



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA AMBIENTAL
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS**

CÉSAR RICARDO PALOMINO CONDO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO TAQUARUÇU DURANTE
O PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO PRODUTOR DE ÁGUAS**

PALMAS – TO

2016

CÉSAR RICARDO PALOMINO CONDO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO TAQUARUÇU DURANTE
O PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO PRODUTOR DE ÁGUAS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

**PALMAS – TO
2016.**

FOLHA DE APROVAÇÃO

CESAR RICARDO PALOMINO CONDO

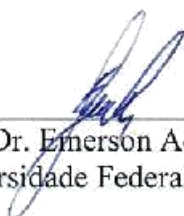
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO TAQUARUÇU
DURANTE O PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO PRODUTOR DE
ÁGUA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental,
Nível Mestrado Profissional, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre
em Engenharia Ambiental. A presente dissertação foi aprovada pela Banca
Examinadora composta pelos membros abaixo relacionados:

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Rafael Montanhini Soares de Oliveira
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Presidente)



Prof. Dr. Emerson Adriano Guarda
Universidade Federal do Tocantins



Prof. Dr. José Roberto Lins da Silva
Odebrecht Ambiental | SANEATINS

Aprovada em: 24 de junho de 2016

Local de defesa: Sala 02 do bloco A

Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Palmas

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

C746a Condo, César Ricardo Palomino.
Avaliação da qualidade da água do Ribeirão Taquaruçu durante o processo de implantação do projeto produtor de água. / César Ricardo Palomino Condo. – Palmas, TO, 2016.
85 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) Profissional em Engenharia Ambiental, 2016.

Orientador: Rafael Montanhini Soares de Oliveira

Coorientador: José Roberto Lins da Silva

1. Mestrado profissional em Engenharia Ambiental. 2. Saneamento. 3. Qualidade da Água. 4. Programa produtor de águas.
I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

DEDICATÓRIA

*Dedico esta dissertação aos meus pais.
A minha mãe que sempre me incentivou em
todas as minhas escolhas e decisões e ao meu
pai por ser um exemplo de honestidade e
integridade.*

AGRADECIMENTOS

Foram muitas as pessoas que colaboraram para a realização deste trabalho em especial, agradeço ao prof. Dr. Rafael Montanhini Soares de Oliveira, pelo seu apoio e atenção na realização da dissertação e ao Dr. José Roberto Lins da Silva, pela paciência, colaboração e apoio durante o processo de definição e orientação deste sucesso e por acreditar e depositar a sua confiança em mim.

À Empresa Odebrecht Ambiental I Saneatins por colocar à disposição a área experimental e o laboratório.

Ao meu pai, Juan Alberto Palomino Tenorio, pelo exemplo de caráter e dignidade que me proporcionou e que durante o processo de preparação deste trabalho deixou de existir.

A minha mãe Marina Condo Quispe, pelo incentivo constante, por acreditar em mim e pela força que me transmitiu durante toda a vida.

A minha filha Vitória que inocentemente, sem saber, cedeu seu tempo de atenção nas minhas horas de elaboração deste trabalho.

Ao meu filho Erick que me deu forças para me levantar e seguir à frente, nos momentos mais difíceis da minha vida.

A meus irmãos Ana, Benny, Cleomer, David, Juan, Maruja, Ramón, meu sobrinho Cleys e demais familiares por toda força e incentivo que me deram durante estes anos.

Ao meu amigo Fernando Ribeirão por seu apoio e incentivo para levar avante este trabalho.

Agradeço aos meus colegas de pós-graduação pela determinação, pelo companheirismo em todas as dificuldades que nós passamos nesta caminhada até este momento.

Dedico meu trabalho, pois foram fundamentais na conquista deste sonho.

“Ler muito é um dos caminhos para a originalidade. Uma pessoa será tão mais original e peculiar quanto mais conhecer o que disseram os outros”

Miguel de Unamuno

RESUMO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO TAQUARUÇU DURANTE O PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO PRODUTOR DE ÁGUAS

César Ricardo Palomino Condo

Orientador: Prof. Dr. Rafael Montanhini Soares de Oliveira

Co-orientador: Dr. José Roberto Lins da Silva

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins, sob a orientação do Prof. Dr. Rafael Montanhini Soares de Oliveira e do Dr. José Roberto Lins da Silva

A bacia do ribeirão Taquaruçu, localizada no município de Palmas-Tocantins, vem sofrendo nestes últimos anos acentuada redução de vazão e, ao mesmo tempo, perda de qualidade de suas águas. Com o objetivo de minimizar estas deficiências, a bacia entrou em um processo de revitalização por meio da implantação do Programa Produtor de Águas, cujo princípio seria a recompensa financeira através de pagamentos por serviços ambientais. Devido à importância de um diagnóstico na qualidade da água dos ribeirões no programa, foram definidas cinco estações amostrais para realização de análises mensais de variáveis físico-químicas e bacteriológicas durante o ano de 2014. A análise de componentes principais foi aplicada e mostrou que durante o período chuvoso, principalmente no mês de março, as cinco estações amostrais apresentaram acentuada correlação entre a demanda bioquímica de oxigênio e oxigênio dissolvido. Já para o fósforo, turbidez, sólidos suspensos totais e cor verdadeira, foram registradas elevadas concentrações no início e final do período chuvoso, em quase todos os pontos de coleta. Depois de analisado o cenário, os resultados permitiram concluir que a qualidade da água da bacia apresentou-se sinérgica e susceptível às variações hidrológicas, principalmente na região do Baixo Taquaruçu Grande, e que a realidade socioambiental da região foi determinante para a perda da qualidade da água registrada durante o período chuvoso.

Palavras-Chave: Palmas - Tocantins, Qualidade de água, Programa Produtor de Águas.

ABSTRACT

EVALUATION OF WATER QUALITY IN RIBEIRÃO TAQUARUSSU BASIN DURING WATER PROJECT PROGRAM IMPLEMENTATION

César Ricardo Palomino Condo

This study was conducted at the Post-Graduate Engineering Environmental, Federal University of Tocantins, under the supervision of PhD Rafael Montanhini Soares de Oliveira and PhD José Roberto Lins da Silva.

The basin of the Taquaruçu creek, located in Palmas-Tocantins, has been suffering, in recent years, a sharp reduction of flow and at the same time, loss of water quality. In order to minimize these deficiencies, the basin entered a revitalization process through the implementation of the Water Producer Program, whose principle would be a financial reward through payments for environmental services. Due to the importance of a diagnosis in the water quality of creeks in the program five sampling stations were defined to perform monthly analysis of physicochemical and biological variables during the year 2014. The principal component analysis was applied and showed that during the rainy season, mainly in March, the five sampling stations presented a sharp correlation between the biochemical oxygen demand and dissolved oxygen. As for phosphorus, turbidity, total suspended solids and true color, high concentrations were recorded at the beginning and end of the rainy season, in almost every collection point. After examining the scenario, the results showed that the water quality of the basin has performed synergistic and susceptible to hydrological variations, mainly in the region of Lower Taquaruçu Grande, and the environmental reality of the region was crucial to the loss of water quality logged during the rainy season.

Keywords: Palmas - Tocantins, Water Quality, Water Producer Program

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	12
Lista de Figuras	13
Lista de Siglas e AbreviaTURAS.....	14
1. INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA.....	16
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 Objetivo Geral	16
1.2.2 Objetivos específicos	17
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 A qualidade da água: Aspectos gerais.....	18
2.1.1 Cor Verdadeira	19
2.1.2 Demanda bioquímica de oxigênio - DBO	20
2.1.3 <i>Escherichia coli</i>	21
2.1.4 Nitrogênio total.....	22
2.1.5 Oxigênio dissolvido	22
2.1.6 Potencial hidrogeniônico pH	23
2.1.7 Sólidos suspensos totais - SST	24
2.1.8 Temperatura	26
2.1.9 Fósforo total	27
2.1.10 Turbidez	28
2.2 A qualidade da água para o consumo humano	29
2.3 Perda da qualidade da água em mananciais de abastecimento.....	30
2.4 Projetos de recuperação de bacias hidrográficas	31
2.5 O Programa Produtor de Águas	32
2.5.1 Projeto Extrema, MG – Conservador das Águas	34
2.5.2 Projeto PCJ - Piracicaba, Capivari e Jundiaí, SP - Produtor de Água.....	36
2.5.3 Projeto Produtor, ES - Produtor de Água.....	37
2.5.4 Projeto Pípiripau, DF - Produtor de Água.....	38
2.5.5 Projeto Apucarana, PR – Conservação da natureza.....	39
2.5.6 Projeto Guandu, RJ - Produtores de água e floresta	41
2.5.7 Projeto Camboriú, SC - Produtor de Água.....	42
2.5.8 Projeto Guariroba, MS.	43

2.5.9 Projeto Bacia João Leite, GO.....	44
2.5.10 Programa Produtor de Águas de Guaratinguetá - SP	45
2.6 O Pagamento por Serviços Ambientais - PSa	46
2.7 O Programa Produtor de Águas na bacia do Ribeirão Taquaruçu Grande.....	47
2.8 Características hidrográficas da bacia do Ribeirão Taquaruçu Grande.....	49
2.9 Características geológicas da bacia do Ribeirão Taquaruçu Grande	52
2.10 A qualidade da água da bacia do ribeirão Taquaruçu Grande.....	54
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	56
3.1 Área de estudo.....	56
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
5. CONCLUSÕES	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXO 1 - Resultados das variáveis limnológicas aplicadas ao estudo.	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cores usuais da água e suas prováveis causas.	20
Tabela 2: Distribuição dos sólidos presentes na água	25
Tabela 3: Estações de amostragem da qualidade da água na bacia do ribeirão Taquaruçu.	57
Tabela 4: Cenário amostral e suas respectivas campanhas e sazonalidade	60
Tabela 5: Análise de variância – ANOVA aplicada nos resultados das variáveis cor verdadeira, sólidos suspensos totais e turbidez.	64
Tabela 6: Análise de variância – ANOVA aplicada nos resultados das variáveis: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD) e Escherichia coli (Ecoli).	67
Tabela 7: Análise de variância – ANOVA aplicada nos resultados das variáveis: fósforo total (PT) e Nitrogênio total (NT).	71
Tabela 8: Análise de variância – ANOVA aplicada nos resultados das variáveis: pH e temperatura.	74
Tabela 9: Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis físicas e químicas da água analisadas com os dois primeiros eixos da PCA (os valores em negrito correspondem às variáveis que apresentaram maior correlação com os eixos, acima de 0,4).	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução da legislação brasileira de potabilidade de água para consumo humano	29
Figura 2: Área da bacia do Ribeirão Taquaruçu, a montante da ETA 06, destacando as sub-bacias do Taquaruçu Grande e do Taquaruçuzinho.....	50
Figura 3: Localização da bacia do Ribeirão Taquaruçu.	56
Figura 4: Registros fotográficos dos pontos: BTG – Baixo Taquaruçu Grande; ATG – Alto Taquaruçu Grande; MTP – Médio Taquaruçu Pequeno; BTP – Baixo Taquaruçu Pequeno ATP – Alto Taquaruçu Pequeno.	58
Figura 5: Área da bacia do ribeirão Taquaruçu, com destaque para as sub-bacias Taquaruçu Grande e Taquaruçu Pequeno (Taquaruçuzinho), bem como as estações de amostragem (ATG – Alto Taquaruçu Grande; BTG – Baixo Taquaruçu Grande; ATP – Alto Taquaruçu Pequeno; MTP – Médio Taquaruçu Pequeno; BTP – Baixo Taquaruçu Pequeno).....	59
Figura 6: Resultados da variável cor verdadeira, durante o período avaliado.....	61
Figura 7: Resultados da variável, sólidos suspensos totais durante o período avaliado.	61
Figura 8: Resultados da variável, sólidos suspensos totais durante o período avaliado.	62
Figura 9: Representação dos resultados da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD) e <i>Escherichia coli</i> (E.coli) durante o período avaliado.	65
Figura 10: Representação dos resultados dos nutrientes: fósforo total e nitrogênio total durante o período avaliado.	68
Figura 11: Representação dos resultados das variáveis pH e temperatura durante o período avaliado.	72
Figura 12: Distribuição dos escores resultantes da análise dos componentes principais (PCA) para os dados do monitoramento limnológico no programa Produtor de Águas (ribeirão Taquaruçu), no ano de 2014.	76

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	- Agência Nacional de Meio Ambiente
ANOVA	- Análise de variância
APPs	- Áreas de Preservação Permanente
ATG	- Alto Taquaruçu Grande
ATP	- Alto Taquaruçu Pequeno
BTG	- Baixo Taquaruçu Grande
BTP	- Baixo Taquaruçu Pequeno
CAESB	- Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
CETESB	- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	- Conselho Nacional de Meio Ambiente
DBO	- Demanda bioquímica de oxigênio
EMASA	- Empresa Municipal de Água e Saneamento
FUNASA	- Fundação Nacional de Saúde
IQA	- Índice de Qualidade da Água
MMA	- Ministério de Meio Ambiente
MTP	- Médio Taquaruçu Pequeno
OD	- Oxigênio dissolvido
OMS	- Organização Mundial da Saúde
PCA	- <i>Principal Component Analysis</i> (Análise de Componentes

Principais)

pH	- Potencial hidrogeniônico
PNQA	- Portal Nacional de Recursos Hídricos
PNRH	- Política Nacional de Recursos Hídricos
PPA	- Programa Produtor de Águas
PSA	- Pagamento por Serviços Ambientais
SANEAGO	- Companhia de Saneamento de Goiás
SS	- Sólidos em Suspensão
SST	- Sólidos Suspensos Totais
TBZ	- Turbidez
THM	- Trihalometanos
TNC	- The Nature Conservancy

uC - Unidades de cor
UFEX - Unidades Fiscais de Extrema
uH - Unidade Hazen
WHO - World Health Organization

1. INTRODUÇÃO

O sistema de abastecimento de água de Palmas – Tocantins, vem há mais de uma década sofrendo recorrente redução nas vazões de seus mananciais durante o período de estiagem. A bacia do ribeirão Taquaruçu é a principal fonte de abastecimento da cidade, fornecendo cerca de 90 % da água consumida pela população. Todavia, a sua ocupação desordenada e a degradação de seus recursos naturais proporcionam um declinante cenário na qualidade e quantidade de suas águas (SILVA, 2014).

Para tentar revitalizar esta bacia, em setembro de 2011, a *The Nature Conservancy* (TNC) e a empresa concessionária ODEBRECHT AMBIENTAL | SANEATINS assinaram um termo de cooperação técnica com o objetivo de realizar atividades de diagnóstico, priorização e monitoramento para conservação e restauração ecológica da bacia do ribeirão Taquaruçu. Em dezembro do mesmo ano, foi implantado o Programa Produtor de Águas (PPA) - “Taquaruçu: uma fonte de vida”, desenvolvido pela Agência Nacional de Águas – ANA, cujo princípio seria a recompensa financeira através de pagamentos por serviços ambientais (PSA) e benefícios sociais aos que preservarem as áreas de influência da bacia.

O PPA é composto por vários planos de ação, sendo que um destes está voltado ao monitoramento hidrológico ao longo dos anos. As metas a serem alcançadas para este plano consistem no registro das variações espaciais e temporais da água da bacia do ribeirão Taquaruçu por meio do monitoramento dos níveis d’água e freático, vazão, chuva e qualidade da água. Este último visa acompanhar as variações sazonais e alterações da qualidade da água, além de observar as correlações entre as variáveis durante os períodos de cheia e estiagem.

No Brasil, dispomos de 12% das reservas de água doce do planeta (ANA, 2007), mas enfrentamos graves problemas de má distribuição, poluição e desperdício, fato que retrata a importância de uma gestão que leve em consideração o uso sustentável deste recurso.

Segundo relatório publicado pelo Pnuma (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) em 2010, pelo menos 1,8 milhão de crianças menores de cinco anos de idade morrem a cada ano de doenças relacionadas com a água, ou uma a

cada 20 segundos. Mais de metade das camas dos hospitais do mundo estão ocupadas com pessoas que sofrem de doenças relacionadas à água contaminada e mais pessoas morrem por conta do problema do que de todas as formas de violência, incluindo as guerras.

Sabe-se da importância de se tratar a água destinada ao consumo humano, pois alterações na qualidade físico-química e/ou biológica têm sido associada a diversos problemas de saúde; a qualidade da água destinada ao consumo humano deve atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a qualidade da água da bacia do ribeirão Taquaruçu durante o ano de 2014, trazendo os resultados de algumas variáveis limnológicas e as correlações estabelecidas.

1.1 JUSTIFICATIVA

A bacia do Ribeirão Taquaruçu grande é a principal fonte de captação de água para consumo da população de Palmas, partindo desta premissa é necessário uma avaliação minuciosa da qualidade da água, durante o processo de implantação do projeto produtor de água.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

- O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a qualidade da água da bacia do ribeirão Taquaruçu durante o processo de implantação do Projeto Produtor de Águas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a relação entre as variáveis limnológicas e o cenário amostral.
- Verificar a influência de variações hidrológicas e cenário socioambiental na qualidade da água avaliada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A QUALIDADE DA ÁGUA: ASPECTOS GERAIS

A qualidade da água é uma exigência de caráter principal para a proteção da saúde pública. Para assegurar essa qualidade se faz necessário uma série de ações que, se implementadas junto à população garantirão a segurança do fornecimento de água através da eliminação ou redução de constituintes na água conhecidos por serem perigosos (D'AGUILA et al., 2000).

A perda da qualidade da água pode trazer grandes prejuízos a sociedade, segundo, *World Health Organization - WHO* (2006), as doenças infecciosas relacionadas à água são a maior causa de morbidade e mortalidade em todo o mundo e causa de mais de 80 % de todas as mortes nos países em desenvolvimento.

A Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH aponta a qualidade da água como um aspecto muito importante, a qual define dentre seus objetivos, “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (BRASIL, 2012).

Segundo Heller & De Padua (2005), do volume total de água existente na natureza, apenas um pequeno percentual apresenta qualidade, quantidade e acessibilidade para ser utilizado nos sistemas de abastecimento e frequentemente, ela precisa ser tratada antes de ser distribuída à população.

Os Índices de Qualidade da Água (IQA) são bastante úteis para dar uma ideia da tendência de evolução da qualidade da água ao longo do tempo, além de permitir a comparação entre diferentes mananciais. O IQA elaborado pela *National Sanitation Fundation*, e adaptado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), leva em consideração o estabelecimento da qualidade da água bruta destinada ao abastecimento.

Quando falamos em qualidade da água nos referimos a um conjunto de características físicas, químicas e biológicas que ela apresenta, de acordo com a sua utilização. Os padrões de classificação mais utilizados pretendem classificar a

água de acordo com a sua potabilidade, a segurança que apresenta para o ser humano e para o bem-estar dos ecossistemas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

A definição dos parâmetros a serem monitorados depende dos objetivos do trabalho a ser realizado, assim, descrevemos:

2.1.1 Cor Verdadeira

Define-se como cor verdadeira da água, aquela que não sofre interferência de partículas suspensas na água, sendo obtida após a centrifugação ou filtração da amostra. A cor aparente é aquela medida sem a remoção de partículas suspensas na água. A cor varia com o pH da água, sendo mais facilmente removida a valores de pH mais baixos (HELLER & DE PADUA, 2006).

Segundo Libânio (2005), os compostos orgânicos que conferem cor às águas naturais são provenientes de duas fontes: primeiro, em maior magnitude, da decomposição de matéria orgânica de origem predominantemente vegetal e do metabolismo de microrganismos presentes no solo e segundo, de atividades antrópicas, tais como, descargas de efluentes domésticos ou industriais, lixiviação de vias urbanas e solos agriculturáveis.

A determinação da intensidade da cor da água é realizada comparando-se a amostra com um padrão de cobalto-platina, sendo o resultado apresentado em unidades de cor (uC) ou unidade Hazen (uH) (MINISTÉRIO DE SAÚDE, 2006).

A Portaria 2914 de 2011 (BRASIL, 2011), do Ministério de Saúde, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Esta portaria estabelece para cor aparente valor de até máximo de 15 uC. A importância da cor como parâmetro de qualidade de água adquiriu maior evidência após a confirmação, no início da década de 1970, da perspectiva de formação de produtos de potencialmente cancerígenos (trihalometanos – THM) como consequência da cloração de águas coloridas com a finalidade de abastecimento (LIBÂNIO, 2005). Segundo a Resolução CONAMA 357 (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.

A cor é uma característica da água que pode fornecer ao observador, importantes indícios de fenômenos naturais (lavagem de solo pelas enxurradas, p.ex.) ou da agressão antrópica (proliferação de algas devido ao lançamento de esgotos) ao lado do reservatório. Dependendo da sua intensidade, pode interferir na medição da transparência e da turbidez. Como as descrições verbais são inseguras e subjetivas, ao se registrar a cor da água de um manancial, é desejável que se utilize um padrão reprodutível de comparação (VIANA, 2015).

A tabela abaixo apresenta as cores mais encontradas na água dos lagos e reservatórios.

Tabela 1: Cores usuais da água e suas prováveis causas.

Cores da água	Origem Provável
Azul	Pouco material em suspensão
Verde	Rica em fitoplâncton e outras algas
Vermelha	Certos tipos de algas ("maré vermelha", <i>Euglena sanguinea</i>)
Amarela/Marrom	Materiais orgânicos dissolvidos, substâncias úmicas do solo, turfa ou material deteriorado de plantas
Mistura de cores	Escorrimento de água no solo

Fonte: Viana de Couto, José Luis (2015).

2.1.2 Demanda bioquímica de oxigênio - DBO

Segundo Libânio (2005), a demanda bioquímica de oxigênio expressa a presença de matéria orgânica, constituindo-se indicador de qualidade de águas naturais. Na realidade, este parâmetro indica a magnitude do consumo de oxigênio (em mg/L) pelas bactérias de estabilização da matéria orgânica. A determinação da DBO realiza-se a partir da diferença na concentração do oxigênio dissolvido (OD) em amostra de água de 5 dias e temperatura de 20 °C. Assim, se uma amostra de água natural apresentar DBO de 10 mg/L indica que serão necessárias 10 mg de

oxigênio dissolvido para estabilizar, em um período de 5 dias, a 20 °C, a quantidade de matéria orgânica biodegradável contida em 1 L da amostra.

Segundo o PORTAL NACIONAL DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS (PNQA, 2015), Valores altos de DBO₅, num corpo de água são provocados geralmente causados pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos. A ocorrência de altos valores deste parâmetro causa uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água, o que pode provocar mortandades de peixes e eliminação de outros organismos.

2.1.3 *Escherichia coli*

A *Escherichia coli* é uma bactéria que habita no intestino do ser humano e de outros animais de sangue quente. A maioria das cepas são inofensivas, entretanto algumas podem causar uma grave enfermidade de transmissão alimentar. A infecção por *E. coli* é transmitida, geralmente, por consumo de água ou alimentos contaminados, como carnes pouco cozidas e leite cru. Os sintomas dessa enfermidade são cólicas e diarreia que pode ser sanguinolenta. Também pode aparecer febre e vômito. A maioria dos pacientes consegue recuperação em dez dias, existem casos que a enfermidade pode levar à morte (WHO, 2015).

A *E. coli* é a espécie mais frequentemente isolada de amostras de fezes por pertencer à microbiota intestinal normal de indivíduos saudáveis. Geralmente não está associada a efeitos prejudiciais à saúde, no entanto, sob certas circunstâncias, pode provocar doenças graves. Cepas patogênicas são responsáveis por infecções do trato urinário, sistema nervoso e sistema digestivo em humanos. Quatro grupos de *E. coli* causadoras de diarreia são conhecidos: *E. coli* enterohemorrágica (EHEC), *E. coli* enterotoxigênica (ETEC), *E. coli* enteropatogênica (EPEC) e *E. coli* enteroinvasiva 23 (EIEC). Outros grupos de *E. coli* associados à diarreia existentes são *E. coli* enteroagregativa (EAEC) e *E. coli* aderente (DAEC), mas seu significado não está, ainda, bem esclarecido (TEBALDI, 2011).

2.1.4 Nitrogênio total

Nos corpos de água o nitrogênio pode ocorrer nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Os nitratos são tóxicos aos seres humanos, e em altas concentrações causa uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para as crianças. Pelo fato dos compostos de nitrogênio serem nutrientes nos processos biológicos, seu lançamento em grandes quantidades nos corpos de água, junto com outros nutrientes tais como o fósforo, causa um crescimento excessivo das algas, processo conhecido como eutrofização, o que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática (ANA, 2015).

O íon nitrato ocorre comumente em águas naturais provindo de rochas ígneas, de áreas de drenagem e da decomposição da matéria orgânica. Suas concentrações de nitratos podem ser aumentadas por despejos industriais e esgotos domésticos e pelo uso de fertilizantes a partir de nitrato orgânico. Em águas superficiais, altas concentrações de nitrato podem estimular o crescimento de plantas aquáticas e do fitoplâncton. O íon nitrito é uma forma de nitrogênio combinado em estado intermediário de oxidação (HELLER & DE PADUA, 2006).

O papel dos nutrientes dissolvidos varia de acordo com o nutriente. Nitratos e amônia são fontes de nitrogênio para produtores primários, já o nitrito é uma fase intermediária. Como indicadores de poluição de água, os compostos nitrogenados constituem um dos mais importantes fatores de avaliação da qualidade da água. O nitrogênio pode, na forma molecular, ser fixado ou por atividade de certas espécies de algas cianobactérias, ou de bactérias (NOGUEIRA, 1999 *apud* MARQUES, 2011).

2.1.5 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é vital para a preservação da vida aquática, já que vários organismos (p. ex: peixes) precisam de oxigênio para respirar. As águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, pois o mesmo é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica. Por outro

lado, as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas, geralmente superiores a 5 mg/L, exceto se houverem condições naturais que causem baixos valores deste parâmetro (ANA, 2015).

O OD é um dos parâmetros mais importantes para exame da qualidade da água, pois revela a possibilidade de manutenção de vida dos organismos aeróbios. Além do OD em águas naturais ter origem na reaeração atmosférica, também pode ser derivado de atividade fotossintética de algas. É uma importante medida no controle da poluição das águas, é preciso conhecer sua concentração para verificar e manter as condições aeróbicas de um corpo d'água (KALFF, 2002 e TUNDISSI, 2003 *apud* MARQUES, 2011).

Na rotina operacional das estações de tratamento, o OD não se constitui parâmetro de controle, pois a própria escolha do manancial para abastecimento já subliminarmente o considerou como parâmetro relevante (LIBÂNIO, 2005).

As águas eutrofizadas (ricas em nutrientes) podem apresentar concentrações de oxigênio superiores a 10 mg/L, situação conhecida como supersaturação. Isto ocorre principalmente em lagos e represas em que o excessivo crescimento das algas faz com que durante o dia, devido à fotossíntese, os valores de oxigênio fiquem mais elevados. Por outro lado, durante a noite não ocorre a fotossíntese, e a respiração dos organismos faz com que as concentrações de oxigênio diminuam bastante, podendo causar mortandades de peixes. Além da fotossíntese, o oxigênio também é introduzido nas águas através de processo físicos, que dependem das características hidráulicas dos corpos d'água (p. ex.: velocidade da água) (ANA, 2015).

2.1.6 Potencial hidrogeniônico pH

O potencial hidrogeniônico (pH) consiste na concentração dos íons H^+ nas águas e representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do ambiente aquático. Talvez se constitua no parâmetro de maior frequência de monitoramento na rotina operacional das estações de tratamento, pela interferência em diversos processos e operações unitárias inerentes a potabilização. É determinado em escala

antilogarítmica – $\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$ – compreendendo o intervalo de 0 a 14. Valores de pH inferiores a 7 indicam condições ácidas e superiores condições alcalinas de água natural (LIBÂNIO, 2005).

O pH, afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas. A Resolução CONAMA 357 estabelece que para a proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6 e 9. Alterações nos valores de pH também podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos, tais como os metais pesados (ANA, 2015).

Alguns rios como o Negro e outros de coloração naturalmente escura podem apresentar pH entre 4,0 e 6,0 devido à presença de substâncias húmicas. Valores de pH de rios acima de 10,0 ou abaixo de 4,0 indicam a contaminação por efluentes industriais ou a ocorrência de acidentes com vazamentos de produtos químicos. Em lagos e reservatórios com elevada densidade de fitoplâncton, o pH pode atingir naturalmente acima de 9,0 durante o período de máxima insolação, devido à atividade fotossintética das algas que removem o CO_2 alterando todo o sistema carbonato (VIEIRA, 2010).

O valor do pH influi na solubilidade de diversas substâncias, na forma em que estas se apresentam na água e em sua toxicidade. Além disso, o pH é um parâmetro chave no processo de coagulação durante o tratamento da água. O condicionamento final da água após o tratamento pode exigir também a correção do pH, para evitar problemas de corrosão ou de incrustação. Mais importante, o pH é um parâmetro fundamental de controle da desinfecção, sendo que a cloração perde eficiência em pH elevado (HELLER; DE PADUA, 2006).

2.1.7 Sólidos suspensos totais - SST

A presença de sólidos na água indica um parâmetro físico, muito embora os sólidos possam também estar associados a características químicas ou biológicas. Os sólidos presentes na água podem ser distribuídos da seguinte forma:

Tabela 2: Distribuição dos sólidos presentes na água

Sólidos Totais	
Em suspensão	Sedimentais
	Não sedimentais
Dissolvidos	Voláteis
	Fixos

Sólidos em suspensão podem ser definidos como as partículas passíveis de retenção por processos de filtração. Sólidos dissolvidos são constituídos por partículas de diâmetro inferior a 10^{-3} - μm e que permanecem em solução mesmo após a filtração. A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos). Muito embora os parâmetros turbidez e sólidos totais estejam associados, eles não são absolutamente equivalentes. Uma pedra, por exemplo, colocada em um copo de água limpa confere aquele meio uma elevada concentração de sólidos totais, mas sua turbidez pode ser praticamente nula (FUNASA, 2014).

Todas as impurezas presentes na água, a exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos. A separação entre sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos é feita utilizando-se uma membrana filtrante com poro igual a $1,2 \mu\text{m}$ (valor arbitrário). Qualquer partícula não retida é considerada dissolvida, e as que ficam retidas são consideradas em suspensão (HELLER & DE PADUA, 2006).

O padrão de potabilidade refere-se apenas aos sólidos totais dissolvidos (limite: 1000 mg/l), já que essa parcela reflete a influência de lançamento de esgotos, além de afetar a qualidade organoléptica da água (BRASIL, 2006).

Segundo a SABESP (1999), os Sólidos suspensos totais – SST ou sólidos em suspensão – SS, são todas as substâncias que após a filtração e secagem, permanecem retidas na membrana (fibra de vidro com porosidade $1,2 \mu\text{m}$).

2.1.8 Temperatura

A temperatura da água é influenciada por fatores tais como a latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. É um importante parâmetro por sua influência direta sobre o fitoplâncton e pela reação existente entre ela e o teor de gases dissolvidos e quanto mais fria a água maior o teor de oxigênio dissolvido no corpo hídrico (CETESB, 2007).

A temperatura é um fator que influencia praticamente todos os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na água. A unidade usual de temperatura para fins de monitoramento hidrológico é o grau Celsius – °C. Os valores dos parâmetros pH, condutividade elétrica, DBO e OD são influenciados pela temperatura, sendo necessária a medição simultânea destes parâmetros com a temperatura da água (VIANA, 2015).

Os organismos aquáticos são prejudicados por temperaturas fora de seus limites de tolerância térmica, o que provoca impactos sobre seu crescimento e reprodução. Todos os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano. Entretanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impacto significativo nos corpos d'água (BRASIL, 2013).

A temperatura pode ser definida como uma medida da intensidade de calor apresenta origem natural, ou seja, transferência de calor por radiação, condução e convecção. A origem antrópica deve-se, especialmente, aos despejos industriais, as altas temperaturas aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas e diminuem a solubilidade dos gases (SPERLING, 2005).

Em termos de consumo, águas com temperatura elevada tendem a ser rejeitadas pela população, com o risco de uso de outra qualidade inferior. Águas subterrâneas captadas a grandes profundidades frequentemente necessitam de unidades de resfriamento a fim de adequá-las ao abastecimento, como ocorre em algumas cidades do interior de São Paulo. O padrão de potabilidade brasileiro não estabelece temperatura máxima para água de consumo, limitada em 15° C no padrão canadense e americano (LIBÂNIO, 2005).

Todos os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano. No entanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impacto significativo nos corpos d'água (ANA, 2015).

2.1.9 Fósforo total

Do mesmo modo que o nitrogênio, o fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos e seu excesso pode causar a eutrofização das águas. Entre as fontes de fósforo destacam-se os esgotos domésticos, pela presença dos detergentes superfosfatados e da própria matéria fecal. A drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas também é uma fonte significativa de fósforo para os corpos d'água. Entre os efluentes industriais destacam-se os das indústrias de fertilizantes, alimentícias, laticínios, frigoríficos e abatedouros (ANA, 2015).

Segundo o Ministério da Saúde (2006), no ambiente aquático, o fósforo pode ser encontrado sob várias formas:

- orgânico: solúvel (matéria orgânica dissolvida) ou particulado (biomassa de microrganismos);
- inorgânico: solúvel (sais de fósforo) ou particulado (compostos minerais, como apatita).

A fração mais significativa no estudo do fósforo é a inorgânica solúvel, que pode ser diretamente assimilada para o crescimento de algas e macrófitas. A presença de fósforo na água está relacionada a processos naturais (dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica, chuva) ou antropogênicos (lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes, pesticidas). Em águas naturais não poluídas, as concentrações de fósforo situam-se na faixa de 0,01 mg/L a 0,05 mg/L (BRASIL, 2006).

Por ser menos abundante que o nitrogênio, o fósforo acaba por se constituir no principal fator limitante ao desenvolvimento de algas e plantas no meio aquático.

O fósforo apresenta-se sob as formas de ortofosfatos, polifosfato e fósforo orgânico, originando-se da dissolução de compostos do solo e decomposição de matéria orgânica (LIBÂNIO, 2005).

2.1.10 Turbidez

A turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão (silte, areia, argila, algas, detritos, etc.). A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água. Atividades de mineração, assim como o lançamento de esgotos e de efluentes industriais, também são fontes importantes que causam uma elevação da turbidez das águas (ANA, 2015).

A presença de turbidez elevada na água bruta dos mananciais utilizados como fonte de água para abastecimento resulta em um consumo elevado de reagentes na etapa de floculação/sedimentação durante o tratamento da água nas ETA's, encarecendo o processo e o custo da água para o consumidor final (VIEIRA, 2010).

Grande parte das águas de rios brasileiros é naturalmente turva em decorrência das características geológicas das bacias de drenagem, ocorrência de altos índices pluviométricos e uso de práticas agrícolas muitas vezes inadequadas (BRASIL, 2006).

2.2 A QUALIDADE DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO

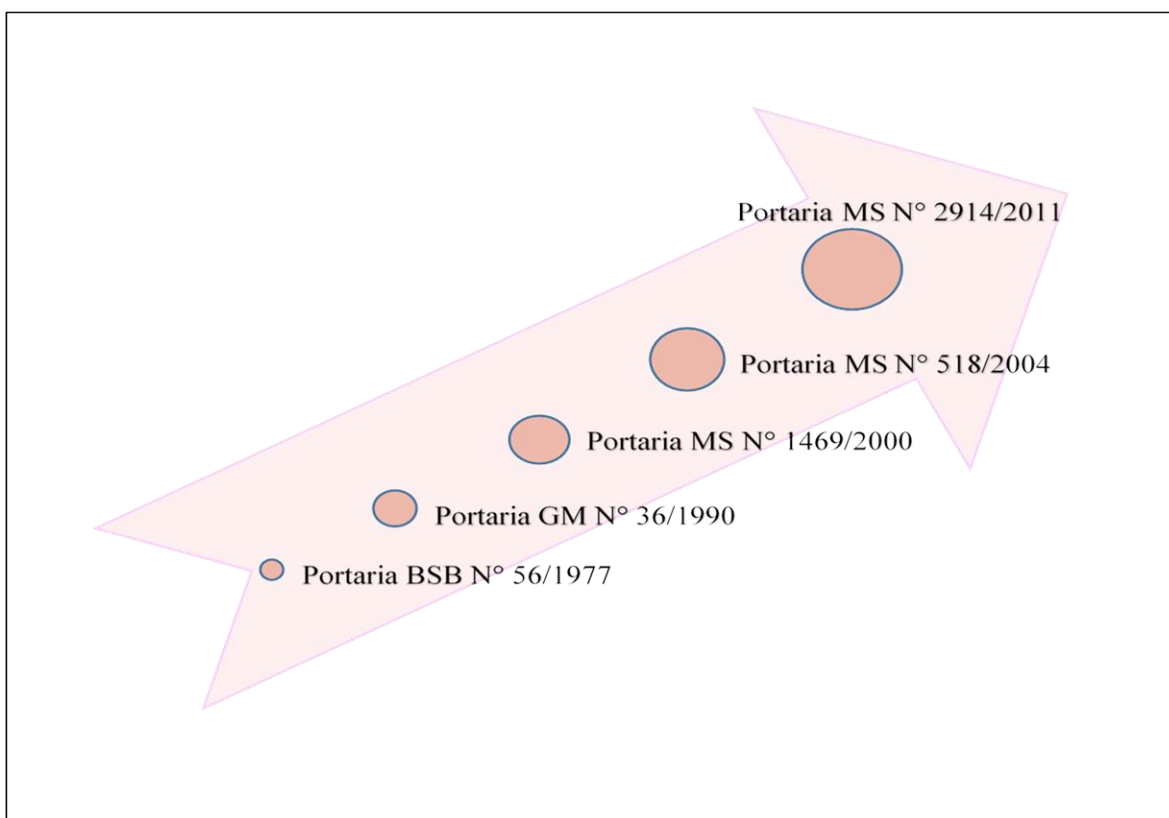


Figura 1: Evolução da legislação brasileira de potabilidade de água para consumo humano

A qualidade necessária à água distribuída para consumo humano é a potabilidade, ou seja, deve ser tratada, limpa e estar livre de qualquer contaminação, seja esta de origem microbiológica, química, física ou radioativa, não devendo, em hipótese alguma, oferecer riscos à saúde humana (BRASIL, 2004).

O Ministério da Saúde publicou no Diário Oficial da União (DOU), Seção 1, do dia 14 de dezembro a Portaria N° 2.914 de Dezembro de 2011, a qual dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A Organização Pan-Americana da Saúde e a Organização Mundial da Saúde - OMS do Brasil cooperou com todo processo de revisão, vale destacar que a elaboração desta normativa teve como base as guias qualidade de água potável da OMS.

Do volume total de água existente na natureza, apenas um pequeno percentual apresenta qualidade, quantidade e acessibilidade para ser utilizado nos

sistemas de abastecimento e, frequentemente, ela precisa ser tratada antes de ser distribuída à população. A degradação das águas por meio da poluição e da não-racionalização do seu uso vem dificultando o seu tratamento, intensificando a escassez hídrica e aumentando os riscos à saúde humana pelo seu consumo (HELLER & PADUA, 2006).

Segundo a Declaração Universal dos Direitos da Água, “o direito a água e um dos direitos fundamentais do ser humano: o direito à vida, tal qual estipulado no artigo 30 da Declaração Universal dos Direitos do Homem” (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2000).

O controle da qualidade da água é uma medida de grande necessidade particularmente para garantia da saúde da população, sem deixar de lembrar os prejuízos econômicos que podem advir da má qualidade da água de consumo. O controle da qualidade da água é uma atividade de caráter dinâmico, e que deve ser exercido, tanto no meio urbano como no meio rural e nas áreas urbanas desprovidas de serviço público de abastecimento de água (CETESB, 1984).

2.3 PERDA DA QUALIDADE DA ÁGUA EM MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO

Hipócrates, o pai da Medicina, já apontava nos séculos III e IV a.C., a importância da escolha correta dos mananciais de abastecimento, como forma de preservar a saúde da população (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1998). Mas somente no século XIX, após ocorrerem inúmeras mortes devido à cólera, é que se estabeleceu correlação entre a água consumida e a transmissão de doenças (TAVARES & GRANDINI, 1999).

A perda da qualidade da água em reservatórios, por exemplo, dá por dois aspectos fundamentais, a poluição e a contaminação; poluir significa sujar a água em tanto que contaminar é o ato de envenenar ou infectar. Em um conceito mais conservador, poluição seria toda alteração no meio aquático. Em um conceito mais moderno poluição indica a ocorrência de alterações prejudiciais ao meio aquático, e quando tais alterações colocam em risco a saúde dos seres humanos, a poluição passa a denominar-se contaminação. Em outras palavras, pode-se poluir um corpo de água sem necessariamente contamina-lo, mas a ocorrência da contaminação

como consequência de alguma ação antrópica estará sempre associada à poluição. (LIBÂNIO, 2005).

No Brasil, os reservatórios artificiais desempenham importantes papéis ecológicos, econômicos e sociais. Entretanto, a maioria deles apresenta crescente eutrofização por receberem frequentemente descargas de despejos domésticos e rejeitos industriais, especialmente aqueles situados próximos aos grandes centros urbanos. Nas regiões mais afastadas dos grandes centros, eles são afetados pelo transporte de material alóctone provocado por atividades agropecuárias. Este fenômeno reduz as possibilidades dos usos nos reservatórios e causa um considerável aumento no custo do tratamento de água para fins de abastecimento público (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 1992).

O Estado do Tocantins possui um grande potencial hídrico e energético gerador de vários reservatórios, portanto, o estudo da qualidade das águas nestes sistemas é fundamental para o entendimento da dinâmica e pela necessidade de conhecer se os vários interesses de utilização dos recursos hídricos estão de acordo com esta qualidade (SILVA, 2014).

2.4 PROJETOS DE RECUPERAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

O programa de Revitalização de Bacias Hidrográficas tem por objetivo recuperar, conservar e preservar as bacias hidrográficas em situação de vulnerabilidade ambiental, por meio de ações permanentes e integradas que promovam o uso sustentável dos recursos naturais, a melhoria das condições socioeconômicas e a melhoria da disponibilidade de água em quantidade e qualidade para os diversos usos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2010).

De acordo com o MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2010), as ações para a revitalização estão inseridas no Programa de Conservação e Gestão de Recursos Hídricos do Plano Plurianual – PPA 2012/2015 e será complementado por outras ações previstas em vários programas federais do PPA. Atualmente, o programa atua nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Tocantins-Araguaia, Paraíba do Sul e Alto Paraguai (Pantanal).

Existem problemas comuns nas bacias hidrográficas brasileiras, como por exemplo:

- Monitoramento ambiental insuficiente;
- Falta de articulação interinstitucional e intergovernamental;
- Conflitos pelo uso da água;
- Poluição da água e ausência de saneamento;
- Desmatamento;
- Manejo inadequado do solo;
- Redução da biodiversidade;
- Erosão e assoreamento dos rios;
- Escassez de água em termos de quantidade e/ou qualidade. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2010).

2.5 O PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUAS

O Programa Produtor de Águas é uma iniciativa da Agência Nacional de Águas - ANA que tem como objetivo a redução da erosão e assoreamento dos mananciais nas áreas rurais. O programa, de adesão voluntária, prevê o apoio técnico e financeiro à execução de ações de conservação da água e do solo, como, por exemplo, a construção de terraços e bacias de infiltração, a readequação de estradas vicinais, a recuperação e proteção de nascentes, o reflorestamento de áreas de proteção permanente e reserva legal, o saneamento ambiental, etc. Prevê também o pagamento de incentivos (ou uma espécie de compensação financeira) aos produtores rurais que, comprovadamente contribuem para a proteção e recuperação de mananciais, gerando benefícios para a bacia e a população. A concessão dos incentivos ocorre somente após a implantação, parcial ou total, das ações e práticas conservacionistas previamente contratadas e os valores a serem pagos são calculados de acordo com os resultados: abatimento da erosão e da sedimentação, redução da poluição difusa e aumento da infiltração de água no solo (ANA, 2009).

Em 2004, Chaves *et al.* apresentaram e discutiram os aspectos teóricos e metodológicos do Programa Produtor de Águas. O trabalho teve, por sua vez, o

objetivo de exemplificar, através de uma simulação, a aplicação do Programa a uma bacia hidrográfica rural do Distrito Federal, a bacia do ribeirão Pipiripau, onde há um importante manancial de abastecimento. Neste manancial, o processo de sedimentação, além de aumentar consideravelmente os custos operacionais da estação de tratamento de água ali existente, chega a causar interrupções de abastecimento às cidades atendidas.

A bacia do ribeirão Pipiripau, com área total de 18.884 ha e área média das propriedades na bacia é de 130 ha. Considerando-se a situação inicial de uso e manejo do solo, bem como a projetada, com a implantação do Programa e, supondo que todos os produtores participassem do mesmo, o abatimento médio da sedimentação na bacia seria de 73 %. Em termos de benefícios externos à propriedade, a implantação do Programa triplicaria a vida útil do reservatório de captação existente, permitiria uma economia de 74 % dos custos de tratamento de água, resultando em uma redução de 73 % na carga de poluentes, tais como mercúrio e pesticidas. Em termos de investimentos, o Programa demandaria R\$ 1,2 milhão, com um valor médio de R\$ 89,00/ha. A simplicidade e robustez da metodologia proposta, bem como a facilidade da certificação da implementação das práticas e manejos em nível de campo, permitem que o Programa seja aplicado de forma descentralizada, por comitês de bacia, usuários de água ou associações de produtores rurais (CHAVES, *et al.*, 2004).

Os valores pagos são calculados através de duas metodologias: custo de oportunidade (valor de mercado) e avaliação da performance (impacto positivo advindo da prática adotada). Diversos projetos já estão em curso utilizando essa metodologia em bacias hidrográficas de importância estratégica para o Brasil (ANA, 2009).

Os projetos para serem caracterizados com a marca “produtor de água”, devem possuir necessariamente as seguintes características:

- Utilização de PSA (Pagamento por Serviços Ambientais) na categoria “Proteção Hídrica;
- Aplicação na área rural beneficiando, preferencialmente, pequenos proprietários rurais;
- Bacia hidrográfica como unidade de planejamento; e

- Sistema de monitoramento de resultados. (ANA, 2009)

As fontes de recursos e de financiamento dos programas vêm do Orçamento Geral da União, Estados e dos Municípios; dos Fundos Estaduais de Recursos Hídricos e de Meio Ambiente; do Fundo Nacional de Meio Ambiente, Amazônico ou da Mata Atlântica; dos organismos internacionais ONGs, GEF, BIRD, etc.; dos recursos oriundos da cobrança pelo uso da água; da compensação financeira por parte dos usuários beneficiários; e do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDLs).

Objetivando reverter essa situação, a ANA lançou o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas que tem por meta geral oferecer à sociedade conhecimento adequado da qualidade das águas superficiais brasileiras, de forma a subsidiar os tomadores de decisão (agências governamentais, ministérios, órgãos gestores de recursos hídricos e de meio ambiente) na definição de políticas públicas para a recuperação da qualidade das águas, contribuindo com a gestão sustentável dos recursos hídricos aquática (PORTAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS, 2015).

A continuação alguns dos projetos em andamento, com a marca Produtor de Água:

- Projeto Extrema, MG - Conservador de Águas
- Projeto PCJ, SP - Produtor de Água
- Projeto Produtor, ES - Produtor de Água
- Projeto Pípiripau, DF - Produtor de Água
- Projeto Apucarana, PR – Conservação da natureza
- Projeto Guandu, RJ - Produtores de água e floresta
- Projeto Camboriú, SC - Produtor de Água
- Projeto Guariroba, MS
- Projeto Bacia João Leite, GO
- Programa Produtor de Água de Guaratinguetá, SP

2.5.1 Projeto Extrema, MG – Conservador das Águas

Para a descrição deste caso foram utilizadas informações do trabalho de Jardim (2010), do Projeto Conservadores de Água (ANA, 2011a) e da publicação do MMA (2011).

O Projeto Conservador das Águas foi o primeiro a aderir ao programa Produtores de Águas da ANA. Foi desenvolvido na cidade de Extrema - MG, localizada na região Sul da Serra da Mantiqueira, cujas águas abastecem o Sistema Cantareira, responsável pelo abastecimento da região metropolitana de São Paulo e de uma série de outros municípios pertencentes à bacia do Rio Piracicaba.

O Projeto teve seu início oficial com a promulgação da Lei Municipal nº 2.100, de 21 de dezembro de 2005, regulamentada pelo Decreto 1.703, que criou o projeto se tornou a primeira lei municipal no Brasil a regulamentar o Pagamento por Serviços Ambientais relacionados com a água. Os principais objetivos do projeto são de aumentar a cobertura vegetal nas sub-bacias hidrográficas, implantar micro corredores ecológicos e reduzir os níveis de poluição difusas rurais decorrentes dos processos de sedimentação e eutrofização e de falta de saneamento ambiental. O projeto incentiva a adoção de práticas conservacionistas de solo, com finalidade de abatimento efetivo da erosão e da sedimentação. É implantado por sub-bacias hidrográficas, iniciando por aquelas com menor cobertura vegetal.

A Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Posses, com relação ao critério cobertura vegetal, é a mais impactada no município, e foi por esse motivo escolhida para iniciar o projeto. Dentro da sub-bacia selecionada, as ações são implementadas seguindo a ordem das propriedades de montante para jusante do curso d'água. Foram cadastradas e mapeadas 120 propriedades rurais na sub-bacia das Posses, cuja área total é de cerca de 1.200 hectares.

O valor do pagamento é de 100 UFEX (Unidades Fiscais de Extrema) por hectare/ano, equivalente a R\$ 176,00 em 2010, a ser pago em doze parcelas iguais. O produtor que aderir ao programa assina um Termo de Compromisso com validade de quatro anos, onde se compromete a manter as ações executadas em sua propriedade e seguir criteriosamente as instruções contidas no projeto técnico.

O pagamento aos produtores iniciou em 2007, onde a Agência Nacional de Águas repassou recursos financeiros para realização dos trabalhos de conservação de água e solo, relacionados com as práticas mecânicas. As práticas de

conservação de solo foram iniciadas e executadas melhorias nas estradas com a reconstrução dos taludes, leitos, além da construção de um sistema de drenagem e captação de água ao longo das estradas e construção de bacias de infiltração.

2.5.2 Projeto PCJ - Piracicaba, Capivari e Jundiá, SP - Produtor de Água.

Para a descrição deste caso foram utilizadas informações do Projeto Conservadores de Água (ANA, 2015) e da TNC (2013).

O Projeto Produtor de Águas PCJ, foi realizado na bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. No município de Joanópolis e Nazaré Paulista no estado de São Paulo. O projeto teve início em 2007 sendo que os usos principais são para consumo humano e agropecuário e a região beneficiada é população abastecida pelo sistema Cantareira, ou seja, 10 milhões de habitantes. A ANA começou o monitoramento em 2012 proporcionando dois PCDs – Plataformas de Coleta de Dados e também participou dando apoio técnico e capacitação através dos recursos da AGUA BRASIL.

O valor global do recurso foi de R \$ 800.000,00. O benefício durante a implantação do projeto foi considerável, sendo que se obteve 19,8 ha de conservação de solo, 151,8 ha de conservação florestal, 47,7 ha de restauração florestal e R\$ 68,656 em PSA comprometidos para 3 anos.

Os parceiros que fizeram parte deste programa foram a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo – SMA-SP – Projeto de Recuperação de Matas Ciliares, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, Projeto Estadual de Microbacias Hidrográficas, Secretaria Municipal de Extrema e TNC – The Nature Conservancy.

Em 27 de abril de 2013 a The Nature Conservancy (TNC) promoveu no município paulista de Joanópolis uma atividade de campo para 22 funcionários da UPS (United Parcel Service), uma das maiores empresas de logística do mundo relacionada ao projeto produtor de água. Nos últimos dois anos, a UPS contribuiu com cerca de R\$ 1 milhão para recompor a Mata Atlântica. No dia de campo, além de noções básicas sobre Programa Produtor de Águas no PCJ, os participantes

aprenderam sobre a metodologia de restauração florestal implementada na propriedade e realizaram o plantio de 300 mudas de espécies nativas do bioma no entorno de uma nascente e ao longo de um corpo de água.

2.5.3 Projeto Produtor, ES - Produtor de Água.

Para a descrição deste caso foram utilizadas informações do trabalho do Projeto Produtor - ES de Água (ANA, 2011) e da publicação do MMA (2011).

O Programa Produtor de Água está localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Benevente, com 1,2 mil quilômetros quadrados de extensão, que compreende os municípios de Alfredo Chaves, Anchieta, Guarapari e Piúma, beneficiando aproximadamente 120 mil pessoas da região. Este programa está inserido no âmbito das políticas estaduais do Espírito Santo de incentivos para a conservação dos recursos hídricos, através da Lei Estadual 5.818/98, que dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos, da Lei 8.960/08, que dispõe sobre a criação do FUNDÁGUA, da Lei Estadual 8.995 de 2008, que institui o Programa de Pagamento por Serviços Ambientais e do Decreto 2.168-R de 2008, que regulamenta o PSA Água.

Entre as ações previstas no programa, a principal é a conservação florestal para garantir a quantidade e qualidade dos recursos hídricos em aproximadamente 112 ha de floresta, na bacia do rio Benevente. Ao todo participam do programa 60 pequenos e médios produtores rurais (cafeicultores e olericultores), cujas propriedades possuem no máximo 80 hectares e cuja renda mensal varia de um a três salários mínimos. Estes produtores assinam um termo de compromisso firmado entre eles, o BNDS e o agente financeiro do Programa.

Os principais parceiros do programa são o IEMA, o IBio, o BNDS, a ANA, o Comitê da Bacia do Benevente, a TNC e a Prefeitura Municipal de Alfredo Chaves. Os valores pagos variam entre R\$ 80,00 e 340,00 por ha/ano, valores máximos estabelecidos em 510 unidades fiscais dos Valores de Referência do Tesouro Estadual (VRTEs). Os valores são calculados através de uma equação de que

englobam os critérios de declividade do terreno, estágio de regeneração da floresta e o custo de oportunidade.

As fontes de recursos para o programa vêm do FUNDÁGUA, proveniente de 3 % dos royalties de petróleo e gás e de 100 % das compensações pagas pelo setor hidrelétrico.

2.5.4 Projeto Pípiripau, DF - Produtor de Água

Para a descrição deste projeto foram utilizadas informações do Relatório de Diagnóstico Socioambiental da Bacia do Ribeirão Pípiripau e Projeto Produtor - ES de Água (ANA, 2011).

Ocupando uma área total de 23.527 hectares, a bacia do Ribeirão Pípiripau localiza-se no nordeste do Distrito Federal na divisa com o município de Formosa/GO. A maior parte da área da bacia localiza-se no Distrito Federal (90,3 %), sendo que a região que abriga a nascente do curso principal localiza-se em Goiás. Nesta bacia concentram-se diversas atividades de interesse da sociedade, tais como produção de frutas, grãos, carnes, lazer, proteção ambiental e captação de água para abastecimento humano. As áreas de agricultura somam, no total, uma área de 13.337 ha (71 % da bacia).

A presença do manancial de água representado pelo Ribeirão Pípiripau e da Estação Ecológica de Águas Emendadas nessa Região Administrativa tornam o meio ambiente local bastante suscetível a pressões de vários tipos, sendo necessárias medidas preventivas sistemáticas e conjugadas entre vários atores para manter o equilíbrio ecológico. O risco ambiental nessa área é agravado por se tratar de uma das Regiões Administrativas de menor poder aquisitivo e de uso do solo predominantemente agrícola (CAESB, 2001).

A bacia hidrográfica do Pípiripau apresenta-se como uma grande oportunidade para a implementação de um projeto de Pagamentos por Serviços Ambientais. Suas características são ideais para a revitalização ambiental: o tamanho é adequado, possui características rurais, consistente monitoramento

hidrológico (série histórica de mais de 30 anos), alto grau de degradação ambiental, captação de água para abastecimento público e conflito pelo uso da água.

As ações previstas para este Projeto podem ser assim resumidas: Recuperação das matas ciliares degradadas; Recuperação e averbação das áreas de reserva legal; Proteção aos fragmentos florestais preservados; Execução de obras de conservação de solo nas áreas produtivas e estradas vicinais; Incentivo à utilização de práticas agrícolas menos impactantes e de uso racional da água; Pagamento aos produtores rurais participantes pelo serviço ambiental gerado.

O Projeto Pípiripau é uma realização de 10 instituições públicas e privadas, com atuação na área ambiental do Distrito Federal. Esses parceiros representam a sociedade brasileira, financiando ações de conservação e pagamentos por serviços ambientais para garantir água em quantidade e qualidade para esta e para as futuras gerações.

2.5.5 Projeto Apucarana, PR – Conservação da natureza.

Para a descrição deste caso foram utilizadas informações da organização internacional *The Nature Conservancy*, Fundação Grupo Boticário e do Projeto Produtor Apucarana, PR de Água (ANA, 2011).

Em 2009, o Projeto Oásis foi implantado no município de Apucarana (PR), por iniciativa da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Turismo de Apucarana (SEMATUR). Seu objetivo é implantar ações para a melhoria da qualidade de vida e aumentar a quantidade e a qualidade da água dos rios do município. Assim, o Oásis contribui diretamente para a manutenção de nascentes que abastecem mais de 400 mil pessoas na região.

Os recursos para as premiações são próprios do município e oriundos do Fundo Municipal de Meio Ambiente. O Fundo recebe 0,8 % da arrecadação municipal da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), principal beneficiária dos serviços ambientais prestados pelos proprietários rurais. Desde 2011, são aportados também recursos do ICMS Ecológico para a premiação dos proprietários, bem como da Agência Nacional de Águas (ANA), por meio de um edital destinado à

conservação e recuperação de estradas vicinais. O projeto é realizado pela Secretaria de Meio Ambiente e Turismo (Sematur) com apoio técnico da Fundação Grupo Boticário.

Entre os critérios analisados nas propriedades, destacam-se:

- A existência de reserva legal e áreas de preservação permanente, bem como seu estado de conservação. Áreas melhor conservadas recebem uma pontuação maior;
- A conectividade da reserva legal com as reservas dos vizinhos e áreas de preservação;
- A existência de áreas de floresta nativa que excedam a reserva legal e as áreas de preservação permanente;
- A existência de linhas de quebra vento ou cercas vivas feitas com espécies nativas;
- A quantidade de nascentes com suas matas ciliares protegidas existentes na propriedade.

O ICMS Ecológico constitui uma das fontes de recursos para o município de Apucarana efetivar esse projeto (em 2008, recebeu R\$ 915.986,12 – novecentos e quinze mil novecentos e oitenta e seis reais e doze centavos). Segundo o secretário de Meio Ambiente e Turismo da cidade, João Beltrame, a iniciativa prevê retorno financeiro para os agricultores locais. “Ao cercar os 50 metros no entorno da nascente, o proprietário protege cerca de 8 mil metros quadrados. Nesse mesmo espaço, se plantado soja daria em torno de 35 sacas/ano, ou o mesmo que R\$ 1,2 mil bruto. Ao preservar a nascente ao ano nesse mesmo espaço de chão, o agricultor poderá receber até 1,2 mil líquido por nascente cadastrada e devidamente protegida”.

O projeto, que conta com o apoio da Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, oferece apoio técnico e científico aos proprietários rurais e, a partir de janeiro de 2010, premiará financeiramente os proprietários cadastrados que protegem as nascentes de suas propriedades.

2.5.6 Projeto Guandu, RJ - Produtores de água e floresta

Para a descrição deste caso foram utilizadas informações do trabalho da publicação do MMA (2011).

O projeto Produtores de Água e Floresta está localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, no Corredor de Biodiversidade Tinguá-Bocaina, no município de Rio Claro – RJ. O projeto inicial abrange a microbacia do Rio das Pedras, no distrito de Lídice, que possui uma área total de 5.227 hectares e uma área de 3.677 hectares de área total a ser conservada ou restaurada, compreendendo as principais nascentes do rio Piraí. Este manancial é responsável por até 15 % dos recursos hídricos disponíveis no sistema Guandu, que abastece cerca de 8 milhões de pessoas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

O projeto se insere no âmbito das políticas estaduais e federal de cobrança pelo uso da água e de incentivos para a conservação das bacias hidrográficas apoiadas na Lei Federal 9.433/97, na Lei Estadual 3.239/99, e na base legal para a cobrança pelo uso da água no estado do RJ, Lei 5.234/08 que altera o Artigo 27 da Lei 3.239/99.

O programa prevê práticas de restauração florestal em Áreas de Preservação Permanente-APPs e em áreas interceptoras de água, através do incentivo a conservação de florestas e saneamento rural. Ao todo foram inseridos no programa 18 pequenos e médios produtores rurais, que possuem renda média mensal de até dois salários mínimos e cujas propriedades são, em sua grande maioria, menores do que 100 ha.

O programa conta com a parceria da SEA e do INEA, que provê insumos para restauração florestal, do Comitê de Bacia Hidrográfica Guandu que realiza os pagamentos aos produtores prestadores de serviços ambientais, do Instituto Terra que é responsável pela articulação institucional, coordenação e execução das ações de campo, da TNC que presta apoio institucional e técnico científico ao programa e apoio financeiro parcial às ações de restauração/conservação florestal, da Prefeitura Municipal de Rio Claro que forneceu a sede local do projeto.

As parcerias com os produtores são firmadas através de contratos entre os produtores rurais e a FAPUR (Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica da UFRRJ), responsáveis pela execução dos contratos do Comitê de Bacia Hidrográfica Guandu. Os pagamentos são semestrais e os contratos são anuais, podendo ser renovados por um período mínimo de cinco anos.

Os valores pagos aos produtores variam entre R\$ 10,00 e 60,00 por ha/ano e as variáveis levadas em consideração para o cálculo dos pagamentos são o número de áreas a serem restauradas (APPs e áreas interceptoras de água) e o número de áreas de conservação (entorno de UCs, estágio sucessional da vegetação, nível de engajamento dos produtores na restauração e enquadramento nas áreas prioritárias para o serviço água).

A principal fonte de recursos para o programa é a Cobrança pelo uso da água, realizada pelo comitê.

2.5.7 Projeto Camboriú, SC - Produtor de Água.

Além da ANA, outros parceiros do projeto são a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e as ONGs *The Nature Conservancy* – TNG e IDEA.

O projeto “Produtor de Água” visa a recuperação das áreas de preservação permanente às margens do Rio Camboriú com benefício a agricultores e consequente ampliação dos níveis de produção de água para dois municípios.

As margens do rio são habitadas atualmente por agricultores que, em sua maioria, trabalham com a produção de arroz. A EMASA – Empresa Municipal de Água e Saneamento pretende repassar dinheiro aos rizicultores para que eles sejam os próprios fiscalizadores da recuperação ambiental. Cada trabalhador será visto como agente ambiental e receberá cerca de 2 mil anuais – valor equivalente ao que este teria de benefício em sua produção anual. Também seria evitado o uso de 6 milhões/m³ de água retirada do rio para irrigação das lavouras de arroz, nos meses de agosto e setembro.

O “Produtor de Água” foi desenvolvido para proteção dos mananciais do Rio Camboriú e adequação das propriedades rurais ao Código Florestal, previsto na Lei Federal nº 4771/65 e que delimita as áreas de preservação permanente. Um estudo do manancial da bacia hidrográfica aponta que hoje a área total cultivada com arroz irrigado nas margens do Rio Camboriú chega a 1200 hectares.

2.5.8 Projeto Guariroba, MS.

Para informações deste item fora extraídas informações da ANA, 2013.

Em função da degradação da Área de Preservação Ambiental - APA do Guariroba, onde está o maior manancial de Campo Grande, o Ministério Público do Mato Grosso do Sul solicitou apoio da ANA para o desenvolvimento de um projeto para recuperação da bacia do Guariroba, que possui uma área de 35 mil hectares. A partir de então, o MP e a Agência Nacional de Águas realizaram um workshop para discussão do projeto com várias instituições do estado, quando foi decidida a implementação de uma iniciativa no âmbito do Programa Produtor de Água.

A partir da decisão, a Prefeitura de Campo Grande, com o apoio de instituições parceiras, elaborou o projeto de uma área de 7 mil hectares na sub-bacia do Guariroba, por onde foram iniciadas as ações do Programa Manancial Vivo. Inicialmente, a ANA alocou R\$ 1,8 milhão para financiamento das ações e o MP entrou com R\$ 700 mil provenientes de Termos de Ajustamento de Conduta (TAC). A Agência Nacional de Águas também negociou com o Programa Água Brasil R\$ 500 mil para financiamento da ação.

Uma vez que os benefícios das práticas conservacionistas de água e solo nas propriedades rurais ultrapassam suas fronteiras e chegam aos demais usuários da bacia, os projetos devem empregar a estratégia de remunerar os produtores participantes. Para alcançar seu objetivo, o Produtor de Água presta apoio técnico e financeiro à montagem dos arranjos de pagamento por serviços ambientais e para a execução das ações de conservação nos projetos existentes.

2.5.9 Projeto Bacia João Leite, GO

Foram utilizados, para a descrição do Projeto da Bacia João Leite, informações do Projeto Conservador das Águas da ANA e da página da SECIMA (Secretaria do Meio Ambiente de Goiás, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos).

O Programa Produtor de Água, que visa a recuperação da Bacia do Ribeirão João Leite, é conduzida em Goiás pela SANEAGO (Companhia de Saneamento de Goiás), nestes termos a recuperação será feita, a médio e longo prazo nas nascentes e APPs. Produtores rurais com propriedades na região poderão contar com o financiamento do poder público para cumprir uma série de medidas mitigadoras que resultem na recomposição de meio ambiente local e na proteção hídrica de mananciais.

O projeto de recuperação teve início no ano de 2009, as águas desta bacia têm como finalidade o abastecimento público e atender o setor agropecuário, sendo que a região beneficiada é de 1,5 milhões de habitantes. Dentre os parceiros deste projeto se encontra a ANA, MPMG (Ministério Público do Estado de Goiás), Fundo Estadual de Meio Ambiente e Consórcio de 11 Municípios.

Os projetos serão executados nas microbacias do Córrego das Pedras, localizada no município de Ouro Verde, e do Córrego Bandeira, em Nerópolis. No levantamento prévio foram identificados 82 produtores rurais cujas propriedades abrangem as microbacias e que, portanto, estão aptos a participar do programa. O edital de chamamento e credenciamento foi lançado no dia 25 de abril de 2015 e o prazo para adesão é de três meses.

A recuperação dessas áreas pode requerer investimentos considerados significativos em alguns casos. No entanto, uma parcela considerável dos produtores não dispõe dos recursos necessários. Sendo assim, o objetivo do projeto é acelerar esse processo por meio do financiamento público. Os benefícios deste programa serão sentidos pela população como um todo, por se tratar do sistema de abastecimento público que atende a Grande Goiânia.

A situação da Bacia João Leite hoje requer especial atenção porque ela está ameaçada já que a vida útil do reservatório depende de uma revitalização integral da

bacia. A quantidade de currais, chiqueiros, toneladas de resíduos orgânicos, todos esses nutrientes são combustíveis para a floração de algas e a eutrofização do reservatório.

2.5.10 Programa Produtor de Águas de Guaratinguetá - SP

As informações para este item foram extraídas da ANA (2013) e da página da OIKOS AGROECOLOGIA.

O Programa Produtor de Águas de Guaratinguetá, município localizado no estado de São Paulo, teve início no ano de 2009. Os principais usos da água do Ribeirão Guaratinguetá são para consumo humano, recreação e agropecuário. A região beneficiada com este projeto tem uma população aproximada de 100.000 habitantes, atingindo 9.360 propriedades. Quanto ao PSA tem 23 contratos assinados. Os parceiros deste projeto são a ANA, SEAMA (Secretaria do Estado de Meio Ambiente), SAEG (Cia de Serviço de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá), TNC, CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral), CEIVAP (Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul) e BASF (Badische Anilin & Soda Fabrik, traduzindo: Fabrica de Baden, Anilina e Soda).

A Fundação Espaço ECO implementará as ações de diagnóstico e recuperação ambiental das propriedades em Conservação Ambiental. Além disso, realizará atividades educativas por meio do Projeto Educacional Atlas Ambiental Mata Viva, iniciativa que integra o Programa de Educação e Adequação Ambiental Mata Viva e cria novos multiplicadores do tema sustentabilidade na região. A BASF investe no Programa possibilitando além do pagamento dos cheques aos produtores, a aplicação do programa nas propriedades rurais. E a Prefeitura é responsável por todo relacionamento com os proprietários envolvidos e acompanhamento técnico das ações ambientais realizadas. O programa Produtor de Águas de Guaratinguetá apresenta uma lógica em que primeiro, segundo e terceiro setores trabalham juntos para implementar uma iniciativa que beneficia toda a sociedade.

Até hoje, 49 proprietários rurais foram beneficiados representando mais de 253 hectares de floresta protegidos. As propriedades beneficiadas fazem parte da bacia hidrográfica do Ribeirão Guaratinguetá, responsável por 90 % do abastecimento público de água do município.

2.6 O PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS - PSA

O Programa Produtor de Águas foi desenvolvido pela Agência Nacional de Água – ANA, o mesmo tem como foco o estímulo à política de Pagamento por Serviços Ambientais – PSA, voltados a proteção hídrica do Brasil. Estes projetos são voltados a produtores rurais que se proponham a adotar práticas e manejos conservacionistas em suas terras com vistas à conservação de solo e água. Como os benefícios advindos das práticas implementadas ultrapassam as fronteiras das propriedades rurais, beneficiando os demais usuários da bacia, os projetos preveem a remuneração dos produtores participantes com base nos benefícios gerados em sua propriedade. Trata-se de um Programa moderno, alinhado com a tendência mundial de pagamento por serviços ambientais e ajustado ao princípio de provedor-recebedor (ANA, 2015).

O referido Programa prevê apoio técnico e financeiro para o estabelecimento de arranjos que viabilizem o pagamento por serviços ambientais e a execução de ações em diversos projetos espalhados por vários estados brasileiros. Entre as ações se encontram a construção de terraços e de bacias de infiltração, readequação de estradas vicinais, recuperação e proteção de nascentes, reflorestamento das áreas de proteção permanente e reserva legal, saneamento ambiental entre outros. (ANA, 2015).

O Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) é um instrumento recente e inovador que está atraindo a atenção de muitos países, pois agrega incentivos econômicos, utilizando as forças de mercado para melhorar ou manter a qualidade ambiental. O desenvolvimento de programas para pagamento pelo fornecimento de serviços ambientais localmente é muito importante do ponto de vista econômico, social e ambiental, pois além do impacto dos pagamentos na renda, pode haver

significativos benefícios ao desenvolvimento econômico associados ao próprio serviço ambiental (PSA TAQUARUÇU, 2013).

Os PSAs são mecanismos que remuneram ou recompensam que protege a Natureza. É uma forma de “precificar” os bens e serviços ambientais e estimular a conservação, atribuindo-lhes valor e constituindo mercado para a troca de crédito de carbono, conservação de recursos hídricos, criação de impostos ecológicos, exploração sustentável de florestas, uso sustentável da biodiversidade e para o ecoturismo (AGROAMBIENTE, 2015).

Serviços ambientais, segundo o estudo da ONU “Avaliação Ecosistêmica do Milênio”, são aqueles prestados silenciosamente pela natureza, relacionadas ao ciclo do carbono, ciclo hidrológico, belezas cênicas, evolução do solo, biodiversidade e outros. A temática da compensação por serviços ambientais (CSA) é nova no mundo no mundo inteiro e, também estratégia para a implementação do desenvolvimento sustentável (AGROAMBIENTE, 2015).

Dentre as diversas opções de gestão dos serviços ecossistêmicos, o pagamento por serviços ambientais (PSA) se sobressai por ser um instrumento econômico que aparentemente tem a capacidade de estimular a proteção e o manejo sustentável dos ecossistemas florestais. Este instrumento está se difundindo no Brasil e no mundo, sendo muito discutido na atualidade (FULGENCIO, 2012).

2.7 O PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUAS NA BACIA DO RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE

A bacia do Ribeirão Taquaruçu, localizada no município de Palmas-TO, integra o Programa Produtor de Água da Agência Nacional de Águas – ANA. O programa tem como objetivo revitalizar a bacia hidrográfica por meio de ações de reflorestamento de áreas degradadas e conservação do solo, através do pagamento por serviços ambientais (SVAP TAQUARUÇU, 2014).

A bacia do Ribeirão Taquaruçu, possui uma riqueza hídrica com atributos qualitativos e quantitativos que contribuem para o abastecimento da capital. Segundo o IBGE (2010), foi a capital com maior crescimento demográfico relativo

nos últimos 10 anos, com taxa de 5,3 % ao ano. Com isto, e com a degradação ambiental, a previsão de disponibilidade de água estimada à época da construção de Palmas se tornou insuficiente para abastecer o município. Neste contexto a Foz Saneatins e a *The Nature Conservancy (TNC)* se associaram para iniciar um programa de conservação da bacia através da implementação de um esquema de pagamento por serviços ambientais (PSA) nos moldes do Produtor de Água desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA). Em 2009 inicia-se o projeto “Taquaruçu: Uma Fonte de Vida”, em parceria com diferentes instituições governamentais e do terceiro setor (TNC, 2013).

Para adequadamente planejar e executar a implantação do projeto se fez necessário compreender o contexto atual da respectiva região, tanto em termos sociais, econômicos, como ambientais. O processo de engajamento dos produtores rurais, bem como das instituições que podem apoiar a implementação do projeto, é bastante complexo e tem diversas variáveis, sendo o perfil socioeconômico destes atores um dos aspectos mais fundamentais (TNC, 2013).

As ações implementadas no âmbito do Programa incluem a conservação de áreas com vegetação nativa, o reflorestamento de Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal e de áreas prioritárias para conservação dos recursos hídricos, adequação de estradas rurais e a conservação de solo em áreas produtivas, tais como lavouras e pastagens. Uma das características que difere o “Produtor de Água” de outros programas de revitalização de bacias é que os Serviços Ambientais gerados por seus participantes são objeto de remuneração. Isto é o que se chama de PSA – Pagamento por Serviços Ambientais – política de gestão ambiental que tem como corolário a complementação de regras de comando e controle com incentivos, financeiros ou não (FOZ/SANEATINS, 2013).

Ao incluir a opinião destes agentes na avaliação das atividades de conservação, estes poderão sentir-se incentivados a despertarem seu senso crítico e a tomarem iniciativas sobre o controle do modelo de desenvolvimento local, para assim auxiliar como “fiscais” do cumprimento das obrigações legais florestais na microbacia. Podemos falar em sensibilização e efeito de replicação ou multiplicação de práticas conservacionistas entre os atores locais, para que estes se tornem agentes locais de mudança e de controle (GAVALDÃO, 2008).

Segundo o EDITAL PSA TAQUARUÇU (2012), as ações previstas para este Projeto podem ser assim resumidas:

- Recuperação das APP degradadas e das áreas de reserva legal utilizando técnicas de restauração e regeneração florestal definidas a partir de estudos florísticos e do inventário de fauna e flora para a região;
- Proteção aos remanescentes preservados e restauração de vegetação nativa em áreas prioritárias para conservação dos recursos hídricos, definidas em estudos técnico-científicos específicos;
- Execução de obras de conservação de solo nas áreas produtivas e estradas vicinais, de acordo com projeto técnico elaborado especificamente para a bacia;
- Incentivo à utilização de práticas agrícolas menos impactantes, baseadas em mapa de aptidão agrícola elaborado para a bacia;
- Pagamento aos produtores rurais participantes pelo serviço ambiental gerado, com valores calculados a partir de estudo de valoração dos serviços ambientais e do diagnóstico socioeconômico da bacia;
- Monitoramento dos resultados através de sistema de monitoramento hidrológico, implantado especificamente para este fim e de aplicação de protocolo de monitoramento da biodiversidade.

2.8 CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS DA BACIA DO RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE

A bacia do Ribeirão Taquaruçu localiza-se no município de Palmas, estado do Tocantins. Possui uma área aproximada de 396,89 km² e é formada pela confluência do Ribeirão Taquaruçu Grande e Ribeirão Taquaruçu Pequeno, representando as sub-bacias do Taquaruçu Grande e Taquaruçu Pequeno respectivamente, ocupando as áreas de 186,97 km² e 209,92 km². Esta bacia encontra-se entre os paralelos 10° 10' 10" e 10° 25' 18" de Latitude Sul e os meridianos 48° 03' 57" e 48° 23' 03" de Longitude Oeste de Greenwich. Estendendo-se por cerca de 36 Km no sentido Leste-Oeste. Conforme visualizado na Figura 2 (SVAP TAQUARUÇU, 2014).

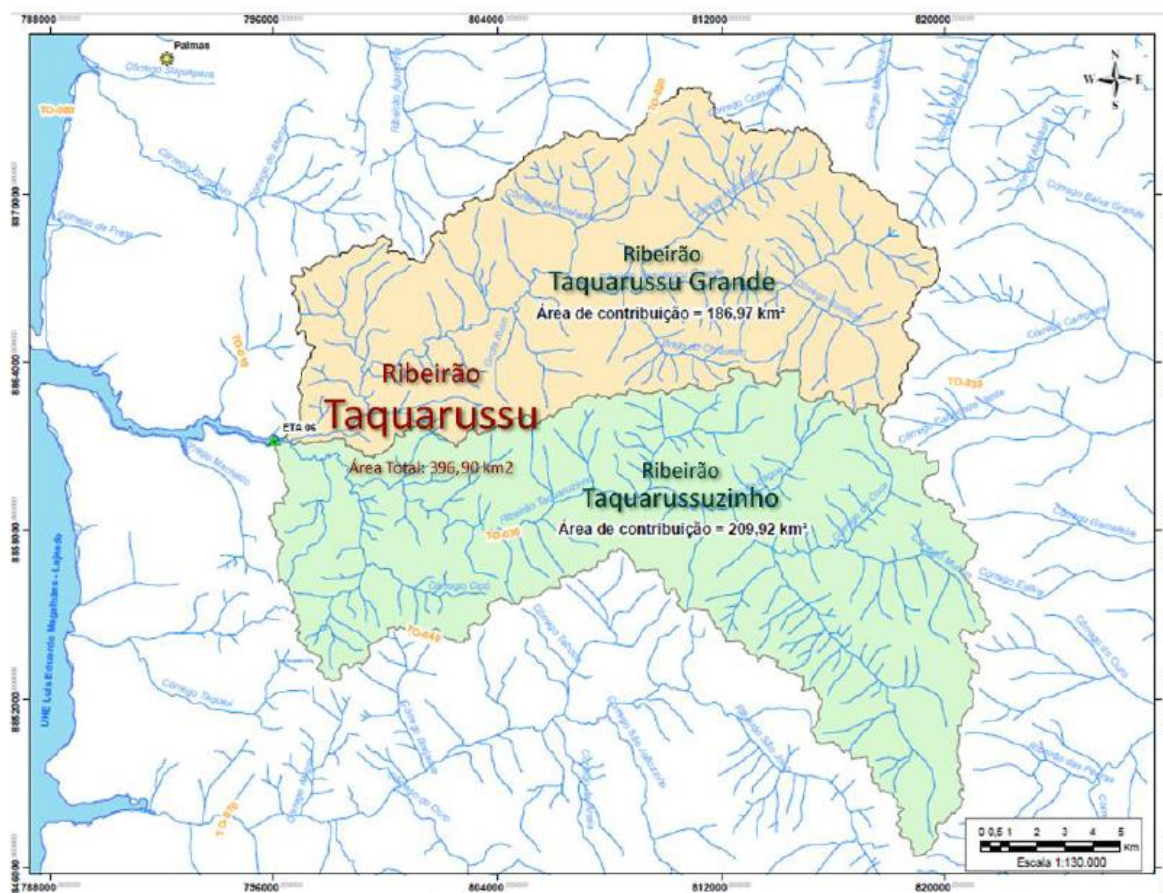


Figura 2: Área da bacia do Ribeirão Taquaruçu, a montante da ETA 06, destacando as sub-bacias do Taquaruçu Grande e do Taquaruçuzinho.

O sufixo 'Grande' atribuído ao afluente mais a norte da bacia deve refletir a vazão do ribeirão e não o tamanho de sua sub-bacia, que é menor que a do Taquaruçuzinho. Em função da influência do reservatório de Lajeado, que inundou a região da foz do ribeirão Taquaruçu, o exutório da bacia, adotado para o projeto, é a Estação de Tratamento de Água 6 da FOZ/Saneatins-ETA 06 (TNC, 2012).

O SVAP é um método utilizado para avaliar qualitativamente a condição dos ecossistemas aquáticos e a estabilidade de leitos dos cursos d'água. Ele é baseado na observação de características físicas estruturais e biológicas de um dado curso d'água, fornecendo uma avaliação rápida e simples da saúde ripária e do leito. Os resultados alcançados pelo SVAP podem subsidiar o planejamento, implantação e monitoramento de ações de conservação em uma bacia hidrográfica, assim como prover um diagnóstico da situação atual dos leitos (SVAP TAQUARUÇU, 2014).

Utilizando dados da SEPLAN (2007) disponíveis para o estado do Tocantins, fez-se uma análise preliminar do uso e cobertura da terra na bacia. Com base

nestes dados, identificou-se que a maior parte da bacia ainda encontra-se preservada, com as coberturas naturais correspondendo a 28.722 ha, enquanto as áreas de uso antrópico perfazem 10.961 ha (TNC, 2012).

Um aspecto muito importante para o planejamento de ações de conservação de bacias é o relevo, já que a declividade do terreno é um fator preponderante na definição do potencial de erosão e também na aptidão agrícola. As áreas mais declivosas tendem a ser menos utilizadas para a agricultura devido às dificuldades adicionais que trazem para o manejo, a mecanização e, conseqüentemente, para a viabilidade econômica destas áreas. Os desmatamentos em áreas de encostas e com altas declividades é especialmente danoso à conservação das bacias hidrográficas já que estas áreas são mais propensas aos processos erosivos, podendo ocorrer inclusive deslizamentos de terra. Em virtude disto, as encostas com declividade acima de 45° são áreas de preservação permanente (APPs) e não podem ser utilizadas para nenhum fim (TNC, 2012).

As áreas mais altas da bacia se encontram na porção leste. Estas áreas gradam rapidamente em uma quebra de relevo acentuada rumo a oeste, em direção ao reservatório de Lajeado. Como esta transição é rápida têm-se áreas de altas declividades concentradas nesta zona, delineando o vale onde o ribeirão Taquaruçu está encaixado. Esta característica também faz surgirem diversas escarpas e cachoeiras na bacia. Vale ressaltar que o potencial ecoturístico destas áreas deve ser considerado na proposição de ações de conservação da bacia, principalmente no aspecto de sustentabilidade, com geração de renda para as comunidades locais (TNC, 2012).

Destacam-se ainda na sub-bacia: o córrego Mutum e os córregos Cipó, Buritizal Macacão, Machado, Tiúba, Serrote e o Brejo da Lagoa. É considerada uma sub-bacia de quarta ordem e tem uma densidade de drenagem 1,15 km² com um padrão sub-dentrítico. Nas proximidades das nascentes os cursos d'água são intermitentes e perenes nos médios e baixos cursos d'água (UNITINS, 1999). Durante o período chuvoso, todas as nascentes, tanto de chapada quanto de vales, fornecem água para os mananciais, porém a oferta é bem reduzida no período de seca (Silva, 2004a).

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2008), a sub-bacia do Taquaruçu Grande, faz parte da sub-bacia 22 e é uma das principais contribuintes do reservatório da UHE Lajeado. É relevante também, a locação da bacia na divisão geral das bacias do estado do Tocantins, com o ribeirão Taquaruçu Grande sendo afluente direto do rio Tocantins na sua margem direita.

O total de chuvas no mês mais seco é inferior a 60 mm, e com uma média pluviométrica anual de 1600 mm e temperatura média mensal superior a 25 °C, atingindo um máximo no final do inverno, antes do início das chuvas (SEPLAN, 2005).

As temperaturas máximas absolutas superam os 41 °C, e no frio, maior que 18 °C, com o comportamento térmico diário da região, também recebem forte influência dos alísios do quadrante leste, em sua maioria, com uma diminuição de temperatura mais drástica que 2,5 °C esperados para um desnível de 400 ou 500 m (SEPLAN, 2005).

O levantamento geológico possibilita a delimitação de unidades litológicas generalizadas, sendo a Sub-bacia do ribeirão Taquaruçu Grande composta por litologias do tipo Complexo Goiano, datadas do Pré-Cambriano Inferior, possuindo intrusões graníticas ácidas da Suíte Intrusiva Ipueiras do Pré-Cambriano Médio. Este embasamento é recoberto por depósitos sedimentares da Formação Serra Grande do Siluriano Inferior, da Formação Pimenteira do Devoniano e por aluviões datadas do Quaternário (SEPLAN, 2005).

2.9 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DA BACIA DO RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE

Para informações deste caso foram extraídas informações do 2º Relatório de Consultoria Técnica de The Nature Conservancy – TNC (2012).

A bacia do rio Taquaruçu, com uma área total de 397 km², apresenta como unidades geomorfológicas o Planalto Residual do Tocantins e Depressão do Tocantins.

O Planalto Residual do Tocantins, com cota média de 500 a 600 metros, atinge mais de 700 metros nas bordas ocidentais do planalto. Segundo o Projeto RADAMBRASIL (1981), o planalto é individualizado pela presença de escarpas abruptas, sob a forma de *cuestas* e pela existência de superfícies tabulares. Ele foi esculpido em litologias constituídas de folhelhos, arenito e argilitos que fazem parte da borda sudoeste da Bacia Sedimentar do Parnaíba e que são datadas do Devoniano (Formação Pimenteiras). Ele é constituído pelas serras do Carmo, Taquaruçu Grande e Lajeado, sendo estas separadas pelo vale, onde a incisão da drenagem varia de 250 a 300 metros. Nesta área a estrutura exerce um grande controle sobre a dinâmica da água, apresentando uma alta densidade de drenagem.

No Planalto do Tocantins, o fato dos arenitos devonianos encontrarem-se revestindo os minerais pré-cambrianos cria uma descontinuidade ao movimento das águas de chuva que atingem a superfície dos solos e penetram em profundidade por percolação. Esse gradiente de penetração da água é proporcionado pela diferença textural entre as formações geológicas, resultando numa migração relativamente rápida da água na parte arenosa (Devoniana) e lenta na parte inferior argilosa (pré-Cambriana).

Já a Depressão do Tocantins é constituída pela superfície compreendida entre o sopé das serras do Carmo, Taquaruçu e Lajeado e o rio Tocantins. Esta região que representa a calha do rio Tocantins é constituída pelas formações pimenteiras e complexo goiano com relevo suave ondulado e altitude variando entre 200 e 300 metros.

Em termos geológicos, as principais unidades litoestratigráficas da área estudada são: Dp – Formação Pimenteiras; p_{εg} – Complexo Goiano; p_{εγi} – Suíte intrusiva Ipueiras (Projeto Radambrasil, 1981).

A Formação Pimenteiras apresenta maior presença na área estudada, ocupando a parte montante da bacia, na área do topo das chapadas, área esta com a ocorrência de plintossolos pétricos, e caracterizada por arenitos finos a grosseiros, siltitos, siltitos foliáceos ferruginosos, argilitos, níveis conglomeráticos e microconglomeráticos subordinados.

A unidade p_{εg} (Complexo Goiano) situa-se na porção rebaixada da bacia (jusante), em área de predominância dos latossolos e nitossolos, e é caracterizada

por rochas de composição granítica a tonalítica, textura granoblástica porfiroblástica com cristais de feldspatos bem desenvolvidos. Os principais litotipos são granitóides, gnaiss granodiorítico, metabasitos, diatexitos, anfibolitos, cataclasitos etc.

Já em menor proporção na região das escarpas ao sul da bacia, encontra-se a unidade pɛyi (Suíte Intrusiva Ipueiras), área de predominância de nitossolos e neossolos litólicos nas porções mais declivosas, caracterizadas por álcali-granitos, tonalitos e granitos porfiríticos, ambas rochas vulcânicas ácidas.

2.10 A QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA DO RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE

Com a implantação de Palmas a partir de 1990, a pressão antrópica sobre os recursos naturais aumentou e a sub-bacia do ribeirão Taquaruçu Grande passou a ter a maior significância por ser a principal fornecedora de bens/serviços ambientais. A bacia do Ribeirão Taquaruçu começou a degradar-se, entre os motivos está a demanda pelo consumo de água, tanto para consumo humano, como para usos múltiplos, sendo que a vazão desse manancial vem caindo assustadoramente ano após ano. (MARQUEZ, 2006).

Estudos realizados pela Companhia de Saneamento do estado do Tocantins (SANEATINS) comprovam que o desmatamento das matas ciliares é um dos principais responsáveis pela redução da vazão desse tão importante manancial. Para se ter uma ideia dessa redução, de julho a setembro de 2001, a vazão média era de 1.756,63 litros por segundo. Quatro anos depois, portanto em 2005, essa vazão caiu para 596,63 litros por segundo, redução da ordem de 66 %, nesses quatro anos (ODEBRECHT AMBIENTAL, 2008).

Bonatto (2004) observou a ocorrência de processos de assoreamento no barramento da captação, possivelmente originados no uso inadequado das microbacias contribuintes, nos anos de 2001, 2003 e 2004, tendência repetida em 2008 (Machado, 2008). Estes fatos depreciam a qualidade da água e conseqüentemente aumentam o custo do tratamento da água para consumo humano.

A conformação física dos leitos de cursos d'água é determinada basicamente por processos físicos relacionados ao regime de descargas, a geologia e geomorfologia da paisagem (SVAP TAQUARUÇU, 2014).

Com a aplicação do Protocolo de Avaliação Visual de Rios (*Stream Visual Assessment Protocol – SVAP*), a bacia do ribeirão Taquaruçu Grande apresentou resultado médio de índice de qualidade das zonas ripárias indicando uma qualidade Boa. O que condiz com a realidade da bacia hidrográfica, na qual a maior parte ainda se encontra com baixas perturbações antrópicas. Entretanto, a ocorrência de 40 % da extensão do leito ter obtido uma condição razoável e um grande número dos pontos de barrancos instáveis ao longo do percurso do médio/baixo Taquaruçu com processo ativo de erosão indicam que há um grau de instabilidade significativo e que há um processo de degradação em curso (SVAP TAQUARUÇU, 2014).

Os processos mencionados são em parte causados pela própria estrutura sedimentar da bacia, que a tornam susceptível a degradação dos leitos. No entanto, ações antrópicas ao longo do leito que causam inúmeras alterações, que vão desde pontes mal mantidas, balneários privados, estradas não pavimentadas sem a devida manutenção, cultivos dentro das APPs e acesso irrestrito de gado estão contribuindo com uma grande parte da instabilidade observada e servindo de promotores da degradação do leito. Dadas as características naturais do leito, é bem provável que este quadro se agrave caso não sejam tomadas medidas de proteção dos corredores ripários ainda intactos, e instituídas medidas mitigadoras nas áreas já em processo inicial de degradação. Em alguns casos será necessário fazer intervenções de estabilização para minimizar quedas de barrancos e evitar o assoreamento do leito (SVAP TAQUARUÇU, 2014).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A figura 3 mostra a localização, dentro do Brasil, da bacia Ribeirão Taquaruçu.

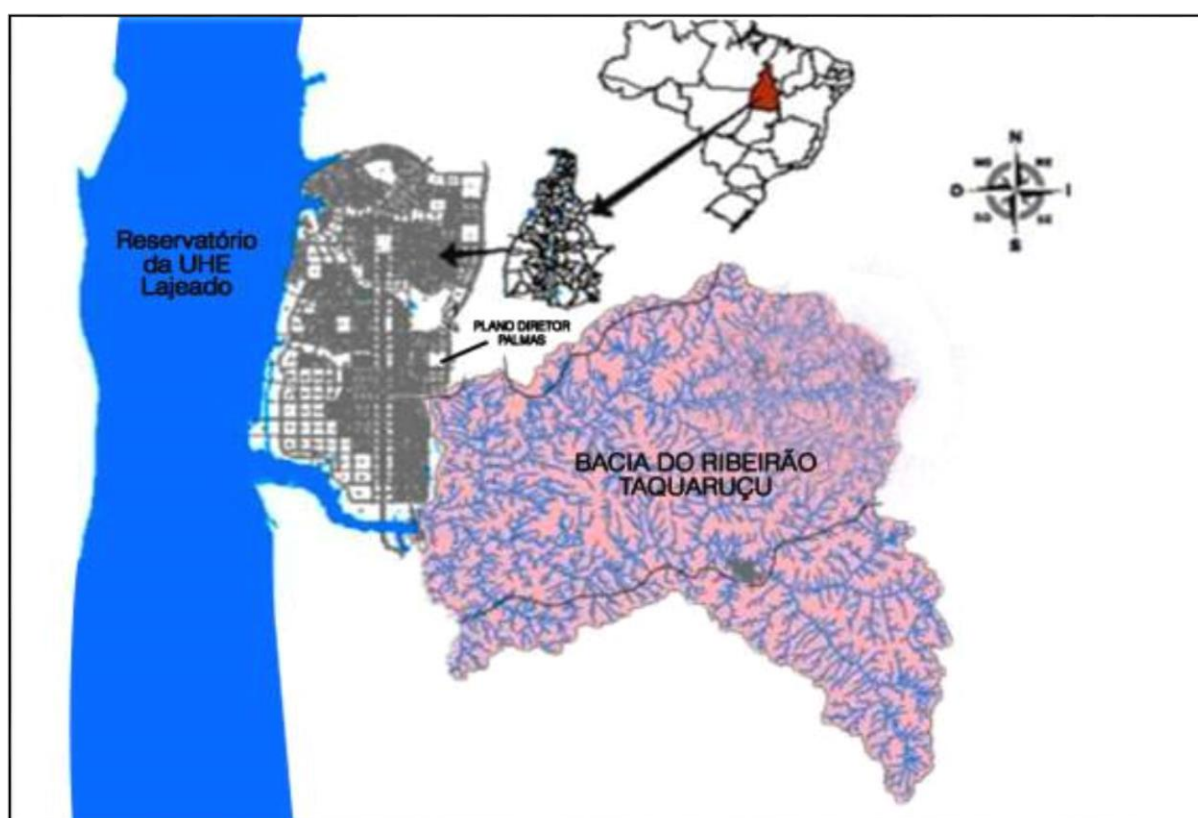


Figura 3: Localização da bacia do Ribeirão Taquaruçu.

Em função da caracterização fisiográfica e hidrológica da bacia do rio Taquaruçu, e depois de percorrer os principais canais (ribeirões Taquaruçu Grande e Pequeno), foram identificados cinco pontos estratégicos de monitoramento de qualidade da água na bacia.

De acordo com a literatura especializada, na seleção das seções de medição de vazão foram considerados os seguintes critérios (USBR, 1997):

- Representatividade hidrológica e hidráulica

- Trechos de canais uniformes e retilíneos
- Ausência de estruturas artificiais ou obstáculos naturais
- Fácil acesso
- Proximidade de moradores (para segurança e monitoramento)

Com o objetivo de avaliar a qualidade da água da bacia do ribeirão Taquaruçu, foram divididos os cinco pontos estratégicos para a amostragem. Dois pontos estão localizados na sub-bacia do ribeirão Taquaruçu Grande (ATG – Alto Taquaruçu Grande e BTG – Baixo Taquaruçu Grande) e três pontos na sub-bacia do ribeirão Taquaruçu Pequeno (ATP – Alto Taquaruçu Pequeno; MTP – Médio Taquaruçu Pequeno e BTP – Baixo Taquaruçu Pequeno).

A Tabela 3 resume a descrição e a localização dos pontos amostrados.

Tabela 3: Estações de amostragem da qualidade da água na bacia do ribeirão Taquaruçu.

Estação amostral	Curso d'Água	Coordenadas
Chácara da Sra. Juliana Moteiro (ATG)	Ribeirão Taquaruçu Grande	10,239280° S 48,177230° W
Chácara do Sr. Ademar Costa (BTG)		10,290610° S 48,279610° W
Chácara do Sr. Antônio Júnior (ATP)	Ribeirão Taquaruçu Pequeno	10,320400° S 48,133870° W
Chácara do Sr. Rubens Kurt (MTP)		10,309370° S 48,206780° W
Chácara do Sr. José Maria (BTP)		10,295944° S 48,288167° W

Para uma melhor compreensão, os registros fotográficos dos pontos amostrados estão disponíveis na figura 4.



Figura 4: Registros fotográficos dos pontos: BTG – Baixo Taquaruçu Grande; ATG – Alto Taquaruçu Grande; MTP – Médio Taquaruçu Pequeno; BTP – Baixo Taquaruçu Pequeno ATP – Alto Taquaruçu Pequeno.

Uma visão espacial dos pontos monitorados durante a avaliação está disponível na figura 5.

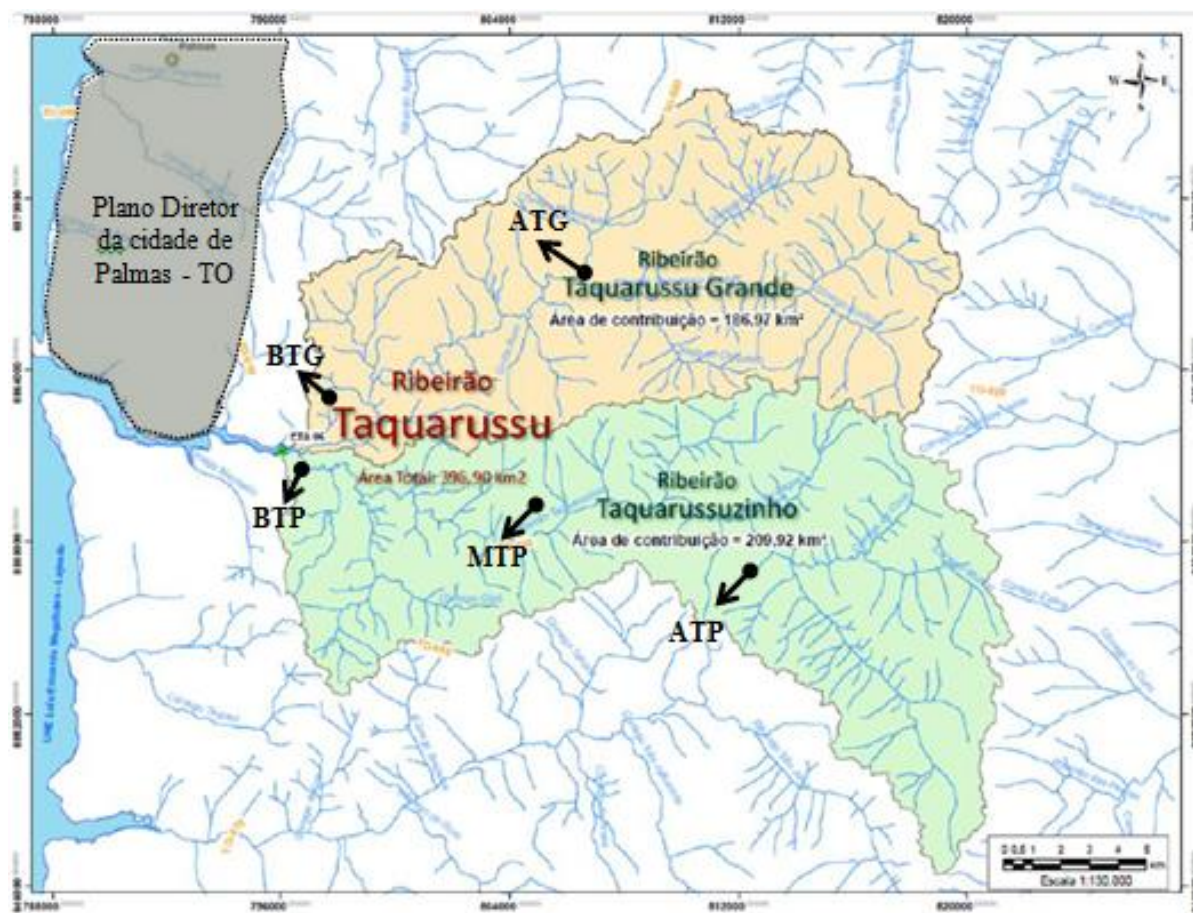


Figura 5: Área da bacia do ribeirão Taquaruçu, com destaque para as sub-bacias Taquaruçu Grande e Taquaruçu Pequeno (Taquaruçuzinho), bem como as estações de amostragem (ATG – Alto Taquaruçu Grande; BTG – Baixo Taquaruçu Grande; ATP – Alto Taquaruçu Pequeno; MTP – Médio Taquaruçu Pequeno; BTP – Baixo Taquaruçu Pequeno).

As três seções no ribeirão Taquaruçu Pequeno foram estabelecidas em razão de este ser mais extenso e ter, em seu alto curso, o distrito de Taquaruçu do Porto (zona urbana), localizado entre os pontos ATP e MTP. No caso do ribeirão Taquaruçu Grande, as seções foram selecionadas no terço superior (ATG) e a montante da junção com o Taquaruçu Pequeno (BTG).

As coletas para a realização de análises físico-químicas e bacteriológicas da água foram realizadas por meio de tomada direta a 0,2 m de profundidade. Foram medidos *in loco* o oxigênio dissolvido, o pH e a temperatura da água. Para as demais variáveis, as amostras foram refrigeradas e acondicionadas em frascos específicos e encaminhadas imediatamente ao Laboratório de Controle da ODEBRECHT AMBIENTAL | SANEATINS, em Palmas. Como referência, todas as análises foram realizadas de acordo com APHA (2012).

Tabela 4: Cenário amostral e suas respectivas campanhas e sazonalidade

Estações amostrais	data da coleta	sazonalidade
ATG BTG ATP MTP BTP	27/01/2014	período chuvoso
	24/02/2014	
	24/03/2014	
	22/04/2014	
	21/05/2014	período de estiagem
	24/06/2014	
	21/07/2014	
	25/08/2014	
	29/09/2014	
	20/10/2014	
	17/11/2014	período chuvoso
	15/12/2014	

Para melhor compreensão dos resultados, a análise de componentes principais (PCA) foi aplicada com o objetivo de tentar explicar as possíveis relações entre as variáveis ambientais no cenário espaço-temporal da avaliação. A matriz de dados foi composta por 10 variáveis ambientais analisadas durante o ano de 2014. Foram gerados autovalores e autovetores com o objetivo de obter os escores. Os *softwares* utilizados nesta análise foram o Microsoft Excel, 2010 e PC-ORD 5.0 (McCune & Mefford, 1997).

As variáveis ambientais analisadas são enunciadas a continuação:

- 1) Cor Verdadeira
- 2) Demanda bioquímica de oxigênio – DBO
- 3) *Escherichia coli*
- 4) Nitrogênio total
- 5) Oxigênio dissolvido
- 6) Potencial hidrogeniônico – pH
- 7) Sólidos suspensos totais – SST
- 8) Temperatura
- 9) Fósforo total
- 10) Turbidez

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos dados das estações amostrais durante o estudo, é apresentado por meio de gráficos e *plot* de análise de variância - ANOVA a qualidade da água da bacia do Ribeirão Taquaruçu (ver figura 6, 7, 8 e tabela 5).

As Figuras 6, 7 e 8 apresentam as flutuações entre os parâmetros que traduzem a presença de partículas ou substâncias dissolvidas na água monitorada.

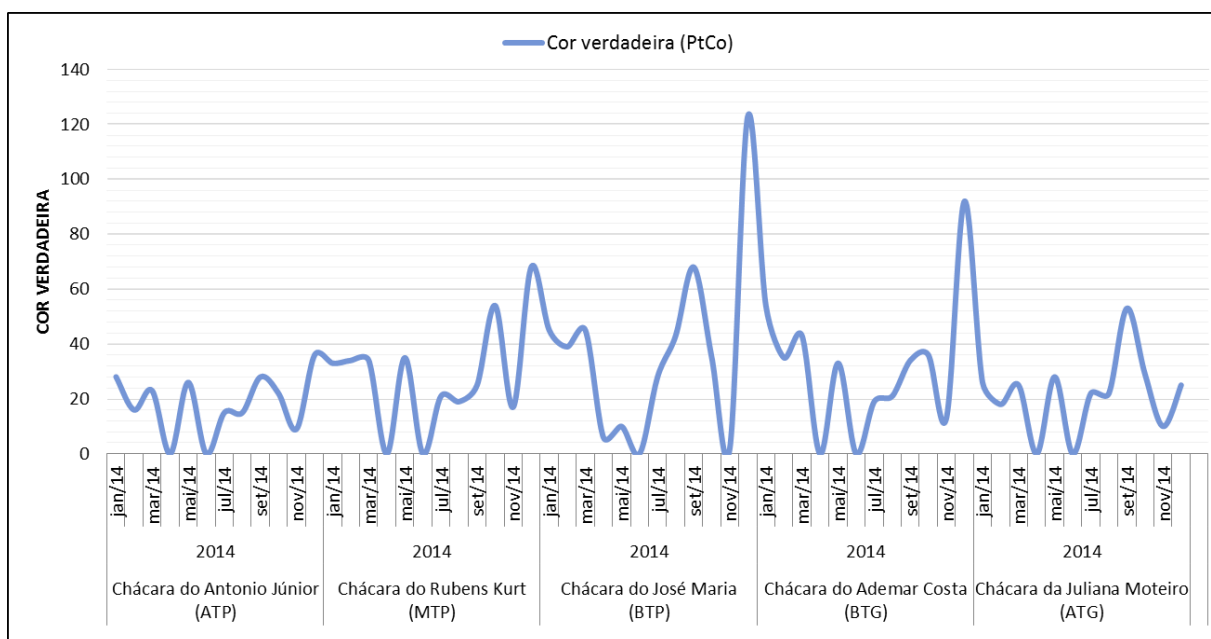


Figura 6: Resultados da variável cor verdadeira, durante o período avaliado.

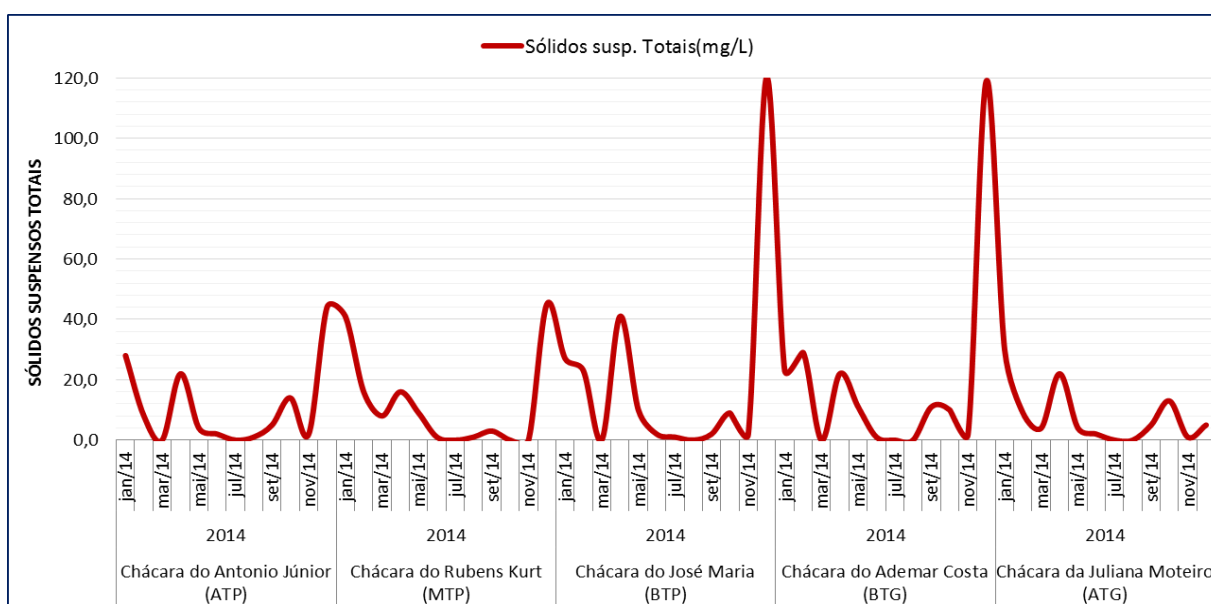


Figura 7: Resultados da variável, sólidos suspensos totais durante o período avaliado.

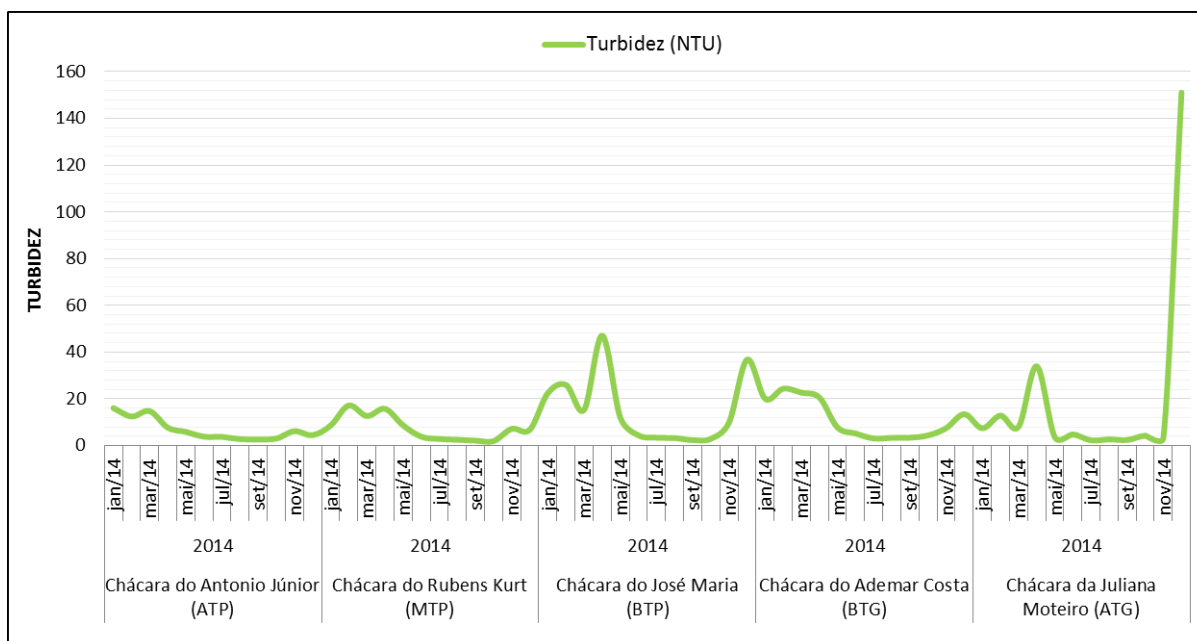


Figura 8: Resultados da variável, sólidos suspensos totais durante o período avaliado.

De acordo com os resultados foi possível verificar que os sólidos suspensos totais (figura 7) e a turbidez (figura 8) apresentaram, em média, maiores valores durante o período chuvoso (janeiro, fevereiro, março, abril, novembro e dezembro) em todos os pontos monitorados. Isso certamente esteve associado, principalmente, ao assoreamento das áreas adjacentes. A cor verdadeira (figura 6) também seguiu esta tendência, porém, apresentou baixa amplitude entre os períodos avaliados, sendo, ainda, registrados na chácara da Sra. Juliana Monteiro (ATG), maiores valores desta variável no período de estiagem. Este cenário pode estar associado à natureza inorgânica destes sólidos, o que implicaria na baixa geração de substâncias que conferem cor a água. Sobre os excessos de cor no ponto ATG, é possível associar à presença da vegetação submersa ao fato registrado. No período de estiagem há uma tendência de ocorrer decomposição desta vegetação, o que poderia colaborar com a elevação da cor verdadeira.

Sobre as concentrações registradas nas figuras 6, 7 e 8, foram verificados picos destas variáveis sempre em meses chuvosos, entretanto, somente os pontos ATG, BTG e BTP apresentaram resultados que ultrapassaram os limites estabelecidos para cor verdadeira e turbidez, segundo o Artigo 15, da Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005). Este cenário reflete a fragilidade dos pontos próximos à captação de água da Estação de Tratamento 006, bem como, maior

vulnerabilidade do solo da sub-bacia do ribeirão Taquarussu Grande em relação ao assoreamento neste período.

De acordo com a análise de variância – ANOVA (Tabela 5) foi possível verificar a ocorrência ou não de variâncias entre os parâmetros acima citados, ou entre os pontos, ou entre os pontos e as variáveis, respeitando o nível de significância de 5 %. A análise mostrou que não houve variância significativa dos resultados médios quando considerados somente os pontos amostrados ($p\ value = 0,181; F < F\ crítico$). Por outro lado, ocorreram diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos parâmetros ($p\ value = 0,00036; F > F\ crítico$). Quando considerada a relação variáveis X pontos, foi verificado que não houve variância significativa das médias dos resultados em razão do $p\ value = 0,181; F < F\ crítico$. Em síntese, pode-se observar que, embora as médias dos parâmetros apresentassem variâncias significativas, houve uma sinergia de resultados em todo o cenário amostral.

Tabela 5: Análise de variância – ANOVA aplicada nos resultados das variáveis cor verdadeira, sólidos suspensos totais e turbidez.

Anova: fator duplo com repetição

RESUMO	COR	SST	TBZ	Total		
<i>ATP</i>						
Contagem	12	12	12	36		
Soma	218	130	84	432		
Média	18,1667	10,8333	7	12		
Variância	125,424	191,424	23,0618	128,905		
<i>MTP</i>						
Contagem	12	12	12	36		
Soma	340	140	90,7	570,7		
Média	28,3333	11,6667	7,55833	15,8528		
Variância	386,242	249,152	28,1736	291,551		
<i>BTP</i>						
Contagem	12	12	12	36		
Soma	444	237	186,1	867,1		
Média	37	19,75	15,5083	24,0861		
Variância	1172,18	1168,39	218,415	893,103		
<i>BTG</i>						
Contagem	12	12	12	36		
Soma	380	228	136,1	744,1		
Média	31,6667	19	11,3417	20,6694		
Variância	630,242	1093,64	70,3536	636,153		
<i>ATG</i>						
Contagem	12	12	12	36		
Soma	258	95	237,2	590,2		
Média	21,5	7,91667	19,7667	16,3944		
Variância	200,455	88,0833	1785,58	689,345		
<i>Total</i>						
Contagem	60	60	60			
Soma	1640	830	734,1			
Média	27,3333	13,8333	12,235			
Variância	515,853	542,751	420,198			
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Pontos	3137,62	4	784,405	1,58342	0,18106	2,42644
Variáveis	8255,29	2	4127,64	8,33215	0,00036	3,05079
Interações	2372,73	8	296,591	0,5987	0,77803	1,9949
Dentro	81739	165	495,388			
Total	95504,6	179				

A Figura 9 a seguir representa o comportamento das variáveis ligadas à contaminação e poluição das águas monitoradas.

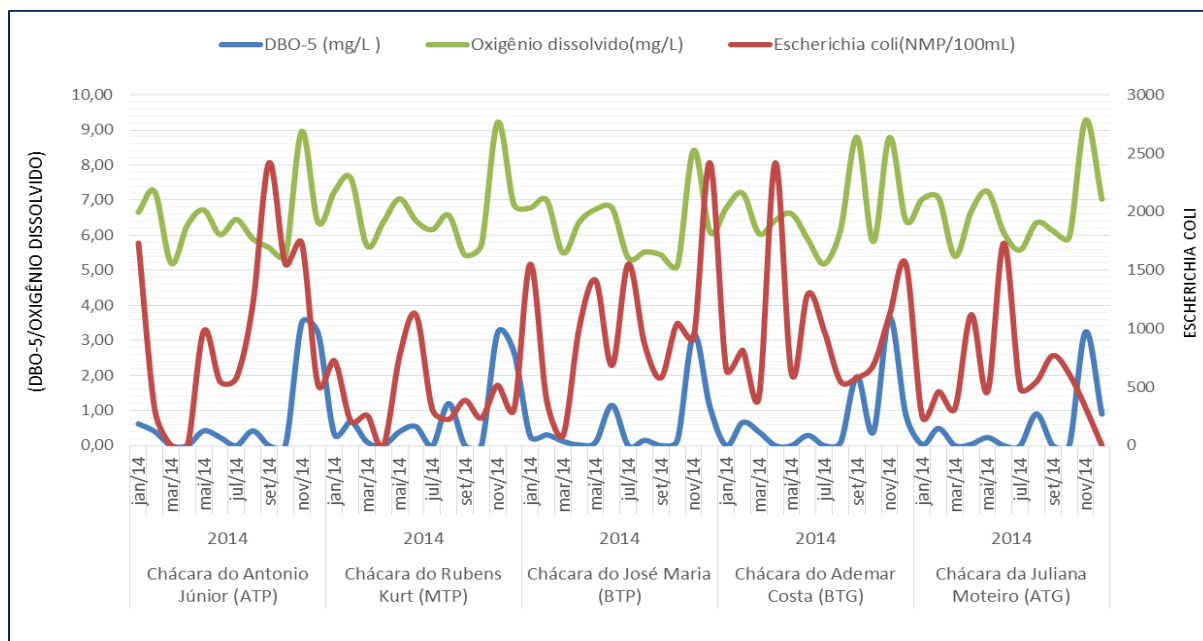


Figura 9: Representação dos resultados da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD) e *Escherichia coli* (E.coli) durante o período avaliado.

De acordo com os resultados foi possível verificar variações sazonais bem definidas para DBO, OD e Ecoli. Durante o período chuvoso todas as médias dos resultados apresentaram-se acima das médias registradas no período de estiagem, todavia, esse cenário não caracteriza uma qualidade melhor das águas em estudo para todos os parâmetros acima citados. No caso de DBO e *Escherichia coli*, há uma tradução de excessos de carga orgânica alóctone aos pontos monitorados durante o período chuvoso, e esse conhecimento é relevante para os que operam a estação de tratamento de água a jusante, pois há um risco associado à presença de microrganismos patogênicos à água a ser tratada. No caso do oxigênio dissolvido, a turbulência da água durante esse período é o principal responsável pelos seus excessos, o que contribui para elevação da autodepuração dessas águas. Sobre os valores de DBO, foi possível verificar máximos de 3,21 mg/L em ATP, 3,22 mg/L em MTP, 3,16 mg/L em BTP, 3,24 mg/L em ATG e 3,65 mg/L em BTG. Esses valores encontram-se abaixo do preconizado pelo Artigo 15, da Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), que é de até 5,0 mg/L. Estes resultados mostram que há uma boa capacidade de autodepuração do corpo hídrico. Já os mínimos valores registrados para OD, foram 5,20 mg/L em ATP, 5,43 mg/L em MTP, 5,13 mg/L em BTP, 5,40

mg/L em ATG e 5,18 mg/L em BTG. A resolução acima citada estabelece valores superiores a 5,0 mg/L de oxigênio dissolvido em águas passíveis de serem tratadas por meio de tratamento convencional. Esses resultados também reforçam a elevada capacidade de autodepuração destas águas. Em relação às densidades de *Escherichia coli*, foram verificadas máximas de 2.420 NMP/100 mL em todos os pontos. As médias anuais em ATP e BTP estiveram acima do preconizado pela resolução citada anteriormente (1.000 NMP/100 mL), sendo registradas densidades de 1.367,8 e 1.043,4 NMP/100 mL, respectivamente. Os demais pontos apresentaram 624,1, 973,2 e 792,0 NMP/100 mL em MTP, BTG e ATG, respectivamente. De acordo com os resultados foi possível verificar que houve uma contribuição difusa desses microrganismos em especial no ribeirão Taquaruçu pequeno e, conseqüente risco real de contaminação por agentes infecciosos para os usuários destas águas. Outro ponto relevante para os profissionais que operam a estação de tratamento de água a jusante é a garantia da eficiência do processo de desinfecção da água tratada, haja vista que esta estação fornece água para 85 % da população palmense. De acordo com Griffio et al (2003), *Escherichia coli* é o indicador mais específico de contaminação fecal e de eventual presença de organismos patogênicos.

Os resultados do teste ANOVA (Tabela 6), mostraram que não houve variância dos resultados médios quando considerados somente os pontos amostrados ($p\ value = 0,075$; $F < F\ crítico$). Em contrapartida, ocorreram diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos parâmetros ($p\ value = 5,9 \times 10^{-34}$; $F > F\ crítico$). Quando considerada a relação variáveis X pontos, foi verificado que houve variância significativa das médias dos resultados em razão do $p\ value = 0,034$ e $F > F\ crítico$. Diante disto, é muito provável que atuações pontuais de fontes de contaminação/poluição podem ter interferido nestas variâncias.

Tabela 6: Análise de variância – ANOVA aplicada nos resultados das variáveis: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD) e Escherichia coli (Ecoli).

Anova: fator duplo com repetição

RESUMO	DBO	OD	Ecoli	Total		
<i>ATP</i>						
Contagem	12	12	12	36		
Soma	8,8	76,87	16414	16499,67		
Média	0,733333	6,405833	1367,833	458,3242		
Variância	1,550079	0,983754	631025,2	623749,2		
<i>MTP</i>						
Contagem	12	12	12	36		
Soma	9,09	80,38	7489	7578,47		
Média	0,7575	6,698333	624,0833	210,5131		
Variância	1,18153	1,063652	398517,9	213218,9		
<i>BTP</i>						
Contagem	12	12	12	36		
Soma	6,51	75,14	12521	12602,65		
Média	0,5425	6,261667	1043,417	350,0736		
Variância	0,837911	0,902452	390144,6	369852,8		
<i>BTG</i>						
Contagem	12	12	12	36		
Soma	8,3	80,12	11678	11766,42		
Média	0,691667	6,676667	973,1667	326,845		
Variância	1,185797	1,241697	322441,4	316179,1		
<i>ATG</i>						
Contagem	12	12	12	36		
Soma	5,83	79,82	9504	9589,65		
Média	0,485833	6,651667	792	266,3792		
Variância	0,870972	1,05867	435154,4	278855,4		
<i>Total</i>						
Contagem	60	60	60			
Soma	38,53	392,33	57606			
Média	0,642167	6,538833	960,1			
Variância	1,060855	1,009705	469905,1			
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	1257047	4	314261,9	2,165039	0,075151	2,426438
Colunas	36597460	2	18298730	126,0652	5,89E-34	3,050787
Interações	2517239	8	314654,9	2,167747	0,03242	1,994904
Dentro	23950239	165	145153			
Total	64321986	179				

Figura 10 a seguir representa os nutrientes fósforo total e nitrogênio total durante o estudo.

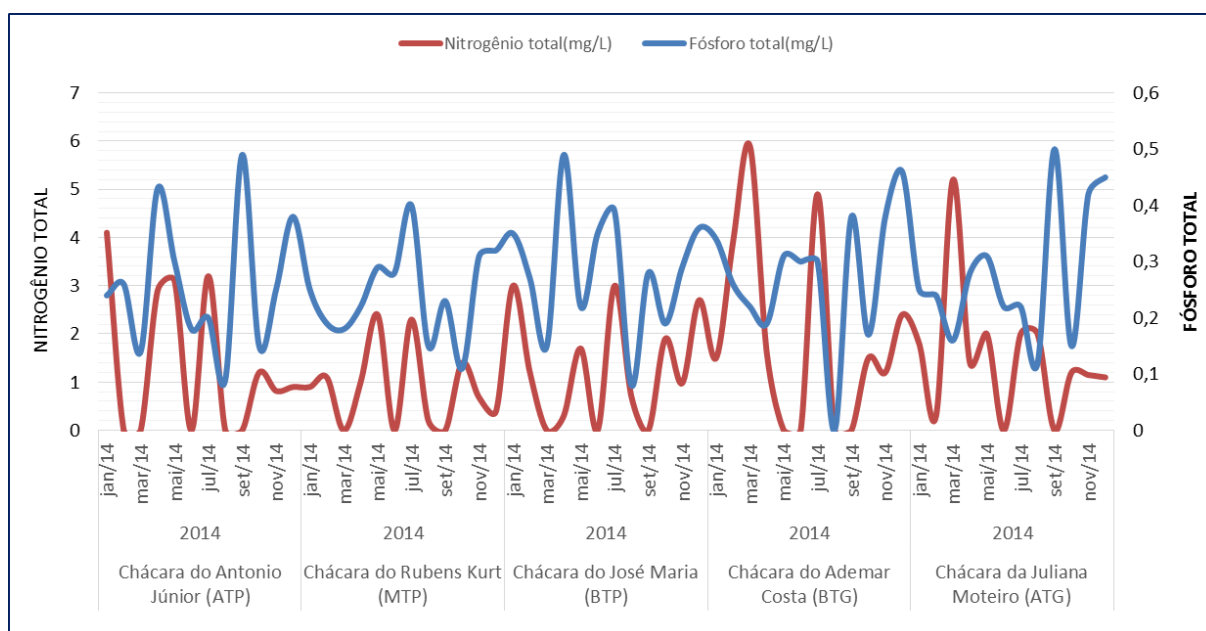


Figura 10: Representação dos resultados dos nutrientes: fósforo total e nitrogênio total durante o período avaliado.

Conforme os resultados foi possível verificar que a carga de nutrientes apresentou-se, em média, superior, durante o período chuvoso na maioria dos pontos monitorados, sendo ocorrido o inverso para nitrogênio total somente no ponto próximo a Chácara do Sr. Rubens Kurt (MTP). Este ponto está localizado a jusante do Distrito de Taquaruçu e de vários balneários e chácaras. A ressuspensão dos nutrientes do leito do ribeirão Taquaruçu Pequeno (movimento autóctone) durante o período de balneabilidade (estiagem) muito provavelmente foi responsável por essa inversão. Por se tratar de um ambiente lótico e de moderada vazão, os nutrientes atuaram coadjuvadamente na produção de biomassa algal e macrófitas aquáticas. Os diversos usos e ocupação do solo influenciam na concentração e nas formas de nitrogênio encontradas nos corpos d'água. Isso ocorre principalmente devido ao íon nitrato que se move facilmente através do solo (HORNE; GOLDMAN, 1994). Krupek (2006) relata que córregos e rios fornecem habitats que são muito diferentes de outros corpos d'água, pois estão sujeitos às mudanças ao longo de seu percurso, associadas com as propriedades físicas e químicas do ambiente (profundidade, vazão, geologia, turbidez, entre outros).

As maiores concentrações de fósforo total foram de: 0,49 mg/L (ATP/set); 0,40 mg/L (MTP/jul); 0,49 mg/L (BTP/abr); 0,50 mg/L (ATG/set), e 0,46 mg/L

(BTG/dez). Estes valores superaram bastante os valores máximos permitidos pelo Artigo 15, da Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), que é de 0,1 mg/L. Quando comparamos a média anual registrada, há também um excesso deste nutriente em relação a citada Resolução. Foram registrados 0,26 mg/L em ATP; 0,24 mg/L em MTP, 0,29 mg/L em BTP, 0,28 mg/L em ATG e BTG. Desta forma, há um evidente aporte de fósforo em toda a bacia e/ou de origem autóctone. Segundo Jarvie (2008), a geologia exerce um controle fundamental na geoquímica dos sedimentos dos rios e na química da água. Isto influencia os mecanismos de incorporação do fósforo nos sedimentos e os processos de liberação de compostos inorgânicos e sua incorporação pela biota. Em 2011, Marques estudando a qualidade da água de duas sub-bacias dos ribeirões Taquaruçu Grande (RTG) e Pequeno (RTP), durante o período janeiro de 2007 a outubro de 2008, evidenciou também elevadas concentrações de ortofosfato no córrego Mutum (RTP), localizado próximo ao ponto ATP, sendo os maiores valores em julho e outubro de 2007 (0,29 e 0,28 mg/L) e em janeiro de 2008 (0,30 mg/L). Concomitantemente, o córrego Serrote (RTG), localizado próximo ao ponto ATG, destacou-se por apresentar maiores valores em julho e outubro de 2007 (0,28 e 0,22 mg/L) e em janeiro de 2008 (0,14 mg/L). Este estudo vem subsidiar a hipótese de que a bacia do ribeirão Taquaruçu é bastante rica em fosfatos.

Em 2012, no reservatório da Usina Hidroelétrica de Lajeado – UHE em Palmas, ocorreu uma floração de cianobactérias. Foi realizado um trabalho com o objetivo de identificar os fatores da floração da cianobactéria *Dolichospermum solitarium*. O estudo permitiu reconhecer que a contribuição do fósforo efluente da Estação de Tratamento de Esgoto - ETE Aurenny, em conjunto com os aportes advindos da bacia do ribeirão Taquaruçu Grande, da microbacia dos córregos Machado e Tiúba, proporcionaram ao ponto impactado um ambiente potencial para o crescimento de cianobactérias. O estudo também mostrou que as concentrações de fósforo total no ponto próximo a ETE foram inversamente proporcionais aos níveis evidenciados nos efluentes da ETE, indicando que estes não contribuíram isoladamente para o surgimento da floração. Foi observado também que fatores climáticos, como uma chuva extemporânea certamente contribuiu com a desestabilização térmica do ambiente e permitiu à espécie *D. solitarium* o domínio temporário da taxa. (SILVA, 2015).

Certamente, a taxa de fósforo elevado no presente trabalho não é motivo de alerta para novas florações de cianobactérias, já que foi comprovado que individualmente não tem como gerar uma desestabilização.

Sobre o nitrogênio total, foi possível verificar máximas concentrações nos meses de janeiro (ATP / 4,1 mg/L), março (BTG / 4,1 mg/L e ATG / 5,2 mg/L), maio (MTP / 2,4 mg/L) e dezembro (BTP / 2,7 mg/L). Apesar desses resultados, as médias anuais não foram tão expressivas quanto às concentrações de fósforo. Foram registradas médias anuais de 1,35 mg/L em ATP; 0,87 mg/L em MTP; 1,29 mg/L em BTP; 1,52 mg/L em ATG, e 1,91 mg/L em BTG. Esses valores estão abaixo do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), que é de 2,18 mg/L, quando este for considerado fator limitante para a eutrofização. Em 2011, Marque registrou amplitudes de 0,89 mg/L (out/2007) a 7,47 mg/L (out/2008) de nitrogênio total no córrego Mutum, e de 0,99 mg/L (abr/2008) a 3,41 mg/L (jul/2007) no córrego Serrote. A autora cita ainda que as concentrações de nitrogênio quase homogêneas durante o período estudado podem ter sido atribuídas à baixa ocupação da bacia, com uso do solo somente para a agricultura familiar, atividade menos impactante que empreendimentos agrícolas de grande porte. A autora afirma que as maiores concentrações registradas podem estar associadas às primeiras precipitações que carregam o nutriente (de origem orgânica) para o corpo hídrico através do escoamento superficial. Para os resultados deste estudo, muito provavelmente, as moderadas concentrações médias anuais podem estar relacionadas à baixa ocupação da bacia, com uso do solo somente para a agricultura familiar, e, conseqüente, baixa contribuição por vias difusas e pontuais.

Nos resultados do teste ANOVA (Tabela 7), foram possíveis verificar que não houve variância significativa dos resultados médios quando considerados somente os pontos amostrados ($p\ value = 0,485$; $F < F\ crítico$). Em contrapartida, ocorreram diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos parâmetros ($p\ value = 2,6 \times 10^{-8}$; $F > F\ crítico$). Quando considerada a relação variáveis X pontos, foi verificado que não houve variância significativa das médias dos resultados em razão do $p\ value = 0,544$; $F < F\ crítico$. Portanto, foi possível verificar que o ambiente apresentou forte relação entre as variações ocorridas nos valores de fósforo total e nitrogênio total em todos os pontos monitorados no estudo. Isto significa dizer que houve uma relação harmoniosa no cenário amostral.

Tabela 7: Análise de variância – ANOVA aplicada nos resultados das variáveis: fósforo total (PT) e Nitrogênio total (NT).

Anova: fator duplo com repetição

RESUMO	PT	NT	Total			
<i>ATP</i>						
Contagem	12	12	24			
Soma	3,11	16,2	19,31			
Média	0,259167	1,35	0,804583			
Variância	0,014881	2,371818	1,451878			
<i>MTP</i>						
Contagem	12	12	24			
Soma	2,93	10,4	13,33			
Média	0,244167	0,866667	0,555417			
Variância	0,00659	0,700606	0,439313			
<i>BTP</i>						
Contagem	12	12	24			
Soma	3,42	15,5	18,92			
Média	0,285	1,291667	0,788333			
Variância	0,012809	1,34447	0,913493			
<i>BTG</i>						
Contagem	12	12	24			
Soma	3,31	22,9	26,21			
Média	0,275833	1,908333	1,092083			
Variância	0,014554	4,053561	2,640852			
<i>ATG</i>						
Contagem	12	12	24			
Soma	3,32	18,2	21,52			
Média	0,276667	1,516667	0,896667			
Variância	0,014933	1,892424	1,313328			
<i>Total</i>						
Contagem	60	60				
Soma	16,09	83,2				
Média	0,268167	1,386667				
Variância	0,012107	2,047955				
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Amostra	3,621045	4	0,905261	0,868219	0,485515	2,454213
Colunas	37,53127	1	37,53127	35,99553	2,58E-08	3,927394
Interações	3,229478	4	0,80737	0,774333	0,54418	2,454213
Dentro	114,6931	110	1,042665			
Total	159,0749	119				

A Figura 11 representa o desempenho das variáveis pH e temperatura da água durante o monitoramento.

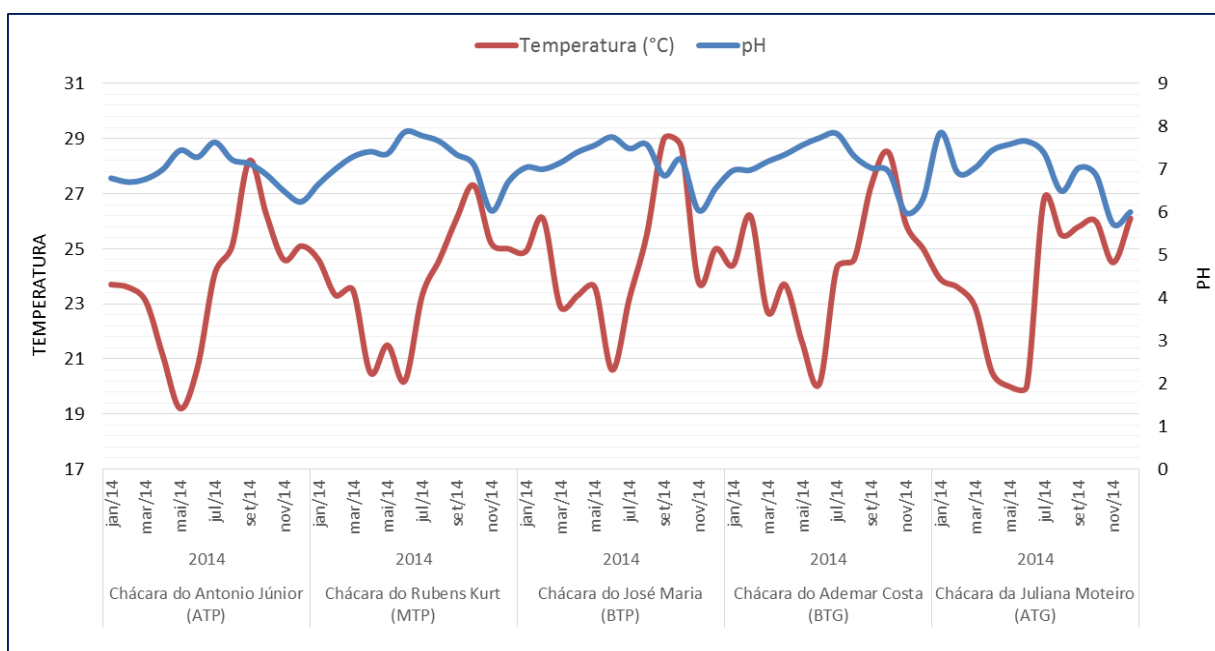


Figura 11: Representação dos resultados das variáveis pH e temperatura durante o período avaliado.

Conforme os resultados foi possível verificar que o pH da água apresentou, em média, resultados mais baixos durante o período de chuvas (janeiro, fevereiro, março, abril, novembro e dezembro) em todos os pontos monitorados. Segundo Maier (1987), uma pequena diminuição no pH pode estar associado ao aumento no teor de matéria orgânica que leva a consequente queda na quantidade de oxigênio dissolvido disponível no corpo d'água. Carvalho et al. (2000), afirmam que com o aumento das chuvas, o pH tende a subir e aproximar-se da neutralidade, pois ocorre maior diluição dos compostos dissolvidos e escoamento mais rápido. Isso é causado pelo aumento no volume de água que faz com que a acidez da água diminua. Durante o monitoramento foram registrados amplitudes de 6,24 a 7,63 no ponto ATP; 6,03 a 7,87 em MTP; 6,04 a 7,75 no ponto BTP; 5,98 a 7,83 em BTG, e 5,72 a 7,85 no ponto ATG. Estes resultados apresentam-se entre os limites estabelecidos pelo Artigo 15, da Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005).

Sobre a temperatura da água nos pontos amostrados, foi possível verificar que os resultados médios dos períodos de seca e chuva apresentaram-se muito próximos, o que conferiu aos pontos monitorados a característica de ambientes que apresentam equilíbrio termodinâmico e, conseqüentemente, baixa capacidade de

promover alterações na composição da biota aquática. As amplitudes de temperatura registradas da água medida próxima à superfície apresentaram no ponto ATP: 19,2 a 28,2 °C; 20,2 a 27,3 °C no ponto MTP; 20,6 a 29,0 °C em BTP; 20,1 a 28,5 no ponto BTG, e 20,0 a 26,8 °C em ATG. Baseado nestes resultados foi possível observar que o ponto localizado na chácara da Sra. Juliana Monteiro (ATG) apresentou a menor variação de temperatura da água, e isto pode estar associado à proximidade deste ponto às nascentes do ribeirão Taquaruçu Grande e de seus tributários, bem como à profundidade de suas calhas. Por outro lado, o ponto localizado na Chácara do Sr. Antônio Júnior (ATP) apresentou a maior variação de temperatura, o que pode ter relação à baixa profundidade da calha e da geografia do ambiente.

Após aplicação do teste ANOVA (Tabela 8), foi possível verificar que não houve variância significativa dos resultados médios quando considerados somente os pontos amostrados ($p\ value = 0,697$; $F < F\ crítico$). Por outro lado, ocorreram diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos parâmetros ($p\ value = 3,8 \times 10^{-81}$; $F > F\ crítico$). Quando considerada a relação variáveis X pontos, foi verificado que não houve variância significativa das médias dos resultados em razão do $p\ value = 0,807$; $F < F\ crítico$. Resumindo, foi possível verificar que o ambiente apresentou forte relação entre as variações ocorridas nos valores de pH e temperatura em todos os pontos monitorados no estudo.

Tabela 8: Análise de variância – ANOVA aplicada nos resultados das variáveis: pH e temperatura.

Anova: fator duplo com repetição

RESUMO	pH	TMP	Total				
<i>ATP</i>							
Contagem	12	12	24				
Soma	83,56	284,7	368,26				
Média	6,96333	23,725	15,3442				
Variância	0,15997	6,16023	76,3149				
<i>MTP</i>							
Contagem	12	12	24				
Soma	86,2	285,1	371,3				
Média	7,18333	23,7583	15,4708				
Variância	0,27632	4,72083	74,0588				
<i>BTP</i>							
Contagem	12	12	24				
Soma	85,63	296,6	382,23				
Média	7,13583	24,7167	15,9263				
Variância	0,23561	5,77242	83,5045				
<i>BTG</i>							
Contagem	12	12	24				
Soma	85,17	294,3	379,47				
Média	7,0975	24,525	15,8113				
Variância	0,28969	5,51295	82,0059				
<i>ATG</i>							
Contagem	12	12	24				
Soma	83,96	285,6	369,56				
Média	6,99667	23,8	15,3983				
Variância	0,43117	6,10364	76,7824				
<i>Total</i>							
Contagem	60	60					
Soma	424,52	1446,3					
Média	7,07533	24,105					
Variância	0,26669	5,4554					
ANOVA							
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>	
Pontos	6,56127	4	1,64032	0,55299	0,69724	2,45421	
Variáveis	8700,29	1	8700,29	2933,06	3,8E-81	3,92739	
Interações	4,75097	4	1,18774	0,40041	0,80799	2,45421	
Dentro	326,291	110	2,96628				
Total	9037,89	119					

A análise de componentes principais (PCA) para os resultados das variáveis limnológicas, expressos no anexo I, resumiu 46,56 % da variabilidade total destes nos dois primeiros eixos (1 = 28,35 %; 2 = 18,21 %).

No lado negativo do eixo 1 foi alocada a maioria das unidades amostrais relativas ao período chuvoso (janeiro, fevereiro, março, abril, novembro e dezembro), associadas aos maiores valores de demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, fósforo total, turbidez, sólidos suspensos totais e cor. A maioria das unidades amostrais posicionou-se no lado positivo do eixo 1, e foi composta praticamente pelas campanhas realizadas no período de estiagem e associada aos maiores níveis de pH (Tabela 9, Figura 12).

Tabela 9: Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis físicas e químicas da água analisadas com os dois primeiros eixos da PCA (os valores em negrito correspondem às variáveis que apresentaram maior correlação com os eixos, acima de 0,4).

Componentes principais			
variáveis	abreviações	eixo 1	eixo 2
Cor verdadeira	Cor	-0,3303	-0,65
demanda bioquímica de oxigênio	DBO	-0,704	0,5614
<i>Escherichia coli</i>	Ecoli	-0,2061	-0,389
fósforo total	Ptotal	-0,5304	-0,122
nitrogênio total	Ntotal	-0,017	-0,421
oxigênio dissolvido	OD	-0,6438	0,6224
potencial hidrogeniônico	pH	0,8423	-0,154
sólidos suspensos totais	SST	-0,5416	-0,625
temperatura	TMP	-0,2501	-0,157
turbidez	TBZ	-0,4378	-0,3
<i>variação explicada</i>		28,35%	18,21%

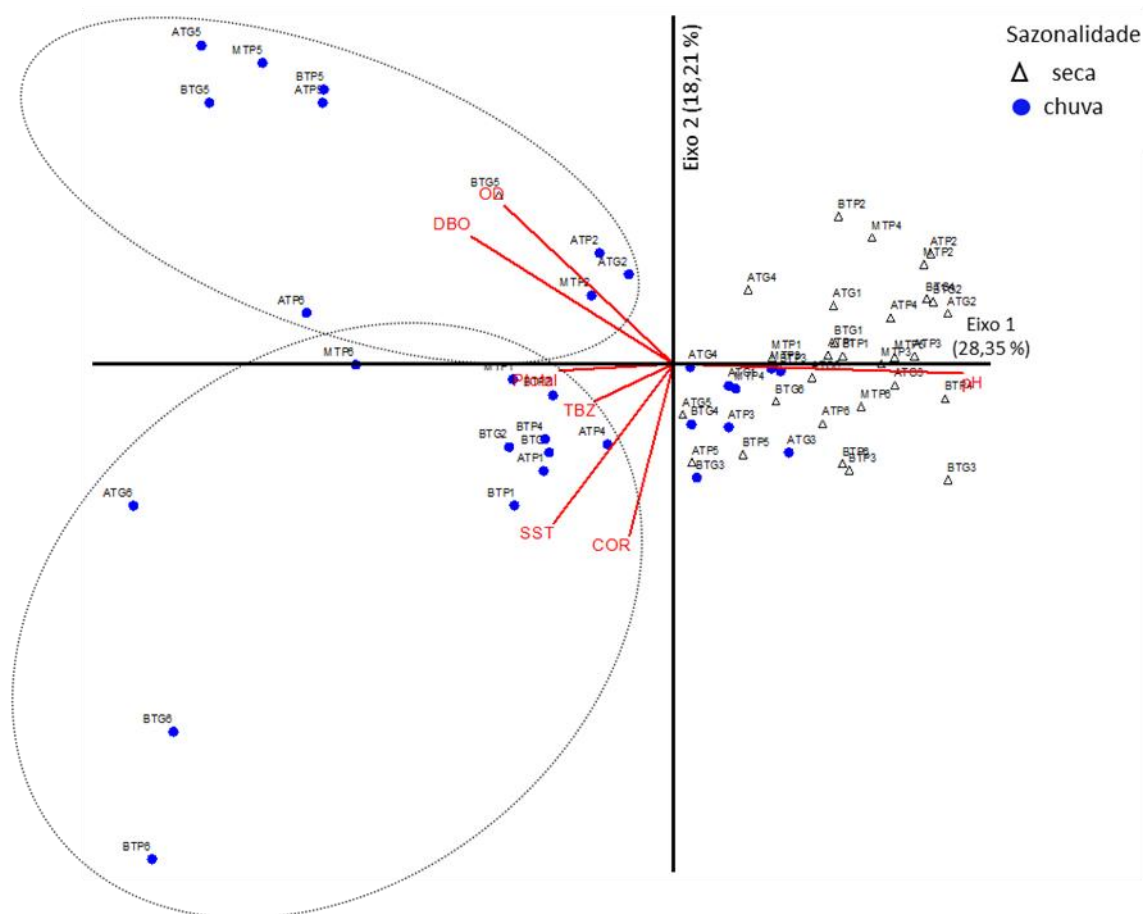


Figura 12: Distribuição dos escores resultantes da análise dos componentes principais (PCA) para os dados do monitoramento limnológico no programa Produtor de Águas (ribeirão Taquaruçu), no ano de 2014.

Legenda da figura 12: Os vetores correspondem às variáveis descritoras significativas. A descrição dos escores foi composta pelos pontos amostrais: ATP = Alto Taquarussu Pequeno; MTP = Médio Taquarussu Pequeno; BTP = Baixo Taquaruçu Pequeno; ATG = Alto Taquaruçu Grande; BTG = Baixo Taquaruçu Grande; e pelo mês respectivo: 1 = primeiro mês do período chuvoso (novembro) ou seco (maio); 2 = segundo mês do período chuvoso (dezembro) ou seco (junho); 3 = terceiro mês do período chuvoso (janeiro) ou seco (julho); 4 = quarto mês do período chuvoso (fevereiro) ou seco (agosto); 5 = quinto mês do período chuvoso (março) ou seco (setembro); 6 = sexto mês do período chuvoso (abril) ou seco (outubro).

Sobre a relação entre os resultados das variáveis DBO e OD, todos os pontos apresentaram alta correlação durante o mês de março, período este que é caracterizado por apresentar altos níveis de precipitação na bacia. Já para o grupo que apresentou os resultados de Ptotal, TBZ, SST e COR similares, foram registradas no início do período chuvoso (novembro) e no final (abril), em praticamente todos os pontos, as mais elevadas concentrações. Isto mostra o quanto sinérgico e susceptível é a bacia em relação às variações hidrológicas. Por meio desta análise foi possível verificar também que, durante os meses de novembro, dezembro, fevereiro e abril, o ponto BTG apresentou as mais altas

concentrações destas variáveis, em média. Deve ser considerado também que o aumento das concentrações de sólidos, turbidez, fósforo e cor na coluna d'água é diretamente proporcional ao consumo de oxigênio pela biota para a degradação dos compostos orgânicos, aumentando, portanto, a DBO. A razão para a formação deste cenário certamente esteve relacionada ao grande número de chácaras e balneários presentes e pela maior vazão, quando comparado ao ribeirão Taquaruçu pequeno.

De acordo com CHAVES (2013), quando realizou o monitoramento das variáveis: turbidez, temperatura, condutividade, pH, sólidos totais dissolvidos e vazão, nos pontos BTG e BTP, houve uma significativa correlação entre os valores de turbidez e vazão nas duas seções, particularmente nos meses chuvosos. O autor afirma ainda que as séries temporais de qualidade de água superficial, geradas pelas sondas multiparamétricas instaladas nas seções destes pontos, são de grande valia para a compreensão do comportamento hidrológico da bacia, não apenas por sua localização estratégica nos exutórios das duas sub-bacias formadoras do ribeirão Taquaruçu, mas também pela capacidade de registrar a dinâmica das variações temporais dos parâmetros.

Segundo SEPLAN (2007), foram mapeadas áreas com maior potencial de sofrerem erosão próxima à região monitorada do BTG. A construção de estradas sem o planejamento adequado e o parcelamento de propriedades rurais gerando um grande número de chácaras utilizadas para lazer, potencializam o avanço de áreas urbanas e, conseqüentemente, a carga de sólidos e matéria orgânica naquela área, tornando-a mais disposta às alterações e perda da qualidade de água. Para comprovar este cenário, os autores mostraram que o percentual de cobertura do solo, presença de mata nativa, mata de galeria e mata ciliar estiveram em menor proporção no ribeirão Taquaruçu Grande quando comparado ao Taquaruçu Pequeno.

Conforme o Diagnóstico Sócio Ambiental da bacia do ribeirão Taquaruçu – 1ª fase, (TNC, 2012), cerca de 6300 hectares da bacia do ribeirão enquadraram-se dentro dos critérios de prioridade para atividades de restauração da bacia, sendo que destes, cerca de 1200 hectares, ou 3 % da bacia, foram considerados como prioridade muito alta, atendendo simultaneamente aos critérios de estar na área

ativa do ribeirão e ter alto risco à erosão. Uma boa parte destas áreas degradadas encontra-se adjacente aos pontos BTP e BTG.

O Relatório do Protocolo de Avaliação Visual de Rios-SVAP (TNC, 2014), relata que os processos erosivos da bacia do ribeirão Taquaruçu são em parte causados pela própria estrutura sedimentar da bacia, que a tornam susceptível a degradação dos leitos. No entanto, ações antrópicas ao longo do leito causam inúmeras alterações na bacia, que vão desde pontes mal mantidas, balneários privados, estradas não pavimentadas sem a devida manutenção, cultivos dentro das áreas de proteção ambiental (APP), até o acesso irrestrito de gado. Tudo isto contribui com uma grande parte da instabilidade observada e serve de promotores da degradação do leito.

5. CONCLUSÕES

Os resultados das variáveis limnológicas permitiram identificar concomitância entre a carga de sólidos e a sazonalidade pluviométrica, sendo os pontos ATG, BTG e BTP os maiores contribuintes.

Quanto às variáveis que refletem contaminação e poluição das águas, foi possível verificar boa capacidade de depuração do corpo hídrico em razão dos resultados de DBO e OD, principalmente, em detrimento das altas densidades registradas de *Escherichia coli* nos pontos ATP e BTP.

Sobre os nutrientes, houve destaque para o elevado aporte de fósforo de origem autóctone em toda a bacia, principalmente, nos pontos BTP e BTG.

Os registros da temperatura e do pH da água, mostraram que os pontos apresentaram águas frias a oligotermiais e neutras. Estas condições são bastante favoráveis ao metabolismo da maioria dos organismos aquáticos.

Foi visto também que a qualidade da água da bacia apresentou-se sinérgica e susceptível às variações hidrológicas, principalmente na região do Baixo Taquaruçu Grande. Neste contexto, o cenário socioambiental desta região foi determinante para a perda da qualidade da água durante o período chuvoso, em razão da elevada densidade de chácaras e balneários às margens deste manancial.

Este trabalho resume apenas o estudo de um ano do monitoramento da qualidade da água da bacia do ribeirão Taquaruçu, necessitando, portanto, da continuidade para que se possa avaliar melhor a dinâmica deste ecossistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Atlas Brasil: abastecimento urbano de água*. – Brasília: ANA, 2010. Disponível em: < <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Objetivos.aspx> >. Acesso em: 3 abr. 2015.

AGROAMBIENTE. Tema: Pagamento por Serviços Ambientais. Disponível em < http://www.agroambiente.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=102:psa&catid=25:the-project&Itemid=37 >. Acesso em 30 de Dic. de 2015.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22th ed. Washington APHA/WEF/AWWA. 2012.

CESIMA, Secretaria de Meio Ambiente de Goiás. Tema: Programa Produtor de Água vai recuperar bacia João Leite. Disponível em < <http://www.secima.go.gov.br/post/ver/198856/programa-produtor-de-Agua-vai-recuperar-nascentes-do-joao-leite> >. Acesso em 29 de Nov. 2015.

CHAVES, Henrique Marinho Leite; BRAGA, Benedito; DOMINGUES, Antônio Félix; SANTOS, Devanir Garcia dos. Quantificação dos Benefícios Ambientais e Compensações Financeiras do “Programa do Produtor de Água” (ANA): II. Aplicação. Revista da ABRH. Volume 9, número 9. 2004.

CHAVES, H. M. L. Subprodutos A.1.b, B.3.a, C.2 e C.3: Curvas-chave, Modelagem de Dados Hidrológicos e Qualidade do Monitoramento. Relatório de consultoria técnica. Projeto Produtor de Água da bacia do ribeirão Taquaruçu / TNC-FOZ/Saneatins. 2013.

CIENCIAS HUMANAS E SOCIAIS APLICADS (CESUMAR). A segurança alimentar e os consumidores: Um breve estúdio sobre a Escherichia coli. Disponível em < <http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/revcesumar/article/view/200/112> >. Acesso em 24 Out. 2015.

D'AGUILA, Paulo Soares; ROQUE, O. C. da Cruz; MIRANDA, Carlos Alberto Silva; FERREIRA, Aldo Pacheco. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. 2000. Artigo publicado. Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro – RJ.

FOZ I SANEATINS, Edital nº1-Pagamento por Serviços Ambientais a Produtores Rurais. 2013.

FULGENCIO, L. G. Programas de pagamento por serviços ambientais na gestão dos recursos hídricos: a experiência do FUNBOAS na bacia Lagos São João – RJ. 2012. HELLER, Léo; DE PÁDUA, Valter Lúcio. Abastecimento de água para o consumo humano. Belo Horizonte: 2006.

INSTITUTO AMBIENTAL DE PARANÁ (IAP). Qualidade das águas dos reservatórios do estado do Paraná – Paraná, 2005-2008.

LIBÂNIO, Marcelo. Fundamentos da qualidade e tratamento de água. São Paulo. 2006.

McCUNE, B.; MEFFORD, M.J. PC-ORD for Windows: multivariate analysis of ecological data (versão 3.12). Oregon: MJM Software Design, Gleneden Beach, 1997.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Brasil: Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano – Brasília, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Bacias Hidrográficas. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/agua/bacias-hidrograficas> >. Acesso em 28 Dez. 2015.

OIKOS AGROECOLOGIA. Tema: Programa Produtor de Água de Guaratinguetá já protege 253 hectares da Bacia Hidrográfica. Disponível em <

<http://www.institutooikos.org.br/Programa-Produtor-de-agua-de-Guaratingueta-ja-protege-253-hectares-da-Bacia-Hidrografica.html> >. Acesso em 29 de Nov. de 2015.

OLIVEIRA, Walter Engracia; GAGLIANONE, Sebastião; YASSUDA, Eduardo; NOGAMI, Paulo S.; BARBOSA PEREIRA, Benedito; MARTINS, J.A. Técnicas de abastecimento e tratamento de água-CETESB. São Paulo. 1984.

OMS, Organização Mundial da Saúde. Tema: Escherichia coli. Disponível em < http://www.who.int/topics/escherichia_coli_infections/es/ >. Acesso em 23 Nov. 2015.

PORTAL DA QUALIDADE DE ÁGUAS (PNQA). Brasília: ANA, 2015. Disponível em: < <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx> >. Acesso em: 26 abr. 2015.

SABESP NTS, Norma Técnica Interna 013. Sólidos. Método de ensaio. São Paulo. 1999. Disponível em: < <http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts013.pdf> >. Acesso em: 09 mai. 2016.

SEPLAN, Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins. Mapas de uso e cobertura do solo do Estado do Tocantins. 2007.

SILVA, J. R. L. Cianobactérias e cianotoxinas no reservatório da UHE Lajeado, Palmas - TO: Fatores condicionantes ao surgimento de floração e avaliação da remoção por meio de uma instalação piloto de dupla filtração. 2014. Tese de Doutorado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen)/Universidade de São Paulo (USP). São Paulo – SP.

SPERLING, Marcos Von. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª Edição. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 2005.

TEBALDI, Roberta. ``Avaliação bacteriológica de águas minerais sem gás e gaseificadas artificialmente comercializadas em garrafas individuais´´. Dissertação

de mestrado. Universidade Estadual Paulista: Julho Mesquita Filho, São Paulo, 2011.

TNC, The Nature Conservancy. Boletim de monitoramento do sistema hidrológico da bacia do ribeirão Taquaruçu. Abril 2014.

TNC, The Nature Conservancy. Boletim de monitoramento do sistema hidrológico da bacia do ribeirão Taquaruçu. Novembro 2014.

TNC, The Nature Conservancy. Diagnóstico socioambiental da bacia do ribeirão Taquaruçu. Relatório 1ª fase. 2012.

TNC, The Nature Conservancy. Plano de acompanhamento do sistema de monitoramento hidrológico da bacia do ribeirão Taquaruçu. Novembro 2013.

TNC, The Nature Conservancy. Relatório do protocolo de avaliação visual de rios – SVAP. bacia do ribeirão Taquaruçu. 2014.

VIANA DE COUTO, José Luis. Eng. Agrônomo da UFRRJ. Limnologia. Disponível em < <http://www.ufrrj.br/institutos/it/de/acidentes/limno.htm>>. Acesso em: 5 Out. 2015.

VIEIRA, Maurrem Ramon; A importância do uso de sondas multiparamétricas. 2010. Especialista em Recursos Hídricos da ANA. Disponível em < http://www.agsolve.com.br/news_upload/file/Parametros%20da%20Qualidade%20da%20Agua.pdf>. Acesso em 25 Out. 2015.

ANEXO 1 - RESULTADOS DAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS APLICADAS AO ESTUDO.

EA	campanhas (2014)	cor verdadeira (PtCo)	DBO (mg/L)	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	fósforo total (mg/L)	nitrogênio total (mg/L)	oxigênio dissolvido (OD) (mg/L)	pH	sólidos suspensos totais (mg/L)	temperatura (°C)	turbidez (NTU)
ATP	jan	28	0,62	1733	0,24	4,1	6,66	6,79	28	23,7	16,1
	fev	16	0,4	308	0,26	< 0,2	7,24	6,7	8	23,6	12,5
	mar	23	< 0,01	2420	0,14	< 0,2	5,2	6,77	< 1	23,1	14,8
	abr	< 1	< 0,01	2420	0,43	2,9	6,29	7	22	21,1	7,7
	mai	26	0,42	980	0,3	3,1	6,72	7,44	4	19,2	5,9
	jun	< 1	0,23	548	0,18	< 0,2	6,02	7,28	2	20,7	3,9
	jul	15	< 0,01	579	0,2	3,2	6,45	7,63	< 1	24,1	3,8
	ago	15	0,42	1203	0,09	< 0,4	5,9	7,22	1	25,1	2,8
	set	28	< 0,01	2420	0,49	< 0,2	5,65	7,13	5	28,2	2,7
	out	22	< 0,01	1553	0,15	1,2	5,41	6,87	14	26,2	3,1
	nov	9	3,5	1733	0,25	0,8	8,96	6,49	2	24,6	6,2
	dez	36	3,21	517	0,38	0,9	6,37	6,24	44	25,1	4,5
MTP	jan	33	0,32	727	0,25	0,9	7,24	6,65	41	24,6	8,7
	fev	34	0,69	211	0,19	1,1	7,63	7,01	16	23,3	17,2
	mar	34	0,1	260	0,18	< 0,2	5,7	7,29	8	23,5	12,7
	abr	< 1	< 0,01	2420	0,22	1	6,38	7,41	16	20,5	15,8
	mai	35	0,4	770	0,29	2,4	7,04	7,36	9	21,5	8,7
	jun	< 1	0,5	1120	0,28	< 0,2	6,41	7,87	1	20,2	3,9
	jul	21	< 0,01	308	0,4	2,3	6,16	7,78	< 1	23,3	2,9
	ago	19	1,2	225	0,15	0,2	6,57	7,65	1	24,6	2,6
	set	25	< 0,01	387	0,23	< 0,2	5,43	7,34	3	26,1	2,2
	out	54	< 0,01	236	0,11	1,4	5,73	7,1	< 1	27,3	2
	nov	17	3,22	517	0,31	0,7	9,22	6,03	< 1	25,2	7,2
	dez	68	2,66	308	0,32	0,4	6,87	6,71	45	25	6,8
BTP	jan	45	0,26	1553	0,35	3	6,78	7,04	27	24,9	22,5
	fev	39	0,31	387	0,27	1,2	7	7	23	26,1	26
	mar	45	0,12	85	0,15	< 0,2	5,5	7,15	< 1	22,9	15,4
	abr	6	0,02	1011	0,49	0,3	6,38	7,4	41	23,3	47,1
	mai	10	0,1	1414	0,22	1,7	6,74	7,56	10	23,6	12
	jun	< 1	1,15	687	0,35	< 0,2	6,78	7,75	2	20,6	4,4
	jul	28	< 0,01	1553	0,39	3	5,35	7,48	1	23,2	3,4
	ago	43	0,15	866	0,08	0,7	5,52	7,58	< 1	25,5	3,3
	set	68	< 0,01	579	0,28	< 0,2	5,44	6,85	2	29	2,4
	out	35	0,14	1046	0,19	1,9	5,13	7,22	9	28,7	3
	nov	2	3,16	920	0,29	1	8,42	6,04	2	23,8	9,8
	dez	123	1,1	2420	0,36	2,7	6,1	6,56	120	25	36,8
BTG	jan	54	< 0,01	648	0,34	1,5	6,78	6,97	23	24,4	20,1
	fev	35	0,66	816	0,26	3,9	7,2	6,98	29	26,2	24,4
	mar	43	0,39	416	0,22	5,9	6,05	7,18	< 1	22,7	22,7
	abr	< 1	< 0,01	2420	0,19	1,6	6,43	7,34	22	23,7	20,6
	mai	33	< 0,01	613	0,31	< 0,2	6,61	7,56	11	21,6	7,8
	jun	< 1	0,29	1300	0,3	< 0,2	5,88	7,73	1	20,1	5,2
	jul	19	< 0,01	980	0,3	4,9	5,18	7,83	< 1	24,3	3,1
	ago	21	0,09	548	< 0,07	< 0,2	6,16	7,31	< 1	24,6	3,4
	set	34	1,97	579	0,38	< 0,2	8,8	7,03	11	27,3	3,4
	out	36	0,38	686	0,17	1,5	5,82	6,95	10	28,5	4,4
	nov	13	3,65	1119	0,38	1,2	8,79	5,98	2	25,9	7,5
	dez	92	0,87	1553	0,46	2,4	6,42	6,31	119	25	13,5

Continuação do Anexo1

EA	campanhas (2014)	cor verdadeira (PtCo)	DBO (mg/L)	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	fósforo total (mg/L)	nitrogênio total (mg/L)	oxigênio dissolvido (OD) (mg/L)	pH	sólidos suspensos totais (mg/L)	temperatura (°C)	turbidez (NTU)
ATG	jan	26	0,03	248	0,25	1,8	7,03	7,85	30	23,9	7,4
	fev	18	0,49	461	0,24	0,3	7,07	6,92	9	23,6	12,9
	mar	25	< 0,01	317	0,16	5,2	5,4	7,03	4	22,9	8,1
	abr	< 1	0,04	1120	0,28	1,4	6,68	7,44	22	20,5	34
	mai	28	0,23	461	0,31	2	7,25	7,58	4	20	3,7
	jun	< 1	< 0,01	1733	0,22	< 0,2	6,07	7,65	2	20	4,8
	jul	22	< 0,01	488	0,22	2	5,58	7,38	< 1	26,8	2,3
	ago	22	0,9	548	0,12	2	6,36	6,49	< 1	25,5	2,7
	set	53	< 0,01	770	0,5	< 0,2	6,13	7,03	5	25,8	2,5
	out	29	< 0,01	613	0,15	1,2	5,94	6,87	13	26	4,3
	nov	10	3,24	325	0,42	1,2	9,28	5,72	1	24,5	3,5
	dez	25	0,9	2420	0,45	1,1	7,03	6	5	26,1	151