca me esquecerei de vocês.

E por fim aos professores e funcionários em geral da Faculdade de Tecnologia de Botucatu, que estavam presentes no meu dia-a-dia e um grande obrigado a todos os professores que fizeram parte da minha vida e ministraram aulas no decorrer do curso de agronegócio.

RESUMO

Sabendo que a água é um recurso natural essencial para as atividades humanas, estudos relacionados com seu uso racional e sustentável tornam-se fundamentais. Destinada ao consumo humano, a água deve atender a certos requisitos. Antes de chegar ao consumo humano a água pode conter impurezas com características físicas, químicas e microbiológicas até níveis não prejudiciais ao ser humano, os quais são delimitados por órgãos de saúde pública e caracterizados como padrões de potabilidade. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo analisar as características físico-químicas e microbiológicas da água distribuída para a população de Botucatu, comparando com os padrões de potabilidade vigente e verificando suas alterações no período de seca e chuvoso. Foram analisados dados da qualidade da água observados na rede de distribuição, utilizando as seguintes variáveis: turbidez, cor aparente, residuais de cloro, flúor, pH, unidades formadoras de colônias de bactérias heterotróficas e proporção de amostras com ausência de coliformes totais. Verificou-se que a água distribuída atende os padrões de potabilidade vigentes na legislação brasileira (Portaria 518/04) e que existem diferenças significativas apenas no comportamento das variáveis temperaturas da água e concentração de cloro residual, quando comparado o período de seca com o chuvoso.

Palavras Chave: Análise Estatística. Qualidade da água. Recursos naturais.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Balanço hídrico normal mensal para Botucatu, SP. UNESP	24
Dados médios mensais das amostras de Turbidez (Jan. 2007 a Dez. 2011)	31
Dados médios mensais das amostras de Cor (Jan. 2007 a Dez. 2011)	31
Dados médios mensais das amostras de Flúor (Jan. 2007 a Dez.2011).....	32
Dados médios mensais das amostras de Cloro (Jan. 2007 a Dez. 2011)	32
Dados médios mensais das amostras de pH (Jan. 2007 a Dez. 2011)	33
Dados médios mensais da temperatura da água (Jan. 2007 a Dez. 2011).....	33
Dados médios mensais de Bactérias Heterotróficas (Jan. 2007 a Dez. 2011).....	34
Proporção com ausência de coliformes toais (Jan. 2007 a Dez. 2011).....	34
Dados Mensais de Turbidez	35
Dados Mensais de Cor	36
Dados Mensais de Flúor.....	36
Dados Mensais de Cloro	37
Dados Mensais de pH	37
Dados Mensais de Temperatura.....	38
Dados Mensais de Bactéria Heterotrófica.....	38
Dados Mensais de Coliformes Totais	39

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Resumo Estatístico Geral das variáveis físico-químicas e microbiológicas da água	40
Resumo Estatístico Geral das variáveis físico-químicas e microbiológicas da água para o período de seca	42
Resumo Estatístico Geral das variáveis físico-químicas e microbiológicas da água para o período chuvoso.....	42
Média \pm Desvio Padrão ou Mediana (Q1 Q3) para cada variável no período de seca ou chuvoso.....	43
Frequência e percentual de amostras de Turbidez de acordo com o padrão de potabilidade e período do ano (seco e chuvoso).	44
Frequência e percentual de amostras de Cor Aparente de acordo com o padrão de potabilidade e período do ano (seco e chuvoso).....	45
Frequência e percentual de amostras de Flúor de acordo com o padrão de potabilidade e período do ano (seco e chuvoso).	45
Frequência e percentual de amostras de Cloro de acordo com o padrão de potabilidade e período do ano (seco e chuvoso).	46
Frequência e percentual de amostras de pH de acordo com o padrão de potabilidade e período do ano (seco e chuvoso).	47
Frequência e percentual de amostras de Bactéria Heterotrófica de acordo com o padrão de potabilidade e período do ano (seco e chuvoso).....	48
Frequência e percentual de amostras com presença e ausência de coliformes totais segundo período do ano (seco e chuvoso).	48

SUMÁRIO

Página

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 Objetivo	10
1.2 Justificativa e relevância do tema.....	10
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	11
2.1 Recursos hídricos	11
2.2 Utilização da água	12
2.2.1 Água para agricultura.....	13
2.2.2 Água para indústria e comércio.....	14
2.2.3 Água para abastecimento urbano.....	15
2.2.4 Água para navegação	15
2.2.5 Água para lazer	16
2.2.6 Água para a geração de energia.....	16
2.3 Características da água para consumo humano	17
2.3.1 Características da água na distribuição à população.....	18
2.3.2 Histórico das leis sobre potabilidade da água	21
2.3.3 Tratamento da água para consumo humano.....	22
2.4 Períodos de Seca e Chuva	23
2.5 Técnicas estatísticas na análise da qualidade da água.	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Materiais.....	26
3.1.1 Variáveis de qualidade da água	27
3.2 Métodos e técnicas.....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1 Valor médio das amostras observadas em cada mês por ano	30
4.2 Dados Mensais.....	35
4.3 Análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos no período de estudo	39
4.3.1 Análise geral	39
4.3.2 Comparação entre os períodos de seca e chuvoso	41
4.4 Comparação dos parâmetros da água com os padrões de potabilidade.....	44
5 CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

O crescimento econômico e populacional juntamente com a necessidade por tecnologias que trazem cada vez mais conforto ao ser humano são fatores que contribuem para um aumento na demanda mundial por recursos naturais, em especial a água.

A água é um recurso natural essencial para vida humana, sendo necessário um gerenciamento adequado em sua utilização. Para evitar conflitos e uma possível falta para alguns setores é fundamental que haja um equilíbrio em sua utilização para as diversas necessidades humanas, tais como: para agricultura irrigada, geração de energia, navegação, abastecimento urbano, uso industrial, saneamento básico e lazer.

Nesse contexto, a Lei de Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei n.9433/97) estabelece que a água seja um recurso limitado com valor econômico e que, nos casos de falta, sua utilização para consumo humano deve ser prioridade. Caso contrário, o gerenciamento desse recurso deve proporcionar sua utilização múltipla entre os diferentes setores que a utilizam (BRASIL, 1997).

Os recursos hídricos de um país ou região envolvem as diferentes fontes para utilização da água. São compostos por águas superficiais (rios, lagos, lagoas, bacias e mar territorial) e subterrâneas (águas originadas do interior do solo). Do total dos recursos hídricos disponíveis no mundo, cerca de 97,5% desse volume é referente a água salgada e 2,5% de água doce. Porém, 1,7% do volume total de água disponível estão presentes em águas congeladas e em regiões polares e apenas 0,8% são referentes aos reservatórios subterrâneos, umidade do solo, biomassa, vapor da atmosfera e em águas superficiais (rios e lagos), sendo mais acessíveis ao uso humano apenas uma parte desse volume, ou seja, as águas superficiais (SETTI et al., 2001).

Para o abastecimento urbano e, conseqüentemente, consumo humano a potabilidade da água é necessária para evitar contaminações à disseminação de doenças, pois em casos de epidemias a água é uma das principais fontes de disseminação. Dessa forma, as estações de tratamento de água (ETA) dos municípios são essenciais para garantir uma qualidade boa da água consumida e utilizada para irrigação na agricultura.

As estações de tratamento da água (ETA) fazem um controle adequado dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água distribuída para a população a fim de garantir sua qualidade, no entanto, é necessário também que o armazenamento familiar seja eficiente, pois em muitos casos observa-se que a água chega até os domicílios dentro dos padrões de potabilidade, mas o armazenamento nas caixas de água dos domicílios não é adequado.

O tratamento da água para garantir sua potabilidade deve ser realizado por meio de diversos procedimentos químicos e físicos para evitarem sua contaminação e, conseqüentemente, a transmissão de doenças. Para isso, a água tratada nas ETA passa pelas seguintes etapas: captação, cloração, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação, correção do pH.

A preocupação cada vez maior com a degradação do meio ambiente e a possibilidade de escassez da água potável, tanto em qualidade quanto em quantidade, devido a sua má utilização, reforça a importância de estudos relacionados com esse recurso.

As empresas de saneamento básico do Estado de São Paulo realizam diariamente a coleta de amostras de água em pontos sorteados da rede de distribuição dos municípios e na ETA. Entre as variáveis analisadas oriundas da análise físico-química e microbiológicas da água destacam-se: residuais de cloro, temperatura da água, flúor, pH, turbidez, coliformes totais e bactérias heterotróficas.

A análise dessas variáveis nas amostras de água sorteadas na rede é regulamentada pela legislação brasileira por meio de portarias. Desde 2012 a Portaria 2914/11 está em vigor, estabelecendo critérios mínimos para análise da qualidade da água, bem como o número ideal de amostras.

No entanto, devido à necessidade de um histórico maior de dados e a padronização dos mesmos, essa pesquisa utiliza dados de janeiro de 2007 a dezembro de 2011, os quais são regidos pela Portaria 518/04. A atual portaria (2914/11) passou a ser utilizada integralmente somente em 2012, exigindo uma adequação dos equipamentos de coleta dos dados, bem como a alteração de alguns parâmetros e critérios mínimos de potabilidade.

1.1 Objetivo

Realizar uma análise descritiva das características físico-químicas e microbiológicas da água distribuída para o consumo à população de Botucatu, verificar as possíveis alterações nessas características ao compará-las na estação chuvoso com a estação seca e fazer uma comparação com os padrões de potabilidade vigente.

1.2 Justificativa e relevância do tema

Sabendo da importância do tecnólogo em Agronegócio no gerenciamento e preservação dos recursos naturais de uma determinada região, esse trabalho apresenta um estudo da potabilidade da água, recurso natural essencial para a vida animal e vegetal.

Levando em consideração que as características físico-químicas da água podem se alterar de alguma forma ao avaliar a estação seca e chuvoso, estudos dessas características são necessários pela sua importância, destacando a necessidade do monitoramento da água potável do município e utilização dos recursos hídricos de forma sustentável. Desta forma, um estudo das características físico-químicas da água pode contribuir para a melhoria da qualidade da água distribuída à população.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Recursos hídricos

Segundo Tucci (1997) uma bacia hidrográfica é definida como uma região que possui a característica de captar a água de precipitação de forma natural, fazendo convergir o escoamento dessa água para um ponto de saída único. Toda bacia é formada por um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem composta por cursos de água que se juntam até formar um leito único em uma região.

Pela Lei de Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei n.9433/97), a água é essencial para economia do mundo, podendo ser utilizada para o abastecimento humano, na agricultura, lazer, geração de energia, entre outras, sendo oriunda de diferentes fontes, denominadas de Recursos Hídricos. Dentre esses recursos, são mais acessíveis para o uso humano as águas superficiais e subterrâneas (SETTI et al., 2001).

Setti et al. (2001) indicam que do total dos recursos hídricos disponíveis no planeta, em torno de 97,5% é composta por água salgada e 2,5% de água doce. Do total de água doce, mais da metade (68,7%) encontra-se em regiões polares ou congeladas, 29,9% de águas subterrâneas, 0,3% de águas superficiais e 0,9% em outras fontes.

Mendonça; Paz; Teodoro (2000) destaca que as águas subterrâneas são um recurso com grande potencial e ainda pouco explorado, comparando com a utilização das águas superficiais. Diferente de outros países, os quais possuem um controle maior do potencial subterrâneo de água, ainda falta no Brasil uma base de informações mais precisas para exploração sustentável desse recurso, apesar de possuir um volume estimado de 111,661

trilhões de metros cúbicos de água em suas reservas subterrâneas, no qual envolve o maior aquífero do mundo (aquífero Guarani), e muitas cidades já serem abastecidas por águas de poços profundos.

O Brasil é um país privilegiado quando se discute recursos hídricos. Considerando a disponibilidade hídrica mundial de água doce superficial observa-se que aproximadamente 13% desse total se encontram em território brasileiro. Com isso, surge a ideia de uma quantidade infinita desse recurso, gerando nos brasileiros uma cultura de utilização abusiva e conseqüentemente uma falta de preocupação com o seu desperdício (BRASIL, 2006a; BARROS; BARROS, 2009).

Apesar dessa grande disponibilidade de água, sua distribuição não se apresenta de forma uniforme no território brasileiro. Enquanto que na Região Amazônica observa-se aproximadamente 74% da água doce do país e é habitada por apenas 5% da população brasileira, a região hidrográfica do Paraná (em sua maior parte na região Sul e Sudeste), com aproximadamente 32% da população, observa-se apenas 6% da água doce superficial brasileira (BRASIL, 2006b).

Portanto, apesar da aparente situação favorável da disponibilidade hídrica em águas superficiais no Brasil, verifica-se uma grande concentração na Região Amazônica, problemas de escassez no Nordeste e, na região Sul e Sudeste, conflitos em sua utilização e poluição.

2.2 Utilização da água

A água é uma fonte natural essencial para a vida animal e vegetal, podendo ser classificada como renovável, porém finita, pois é facilmente comprometida pela poluição. A água pode ser utilizada para diferentes tipos de situações: usos consuntivos, entre os quais a agricultura, pecuária, irrigação de plantações agrícolas, abastecimento urbano e rural, processamento industrial; e não consuntivos, os quais destacam o transporte, lazer, piscicultura, geração de energia elétrica e entre outros tipos (CONEJO, 1993; RODRIGUES; BATISTELA, 2013).

Sabendo que o ser humano necessita desse recurso para diferentes fins, sua utilização deveria ser de forma bastante consciente e sustentável. O recurso hídrico pode ser utilizado com derivação, ou seja, no abastecimento para consumo humano e industrial, na irrigação e aquicultura, entre outros; ou sem derivação, como na geração de energia elétrica, navegação, lazer, pesca e despejos de esgotos. Dessa forma, os diferentes usos da água para a vida

humana podem provocar diversas consequências, entre elas a poluição dos corpos d'água (BORSOI; TORRES, 2013).

Conforme aponta Borsoi e Torres (2013) o uso da água pode resultar em diferentes níveis de perda da água e, portanto, dependendo da atividade, pode ser considerada mais ou menos consuntivo (perda de água).

Entre os principais usos consuntivos da água, Christofidis (2006) destaca que a captação de água para atender essas demandas corresponde a 9,5% para o abastecimento humano domiciliar, 20,3% para produção industrial e 70,2% para a produção de alimentos (agricultura e pecuária).

A importância de um gerenciamento eficaz da água se dá pela necessidade de harmonizar a oferta com suas necessidades, atendendo os usos consuntivos e não consuntivos, evitando possíveis conflitos, redução da quantidade ofertada ou deterioração da qualidade da água (CHISTOFIDIS, 2006).

Em relação aos efeitos dos diferentes usos das águas, a maioria acaba gerando poluição. O abastecimento urbano e industrial provoca poluição orgânica e bacteriológica, exigindo um tratamento adequado. A irrigação leva ao transporte de agrotóxicos e fertilizantes nos corpos d'água. A navegação despeja óleos e combustíveis, além de esgotos normalmente não tratados. Já a geração de energia elétrica não é poluidora, mas provoca alterações nos leitos dos rios, comprometendo em algumas situações a qualidade da água (BORSOI; TORRES, 2013).

2.2.1 Água para agricultura

Entre as atividades cujo objetivo é o aumento da produção agrícola, a irrigação é uma opção de manejo que, junto com as demais práticas, buscam criar e manter as condições necessárias para o desenvolvimento da cultura. É de extrema importância, principalmente em épocas de baixa precipitação, pois a água absorvida pelas raízes das plantas é capaz de transportar nutrientes, reduzir o calor, além de participar na composição das mesmas (CHIBANTÃO, 2012).

De acordo com Paz, Teodoro e Mendonça (2000), na agricultura a maneira mais eficiente para aumentar a produtividade é utilizando a irrigação, a qual é considerada um fator importante para o aumento da produção de alimentos. Estimativas apontam que em 2020 o consumo de água para a produção agrícola na América do Sul, África e Austrália será cada vez mais elevado.

O setor agrícola é o que mais consome água, sendo essa primordial para o desenvolvimento agrícola e conseqüentemente aumento da produção de alimentos, para vislumbrar uma agricultura sustentável, há necessidade de um consumo adequado e eficiente desse recurso. De toda a água mundial derivada de recursos hídricos subterrâneos e superficiais (rio, lagos e aquíferos), a agricultura consome aproximadamente 69%, enquanto que o restante (31%) é consumido pelas indústrias e abastecimento urbano (CHRISTOFIDIS, 1997 citado por ZWIRTES et al., 2011).

Ainda para esse mesmo autor, um melhor aproveitamento das águas das chuvas é necessário, porém, ao utilizá-la conjuntamente com a irrigação deve-se atentar para a quantidade adequada de água para evitar um processo de erosão devido à quantidade de água que o solo pode reter. Portanto, o fator infiltração de água no solo deve ser considerado e com a construção de sistema de drenagem, é possível controlar riscos de degradação e reduzir efeitos sobre as plantas, gerando um aumento na produtividade e preservando as condições ambientais.

De acordo com Cardoso et al. (1998) “o manejo adequado da água na agricultura não pode ser considerado uma etapa independente do processo de produção agrícola, devendo ser analisado dentro do contexto de um sistema integrado”.

Para Carvalho (1994):

O conceito de sustentabilidade ligado à preservação do meio ambiente é uma ideia recente, visto que nos países desenvolvidos o ambientalismo somente tomou corpo a partir da década de 50. Isto se deve ao fato de que, a partir desta época, ficaram evidentes os danos que o crescimento econômico e a industrialização causaram ao meio ambiente, fazendo prever as dificuldades de se manter o desenvolvimento de uma nação com o esgotamento de seus recursos naturais.

Portanto, a sustentabilidade na produção agrícola tem como objetivo manter o equilíbrio natural entre produção de alimentos e meio ambiente, repondo adequadamente o que se retira da natureza e buscando fontes de energia que não geram sua degradação (CARVALHO, 1994).

2.2.2 Água para indústria e comércio

Nas indústrias o uso consuntivo (perda de água) varia de acordo com o setor de atividade, no entanto, algumas indústrias estão cada vez mais se preocupando com o tratamento e reuso dessa fonte natural de extrema importância para a vida. Observa-se nesse setor também, que normalmente não há necessidade de altos padrões de qualidade como no abastecimento urbano (BORSOI; TORRES, 2013).

Para Weber, Cybis e Beal (2010), a escassez de água, causada pelo consumo excessivo ou poluição, pode ser minimizada com a utilização de ferramentas de conservação ambiental. Nesse contexto, os autores apresentam um estudo em uma indústria de embalagens, a qual apresenta dificuldades em seu sistema de tratamento da água, utilizada em seu processo de produção, de forma a atender os padrões de lançamento estabelecidos pelo órgão ambiental, além de apresentar um consumo excessivo. Para isso, sugerem a utilização de técnicas de conservação da água por meio de seu uso racional e o reuso de efluente bruto e tratado.

2.2.3 Água para abastecimento urbano

Água destinada a ingestão pelos seres humanos, a qual possui características benéficas ao conjunto de fenômenos biológicos, físicos e químicos essenciais à vida, deve estar em conformidade com os parâmetros biológicos, físicos e químicos, normalmente fixados em padrões de potabilidade, tornando-a apta ao consumo humano (SANDRI, 2010).

O abastecimento urbano, sem considerar as perdas na rede de distribuição, é considerado como sendo de baixo uso consuntivo (baixa perda), no entanto, exige alto padrão de qualidade (BORSOI; TORRES, 2013).

2.2.4 Água para navegação

O transporte para as grandes empresas é o elemento mais importante em termos de custo logístico. Alvarenga e Novaes (2000), dizem que a logística incorpora diversos setores estritos do transporte, cobrindo também aspectos ligados à comercialização, estoques, marketing, entre outros. O subsistema de transportes é um dos mais importantes, em razão dos impactos que produz nos custos, no nível de serviço e nas demais variáveis do problema logístico.

A região do vale de São Francisco tem apresentado grande crescimento na agricultura. Correia et al. (2002) afirma que Petrolina (principal cidade do polo), desde a implantação do primeiro perímetro irrigado, em 1968, vem apresentando taxas anuais de crescimento econômico acima de 10%, e que a participação do Produto Interno Bruto (PIB) do município tem crescido também em relação ao Estado de Pernambuco. Nóbrega (2004) afirma que a agricultura, por ser um setor que quando alcança crescimento, indexa também o crescimento de outros setores ligados à sua cadeia produtiva, elevando assim as possibilidades de crescimento econômico.

O Brasil tem cerca de oito mil quilômetros de costa e mais de 40 mil quilômetros de vias potencialmente navegáveis. O transporte hidroviário de cargas corresponde a 13,6% de toda a carga que é transportada no Brasil, segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT). Dados da Pesquisa Aquaviária da CNT, realizada em 2005, mostram que os principais produtos transportados por cabotagem são alimentos (20,8%), produtos químicos e inflamáveis (17,7%), celulose e papel (10,0%) e eletroeletrônicos (9,2%) (MACHADO et al, 2010).

2.2.5 Água para lazer

Entre os diversos usos da água, o lazer é outra atividade importante para o bem estar do homem. Em termos de gestão municipal, a água pode ser utilizada conjuntamente com espaços verdes, contribuindo com a paisagem e satisfação dos moradores. Esses tipos de espaços podem ser preenchidos com lagos, fontes, além de sua irrigação (SERAFIM; LISBOA; 2008).

2.2.6 Água para a geração de energia

O Brasil tem destaque como país com grande potencial hidrelétrico. Destaca-se a importância da hidroeletricidade por ser uma fonte abundante, limpa e renovável (RODRIGUES; BATISTELA, 2013).

Nos últimos anos houve uma diversificação nas fontes primárias, utilizando-se da hidroeletricidade para gerar energia elétrica. Uma reflexão a respeito da disponibilidade hídrica para geração de energia elétrica foi realizada por Rodrigues e Batistela (2013), verificando que apesar da ideia de abundância, sua distribuição não é homogênea e a real necessidade de expansão da geração de energia elétrica apresenta-se com custos cada vez mais crescentes.

De acordo com Rodrigues e Batistela (2013):

[...] para o gerenciamento da utilização dos recursos hídricos brasileiro, é necessário um equilíbrio entre os setores usuários da água, evitando conflitos entre sua utilização para a agricultura irrigada, geração de energia elétrica, navegação, abastecimento urbano, uso industrial, saneamento básico, pesca e lazer.

2.3 Características da água para consumo humano

A água é uma fonte natural que pela sua possibilidade de se recompor rapidamente, principalmente pelas águas das chuvas, é classificada como renovável. No entanto, seu uso inadequado, o desperdício e a facilidade de ser comprometida pela poluição, sendo considerado um recurso finito (REBOUÇAS; BRAGA JUNIOR; TUNDISI, 1999).

Segundo Paz, Teodoro e Mendonça (2000):

A água é um recurso natural indispensável à sobrevivência do homem e demais seres vivos do Planeta. É uma substância fundamental para os ecossistemas da natureza, solvente universal e importante para a absorção de nutrientes do solo pelas plantas, e sua elevada tensão superficial possibilita a formação de franja capilar no solo, além de imprescindível às formações hídricas atmosféricas, influenciando o clima das regiões; no ser humano, é responsável por aproximadamente três quartos de sua constituição. Infelizmente, este recurso natural encontra-se cada vez mais limitado e exaurido pelas ações impactantes do homem nas bacias hidrográficas, degradando a sua qualidade e prejudicando os ecossistemas.

A contaminação dos recursos hídricos pode sedar principalmente devido aos esgotos sem tratamento lançados nos rios e lagos; aos aterros sanitários de muitos municípios, definidos de forma irregular e que afetam os lençóis freáticos; as atividades agrícolas que utilizam defensivos agrícolas podem escoar com a chuva para os rios e algumas indústrias que utilizam dos rios para lançar seus resíduos tóxicos (BETTEGA, 2006).

A maior parte de água retirada na natureza não é totalmente consumida, voltando para sua o meio ambiente sem alterações significativas em sua qualidade. No entanto, em muitas situações, sendo a água um solvente versátil, é muito utilizada para transportar produtos residuais para locais mais afastados de sua descarga. Infelizmente esses resíduos são muitas vezes tóxicos podendo levar a grandes prejuízos ao meio ambiente e dificultando a utilização futura da água (MORAES; JORDÃO, 2002).

A poluição química da água é cada vez mais frequente em função da quantidade de água retirada dos rios, sua reutilização e as diversas descargas geradas pelos sólidos dissolvidos, mostrando a necessidade de tratamentos (SOUZA, 2012).

A qualidade da água está relacionada com a sua utilização por meio de padrões mínimos exigidos para cada tipo. É necessário considerar também que os padrões de qualidade da água com sua utilização contemplem também o conceito de sustentabilidade, viabilidade técnica, fator econômico e política ambiental (COSTA, 2007).

Destinada ao consumo humano, a água deve atender a certos requisitos, o que varia com as diferentes realidades. Antes de chegar ao consumo humano a água pode conter impurezas com características física, química e microbiológica até níveis não prejudiciais ao

ser humano, os quais são delimitados por órgãos de saúde pública e caracterizados como padrões de potabilidade.

2.3.1 Características da água na distribuição à população

Devido à possibilidade de conter impurezas física, químicas e microbiológicas, sua capacidade de transporte e, conseqüentemente, de transmissão de doenças, é de extrema importância garantir uma água de qualidade distribuída à população. Dessa forma, são estabelecidos diferentes padrões de potabilidade e aceitação da água na legislação brasileira.

De acordo com a Portaria 518/04 (BRASIL, 2004), para garantir uma água de qualidade, existem alguns padrões mínimos e máximos de forma a ser possível distribuir a população, as quais são apresentadas a seguir:

- Cloro residual: Mínimo de 0,5 mg/L e máximo de 2,0 mg/L
- pH: entre 6,0 a 9,5
- Cor aparente: no máximo 15 UC
- Turbidez: no máximo 1uT em 95% das amostras e caso seja superior a 1 uT, não é permitido ultrapassar 5uT.
- Flúor: Máximo 1,5 mg/L
- Bactéria heterotrófica: Máximo de 500 UFC por mL.
- Coliformes totais: Ausência em 95% das amostras analisadas no mês (amostras de 100 ml).
- Dureza total: 500 mg/L.
- Coliformes termotolerantes: Ausência em 100 ml em todas as amostras.

Segundo Sandri (2010):

Dentre os parâmetros indicadores de qualidade de água para consumo humano, os mais frequentemente analisados são pH, Coliformes totais e E. Coli, quantidade de flúor, temperatura, cloretos, cor verdadeira, turbidez, Coliformes termotolerantes e Presença de bactérias heterotrófica.

Os parâmetros avaliados são selecionados em função de sua importância para o processo de desinfecção por UV (Ultra Violeta) e em função das indicações da literatura científica com relação ao aproveitamento de águas de chuva para uso humano (ÁGUAS DE JOINVILLE, 2010; BRASIL, 2006; JAQUES, 2005).

Alguns parâmetros, normalmente avaliados na água distribuídos a população, são detalhado a seguir.

- **Turbidez:** A turbidez é uma medida da quantidade de partículas sólidas em suspensão, podendo apresentar tamanhos variados. Estas partículas podem carregar

microrganismos, provocando a dispersão e absorção da luz, fazendo diminuir a eficiência do tratamento por cloro e gerando sabor e odor na água (CETESB, 2010). Dessa forma, a turbidez é definida como sendo uma medida de intensidade de interferência à passagem de luz por meio de um líquido. Essa interferência normalmente ocorre quando há presença de material em suspensão, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (uT), também conhecida como unidades nefelométricas. Além da origem natural, como a precipitação, ventos entre outros, a turbidez da água também é causada por lançamentos de esgotos domésticos e industriais. O padrão máximo de 5uT definido pela portaria 518/04 fundamenta-se na influência desse parâmetro nos processos usuais de desinfecção, atuando como escudo aos microrganismos patogênicos e assim minimizando a ação do desinfetante (BRASIL, 2006).

- **Cor aparente:** Resumidamente, a cor da água é gerada pela reflexão da luz. Determina-se a intensidade da cor da água comparando uma amostra com um padrão de cobalto-platina. Sua unidade de medida é dada por unidade de cor (uC), também chamada unidade Hazen. Para caracterização da água distribuída a uma população, deve-se distinguir a cor aparente da cor verdadeira. Na cor aparente se consideram também as partículas suspensas, enquanto que a cor verdadeira é observada após a centrifugação da amostra (BRASIL, 2006). O A água de chuva apresentar diferentes cores ao passar pelos locais de captação, pois acabam transportando partículas de poeira, folhas, resíduos de aves e de atividades industriais (JAQUES, 2005).
 - **Cloro:** Os sais dissolvidos na água podem deixar à água com sabor salino. É importante analisar a variação da quantidade de cloretos nas águas naturais, pois é pode indicar uma provável presença de poluição. O íon sulfato, quando presente na água, em algumas concentrações faz com que a água apresente propriedade laxativa e, conjuntamente como íons de cálcio e magnésio podem indicará presença de poluição à decomposição da matéria orgânica (MAY, 2004). Nas águas naturais normalmente apresentam-se em níveis baixos, sendo encontradas em maiores concentrações na água do mar (JAQUES, 2005).
- **Flúor:** O teor de flúor na água é definido de acordo com o clima e a temperatura de cada região, pois isso afeta o consumo médio diário de água por pessoa. Para o Estado de São Paulo, o teor ideal de flúor é de 0,7 mg/L (miligramas por litro), podendo variar entre 0,6 a 0,8 mg/L. A ausência temporária ou variações da substância não tornam a água imprópria para consumo (SABESP, 2014).

- **pH:** É o potencial de hidrogênio presente na água e seu valor varia de 0 a 14. Esse parâmetro determina se a água é ácida ou básica. Em uma água pura o pH é neutro (igual a 7). O valor do pH influencia na distribuição de muitos compostos químicos, contribuindo para diferentes graus de solubilidade de substâncias e alterando o potencial de toxicidade de alguns elementos. As alterações do pH podem ocorrer devido à dissolução de rochas ou fotossíntese (origem natural) ou pelas ações do homem (despejos domésticos e industriais). A observação de um pH ácido da água pode ser também ocorrer devido à poluição atmosférica. O controle desse parâmetro é importante para a minimização de problemas de corrosão e incrustação das redes de distribuição.
- **Temperatura da água:** A temperatura da água pode ser alterada por diversos fatores. Entre eles, alterações causadas pelas fontes naturais, tal como a energia solar; e alterações devido às atividades econômicas, tal como os despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas. A temperatura possui forte influencia na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias. Considerando as águas para distribuição ao consumo humano, temperaturas elevadas possuem grandes chances de rejeição (BRASIL, 2006).
- **Bactérias Heterotróficas:** mesmo que a maioria das bactérias heterotróficas da microbiota natural da água não seja considerada patogênica, é importante que sua população seja mantida sob controle, pois o aumento diminui a população dessas bactérias na água podem causar riscos à saúde do consumidor. A contagem padrão de bactérias heterotróficas, pela portaria 518/04, não deve exceder a 500 unidades formadoras de colônia por mililitro (UFC/mL) (BRASIL, 2004).
- **Coliformes totais:** Incluem todas as bactérias capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35° C. O índice de coliformes totais avalia as condições higiênicas (JAQUES, 2005). Parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos (causadores de doenças) (ÁGUAS DE JOINVILLE, 2010).
- **Coliformes fecais:** Nesse grupo estão incluídas também as bactérias *Escherichia coli*, as quais são bactérias que vivem nos intestinos de homens e de animais de sangue quente. A presença dessas bactérias na água é um indicativo de contaminação por fezes, com grande possibilidade de se observar a presença de organismos causadores de doenças gastrointestinais (BRASIL, 2006).

2.3.2 Histórico das leis sobre potabilidade da água

A Resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005) refere-se às águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e à criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana. Enquanto que as diretrizes do Ministério da Saúde referem-se às normas de qualidade da água para consumo humano.

A água potável é definida como a água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde, segundo a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde que regulamenta os padrões de potabilidade para água de consumo humano no Brasil (BRASIL, 2004).

Nessa portaria, a água potável deve ter sabor e odor agradáveis, isto é, não objetáveis, ter baixas unidades de cor aparente e turbidez, ausência de *Escherichia coli* ou coliformes termotolerantes em 100 ml e não conter substâncias químicas em concentrações que possam causar mal à saúde humana (BRASIL, 2004).

Além disso, a Portaria 518/04 estabelece que os procedimentos para monitoramento da qualidade da água para consumo humano deve se dar desde o manancial até a rede de distribuição (BRASIL, 2004).

Desde 2012 a Portaria 2914/11 está em vigor, estabelecendo critérios mínimos para análise da qualidade da água, bem como o número ideal de amostras. Entre as alterações que essa nova portaria estabelece em relação à portaria anterior destacam-se:

- Alteração na forma que avaliação da presença de algas produtoras de toxinas.
- Mudança no padrão de turbidez, como parte do padrão microbiológico, passando de um máximo de 1uT para 0,5 uT.
- Necessidade de se avaliar o gosto e odor em termos de intensidade máxima de percepção, utilizando técnicas padronizadas de avaliação sensorial.
- Obrigatoriedade de análise periódica da *E. coli* nos pontos de captação dos mananciais.
- A análise do pH e Flúor na rede de distribuição não são mais obrigatórios.

2.3.3 Tratamento da água para consumo humano

A água antes de ser tratada na estação de tratamento (ETA) apresenta um índice muito alto de impurezas e matérias em suspensão e coloides.

De acordo com Pavanelli (2001):

A água que chega às estações de tratamento traz inúmeras impurezas, como por exemplo, sólidos, gases e compostos orgânicos dissolvidos, além de matéria em suspensão, tais como, microrganismos (bactérias, algas e fungos) e coloides. Tais impurezas em geral são retiradas no processo de coagulação (adição de produtos químicos apropriados, habitualmente com sais de ferro ou alumínio) seguido pelas operações de floculação, sedimentação (ou flotação) e filtração. A turbidez pode ser definida como sendo o grau de redução que a luz sofre ao atravessar certa quantidade de água, devido à presença de partículas e substâncias que esta contém.

Para que a população tenha uma água para consumo de boa qualidade é fundamental o monitoramento de algumas características físico-químicas e microbiológicas e o armazenamento nos domicílios, sendo de suma importância que as Estações de Tratamento (ETA) dos municípios utilizem procedimentos adequados para evitar a contaminação da água e causar doenças. São utilizadas as seguintes etapas:

Para Meyer (1994) a qualidade da água para o consumo humano dever ser atingida por meio de tratamentos, sendo de responsabilidade de empresas estatais ou privadas, contratadas para esse fim. A desinfecção da água é obtida em várias etapas, sendo que nas estações de tratamento convencional, as etapas de sedimentação, coagulação e filtração são responsáveis por remover parte dos organismos patogênicos presentes na água.

Segundo Bettega et. al (2006), o tratamento da água realizado nas ETA, antes da distribuição para população é realizado de acordo com as seguintes etapas:

- **Captação:** Por meio das tubulações, a água é captada na sua forma normal. Recebe uma quantidade de sulfato de alumínio. Serve para juntar as partículas sólidas.
- **Coagulação:** Recebe uma quantidade de sulfato de alumínio. Serve para juntar as partículas sólidas e são compostas por vários tanques.
- **Floculação:** é encaminhada a tanques de concreto que ficam em movimento, para que os flocos se juntem e fiquem em partículas solidas maiores.
- **Decantação:** distribuída em outros tanques. Por causa da gravidade os flocos impuros ficam depositados no fundo dos tanques, separando-se da água.
- **Filtração:** formados por filtros de carvão, areia e pedras. Ao decorrer do tempo fica concluindo a limpeza física da água.

- Desinfecção: necessário para desinfetar a água, que é aplicado cloro ou ozônio para a eliminação dos microrganismos que causa doenças.
- Fluoretação: à água desinfetada é acrescentado flúor, ajuda a prevenir a formação de cárie dentária em crianças.
- Correção do pH: aplica-se uma quantidade de cal hidratada ou carbonato de sódio. Serve para corrigir a alcalinidade da água, preservando a rede de encanamento.

2.4 Períodos de Seca e Chuva

Segundo a Prefeitura Municipal de Botucatu (2013) o município apresenta um período de estiagem entre a segunda quinzena de maio até a primeira quinzena de setembro. Entre a segunda quinzena de setembro até a primeira de maio é um período considerado como chuvoso.

Segundo Cunha e Martins (2009):

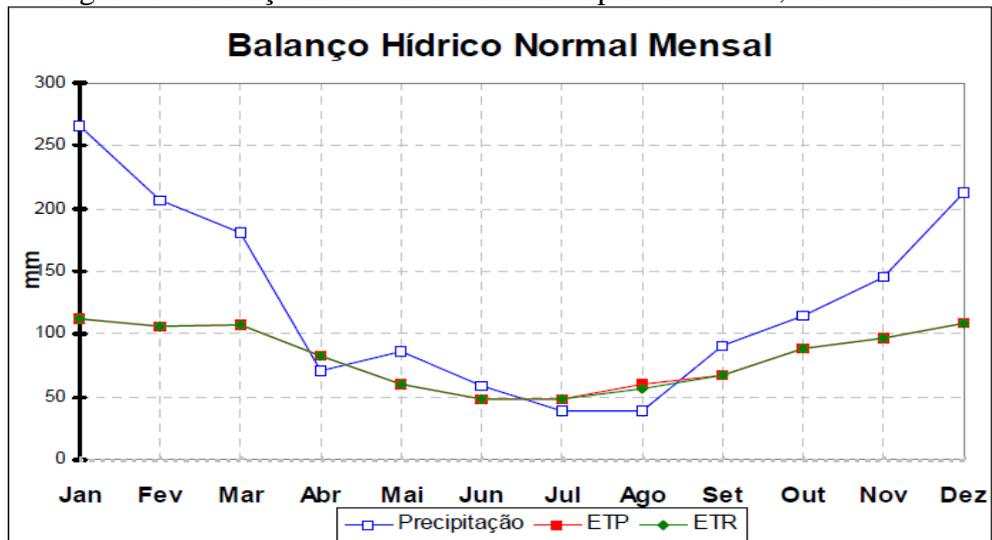
A classificação climática tem como objetivo a definição dos limites geográficos dos diferentes tipos de clima que ocorrem em todo mundo, sendo considerado um estudo básico para áreas afins. As classificações climáticas possuem três objetivos que se inter-relacionam: ordenar grande quantidade de informações; facilitar a rápida recuperação; e facilitar a comunicação. Para isso, faz-se a descrição e mapeamento das regiões climáticas, necessitando-se identificá-las e classificá-las em diferentes tipos.

A água pode apresentar uma variação entre os períodos de seca e chuva. Dessa forma, entender o comportamento e classificação climática de uma região e sua associação com os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água é importante para o monitoramento de sua potabilidade entre os períodos de seca e chuvoso.

A Figura 1 apresenta dados mensais da precipitação, evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR) para o município de Botucatu no ano de 2009.

De acordo com o estudo realizado por Cunha e Martins (2009), Botucatu e São Manuel apresentam baixa precipitação pluviométrica entre os meses de abril a agosto e nos meses de primavera-verão (final de setembro ao início de março) os índices hídricos são relativamente elevados.

Figura 1 - Balanço hídrico normal mensal para Botucatu, SP. UNESP



Fonte: Cunha e Martins (2009)

Dessa forma, com base no trabalho de Cunha e Martins (2009), esse trabalho irá considerar dois períodos de análise: o período de seca e o período chuvoso. O período de seca será considerado entre os meses de abril a agosto e o período chuvoso de setembro a março.

2.5 Técnicas estatísticas na análise da qualidade da água.

Existem vários trabalhos na literatura que utilizam técnicas estatísticas para análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água.

Campos, Farache Filho e Faria (2003) realizam um estudo para verificar a qualidade da água nos reservatórios domiciliares de Araraquara, SP, avaliando as características físico-químicas e microbiológicas de amostra de água coletada em alguns domicílios. Para isso, utiliza técnicas da estatística descritiva (média, desvio padrão, valores mínimo e máximo) e posteriormente faz uma comparação desses parâmetros analisados na rede pública de distribuição e nos reservatórios, utilizando os testes de Mann-Witney e o de Kruskal-Wallis. Para comparação isolada das variáveis físico-químicas com o padrão de potabilidade o teste Qui-quadrado foi realizado.

Carmo, Bevilacqua e Bastos (2008) utilizam a metodologia proposta no manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo (BRASIL, 2005) para avaliar situações de perigo em um determinado sistema de abastecimento de água (saída de tratamento e na rede de distribuição). Para isso, foram

calculados mensalmente os índices de coleta, bacteriológico, de turbidez e de cloro residual livre.

Barbosa, Lage e Badaró (2009) apresentam um estudo da qualidade microbiológica da água de bebedouros de um campus universitário de Ipatinga-MG. Para isso, realizaram uma pesquisa qualitativa, longitudinal, exploratória com análises em laboratórios realizados durante os meses de agosto a dezembro de 2007. Os dados coletados foram resumidos por meio de gráficos e tabelas, comparando com os padrões de potabilidade da água estabelecidos pela Portaria 518/04. Além disso, para verificar a associação entre a temperatura da água no momento da coleta e a quantidade de bactérias heterotróficas foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson.

Com o objetivo de avaliar qualidade bacteriológica da água para consumo humano nas unidades de alimentação próxima a uma universidade de Pernambuco, Siqueira et al. (2010) coleta amostras de água e realiza análises em laboratório para identificar a presença de coliformes totais e termotolerantes. Para resumir esses dados, apresentam uma tabela de frequência simples, identificando que 62,5% das amostras apresentaram coliformes totais e 42,5% apresentaram coliformes termotolerantes.

Para analisar a qualidade da água para consumo humano em uma cidade do estado do Ceará, Oliveira et al. (2012a) coletaram quatro amostras de água, a cada cinco dias, nas torneiras de quatro residências, analisando as variáveis pH, cloretos (mg/L), alcalinidade (mg/L), cloro residual livre (mg/L) e coliformes totais e termotolerantes (NMP/100 ml). Utilizaram a técnica de análise de variância e o teste de comparações múltiplas de Tukey, comparando os resultados com os parâmetros estabelecidos pela legislação.

Oliveira et al. (2012b) também apresentam um estudo para avaliar a qualidade da água para consumo humano distribuída pelo sistema de abastecimento público. Para isso, realizaram sete coletas de água na torneira de uma residência, as quais foram realizadas a cada quatro dias. Após as coletas e a análise físico-química e microbiológica das amostras de água, os dados foram resumidos por meio da média, desvio padrão e coeficiente de variação. Além disso, a técnica de análise de variância foi utilizada para verificar se existem diferenças significativas entre os diferentes momentos de coleta.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Materiais

Este trabalho foi realizado no município de Botucatu, estado de São Paulo, a partir de dados das características da água observados em pontos específicos da rede de distribuição (cavaletes das residências).

Foram utilizados dados das variáveis cloro residual livre, pH, turbidez, cor aparente, quantidade de flúor, temperatura da água, coliformes totais e presença de bactérias heterotróficas, obtidos a partir das amostras de água coletadas na rede de distribuição para a população (final de tratamento e nas tubulações) no período de janeiro de 2007 a dezembro de 2011.

Os dados destas variáveis foram obtidos pelas análises físico-químicas e microbiológicas da água realizadas em laboratório a partir de amostras diárias de pontos de coleta pré-estabelecidos na rede de distribuição.

Com base nos dados diários, um novo banco de dados foi criado considerando, para cada mês dos cinco anos analisados, as médias dos valores das amostras diárias de cada variável, exceto a variável coliformes totais, a qual foi considerada a proporção de amostras mensais com ausência de coliformes. Desta forma, a unidade amostral foi estabelecida pela média mensal das amostras diárias e a proporção de ausência de coliformes, totalizando 60 meses de observação.

Para estabelecer os meses do ano classificados em período de seca e chuvoso foi considerado o estudo realizado por Cunha e Martins (2009), o qual avaliou dados de

precipitação para o município de Botucatu obtido junto a Estação meteorológica do Departamento de Recursos Naturais - Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, localizada nas coordenadas de 22°50'47,45 de latitude sul, 48°25'54,14 de longitude em uma altitude de 786 metros.

3.1.1 Variáveis de qualidade da água

Entre os parâmetros que caracterizam o padrão de qualidade da água, foram consideradas para este estudo as seguintes variáveis:

- **Turbidez:** É decorrente do carregamento de solos devido aos processos erosivos em estações chuvosas, esgotos sanitários, efluentes industriais e fontes difusas em áreas urbanas e rurais. Esta variável apresenta uma característica estética da água, sendo sua unidade de medida dada por unidades nefelométricas de turbidez (*uT*).
- **Cor aparente:** Esta variável está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. É avaliada em unidades de cor (*UC*) e observada por meio de um espectrofotômetro que mede o comprimento de ondas.
- **Flúor:** É um elemento químico adicionado à água de abastecimento, pois auxilia na proteção dos dentes contra a cárie. Esta variável, medida em miligrama por litro (*mg/l*), indica a quantidade de flúor na água do ponto de coleta.
- **Cloro residual livre:** O cloro residual livre, medida em miligrama por litro (*mg/l*), é um agente bactericida. É adicionado durante o tratamento com o objetivo de eliminar bactérias e outros micro-organismos que podem estar presentes na água, porém uma quantidade de cloro permanece para assegurar a desinfecção durante a distribuição na rede. A quantidade de cloro que deixou de ser utilizada na eliminação das bactérias é chamada de cloro residual livre.
- **Potencial hidrogeniônico (pH):** O pH é importante nos processos de potabilização e desinfecção da água, é uma característica das águas de abastecimento, tem influência na coagulação química, na desinfecção, no amolecimento de água e no controle da corrosão. O pH ácido pode levar à corrosão das tubulações e o pH básico diminui a eficiência do cloro na desinfecção da água. O ideal para o consumo humano e

recomendado pelo Ministério da Saúde são valores na faixa entre 6,0 a 9,5, mesmo não apresentando riscos a saúde em qualquer valor.

- **Temperatura da água:** Como parte do regime climático normal a temperatura da água apresenta variações sazonais e diurnas. A temperatura é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. É dada em graus Celsius ($^{\circ}C$).
- **Bactérias heterotróficas:** São definidas como microrganismos que requerem carbono orgânico como fonte de nutrientes para seu crescimento e para a síntese de material celular. Essa variável é medida em *UFC/mL*, indicando a quantidade de unidades formadoras de colônias de bactérias heterotróficas por mililitro de água.
- **Coliformes totais:** Esta variável é um indicador de presença de microrganismos patogênicos na água. Os coliformes fecais existem em grande quantidade nas fezes humanas e quando encontrados na água, significa que a mesma recebeu esgotos domésticos, podendo conter microrganismos causadores de doenças. Esta variável é normalmente considerada como binária, onde uma resposta zero representa a ausência ou a falta de sensibilidade para identificar a ocorrência de grupos de bactérias na água e, uma resposta igual a um, indica a presença de coliformes na água independente da quantidade mensurada.

3.2 Métodos e técnicas

Para avaliar os dados mensais das variáveis físico-químicas e microbiológicas da água de consumo humano de Botucatu nos últimos anos obtidos pelas médias das amostras diárias, foram utilizados procedimentos estatísticos envolvendo resumos descritivos, tais como tabelas de frequência, medidas de posição e dispersão, métodos gráficos e procedimentos inferenciais para comparação do comportamento de cada variável nos diferentes períodos avaliados (seca e chuvoso).

Entre os procedimentos inferenciais foi utilizado o teste *t-student* (teste paramétrico), quando os dados se adequaram a distribuição normal de probabilidade e, caso contrário, o teste não paramétrico de *Mann-Witney* (ZAR, 1999).

Para confrontar os resultados observados com os padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação (Portaria 514/04) foram construídas tabelas de contingência. Para este

procedimento de análise descritiva foi utilizado o banco de dados com as amostras diárias de cada variável.

Todos os resultados dos testes foram avaliados considerando o nível de 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características físico-químicas e microbiológicas da água distribuídas a população de Botucatu, considerando as estações seca e chuvoso do período de janeiro de 2007 a dezembro de 2011, foram avaliadas descritivamente nas seções a seguir, bem como a comparação com os padrões de potabilidade vigentes na legislação brasileira e a comparação, por meio de testes de hipóteses, do comportamento das variáveis nas duas estações.

4.1 Valor médio das amostras observadas em cada mês por ano

Por meio de gráficos de linhas apresentados nas Figuras 2 a 9, os dados das variáveis físico-químicas e microbiológicas da água consideradas nessa pesquisa podem ser visualizados. O conjunto de dados é composto por 60 meses, sendo que em cada mês foram observadas as médias mensais das amostras diárias de cada variável.

Em relação à turbidez, verifica-se que a Figura 2 no mês de agosto de 2009 apresentou o maior valor médio e o mês de setembro de 2011 o menor valor. O valor médio estabelecido pela portaria é de 1,0 uT em 95% das amostras (caso seja superior a 1,0 uT, não é permitido ultrapassar 5 uT), ou seja, todos os meses apresentaram valores médios de turbidez adequados dentro do padrão da portaria estabelecido pela legislação.

Figura 2 - Dados médios mensais das amostras de Turbidez (Jan. 2007 a Dez. 2011)

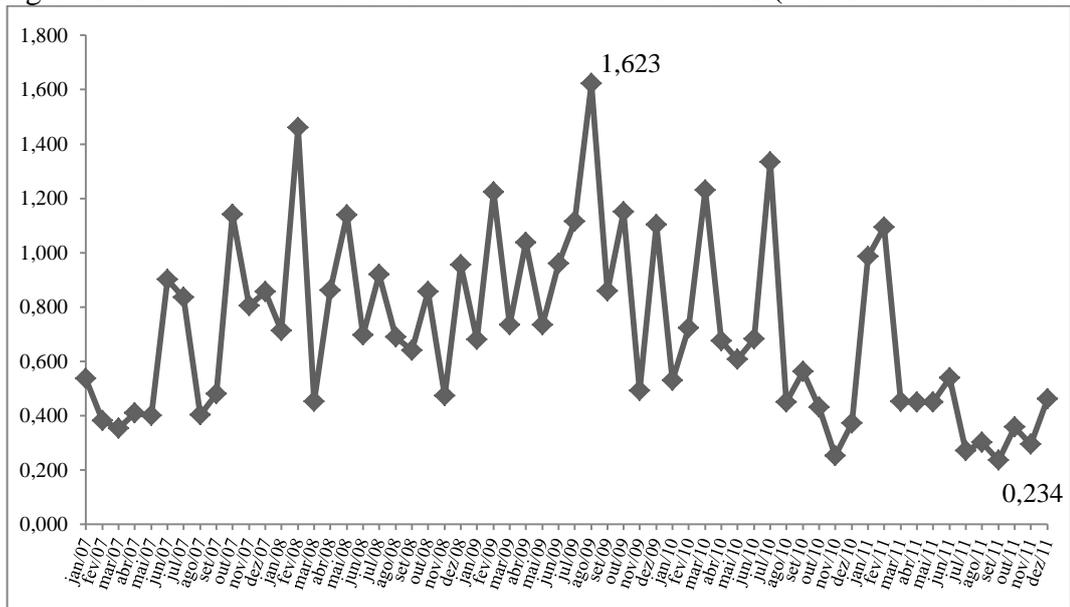
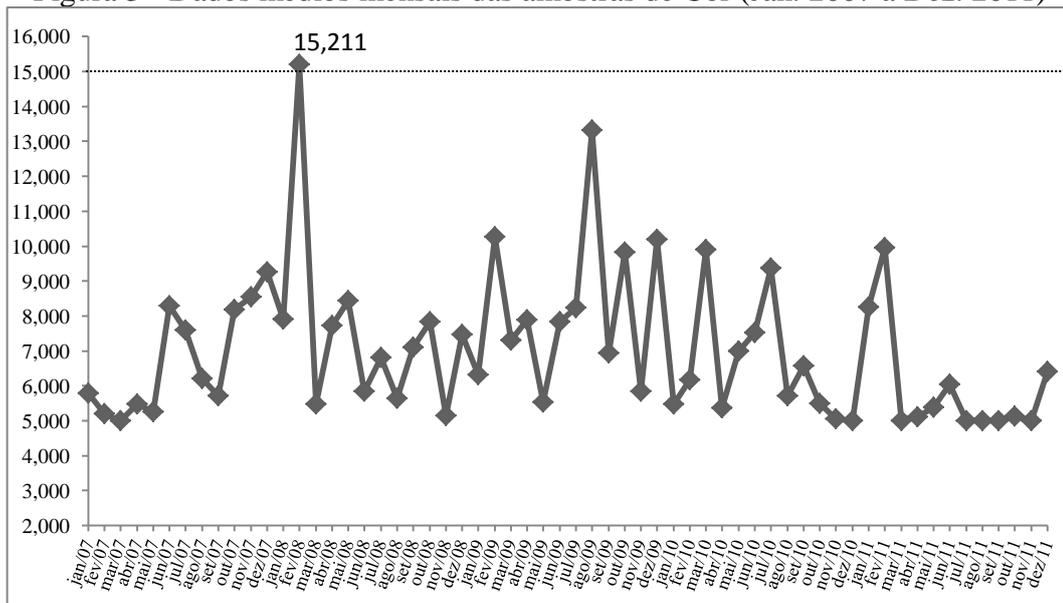


Figura 3 - Dados médios mensais das amostras de Cor (Jan. 2007 a Dez. 2011)



O valor máximo de Cor na rede de distribuição estabelecido pela portaria é de 15 UC. Observando a Figura 3, o único mês que apresentou um valor médio acima do permitido para cada mês foi o mês de fevereiro de 2008 com um valor de (15,211). Os demais meses apresentaram um valor abaixo do padrão, estando de acordo com a portaria.

Observa-se na Figura 4 que todos os valores médios mensais das amostras de flúor estão de acordo com o padrão de potabilidade estabelecido pela portaria (Máximo permitido é de 1,5 mg/L). Verifica-se ainda que o mês de dezembro de 2009 apresentasse o maior valor médio de Flúor (0,800mg/L) e o mês de outubro de 2010 o menor valor (0,617 mg/L).

Figura 4 - Dados médios mensais das amostras de Flúor (Jan. 2007 a Dez.2011)

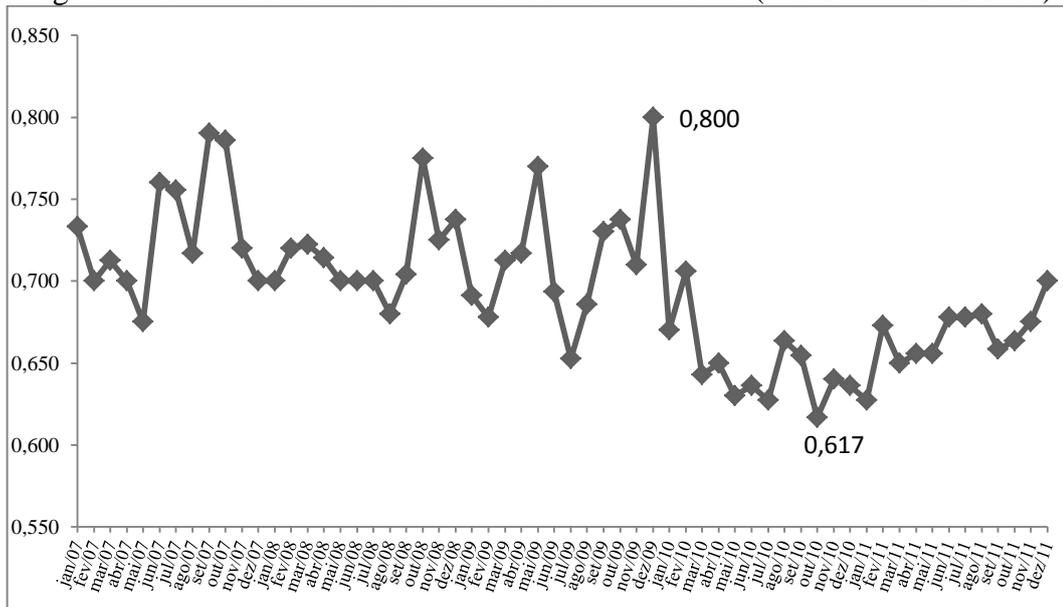
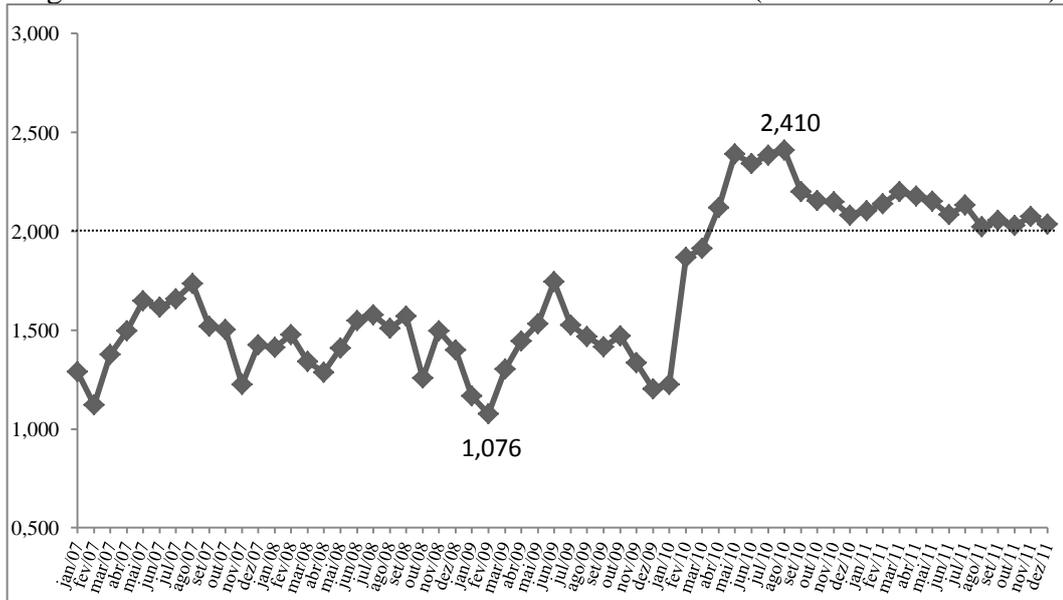
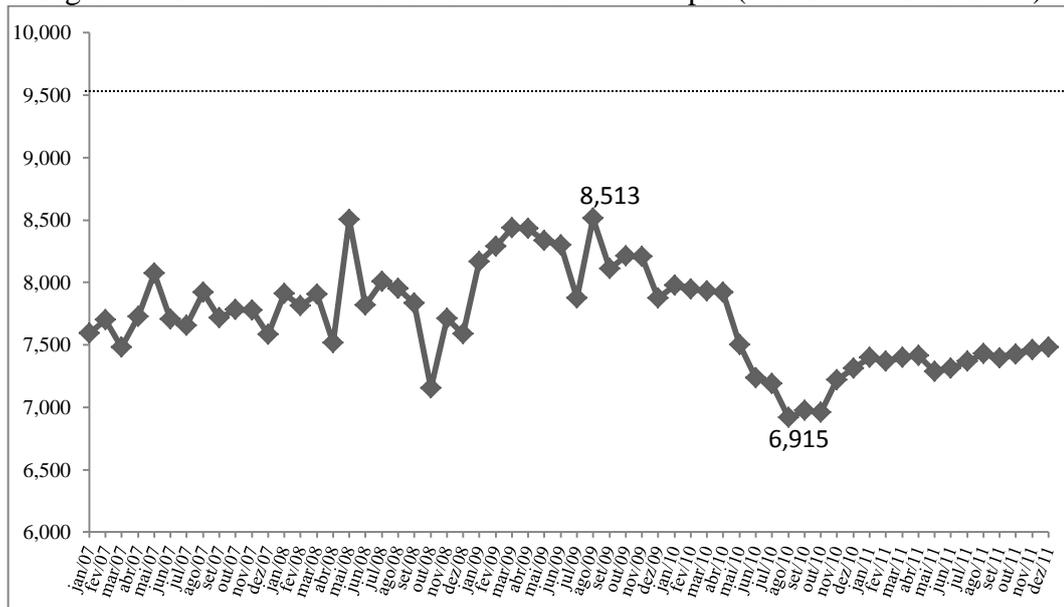


Figura 5 - Dados médios mensais das amostras de Cloro (Jan. 2007 a Dez. 2011)



O valor mínimo estabelecido pela portaria para o Cloro é de 0,5 mg/L e o máximo de 2,0 mg/L. Observando a Figura 5, nenhum mês apresentou valores abaixo do mínimo, sendo que o menor valor observado foi no mês de fevereiro de 2009, o qual apresentou o valor de 1,076 mg/L. Verifica-se ainda que a partir de abril de 2010, todos os meses ficaram acima do máximo estabelecido pela portaria, sendo o maior valor apresentado no mês de agosto de 2010 (com 2,410 mg/L).

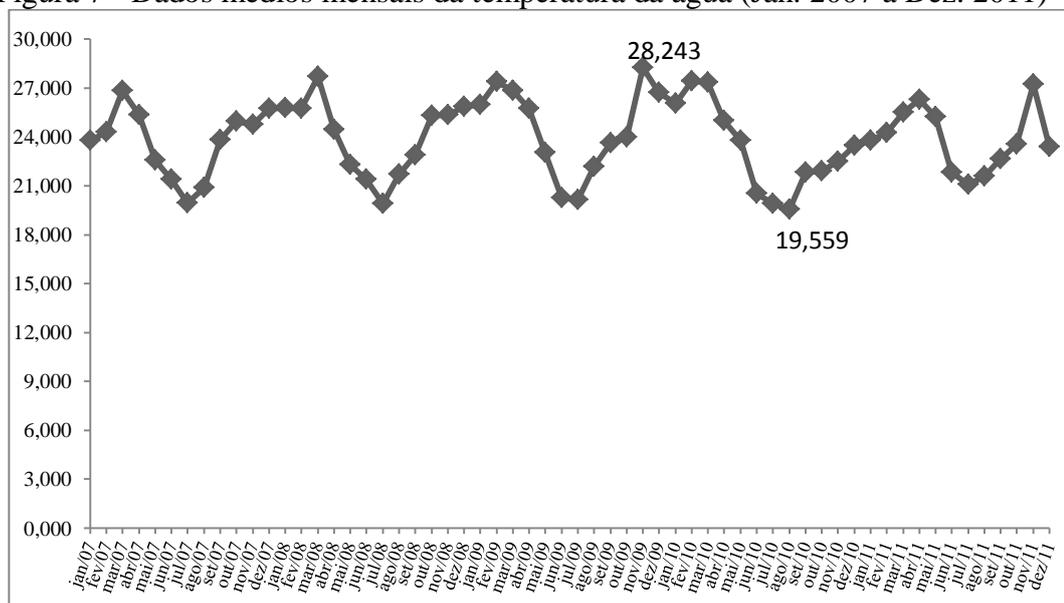
Figura 6 - Dados médios mensais das amostras de pH (Jan. 2007 a Dez. 2011)



De acordo com a portaria, o valor do pH das amostras de água na rede de distribuição do municípios deve estar entre 6,0 a 9,5. Verifica-se pela Figura 6 que todos os meses do período de análise apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos pela portaria. Observa-se ainda que o mês de agosto de 2009 apresentasse o maior valor médio de pH (8,513), enquanto que o menor valor foi observado no mês de agosto de 2010 (6,915).

Observa-se na Figura 7 que a temperatura média da água no período de análise variou entre 19,5°C a 28,5°C. O maior valor médio da temperatura da água foi observado no mês de novembro de 2009, enquanto que o menor valor da temperatura foi no mês de julho de 2010.

Figura 7 - Dados médios mensais da temperatura da água (Jan. 2007 a Dez. 2011)



De acordo com a Figura 8, os valores médios mensais de bactérias heterotróficas observados no período estão dentro do padrão estabelecido pela portaria (máximo de 500 UFC por ml). Os meses de novembro (27,588 UFC) e dezembro (25,667 UFC) de 2009 apresentaram os maiores valores.

Figura 8 - Dados médios mensais de Bactérias Heterotróficas (Jan. 2007 a Dez. 2011)

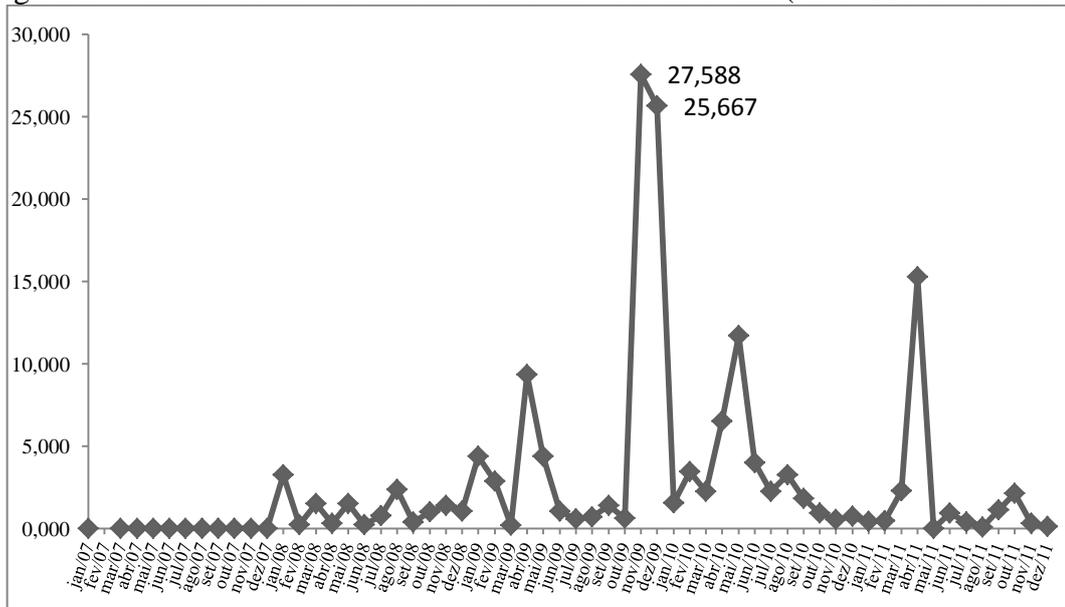
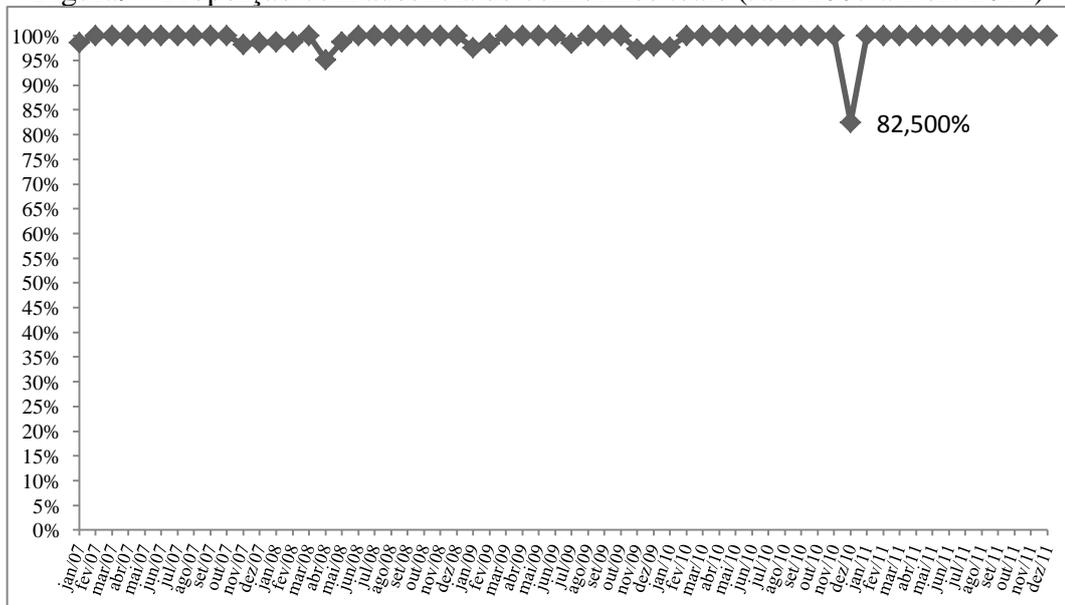


Figura9 - Proporção com ausência de coliformes toais (Jan. 2007 a Dez. 2011)



A Figura 9 apresenta o percentual de amostras com ausência de coliformes totais por mês de cada ano considerado nesse estudo. Observa-se que praticamente todos os meses apresentaram percentuais de ausência acima de 95%. A exceção foi o mês de dezembro de

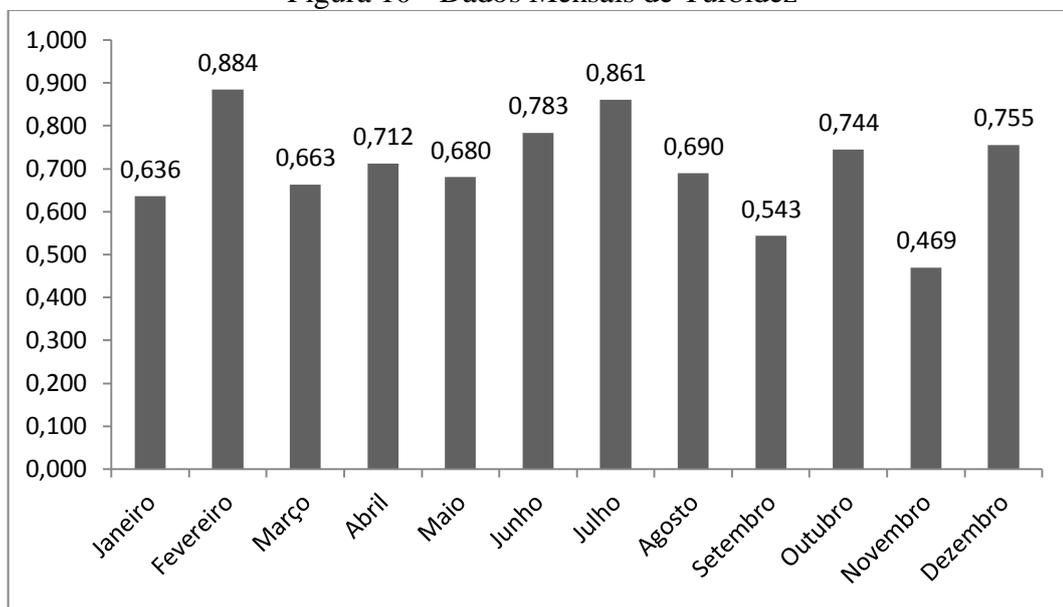
2010, o qual apresentou um percentual de 82,5% de ausência de coliformes, ou seja, 17,5% das amostras desse mês apresentaram presença de coliformes.

4.2 Dados Mensais

Inicialmente, procurou-se caracterizar o comportamento das variáveis durante um ano. Para isso, os 60 meses de observação das variáveis físico-químicas e microbiológicas da água foram resumidos mensalmente, obtendo-se a média mensal de cada mês (Figuras 10 a 17).

Pode-se observar na Figura 10 que em todos os meses o valor médio dos últimos 5 anos da turbidez foi inferior a 1uT, ou seja, não ultrapassaram o padrão estabelecido pela portaria (no máximo 5uT). Verifica-se também que os meses com maiores valores médios de turbidez foram fevereiro e junho (0,884 e 0,861 respectivamente). Já setembro e novembro foram os meses que apresentaram os menores índices.

Figura 10 - Dados Mensais de Turbidez



Como mostra na Figura 11, todos os meses o valor médio da cor foi inferior a 9,5 UC, ou seja, não ultrapassou o padrão estabelecido pela portaria (no máximo 15 UC). O mês de fevereiro apresentou um valor médio maior que os demais meses (9,478 UC) e novembro apresentou o menor índice (5,915 UC).

Figura 11 - Dados Mensais de Cor

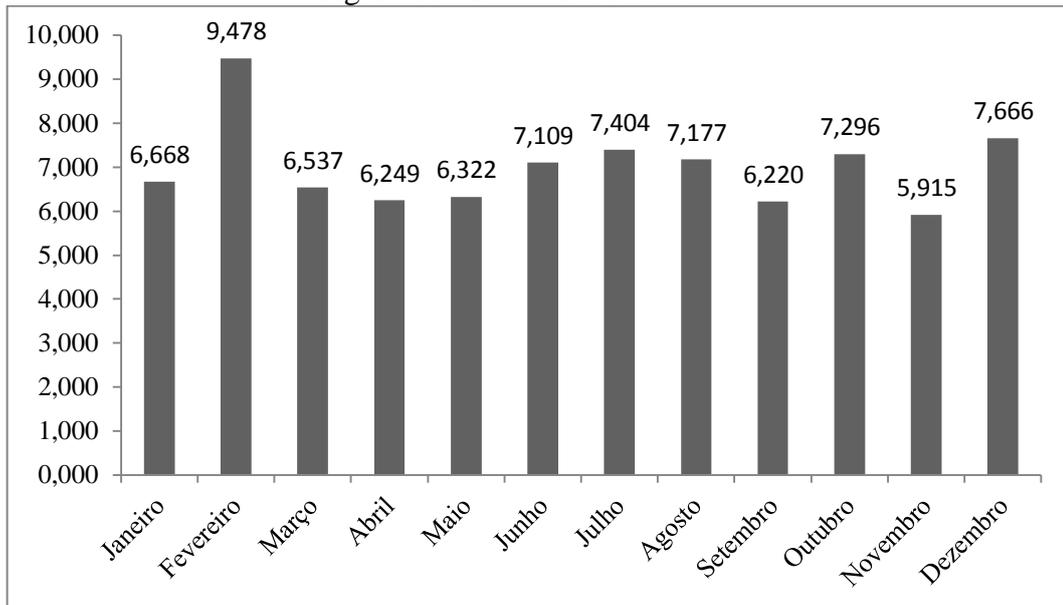
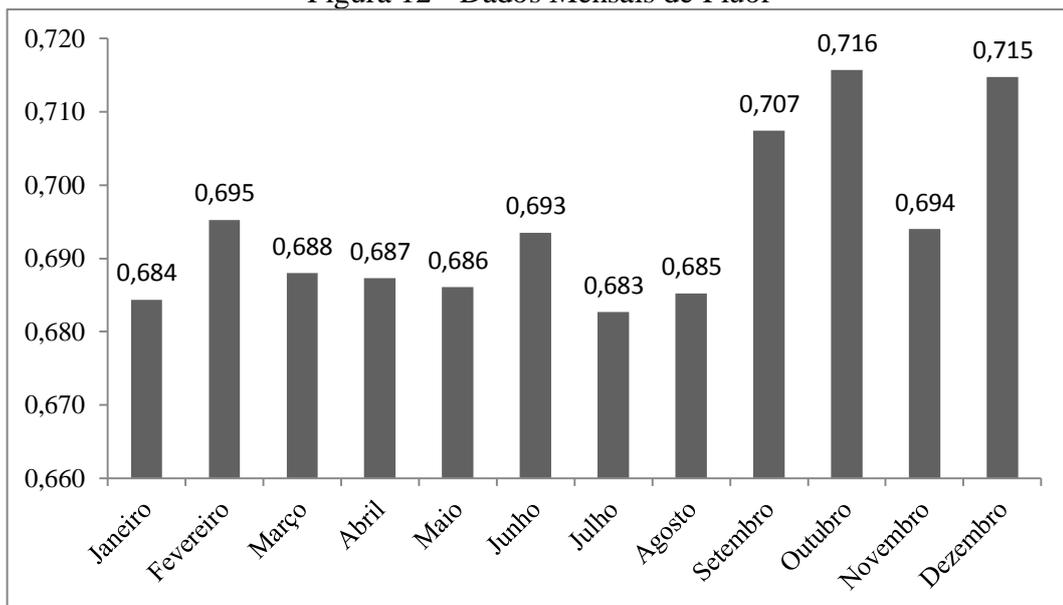


Figura 12 - Dados Mensais de Flúor



Na Figura 12, todos os meses apresentaram valores médios de flúor iguais ou inferiores a 0,750mg/L, ou seja, não ultrapassou o padrão estabelecido pela portaria (no máximo 1,5 mg/L). Os meses de setembro, outubro e dezembro apresentaram os maiores valores (0,707; 0,716 e 0,715). Já os demais meses apresentaram índices baixos do que 0,700.

A Figura 13 apresenta os valores médios mensais da variável cloro residual livre, observando um valor mínimo de 1,439 e o máximo de 1,866mg/L, ou seja, não ultrapassou o padrão estabelecido pela portaria (no mínimo de 0,5 e o máximo de 2,0 mg/L).

Figura 13 - Dados Mensais de Cloro

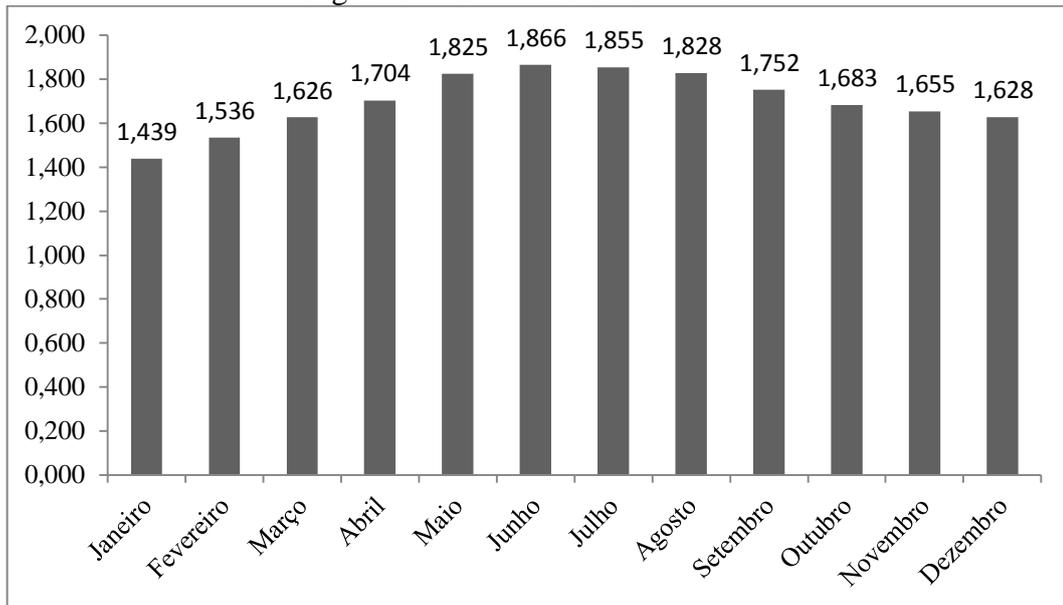
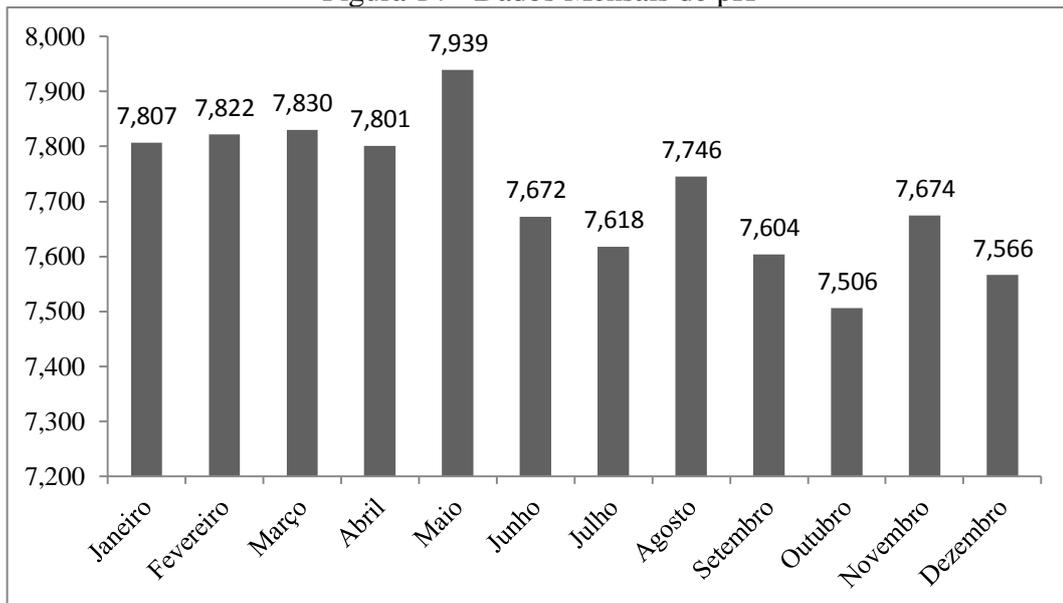


Figura 14 - Dados Mensais de pH



Pode-se observar na Figura 14 que os valores médios de pH ficaram entre 7,5 e 8,0, ou seja, não ultrapassou o padrão estabelecido pela portaria que é de 6,0 a 9,5. O mês de outubro apresentou o menor valor (7,506), já o maior valor foi observado no mês de maio (7,939).

Verifica-se na Figura 15 que os valores médios de temperatura da água variaram de 20°C a 27°C aproximadamente. O mês de julho a menor temperatura média (20,199) e em março foi observado o maior valor (26,851).

Figura 15 - Dados Mensais de Temperatura

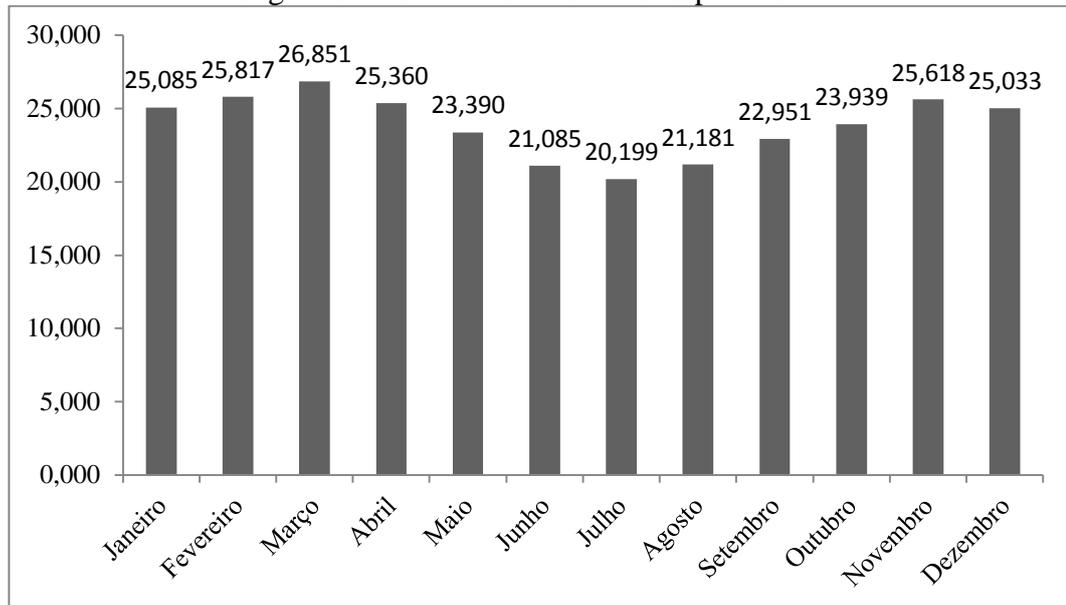
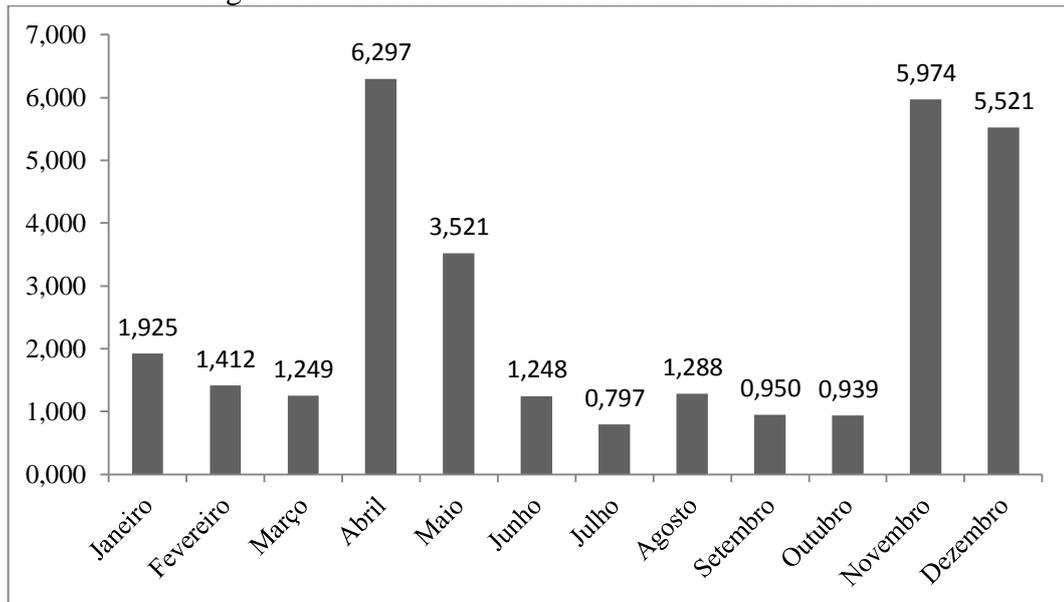
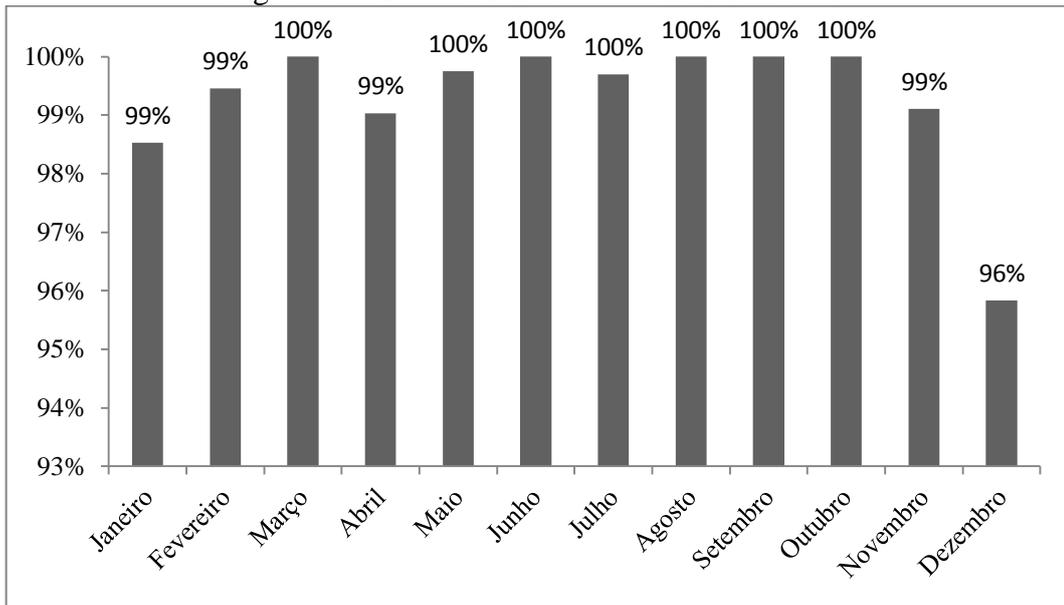


Figura 16 - Dados Mensais de Bactéria Heterotrófica



De acordo com a Figura 16, os valores médios de unidades formadoras de colônias de bactérias heterotróficas estão dentro do padrão estabelecido pela portaria que é de 500 UFC por ml. Os meses de abril, novembro e dezembro apresentaram os maiores índices (6,297 e 5,974 e 5,521 respectivamente).

Figura 17 - Dados Mensais de Coliformes Totais



A Figura 17 apresenta o percentual mensal de amostras com ausência de coliformes totais no período de análise. Observa-se que todos os meses apresentaram percentuais de ausência acima de 95%, o qual foi estabelecido pela portaria como sendo o percentual mínimo de ausência nas amostras analisadas no mês (amostras de 100 ml de água). O mês que apresentou o menor valor foi dezembro com 96% de ausência das amostras analisadas.

4.3 Análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos no período de estudo

4.3.1 Análise geral

Na Tabela 1 são apresentadas a média, mediana, o desvio padrão, o primeiro e o terceiro quartil (Q1 e Q3), amplitude (A) e o coeficiente de variação (CV) dos dados das variáveis analisadas considerando todo o período de análise.

Tabela 1 - Resumo Estatístico Geral das variáveis físico-químicas e microbiológicas da água

Variáveis	Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	A	CV (%)
Turbidez	0,713	0,681	0,328	0,450	0,928	1,389	46,0%
Cor	7,009	6,361	2,087	5,450	7,969	10,211	29,8%
Flúor	0,695	0,700	0,043	0,662	0,718	0,183	6,2%
Cloro	1,700	1,559	0,382	1,412	2,082	1,335	22,5%
pH	7,715	7,712	0,398	7,408	7,946	1,598	5,2%
Temperatura	23,876	23,808	2,341	21,872	25,740	8,684	9,8%
Bactérias Heterotróficas	2,638	0,923	5,343	0,219	2,279	27,588	202,6%
Proporção de ausência de Coliformes Totais	0,993	1	0,024	1,000	1	0,175	2,4%

Verifica-se que, entre janeiro de 2007 a dezembro de 2011, a turbidez apresentou um valor médio igual a 0,713uT com um desvio padrão de 0,328uT. Em 50% dos meses analisados o padrão de turbidez foi inferior a 0,681uT e em 25% dos meses o padrão de turbidez foi superior a 0,928. Em relação à cor aparente, observa-se uma média de 7,009UC, com um desvio padrão de 2,087UC. Em 50% dos meses analisados o padrão de cor foi inferior a 6,361 UC e em 25% dos meses o padrão de cor foi superior a 7,969 UC.

A variável flúor apresentou um valor médio de 0,695mg/L, com uma variação de 0,043mg/L. Em 50% dos meses analisados o padrão de flúor foi inferior a 0,700 mg/L e em 25% dos meses o padrão foi superior a 0,718. Já o cloro residual livre apresentou uma média de 1,700mg/L e uma variação de 0,382 mg/L. Em 50% dos meses analisados o padrão de cloro era inferior a 1,559 mg/L e em 25% era superior a 2,082 mg/l.

O valor médio de pH foi de 7,715 com um desvio padrão de 0,398. Em 25% dos meses apresentados o padrão do pH foi superior a 7,946. A temperatura apresentou uma média de 23,876 °C e uma variação de 2,341 °C. Em 50% dos meses analisados o padrão da temperatura foi inferior a 23,808 °C e em 25% era superior a 25,740 °C.

Para as bactérias heterotróficas a média foi de 2,638 UFC por ml, com uma variação de 5,343 UFC por ml. Em 50% das amostras teve um padrão inferior a 0,923 UFC por ml. Já a proporção de amostras com ausência de coliformes totais em todo o período foi de 0,993.

Verifica-se também que as variáveis que apresentaram maiores variações foram unidades formadoras de colônias de bactérias heterotróficas e turbidez, com coeficientes de variações iguais a 202,6% e 46,0% respectivamente.

4.3.2 Comparação entre os períodos de seca e chuvoso

Os resumos estatísticos (média, mediana, o desvio padrão, o primeiro e o terceiro quartil, amplitude e coeficiente de variação) dos dados das variáveis analisadas considerando o período de seca e chuvoso são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Observando-se estas tabelas, verifica-se que as médias no período de seca apresentaram-se superiores em relação ao período chuvoso nas variáveis: turbidez, cloro e pH, ou melhor, turbidez apresentou no período de seca um valor médio 6,3% superior em relação ao período chuvoso, enquanto que o cloro mostrou-se 12,3% superior e pH 0,9%.

Em contrapartida, pode-se dizer que a temperatura média da água no período de seca foi 11,2% inferior ao comparar com o período chuvoso, enquanto que a cor aparente se mostrou 3,5% inferior no período de seca.

Já observando os coeficientes de variações, percebe-se que as variáveis unidades formadoras de colônias de bactérias heterotróficas e turbidez apresentaram as maiores variações nos dois períodos. Ao comparar a variabilidade das variáveis no período de seca com o comportamento no período chuvoso, percebe-se que as variáveis temperatura e pH da água se mostraram com uma variabilidade maior no período de seca. As demais variáveis apresentaram maior variação no período chuvoso.

Tabela 2 - Resumo Estatístico Geral das variáveis físico-químicas e microbiológicas da água para o período de seca

Variáveis	Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	A	CV (%)
Turbidez	0,739	0,689	0,337	0,450	0,919	1,353	45,6%
Cor	6,864	6,211	1,868	5,471	7,833	8,318	27,2%
Flúor	0,687	0,680	0,038	0,656	0,700	0,143	5,6%
Cloro	1,816	1,657	0,362	1,525	2,132	1,126	19,9%
pH	7,755	7,724	0,444	7,411	8,006	1,598	5,7%
Temperatura	22,243	21,717	2,069	20,539	23,777	6,740	9,3%
Bactérias Heterotróficas	2,630	0,778	4,033	0,067	3,278	15,286	153,3%
Proporção de ausência de Coliformes Totais	0,997	1	0,010	1	1	0,048	1,0%

Tabela 3 - Resumo Estatístico Geral das variáveis físico-químicas e microbiológicas da água para o período chuvoso

Variáveis	Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3	A	CV (%)
Turbidez	0,695	0,639	0,325	0,452	0,906	1,226	46,7%
Cor	7,112	6,400	2,251	5,335	8,213	10,211	31,7%
Flúor	0,700	0,700	0,046	0,667	0,724	0,183	6,6%
Cloro	1,617	1,478	0,379	1,318	2,044	1,126	23,5%
pH	7,687	7,712	0,366	7,412	7,919	1,479	4,8%
Temperatura	25,042	25,321	1,769	23,708	26,375	6,429	7,1%
Bactérias Heterotróficas	2,643	1	6,193	0,271	2,047	27,588	234,3%
Proporção de ausência de Coliformes Totais	0,990	1	0,030	0,987	1	0,175	3,0%

Apesar das observações realizadas anteriormente a partir do estudo descritivo das variáveis, para confirmar a existência de diferenças significativas entre o comportamento destas variáveis nos dois períodos (seca e chuvoso) foram utilizados procedimentos inferenciais por meio de testes de hipóteses apropriados a cada situação.

A Tabela 4 apresenta à média e o desvio padrão, quando utilizado o teste paramétrico *t-student* e a mediana, primeiro e terceiro quartil, quando utilizado o teste não paramétrico de *Mann-Witney*, além do resultado dos testes por meio de seus respectivos valores p.

Tabela 4 - Média \pm Desvio Padrão ou Mediana (Q1 Q3) para cada variável no período de seca ou chuvoso.

Variáveis	Seca	Chuvoso	Valor p	Resultado
Turbidez	0,739 \pm 0,337	0,695 \pm 0,325	0,609	<i>Seca=Chuvoso</i>
Cor aparente	6,211(5,471-7,833)	6,400(5,335-8,213)	0,904	<i>Seca=Chuvoso</i>
Flúor	0,687 \pm 0,038	0,700 \pm 0,046	0,253	<i>Seca=Chuvoso</i>
Cloro	1,657(1,525-2,132)	1,478(1,318-2,044)	0,013	<i>Seca>chuvoso</i>
pH	7,755 \pm 0,444	7,687 \pm 0,366	0,517	<i>Seca=Chuvoso</i>
Temperatura	22,243 \pm 2,069	25,042 \pm 1,769	< 0,001	<i>Seca<chuvoso</i>
Bactérias Heterotróficas	0,778(0,067-3,278)	1(0,271-2,047)	0,957	<i>Seca=Chuvoso</i>
Proporção de ausência de Coliformes Totais	1,0+(1,0-1,0)	1,0+(0,987-1,0)	0,084	<i>Seca=Chuvoso</i>

Analisando os resultados do teste estatístico apresentado na Tabela 4, observa-se que ao comparar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água distribuída à população de Botucatu, não é possível dizer que existe diferenças significativas entre as médias do período de seca e chuvoso das variáveis de turbidez, cor aparente, flúor, pH, bactérias heterotróficas e proporção de amostras com ausência de coliformes totais, pois o teste utilizado apresentou um valor acima no nível de significância utilizado (5%).

Verificam-se diferenças significativas apenas nas variáveis de cloro e temperatura, pois o valor p do teste para comparação de médias destas variáveis foram inferiores a 5% (Tabela 4). Desta forma, pode-se dizer que a concentração média de cloro no período de seca é estatisticamente superior a concentração média observada no período chuvoso. É possível afirmar também que a temperatura média da água é maior no período chuvoso.

Mesmo apresentando uma concentração maior de cloro período de seca, os resultados observados estão de acordo com o padrão de potabilidade estabelecido na portaria 514/04.

4.4 Comparação dos parâmetros da água com os padrões de potabilidade

Considerando as amostras diárias de cada variável nos anos de 2007 a 2011, observa-se nas Tabelas 5 a 11 a frequência e o percentual de amostras de acordo com o padrão de potabilidade estabelecido na Portaria 514/04 (dentro ou fora do padrão) e segmentado de acordo com o período do ano seco e chuvoso.

Na Tabela 5 observam-se os resultados das amostras de turbidez nos dois períodos comparando com seu padrão de potabilidade. Verifica-se que em todos os anos de estudo o menor percentual de amostras fora do padrão adequado de turbidez foi de 98,6%. Situação semelhante é observada nos períodos de seca e chuvoso. O menor percentual de amostras dentro do padrão foi observado no ano de 2009 no período de seca (97,6%).

Tabela 5 - Frequência e percentual de amostras de Turbidez de acordo com o padrão de potabilidade e período do ano (seco e chuvoso).

Ano	Turbidez	Seca		Chuvoso		Geral	
		n	%	n	%	n	%
2007	Fora do padrão	1	1,1	0	0	1	1
	Dentro do padrão	89	98,9	113	100	202	99
	Total	90	100	113	100	203	100
2008	Fora do padrão	1	1,3	2	1,2	3	1,2
	Dentro do padrão	76	98,7	164	98,8	240	98,8
	Total	77	100	166	100	243	100
2009	Fora do padrão	3	2,4	1	0,6	4	1,4
	Dentro do padrão	122	97,6	170	99,4	292	98,6
	Total	125	100	171	100	296	100
2010	Fora do padrão	1	0,9	1	0,6	2	0,7
	Dentro do padrão	106	99,1	165	99,4	271	99,3
	Total	107	100	166	100	273	100
2011	Fora do padrão	0	0	0	0	0	0
	Dentro do padrão	98	100	146	100	244	100
	Total	98	100	146	100	244	100

De acordo com a Tabela 6 o menor percentual de amostras dentro do padrão de potabilidade para a variável cor foi no ano de 2009 no período de seca, com 89,6%, sendo que nesse mesmo ano o resultado no período de chuva foi o mais baixo em relação aos demais anos do período chuvoso (94,2%), no entanto, apresentou-se superior ao comparar com o período da seca.

Tabela 6 - Frequência e percentual de amostras de Cor Aparente de acordo com o padrão de potabilidade e período do ano (seco e chuvoso).

Ano	Cor aparente	Seca		Chuvoso		Geral	
		n	%	n	%	n	%
2007	Fora do padrão	7	7,8	5	4,5	12	5,9
	Dentro do padrão	83	92,2	106	95,5	189	94,1
	Total	90	100	111	100	201	100
2008	Fora do padrão	5	6,5	9	5,4	14	5,8
	Dentro do padrão	72	93,5	157	94,6	229	94,2
	Total	77	100	166	100	243	100
2009	Fora do padrão	13	10,4	10	5,8	23	7,8
	Dentro do padrão	112	89,6	161	94,2	273	92,2
	Total	125	100	171	100	296	100
2010	Fora do padrão	3	2,8	6	3,6	9	3,3
	Dentro do padrão	104	97,2	160	96,4	264	96,7
	Total	107	100	166	100	273	100
2011	Fora do padrão	1	1,0	5	3,4	6	2,5
	Dentro do padrão	97	99,0	141	96,6	238	97,5
	Total	98	100	146	100	244	100

Tabela 7 - Frequência e percentual de amostras de Flúor de acordo com o padrão de potabilidade e período do ano (seco e chuvoso).

Ano	Flúor	Seca		Chuvoso		Geral	
		n	%	n	%	n	%
2007	Fora do padrão	0	0	0	0	0	0
	Dentro do padrão	30	100	39	100	69	100
	Total	30	100	39	100	69	100
2008	Fora do padrão	0	0	0	0	0	0
	Dentro do padrão	32	100	99	100	131	100
	Total	32	100	99	100	131	100
2009	Fora do padrão	0	0	0	0	0	0
	Dentro do padrão	80	100	109	100	189	100
	Total	80	100	109	100	189	100
2010	Fora do padrão	0	0	0	0	0	0
	Dentro do padrão	56	100	85	100	141	100
	Total	56	100	85	100	141	100
2011	Fora do padrão	0	0	0	0	0	0
	Dentro do padrão	46	100	77	100	123	100
	Total	46	100	77	100	123	100

Em relação a variável flúor (Tabela 7), observa-se que todas as amostras analisadas, tanto no período seco e chuvoso, apresentaram 100% dentro do padrão de potabilidade estabelecido pela legislação.

Observando a Tabela 8, verifica-se que o percentual de amostra dentro do padrão de potabilidade para o cloro entre os anos de 2007 até 2009 ficaram acima de 95%, tanto no período seco ou chuvoso. No entanto, nos anos de 2010 e 2011 observam-se percentuais baixos de amostras, no geral, dentro do padrão (22,9% e 29,2% respectivamente) e percentuais de 76,5% e 70,8% de amostras com concentração de cloro acima de 2 mg/100 ml. Percebem-se nestes anos, percentuais de amostras com concentração de cloro acima de 2 no período seco bastante superior em relação ao período chuvoso, destacando-se o ano de 2010, no qual observam-se 90,8% das amostras com concentração acima de 2 no período seco contra 66,1% no período chuvoso.

Tabela 8 - Frequência e percentual de amostras de Cloro de acordo com o padrão de potabilidade e período do ano (seco e chuvoso).

Ano	Cloro	Seca		Chuvoso		Geral	
		n	%	n	%	n	%
2007	Abaixo de 0,5	0	0	5	1,0	5	0,6
	Dentro do padrão	382	97,0	477	98,6	859	97,8
	Acima de 2,0	12	3,0	2	0,4	14	1,6
	Total	394	100	484	100	878	100
2008	Abaixo de 0,5	2	0,5	8	1,4	10	1,0
	Dentro do padrão	390	99,2	547	96,8	937	97,8
	Acima de 2,0	1	0,3	10	1,8	11	1,2
	Total	393	100	565	100	958	100
2009	Abaixo de 0,5	2	0,5	22	4,1	24	2,6
	Dentro do padrão	363	95,8	514	95,7	877	95,7
	Acima de 2,0	14	3,7	1	0,2	15	1,7
	Total	379	100	537	100	916	100
2010	Abaixo de 0,5	0	0	6	1,1	6	0,6
	Dentro do padrão	38	9,2	177	32,8	215	22,9
	Acima de 2,0	374	90,8	357	66,1	731	76,5
	Total	412	100	540	100	952	100
2011	Abaixo de 0,5	0	0	0	0	0	0
	Dentro do padrão	108	27,2	179	30,5	287	29,2
	Acima de 2,0	289	72,8	408	69,5	697	70,8
	Total	397	100	587	100	984	100

Em relação ao pH, verifica-se apenas uma amostra com pH abaixo de 6,0. Esta amostra foi observada no ano de 2008 em um período chuvoso (Tabela 9), resultando em um percentual de 99,4% de amostras dentro do padrão.

Tabela 9 - Frequência e percentual de amostras de pH de acordo com o padrão de potabilidade e período do ano (seco e chuvoso).

Ano	pH	Seca		Chuvoso		Geral	
		n	%	n	%	n	%
2007	Abaixo de 6,0	0	0	0	0	0	0
	Dentro do padrão	90	100	113	100	203	100
	Acima de 9,5	0	0	0	0	0	0
	Total	90	100	113	100	203	100
2008	Abaixo de 6,0	0	0	1	0,6	1	0,4
	Dentro do padrão	91	100	165	99,4	256	99,6
	Acima de 9,5	0	0	0	0	0	0
	Total	91	100	166	100	257	100
2009	Abaixo de 6,0	0	0	0	0	0	0
	Dentro do padrão	116	100	174	100	290	100
	Acima de 9,5	0	0	0	0	0	0
	Total	116	100	174	100	290	100
2010	Abaixo de 6,0	0	0	0	0	0	0
	Dentro do padrão	106	100	167	100	273	100
	Acima de 9,5	0	0	0	0	0	0
	Total	106	100	167	100	273	100
2011	Abaixo de 6,0	0	0	0	0	0	0
	Dentro do padrão	101	100	149	100	250	100
	Acima de 9,5	0	0	0	0	0	0
	Total	101	100	149	100	250	100

Na Tabela 10, observa-se que todas as amostras dos períodos seco e chuvoso apresentaram-se dentro do padrão de potabilidade (100% das amostras) para a variável unidade formadora de colônias de bactéria heterotróficas.

Tabela 10 - Frequência e percentual de amostras de Bactéria Heterotrófica de acordo com o padrão de potabilidade e período do ano (seco e chuvoso).

Ano	Bactéria Heterotrófica	Seca		Chuvoso		Geral	
		n	%	n	%	n	%
2007	Fora do padrão	0	0	0	0	0	0
	Dentro do padrão	34	100	20	100	54	100
	Total	34	100	20	100	54	100
2008	Fora do padrão	0	0	0	0	0	0
	Dentro do padrão	44	100	74	100	118	100
	Total	44	100	74	100	118	100
2009	Fora do padrão	0	0	0	0	0	0
	Dentro do padrão	74	100	101	100	175	100
	Total	74	100	101	100	175	100
2010	Fora do padrão	0	0	0	0	0	0
	Dentro do padrão	81	100	104	100	185	100
	Total	81	100	104	100	185	100
2011	Fora do padrão	0	0	0	0	0	0
	Dentro do padrão	62	100	111	100	173	100
	Total	62	100	111	100	173	100

Tabela 11 - Frequência e percentual de amostras com presença e ausência de coliformes totais segundo período do ano (seco e chuvoso).

Ano	Coliformes Totais	Seca		Chuvoso		Geral	
		n	%	n	%	n	%
2007	Presença	0	0	3	0,6	3	0,3
	Ausência	394	100	479	99,4	873	99,7
	Total	394	100	482	100	876	100
2008	Presença	3	0,8	2	0,4	5	0,5
	Ausência	390	99,2	560	99,6	950	99,5
	Total	393	100	562	100	955	100
2009	Presença	1	0,3	6	1,1	7	0,8
	Ausência	375	99,7	530	98,9	905	99,2
	Total	376	100	536	100	912	100
2010	Presença	0	0	15	2,8	15	1,6
	Ausência	412	100	524	97,2	936	98,4
	Total	412	100	539	100	951	100
2011	Presença	0	0	0	0	0	0
	Ausência	397	100	583	100	980	100
	Total	397	100	583	100	980	100

Analisando a Tabela 11, verificam-se percentuais de amostras com ausência de coliformes totais acima de 97% em todos os anos e períodos analisados (seco e chuvoso). Este resultado indica conformidade com o padrão de potabilidade da legislação, a qual estabelece no mínimo 95% de amostras com ausência, em todos os anos do estudo. Destaca-se apenas uma pequena alteração (dentro do padrão) em 2010 no período chuvoso, o qual apresentou a menor porcentagem de ausência (97,2%) e, conseqüentemente, o maior percentual de amostras com presença.

5 CONCLUSÕES

Com base no estudo realizado, conclui-se que:

- De uma forma geral, em todos os anos considerados neste estudo os parâmetros de qualidade da água ficaram dentro dos padrões de qualidade recomendados pela portaria 514/04.
- As médias observadas para cada parâmetro físico-químico e microbiológico da água não apresentaram diferenças significativas entre o período seco e chuvoso, exceto para a concentração de cloro e temperatura da água.
- Em relação ao cloro, verificou-se que sua concentração média na rede de distribuição é estatisticamente superior no período de seca. Já a temperatura da água apresentou-se, em média, superior no período chuvoso.
- É importante para o tecnólogo em Agronegócio possuir conhecimentos a respeito da qualidade da água, uma vez que a mesma é um recurso natural essencial para a vida humana, animal e vegetais. Desta forma, este conhecimento pode contribuir para o gerenciamento e preservação dos recursos naturais de uma região, em especial a utilização dos recursos hídricos de forma sustentável.

REFERÊNCIAS

- ÁGUAS DE JOINVILLE. **Relatório Anual 2010**. Disponível em: http://www.aguasdejoinville.com.br/agua_relatorio.php#Joinville. Acesso em: jun. 2010.
- ALVARENGA, Antonio Carlos; NOVAES, Antônio G. N.. Logística aplicada: suprimento e distribuição física. 3. ed. São Paulo: E. Blücher, 2000.
- AVILA, L. A. et al. Transporte de Agrotóxicos em Lavoura de Arroz Irrigado Sob Três Manejos de Irrigação. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n. 4, p. 799-808, 2012.
- BARBOSA, D. A.; LAGE, M. M.; BADARÓ, A. C. L. Qualidade Microbiológica da Água dos Bebedouros de um Campus Universitário de Ipatinga, Minas Gerais. **Nutrir Gerais**, Ipatinga, v. 3, n. 5, p.505-517, ago. 2009.
- BARROS, A. B. de; BARROS, A. M. A. de. A difícil aplicabilidade da política de águas no Brasil. **Inter Science Place: Revista Científica Internacional**, [Sem Local], v. 7, n. 2, p.1-21, jun. 2009.
- BELDER, P. et al. Effect of water-saving irrigation on Rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia. *Agric. Water Manag.*, v. 65, n. 3, p. 193-210, 2004.
- BETTEGA, J. M. P. R. et al. Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano. **Ciênc.agrotec.** [online], vol.30, n.5, pp. 950-954. 2006.
- BORRELL, A.; GARSIDE, A.; FUKAI, S. Improving efficiency of water use for irrigated rice in a semi-arid tropical environment. *Field Crop Res.*, v. 52, n. 3, p. 231-248, 1997.
- BRASIL. Lei Federal n. 9433/97. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, DF, 1997.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518, de 25 de Março de 2004. Normas e padrão da potabilidade da água destinada ao consumo humano**. Brasília, DF; 2004.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde**. – Brasília: Ministério da Saúde. 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde), 2006.
- BRASIL. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Ministério do Meio Ambiente. **Programas nacionais e metas**. Brasília, 2006a. (Volume 4). Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011025031.pdf. Acesso em: 02 maio 2013.
- BRASIL. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Ministério do Meio Ambiente. **Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil**. Brasília, 2006b. (Volume 1). Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011025312.pdf. Acesso em: 02 maio 2013.

BORSOI, Z. M. F. TORRES, S. D. A. A Política de Recursos Hídricos no Brasil. Disponível em: <http://rash.apanela.com/tf/IEEE/rev806.pdf>. Acesso em: setembro. 2013.

CAMPOS, J. A. D.; FARACHE FILHO, A.; FARIA, J. B. Qualidade da água armazenada em reservatórios Domiciliares: Parâmetros Físico-Químicos E Microbiológicos. **Alim. Nutr.** Araraquara, v.14, n.1, p. 63-67, 2003.

CARDOSO, H.E.A.; MANTOVANI, E.C.; COSTA, L.C. As águas da agricultura. **Agroanalysis**. Instituto Brasileiro de Economia/Centro de Estudos Agrícolas. Rio de Janeiro.p.27-28, 1998.

CARVALHO, J.O. **Projeto Áridas: uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o nordeste**. Brasília. 1994. 353p.

CARMO, R. F., BEVILACQUA, P. D., BASTOS, R. K. X. Vigilância da qualidade da água para consumo Humano: Abordagem qualitativa da identificação de perigos. **Eng. Sanit. Ambiental**, v.13, n.14, p.426-434, out-dez. 2008.

CETESB. **Variáveis de qualidade das águas**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#turbidez>. Acessado em julho de 2010.

CHIBANTÃO, G. V. G. Controlo da Qualidade da Água do Rio Influyente para fins de Irrigação. **Universidade Eduardo Mondlane**, Maputo, jun. 2012.

CHRISTOFIDIS, D. Água na produção de alimentos: o papel da academia e da indústria no alcance do desenvolvimento sustentável. **Rev. Ciências Exatas**. Taubaté, v.12, n.1, p. 37-46. 2006. Disponível em: <<http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/exatas/article/view/382/460>> Acesso em:20 jan. 2014.

CONAMA. Resolução n.º 357/2005, de 17 de março de 2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

CONEJO, J. G. L., A outorga de usos da água como instrumento de gerenciamento dos recursos hídricos. **Revista de Administração Pública**, vol. 27, no 2, 1993.

CORREIA, R. C.et al. E. P. **A fruticultura como vetor de desenvolvimento: O caso dos municípios de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA)**. Petrolina; 2002.

COSTA, R. H. P. G., Qualidade da água. In: Reuso da água, conceitos, teorias e práticas, Fundação de apoio à tecnologia, São Paulo, 1 ed., Edgard Blucher, p. 25-33, 2007.

CUNHA, A. R., MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Botucatu**.v.14, n.1, p. 1-11, Jan/mar. 2009.

DANISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (DEPA). 1998. Survey of azo-colorants in Denmark: consumption, use, health and environmental aspects. Disponível em: <<http://www.mst.dk/udgiv/Publications/1999/87-7909-548-8/pdf/87-7909-546-1.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2014.

GAMEIRO, A. H.; CAIXETA FILHO, J. V. (Org.). Transporte logística em sistemas agroindustriais. São Paulo: Editora Atlas, 2001.

GAMEIRO, A. H.; CAIXETA FILHO, J. V. Índices de preço para o transporte de cargas: o caso da soja. **Nova Economia**, Belo Horizonte, p.121-163, Jan./abr. 2010.

GOODMAN, L. A. Simultaneous confidence intervals for contrast among multinomial populations. **Annals of Mathematical Statistics** 35(2), p.716-725, 1964.

GOODMAN, L. A. Simultaneous confidence intervals for contrast among multinomial proportions. **Technometrics** 7(2), p. 247-254, 1965.

JAQUES, R.C. Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações. 102p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MACHADO, I.R. et al. Um estudo exploratório sobre os custos logísticos da hidrovia do São Francisco. **Convibra Administração**, São Francisco, mar./jul. 2010.

MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. 189p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2004.

MEYER, S. T. **O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública**. Cad. Saúde Pública., Rio de Janeiro, p. 99-110, 1994.

MORAES, D. S. L., JORDÃO, B. Q., Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana, **Ver. Saúde Pública**, 36(3), pag. 370-374, 2002.

NÓBREGA, I. N. S. F.; **Crescimento e desenvolvimento da fruticultura irrigada no vale do São Francisco**. Recife-PE: Universidade Católica de Pernambuco, 2004.

OLIVEIRA, E. N. A. de. et al. Qualidade da água para consumo humano ofertada na cidade de Limoeiro do Norte, Ceará. **Tecnol. & Ciênc. Agropec**, João Pessoa, v.6, n.2, p.1-5, jun. 2012a.

OLIVEIRA, A. da S. et al. Qualidade da água para consumo humano distribuída pelo sistema de abastecimento público em Guarabira-PB. **Revista Verde**, Mossoró – RN, v. 7, n. 2, p 199-205, abr-jun, 2012b.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**; Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo; 2001.

PAZ, V. P.S, TEODORO, R. E. F., MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p.465-473, 2000.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BOTUCATU. Período de Seca ou Estiagem. Disponível em: <http://www.botucatu.sp.gov.br/defesacivil/docs/perigosSeca.pdf>. Acesso em: out. 2013

REBOUÇAS, A. C., BRAGA JUNIOR B. J. TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil**. Escrituras Editora, 1999.

RODRIGES, S.A.; BATISTELA, G. C. uma revisão sobre a disponibilidade hídrica brasileira para geração de energia elétrica. **Geoambiente on-line**. Jataí-Go, v.1, n. 21, Junho. 2013.

SABESP. **Qualidade da água**. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/interna/Default.aspx?secaoId=40>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

SANDRI, E. K. QUALIDADE DE ÁGUA DE CHUVA E UTILIZAÇÃO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA PARA SUA DESINFECÇÃO. Joinville, p.1-187, out. 2013.

SERAFIM, A., LISBOA, A., RODRIGUES, C. Modelo de gestão de rega em espaços verdes, **Revista de Ciências Agrárias**, Oeiras, p. 50-57, 2008.

SETTI, A. A. et al. Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos.2 ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2001. 207 p. Disponível em: <http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/livro_Introd-Gerenc-Rec-Hidr.pdf>. Acesso em: 20 maio 2012.

SIQUEIRAI, L. P. de et al. Avaliação microbiológica da água de consumo empregada em unidades de alimentação. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, jan. 2010.

SOUZA, I. F. De. Caracterização da Qualidade do Efluente Tratado por Lagoas de Estabilização de Esgoto no Campus da Unesp. **Tekhne e Logos**, Botucatu, v. 3, n. 3, nov. 2012.

STONE, L. F. Eficiência do uso da água na cultura do arroz irrigado. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 48, 2005.

TABBAL, D. F. et al. On-farm strategies for reducing water input in irrigated rice: case studies in the Philippines. *Agric. Water Manag.*, v. 56, n. 2, p. 93-112, 2002.

TOESCHER, C. F.; RIGHES, A. A.; CARLESSO, R. Volume de água aplicada e produtividade do arroz sob diferentes métodos de irrigação. *R. Fac. Zoot. Vet. Agr.*, v. 4, n. 1, p. 75-79, 1997.

TUCCI, C. E. M. 1997. Hidrologia: ciência e aplicação. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

TUONG, T. P.; BHUIYAN, S. I. Increasing water-use efficiency in rice production: farm-level perspectives. *Agric. Water Manag.*, v. 40, n. 1, p. 117-122, 1999.

TUONG, T. P.; BOUMAN, B. A. M.; MORTIMER, M. More rice, less water – Integrated approaches for increasing water productivity in irrigated rice-based systems in Asia. *Plant Prod. Sci.*, v. 8, n. 3, p. 231-241, 2005.

WATANABE, H. et al. Effect of water management practice on pesticide behavior in paddy water. *Agric. Water Manag.*, v. 88, n. 1-3, p. 132-140, 2007.

WATANABE, H.; KAKEGAWA, Y.; VU, S. H. Evaluation of the management practice for controlling herbicide runoff from paddy fields using intermittent and spillover irrigation schemes. *Paddy Water Environ.*, v. 4, n. 1, p. 21-28, 2006.

WEBER, C.C., CYBIS, L.F., BEAL, L.L. Conservação da água aplicada a uma indústria de papelão ondulado. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio Grande do Sul, v. 15, n. 3, p. 291-300, jul. 2010.

ZAR, J.H. *Biostatistical analysis*. 4^aed. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 663p., 1999.

ZWIRTES, A. L. et al. Caracterização físico-hídrica de solos submetidos a diferentes manejos. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v.4, n. 3, p. 51-58, set-dez, 2011. Disponível em <<http://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/viewFile/1531/1577>>. Acesso em: 20 jan 2014.

CENTRO PAULA SOUZA



Fatec Botucatu

**PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA FATEC-
BT - (PICIT)**

Orientado (a): Nicolás Augusto de Carvalho Franco

Orientador (a): Prof. SÉRGIO A. RODRIGUES.

Prof. Ass. Dr. Geraldo de Nardi Jr
Coordenador de Pesquisa e Extensão

Botucatu, 09 de fevereiro de 2015.