



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**A INFLUÊNCIA DAS CAPTAÇÕES DE ÁGUAS SUPERFICIAIS CONSIDERADAS
INSIGNIFICANTES NA VAZÃO DO RIBEIRÃO ÁGUA FRIA, PALMAS - TO**

FLAVIA CAETANO DE PADUA MARCOLINI

Palmas-TO

2016

FLAVIA CAETANO DE PADUA MARCOLINI

**A INFLUÊNCIA DAS CAPTAÇÕES DE ÁGUAS SUPERFICIAIS CONSIDERADAS
INSIGNIFICANTES NA VAZÃO DO RIBEIRÃO ÁGUA FRIA, PALMAS - TO**

Orientador: Prof. Dr. Girlene Figueiredo
Maciel

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Tocantins, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Palmas-TO

2016


FOLHA DE APROVAÇÃO

FLÁVIA CAETANO DE PADUA MARCOLINI

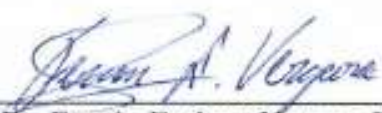
A INFLUÊNCIA DAS CAPTAÇÕES DE ÁGUAS SUPERFICIAIS CONSIDERADAS
INSIGNIFICANTES NA VAZÃO DO RIBEIRÃO ÁGUA FRIA, PALMAS - TO

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. Gilrene Figueiredo Maciel
Universidade Federal do Tocantins (Presidente)



Prof. Dr. Fernán Enrique Vergara Figueroa
Universidade Federal do Tocantins



Prof. Dr. José Luiz Cabral da Silva Júnior
Fundação Universidade do Tocantins

Aprovada em: 15 de março de 2016
Local de defesa: Sala 40 do bloco III
Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Palmas

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

M321i Marcolini, Flavia Caetano de Padua.

A INFLUÊNCIA DAS CAPTAÇÕES DE ÁGUAS SUPERFICIAIS
CONSIDERADAS INSIGNIFICANTES NA VAZÃO DO RIBEIRÃO ÁGUA
FRIA, PALMAS - TO. / Flavia Caetano de Padua Marcolini. – Palmas, TO,
2016.

100 f.

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

Orientador: Gislene Figueiredo Maciel

1. Ribeirão Água Fria. 2. Bacia Hidrográfica. 3. Morfometria. 4. Captação
superficial. 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).**

DEDICO

Ao meu marido José Pereira,
aos meus pais, Marcio e Juracy,
ao meu irmão Murilo e esposa Izabella e
a minha irmã Bruna e sobrinha Ana Luiza.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus antes de tudo.

À minha família pelo carinho e apoio incondicional.

Ao meu marido José Pereira pela compreensão e apoio para realizar esse sonho que culmina neste trabalho.

Ao meu orientador Girlene Figueiredo Maciel, pela paciência, conselhos e ensinamentos que ampararam para a realização deste trabalho.

À amiga Eng. Ambiental Juliana Santos pelo auxílio no desenvolvimento do trabalho, e apoio durante a realização do levantamento de campo.

Aos meus amigos adquiridos na Universidade Federal do Tocantins que apoiaram e contribuíram na busca pelo conhecimento.

A todos professores e colaboradores do programa de mestrado em Engenharia Ambiental da UFT, que contribuíram com suas experiências para esse trabalho.

Aos colegas do Instituto Natureza do Tocantins, que me apoiaram e ajudaram para a concretização desse sonho.

Feliz o homem que acha sabedoria,
o homem que adquire
conhecimento.

Provérbios 3:13

RESUMO

MARCOLINI, F.C.P. A INFLUÊNCIA DAS CAPTAÇÕES DE ÁGUAS SUPERFICIAIS CONSIDERADAS INSIGNIFICANTES NA VAZÃO DO RIBEIRÃO ÁGUA FRIA, PALMAS - TO. 2016, 116p. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO.

A água é um recurso natural fundamental para os seres vivos e essencial para o desenvolvimento econômico de uma região. O gerenciamento do recurso hídrico é essencial, devendo ser baseado na administração da oferta da água, para isso é necessário compreender o conceito, a estrutura e como se comportam as bacias hidrográficas, visando garantir um gerenciamento eficaz do recurso hídrico. Para a gestão dos recursos hídricos no Ribeirão Água Fria, de forma eficiente, torna-se necessário conhecer a bacia hidrográfica e suas características e definir as demandas para o ribeirão. O presente trabalho objetivou determinar se as captações superficiais desconhecidas pelo órgão ambiental estão comprometendo a vazão do Ribeirão Água Fria. A metodologia utilizada para a compreensão do comportamento da bacia foi embasada na determinação dos índices morfométricos, sendo eles: a área e o perímetro da bacia, o coeficiente de compacidade (K_c), o fator de forma (K_f), a razão de alongação (R_e), o tempo de concentração (T_c), a densidade de drenagem (D_d), a densidade hidrográfica (D_h), o índice de rugosidade (H_D), a razão de relevo (R_r). As vazões do ribeirão foram fornecidas pela Companhia de Saneamento de Palmas – Saneatins, entre os anos de 2001 a 2013, por intermédio destes dados foi determinada a vazão de referência Q_{90} para a bacia. Foram identificados os usuários dos recursos hídricos na bacia, por meio de levantamento de campo, e estimado o crescimento populacional na bacia de 2005 a 2013, com o auxílio de imagens de satélite. Verificou-se que a vazão do Ribeirão Água Fria não está suportando a demanda de captações autorizadas pelo órgão ambiental, juntamente com as captações sem autorização, sendo essas captações superiores à disponibilidade hídrica do ribeirão. Diante deste cenário, pode-se afirmar que as captações realizadas sem autorização estão comprometendo a vazão do corpo hídrico, tornando-se necessário que todas as captações realizadas na bacia sejam cadastradas e fiscalizadas pelo órgão gestor competente, dirimindo futuros conflitos no recurso hídrico proveniente do manancial em estudo.

Palavras-chave: Ribeirão Água Fria; Bacia Hidrográfica; Morfometria; Captação superficial

ABSTRACT

MARCOLINI, F.C.P THE INFLUENCE OF THE CAPTATIONS OF THE SURFACE WATER CONSIDERED MEANINGLESS IN THE LEAK OF RIBEIRÃO ÁGUA FRIA, PALMAS - TO. 2016, 116p. Dissertation (Professional Master's Degree in Environmental Engineering). Federal University of Tocantins, Palmas, TO.

The water is the fundamental natural resource for all the living creatures and essential for the economic development of any region. The management of the hidric resource is essential, it must be based on the management of water supply, for this is necessary understand the concept, the structure and how the hydrographic basin in order to ensure an enfcient management of hidric resources. For the management of the hidric resources in Ribeirão Água Fria, in an enfcient way, its necessary to know the hidrografic basin and its characteristics and define the demands for the ribeirão. The present work aimed to determine if the superficial cathment yet unknown to the environmental organ, they are committing the leak of Ribeirão Água Fria. The methodology for understanding the basin's behavior was based on the determination of morphometric indices, being them, the area and the perimeter of the basin, the coeficiente of compactness (Kc), the fator of shape (Kf), the rate of elongation (Re), the time of concentration (Tc), the drainage density (Dd), the hydrographic density (Dh), the roughness index (HD), the reason relief (Rr). The flow of the ribeirão were provided by Companhia de Saneamento de Palmas-Saneatins, between the years of 2001 to 2013, by means of these data it was determined Q90 reference flow into the basin. users of water resources in the basin have been identified through field survey and estimated population growth in 2005-2013 basin, with the help of satellite images. It was found that the flow of Ribeirao Agua Fria is not supporting the demand for funding authorized by the environmental agency, along with the funding without authorization, and such funding above the water availability of the river. In this scenario, it can be said that funding operations without authorization are compromising the flow of the water body, making it necessary that all funding operations in the basin are registered and inspected by the competent governing body, settling future disputes on water resources from the source study.

Keywords: Ribeirão Água Fria; Watershed; Morphometry; Superficial cathment

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria no Município de Palmas	36
Figura 2 - Classificação dos tipos de solos presentes na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria (Adaptado de INDE, 2015).	38
Figura 3 - Classificação do uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.....	40
Figura 4 - Representação do relevo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, por altitude e declividade (Adaptado de Topodata, 2011).	52
Figura 5 - Representação da hierarquia do sistema de drenagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.	55
Figura 6 – Média das vazões do Ribeirão Água Fria nos meses de julho, agosto e setembro (Saneatins).	56
Figura 7 – Precipitação em Palmas nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio, entre os anos de 2001 a 2013 (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa/INMET, 2015).	57
Figura 8 - Curva de permanência do período de estiagem e de cada mês individualmente.....	58
Figura 9 - Representação da vazão captada por usuário outorgado na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria (Adaptado de Naturatins).....	61
Figura 10 - Representação da vazão captada por usuário outorgado na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, desconsiderando as captações em barramentos (Adaptado de Naturatins).	62
Figura 11 - A vazão outorgada para captação na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, distribuída por finalidade de uso da água (Adaptado de Naturatins).	62
Figura 12 - Distribuição dos usuários com autorização para captação superficial na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.	63
Figura 13 – Representação da vazão captada por usuário sem autorização na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.	66
Figura 14 – Distribuição da vazão captada pelos usuários sem autorização, conforme a finalidade do uso da água.	68
Figura 15 - Distribuição dos usuários sem autorização para captação superficial na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.....	69

Figura 16 – Distribuição das propriedades com poços e as sem informações por falta de acesso ou morador.....	70
Figura 17 – Distribuição das propriedades com outorga e das propriedades sem autorização que fazem captação superficial na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria..	71
Figura 18 - Análise entre as vazões do Ribeirão Água Fria no mês de julho de 2001 a 2013, com a vazão outorgada e a vazão captada sem autorização.	72
Figura 19 - Análise entre as vazões do Ribeirão Água Fria no mês de agosto de 2001 a 2013, com a vazão outorgada e a vazão captada sem autorização.	73
Figura 20 - Análise entre as vazões do Ribeirão Água Fria no mês de setembro de 2001 a 2013, com a vazão outorgada e a vazão captada sem autorização.	74
Figura 21 - Análise entre as vazões do Ribeirão Água Fria no mês de julho de 2001 a 2013, com a demanda de captação.	75
Figura 22 - Análise entre as vazões do Ribeirão Água Fria no mês de agosto de 2001 a 2013, com a demanda de captação.	76
Figura 23 - Análise entre as vazões do Ribeirão Água Fria no mês de setembro de 2001 a 2013, com a demanda de captação.	77
Figura 24 - A vazão de referência Q_{90} e os 75% da Q_{90} da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria no período de estiagem e individualmente nos meses de julho, agosto e setembro, com a vazão outorgada e a vazão captada sem autorização.	78
Figura 25 - Imagem de satélite da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, contendo todas as propriedades identificadas durante o levantamento dos usuários (Google Earth, 2014).....	79
Figura 26 - Imagem de satélite de 2009 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, contendo todas as propriedades identificadas durante o levantamento, observadas no ano de 2009 (Google Earth, 2009).	80
Figura 27 - Imagem de satélite de 2007 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, contendo todas as propriedades identificadas durante o levantamento, observadas no ano de 2007 (Google Earth, 2007).	81
Figura 28 - Imagem de satélite de 2005 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, contendo as propriedades identificadas durante o levantamento, observadas no ano de 2005 (Google Earth, 2005).	82
Figura 29 - Análise das vazões do Ribeirão Água Fria nos anos de 2005, 2007, 2009 e 2013, com as vazões captadas para os mesmos anos conforme dados da estimativa da população. .	83

Figura 30 - Análise das vazões captadas para os anos de 2005, 2007, 2009 e 2013, conforme dados da estimativa da população, com a vazão de referência Q_{90} da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria..	83
Figura 31 – Imagens do Ribeirão Água Fria no período chuvoso, próximo de uma de suas nascentes (a) e próximo da região da sua foz (b)..	96
Figura 32 – Imagem do conjunto de bombas de sucção utilizadas para captar água no Ribeirão Água Fria...	96
Figura 33 – Imagens das mangueiras utilizadas nas captações superficiais, no leito do Ribeirão Água Fria, próximo as nascentes...	97
Figura 34 – Imagem de propriedade com a porteira trancada (a), e sem morador encontrado na propriedade (b)..	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da declividade e sua interpretação (Adaptado de Embrapa, 2006)...	44
Tabela 2 - Classificação e interpretação dos parâmetros coeficiente de compacidade (Kc) e fator forma (Kf) (Adaptado de Nadini <i>et al.</i> , 2013).....	45
Tabela 3 - Classificação e interpretação dos parâmetros de densidade de drenagem (Dd) e de densidade hidrográfica (Dh) de uma bacia hidrográfica (Adaptado de Santos <i>et al.</i> , 2012)....	46
Tabela 4 - Classificação e descrição do parâmetro razão de relevo (Rr) (Adaptado de Coutinho e Nascimento, 2013)	47
Tabela 5 - Índices morfométricos relacionados à geometria da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.....	53
Tabela 6 – Média das vazões do Ribeirão Água Fria nos meses de julho, agosto e setembro (Saneatins).....	56
Tabela 7 - Levantamento dos usuários cadastrados no Naturatins com autorização para captação superficial na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria (Adaptado de Naturatins).	59
Tabela 8 - Levantamento dos usuários sem autorização para captação superficial na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.....	64
Tabela 9 – Análise do tempo de captação e do volume captado, entre os métodos por bombeamento e gravidade.....	67
Tabela 10 – Dados de precipitação para o município de Palmas, de 1993 a 2014 (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa/INMET).....	99

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

ANA	Agencia Nacional das Águas
A.P.A	Área de Proteção Ambiental
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Dd	Densidade de Drenagem
Dh	Densidade Hidrográfica
DUI	Declaração de Uso Insignificante
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GIRH	Gestão Integrada de Recursos Hídricos
HD	Índice de Rugosidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
IC	Índice de Circularidade
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IS	Índice de Sinuosidade
Kc	Coefficiente de Compacidade
Kf	Fator de Forma
LABMET	Laboratório de Meteorologia da Universidade Federal do Tocantins
MDD	Modelo de Declividade Digital
MDE	Modelo de Elevação Digital
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MPF	Ministério Público Federal
MSIP	Modelo Sistêmico de Integração Participativa
NATURATINS	Instituto Natureza do Tocantins
PBH	Planos de Bacias Hidrográficas
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PIB	Produto Interno Bruto
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
Re	Razão de Elongação

Rr	Razão De Relevô
SANEATINS	Companhia de Saneamento do Tocantins
SEMARH	Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SEPLAN	Secretaria de Planejamento e Orçamento
Sin	Sinuosidade do Curso d'água
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
UHE	Usina Hidrelétrica
UTM	Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	13
1. INTRODUÇÃO	Erro! Indicador não definido.
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	Erro! Indicador não definido.
2.1. A Situação dos Recursos Hídricos	Erro! Indicador não definido.
2.1.1. O Panorama dos Recursos Hídricos no Brasil.....	Erro! Indicador não definido.
2.1.2. O Panorama dos Recursos Hídricos no Estado do Tocantins	Erro! Indicador não definido.
2.1.3. Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento	Erro! Indicador não definido.
2.1.4. A Gestão de Recursos Hídricos	Erro! Indicador não definido.
2.1.5. Problemas Decorrentes da Falta de Planejamento.....	Erro! Indicador não definido.
2.1.6. Os Instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos	Erro! Indicador não definido.
2.1.6.1. Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH.....	Erro! Indicador não definido.
2.1.6.2. Planos de Bacia Hidrográfica.....	Erro! Indicador não definido.
2.1.6.3. Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos	Erro! Indicador não definido.
2.1.7. Dificuldades e Limitações da Aplicabilidade da Legislação	Erro! Indicador não definido.
2.2. A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.....	Erro! Indicador não definido.
3. MATERIAIS E MÉTODOS	Erro! Indicador não definido.
3.1. Caracterização da Área de Estudo	Erro! Indicador não definido.
3.1.1. Localização.....	Erro! Indicador não definido.
3.1.2. Clima	Erro! Indicador não definido.
3.1.3. Solos.....	Erro! Indicador não definido.
3.1.4. Vegetação	Erro! Indicador não definido.
3.1.5. Uso e Ocupação do Solo	Erro! Indicador não definido.
3.2. Materiais	Erro! Indicador não definido.
3.3. Métodos	Erro! Indicador não definido.
3.3.1. Caracterização Morfométrica.....	Erro! Indicador não definido.
3.3.2. Vazão do Ribeirão Água Fria.....	Erro! Indicador não definido.
3.3.3. Levantamento dos Usuários da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria	Erro! Indicador não definido.

4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	Erro! Indicador não definido.
4.1.	Modelo Digital de Elevação e Declividade	Erro! Indicador não definido.
4.2.	Índices Morfométricos	Erro! Indicador não definido.
4.3.	Vazões do Ribeirão Água Fria	Erro! Indicador não definido.
4.3.1.	Vazão de Referência Q_{90} da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria	Erro! Indicador não definido.
4.4.	Levantamento dos Usuários dos Recursos Hídricos.....	Erro! Indicador não definido.
4.4.1.	Usuários Outorgados.....	Erro! Indicador não definido.
4.4.2.	Usuários sem Autorização para Captação	Erro! Indicador não definido.
4.4.3.	Comparação entre os Levantamentos	Erro! Indicador não definido.
4.4.4.	Estimativa Populacional na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria	Erro! Indicador não definido.
5.	CONCLUSÕES.....	Erro! Indicador não definido.
6.	RECOMENDAÇÕES	Erro! Indicador não definido.
	REFERÊNCIAS	Erro! Indicador não definido.
	APÊNDICE	95
	ANEXO.....	98

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural fundamental para os seres vivos, seja como elemento presente em todos os processos biológicos ou como meio de vida para várias espécies vegetais e animais. Devido a essa necessidade biológica, a água é essencial também para o desenvolvimento econômico com a sua utilização na agricultura, agropecuária, indústria e no abastecimento público.

Apesar da água ser um recurso natural renovável e considerado de grande abundância no Brasil, algumas regiões do país têm sofrido com a escassez hídrica, situação em que a disponibilidade hídrica é insuficiente para atender as demandas. Tal fato não pode ser justificado apenas como um resultado das alterações climáticas, mas sim como uma adversidade causada pela junção de vários elementos, dentre eles o uso descontrolado do recurso, que torna imprescindível a busca pelo uso consciente e por uma gestão eficiente por parte do poder público.

O gerenciamento do recurso hídrico é um processo dinâmico baseado na administração da oferta da água. Trata-se da organização e compatibilização dos diversos usos dos recursos hídricos com o objetivo de obter o máximo benefício (FERREIRA *et al.*, 2008).

Para Totti e Azevedo (2013), é importante compreender que a água pode ser utilizada por múltiplos usuários de forma simultânea ou consecutiva, contudo, os mesmos metros cúbicos de água que um usuário retira não podem ser utilizados por outro usuário. Dessa forma, na falta de uma gestão eficiente do uso do recurso escasso, o aumento de ganho de um usuário significa uma perda correspondente de outro, causando conflitos difíceis de serem resolvidos.

Com o intuito de resolver esses conflitos, foi impulsionada a edição das políticas nacional e estaduais dos recursos hídricos, surgindo como resposta a essa situação a gestão dos recursos hídricos por intermédio de diretrizes, objetivos e da formulação de instrumentos, a fim de manter as águas em qualidade e quantidade suficientes para atender aos vários usuários (LIMA *et al.*, 2010).

Dentre os instrumentos criados para a gestão dos recursos hídricos, com o intuito de controlar a oferta de água, pode-se citar a alocação. Para que a alocação seja eficiente, primeiramente deve-se quantificar corretamente a disponibilidade do recurso hídrico para depois gerenciar o seu rateio.

Diante deste contexto, o estudo e a compreensão do comportamento dos recursos hídricos são os passos principais para se alcançar uma gestão eficiente da água, para tanto, alguns autores têm adotado as bacias hidrográficas como mecanismos para essa compreensão.

Segundo Périco (2011), a bacia hidrográfica é a principal unidade de gerenciamento territorial, pois reflete os impactos das interferências antrópicas. Corroborando com essa ideia, Barbosa e Furrier (2011) destacam que, devido as suas características, as bacias hidrográficas tornaram-se importantes unidades de gestão.

Louzada *et al.* (2011) complementa que as bacias hidrográficas têm sido utilizadas como unidade de planejamento e gerenciamento, compatibilizando os diversos usos e interesses pela água. Assim, os gestores precisam compreender o conceito, a estrutura e como se comportam as bacias hidrográficas para garantir um gerenciamento eficaz.

Um importante recurso utilizado para caracterizar e identificar a dinâmica de um sistema fluvial é a análise morfométrica da bacia hidrográfica, ela fornece dados que auxiliam no planejamento ambiental adequado (CASTRO; CARVALHO, 2009). Além desse recurso, pode-se utilizar também a análise geomorfológica e fisiográfica das bacias hidrográficas, estas análises proporcionam informações importantes que podem ser usadas para avaliar o comportamento hidrológico do sistema fluvial.

As bacias hidrográficas são consideradas receptoras naturais das águas pluviais que precipitam em uma região delimitada pelos divisores de água. Parte dessa água captada escoar por uma rede hidrográfica, parte evapora novamente para a atmosfera e parte infiltra no solo e lentamente contribuirá também no deflúvio. A água produzida na bacia hidrográfica é captada tanto na forma superficial, como na subterrânea, sendo utilizada para diferentes finalidades.

Na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, localizada no município de Palmas, no Estado do Tocantins, a principal finalidade da água é o abastecimento humano, no território da bacia há uma estação de tratamento de água, utilizada para suprir a demanda da região central da cidade. Além desse, podem ser verificados outros usos do recurso hídrico na região, como o proveito na piscicultura, com a implantação do projeto da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, bem como em pequenas irrigações de hortas e na dessedentação animal.

O Ribeirão Água Fria é considerado perene, apresentando escoamento de água o ano todo, um fator que contribui para a ocupação do seu entorno por chacareiros. Entretanto a vazão do ribeirão no período de estiagem tem diminuído, segundo observações realizadas pela

companhia de abastecimento público. Essa diminuição da vazão pode estar relacionada a uma ineficiente gestão do poder público.

Para que o poder público possa gerenciar a disponibilidade dos recursos hídricos, de forma efetiva, é imprescindível que se tenha conhecimento da demanda do recurso na bacia hidrográfica, tornando-se essencial a identificação de todos os usuários. Mediante esta premissa, a gestão eficiente dos recursos hídricos no Ribeirão Água Fria pode ocorrer por meio do adequado conhecimento da bacia hidrográfica e de suas características, identificando os seus usuários, definindo as suas demandas e a disponibilidade hídrica do ribeirão.

O presente trabalho objetivou determinar se as captações superficiais desconhecidas pelo órgão ambiental, responsável pela alocação da água, estariam comprometendo a vazão do Ribeirão Água Fria no período de estiagem. Defendendo a hipótese de que a falta de controle das captações e da quantidade de usuários estão contribuindo para os conflitos nessa bacia.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A Situação dos Recursos Hídricos

2.1.1. O Panorama dos Recursos Hídricos no Brasil

No Brasil, com o aumento significativo das demandas de água ligado, principalmente, ao desenvolvimento econômico, surgiu a necessidade de implementação de instrumentos de gestão dos recursos hídricos para sanar os problemas com a disponibilidade hídrica. Como primeira medida ocorreu um avanço com relação a legislação (LOPES; FREITAS, 2007).

A primeira lei sobre recursos hídricos no Brasil foi a Lei nº 3.071, do Código Civil de 1916, nela foi regulado apenas o direito de uso das águas fundamentado no direito de vizinhança e na água como sendo um bem de essência privada e valor econômico limitado. A Constituição Federal de 1934 também considerava o aspecto econômico e o desenvolvimento industrial, neste contexto sócio-econômico, publicou-se o Decreto 24.643, de 10 de julho de 1934, intitulado o Código de Águas Brasileiro, que tratava das águas em geral e dos potenciais hidráulicos. Esse instrumento iniciou uma mudança de conceitos relativos ao uso e à propriedade da água, abrindo um espaço para uma Política Nacional de Gestão de Águas (FERREIRA *et al.*, 2008).

Historicamente os conflitos relacionados aos recursos hídricos sempre existiram, mas a partir de 1970, tentou-se estabelecer uma conexão com a escassez hídrica. Uma das teorias utilizadas foi da tragédia dos comuns, que afirma que o uso não regulado estaria submetido a uma contradição, onde o acesso a todos a água em abundância, provocaria a intensificação da exploração e o resultado seria a indisponibilidade da água. Dessa forma quando se trata de recursos comuns e múltiplos usuários, surge a necessidade de arranjos institucionais que regulem o uso indiscriminado (ARAÚJO *et al.*, 2012).

A partir da década de 1970, a preocupação deixou de ser apenas com a quantidade de água, passando a ser também com a qualidade. Em 1988 com a Constituição da República Federativa do Brasil mudou-se a concepção sobre a água, que passou a ser um bem público, outra modificação foi a compreensão dos rios na forma de bacias hidrográficas, e não mais de forma isolada. Todas essas legislações formaram a base para estabelecer a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, instituída pela Lei Federal nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997 e a

implantação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH (FERREIRA *et al.*, 2008; ARAÚJO *et al.*, 2012).

Após a publicação da Lei das Águas, como é chamada a Lei Federal nº 9.433/97, os estados brasileiros vêm tentando entrar em conformidade com os princípios e instrumentos idealizados pela Política Nacional (TEODORO *et al.*, 2007; ARAÚJO *et al.*, 2012).

A preservação dos recursos hídricos existentes, uma das questões mais relevantes para a sociedade contemporânea, também é motivo de preocupação no Brasil, o que é evidenciado pelas atuais legislações como a Lei das Águas, que disciplina o uso das águas no país, e as resoluções Conama 01/86 e 357/2005 que regularam a classificação das águas de acordo com seu uso principal (FERREIRA *et al.*, 2008).

Com a implementação das atuais políticas de recursos hídricos estaduais e nacional, os conflitos pelo uso da água passou a ser objeto de modelos de gestão e de alocação de água, de caráter participativo, o que historicamente era baseado em parâmetros técnicos, em conceitos econômicos ou em dinâmicas sociais. Essa atuação caracteriza-se pela abrangência regional, pela desarticulação com outras políticas públicas e pela reduzida participação social nas decisões (LOPES; FREITAS, 2007).

As questões referentes ao compartilhamento de responsabilidades entre os diversos setores da sociedade vinculados à gestão das águas, intensificaram-se durante a conferência sobre meio ambiente, na cidade do Rio de Janeiro em 1992, resultando na criação da Secretaria de Recursos Hídricos – SRH, no âmbito do Ministério do Meio Ambiente - MMA, em 1995 (GONÇALVES *et al.*, 2007).

Para auxiliar a gestão dos recursos hídricos, a Lei Federal nº 9.433/97 instituiu os instrumentos da política nacional dos recursos hídricos, dentre eles o plano de recursos hídricos, o qual deve conter os projetos e programas previstos para diminuir os conflitos com relação ao uso dos recursos hídricos.

No plano deverá constar as diretrizes para o enquadramento dos rios em classes, assim como os parâmetros para a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e valores de referência para a cobrança. Para tanto, a Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente elaborou um termo de referência para padronizar a elaboração dos planos diretores de recursos hídricos das várias bacias hidrográficas brasileiras (BRASIL, 2000).

A necessidade da elaboração dos planos ficou evidenciada nos conflitos entre os diversos usuários dos recursos hídricos verificados nos estados brasileiros (GONÇALVES *et al.*, 2007).

2.1.2. O Panorama dos Recursos Hídricos no Estado do Tocantins

No Estado do Tocantins, assim como em outros estados brasileiros, a lei que rege todas as normas e diretrizes relacionadas aos recursos hídricos é a Lei Federal nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997, nela são embasadas todas as normativas redigidas pelo Estado.

Com o intuito de se adequar à Lei Federal nº 9.433/97, que estabeleceu à União e unidades federativas a gestão dos recursos hídricos, considerando a necessidade de assegurar à atual e às futuras gerações disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados, o estado do Tocantins publicou o Decreto Estadual nº 637, de 22 de julho 1998, onde se criou o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, órgão consultivo e deliberativo, visando o desenvolvimento sustentável.

Outra medida tomada foi a publicação do Decreto 1.015, de 25 de agosto de 2000, onde determinou que a competência pela execução da política estadual de recursos hídricos, seria do Instituto Natureza do Tocantins - Naturatins, garantindo, dessa forma, a implementação dos instrumentos da política nacional de recursos hídricos. Assim, o estado deu os primeiros passos em direção a gestão dos recursos hídricos (TOCANTINS, 2014).

O primeiro instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos foi implantado com a publicação da Portaria Estadual nº 006 de janeiro de 2001, que aprovava e estabelecia procedimentos para a emissão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, vindo a legitimar o processo de outorga no órgão, bem como definir os usos passíveis de outorga (TOCANTINS, 2014).

Contudo, foi apenas em 22 de março de 2002 que a Lei Estadual n.º 1307, que dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos foi sancionada. A lei estadual foi embasada na lei federal, apresentando poucas modificações, aprofundando-se um pouco mais nas questões referentes as águas subterrâneas.

A partir da elaboração da Lei Estadual n.º 1307/02, surgiu à necessidade de se atualizar as legislações vigentes, com isso foi publicado o Decreto Estadual n.º 2432, de 06 de junho de 2005, substituindo o Decreto n.º 1015/2000 e a Portaria n.º 006/2001, regulamentando a outorga de direito de uso dos recursos hídricos e delegando ao Naturatins a competência pela mesma.

Para fortalecer a gestão dos recursos hídricos, outros instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos tiveram início, dentre eles os comitês de bacias mediante a Resolução CERH/TO n.º 005/2005, publicada no dia 23 de fevereiro de 2006. Embora, apenas no ano de 2011 tenha ocorrido a aprovação da instituição de três Comitês de Bacias do Rio Formoso, do

Rio Manuel Alves e do Entorno do Lago. Neste mesmo ano, foi aprovado o Plano Estadual de Recursos Hídricos. Apesar disso, os planos de bacias são antigos e superficiais, como exemplo temos o do entorno do lago, que foi publicado em 2004, sendo esta uma justificativa para os mesmos não serem utilizados no embasamento das análises de outorga no Estado.

Com esse quadro, pode-se afirmar que o controle e o gerenciamento dos usos dos recursos hídricos no Estado do Tocantins são realizados apenas por meio do instrumento da outorga, embasado no Decreto n.º 2432/05, sem um conhecimento aprofundando sobre as diferentes bacias hidrográficas, suas características e demandas.

2.1.3. Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento

As bacias hidrográficas têm sido adotadas como unidade para análise de questões ambientais, isto se deve principalmente pela criação de normas e regulamentos destinados à ordenação do território (SACRAMENTO; REGO, 2006).

No Brasil, desde o ano de 1997, as bacias hidrográficas foram adotadas como unidade territorial para implantação da gestão de recursos hídricos, contudo, ainda são evidenciados casos de conflitos e dificuldades para sua prática (MIRANDA, 2013).

O desenvolvimento de estudos e a criação de leis de regulamentação do uso dos recursos naturais, fizeram crescer a importância das bacias hidrográficas como unidades de análise e planejamento ambiental (SACRAMENTO; REGO, 2006).

O termo bacia hidrográfica ou bacia de drenagem foi definido por diferentes autores, entretanto, observando suas descrições, pode-se chegar a um consenso como sendo uma área drenada, formada por um conjunto de canais fluviais e tributários interligados, formando uma rede de drenagem onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, carreando sedimentos em suspensão, de fundo e substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas para um único ponto de saída, seu exutório (CARDOSO *et al.*, 2006; TEODORO *et al.*, 2007; CASTRO; CARVALHO, 2009; MEDEIROS *et al.*, 2009).

Segundo os autores Alcântara e Amorim (2005) e Barbosa e Furrier (2011), as bacias hidrográficas são delimitadas pelos divisores de água e seus tamanhos podem variar desde poucos metros quadrados até milhões de quilômetros quadrados, integrando um sistema de

drenagem hierarquicamente organizado, podendo ser subdividida em bacias de dimensões menores, dependendo da saída única que for escolhida.

A bacia de drenagem não depende apenas do total e do regime das precipitações, mas também das perdas por evapotranspiração e infiltração. O escoamento das águas depende da topografia, cobertura vegetal, do tipo de solo, da litologia e da estrutura das rochas que compõem a bacia hidrográfica (BARBOSA; FURRIER, 2011).

Dessa forma a bacia hidrográfica pode ser entendida como unidade integradora para os estudos geoambientais, permitindo identificar e avaliar seus diversos elementos, compreendendo os atributos e as interações que nela ocorrem (SACRAMENTO; REGO, 2006).

Tornando possível realizar estudo detalhado das interações entre o uso da terra e os processos hidrológicos e a qualidade das águas, além disto, como ecossistema aberto e de contornos bem definidos, a bacia se encontra normalmente em equilíbrio, por isso, tem sido adotada como unidade de planejamento dos recursos hídricos (LOUZADA *et al.*, 2011; PINHEIRO; ROSA, 2010).

A bacia hidrográfica pode ser considerada como a principal unidade fisiográfica do terreno, pois suas características controlam todo o fluxo superficial da água, por essa razão, tem sido utilizada como uma unidade geomorfológica fundamental da superfície terrestre (TORRES *et al.*, 2010).

Além disso, tem se tornado uma importante unidade no controle das atividades de uso e conservação dos recursos naturais, principalmente nas situações atuais de grande pressão sobre o ambiente em função do crescimento populacional e do desenvolvimento (BARBOSA; FURRIER, 2011).

O estudo das bacias hidrográficas deve, primeiramente, ser realizado de forma a individualizar os elementos do sistema, caracterizando sua fisiologia e diagnosticando seus atributos como, por exemplo, o estudo da geologia, geomorfologia, drenagem, pedologia, clima, cobertura vegetal e uso das terras. No entanto, esse estudo individualizado é incapaz de elucidar a natureza do conjunto, havendo a necessidade de interpretar a funcionalidade dos sistemas de maneira multidimensional e dinâmica (SACRAMENTO; REGO, 2006).

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos procedimentos comuns, executados em análises hidrológicas ou ambientais (TEODORO *et al.*, 2007). Ela reflete a estrutura geológica, a evolução morfogenética regional, o clima e as intervenções antrópicas (HOTTO *et al.*, 2007; MEDEIROS *et al.*, 2009).

Segundo Prado *et al.* (2010), o conhecimento da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica é importante para o planejamento do uso das terras e manejo das mesmas, pois dependendo de suas características como forma, padrão e densidade, ela facilitará ou não o transporte de sedimentos e poluentes até os rios principais.

No contexto de uma bacia hidrográfica com toda sua sensibilidade ambiental para a elaboração e aplicação de um plano de manejo eficaz, é fundamental a máxima aquisição de dados sobre a realidade pesquisada, gerando informações que permitem um melhor entendimento e conexão dos resultados obtidos com a realidade (PRADO *et al.*, 2010).

2.1.4. A Gestão de Recursos Hídricos

O desafio na gestão dos recursos hídricos é coordenar os diversos interesses de seu uso, a fim de manter os estoques de água e permitir o acesso por parte de todos. Garantir a renovação da água não permitindo que as partes retiradas comprometam o estoque é um aspecto primordial da boa gestão desse recurso, que embora seja considerado renovável, está sujeito ao esgotamento e a escassez em função do mau uso, da exploração e de fatores que influenciam o ciclo hidrológico, podendo inviabilizar o seu uso por outro indivíduo (TOTTI; AZEVEDO, 2013).

Em regiões onde há escassez hídrica e conflitos é fundamental o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, para estabelecer diretrizes e ações visando o aproveitamento e controle desse recurso (SANTOS *et al.*, 2011(b)).

Um problema que deve ser considerado no planejamento, é que os rios são unidirecionais, e os usuários beneficiados ou prejudicados, estão sempre à jusante do ponto de interferência, o que é um fator negativo para a proteção e o uso múltiplo e comum desse recurso (TOTTI; AZEVEDO, 2013).

Para o gerenciamento dos recursos hídricos disponíveis, torna-se necessário conhecer o comportamento hidrológico, seu regime de variações de vazões, sua distribuição espacial e temporal, de forma a auxiliar nas decisões associadas ao uso da água (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Em países mais desenvolvidos as bacias hidrográficas têm sido utilizadas como unidade de planejamento e gerenciamento dos usos das águas, devido principalmente a sua característica integradora, sendo excelentes para a gestão dos elementos naturais e sociais, podendo acompanhar as mudanças causadas pelo homem e as respostas da natureza (CARDOSO *et al.*, 2006).

O gerenciamento das bacias hidrográficas deve ser embasado no conhecimento de suas características físicas, como área de drenagem, forma da bacia, sistema de drenagem e características do relevo (SOUZA; BATISTA, 2007).

Suas características naturais estão ligadas ao ciclo hidrológico podendo interferir no escoamento superficial, dessa forma, ao se realizar um planejamento deve-se levar em consideração a realização de uma caracterização do sistema a ser analisado, com isso construir um conjunto de informações que possibilitará conhecer o sistema, dando suporte ao embasamento de proposta e tomada de decisões (PRADO *et al.*, 2010).

Com esse conjunto de informações é possível minimizar as perdas geradas pela não utilização dos excedentes hídricos nos meses em que a vazão for superior à vazão de referência, estabelecendo dois valores de vazão máxima outorgável, um para o período chuvoso e um para o período seco (CURI *et al.*, 2011).

Corroborando com essa ideia, porém de forma atualizada, Oliveira *et al.* (2013) destaca que a sazonalidade, determinada pelas curvas de permanências mensais, permite ao gestor a flexibilização e racionalização das outorgas de uso das águas em função dos diferentes períodos de oferta de água.

A alocação de água requer uma abordagem interdisciplinar, quando utilizada pelos gestores de recursos hídricos, para mediar conflitos, devendo observar algumas especificidades como as incertezas associadas ao comportamento aleatório dos eventos hidrológicos e consequente ocorrência da água na natureza (MACHADO *et al.*, 2012).

O planejamento do uso das águas apresenta o grande desafio de conseguir atender as demandas dos usos múltiplos de forma integrada e otimizada, buscando a sustentabilidade hídrica do sistema, para isso, métodos de otimização estão entre os instrumentos mais apropriados para efetuar tais análises (SANTOS *et al.*, 2011(a)).

Um dos grandes problemas da gestão das águas está na dificuldade do gestor definir as prioridades de uso, devido à dificuldade de separar as informações existentes. Neste sentido, é necessário que as informações sobre os usos dos recursos sejam consistentes, tenham utilidade prática e que não sirvam apenas para compor um banco de dados (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

2.1.5. Problemas Decorrentes da Falta de Planejamento

Na medida em que ocorre aumento populacional e alta taxa de urbanização, cresce a demanda urbana de água, com isso, a limitação dos recursos hídricos disponíveis faz aumentar

a competição entre os usos da água e reduz o acesso à água de boa qualidade, tornando o abastecimento urbano um grande desafio para a gestão de recursos hídricos (GUEDES *et al.*, 2014).

Dessa forma, para um desenvolvimento sustentável é necessário a gestão integrada da bacia hidrográfica, buscando conciliar o aproveitamento dos seus recursos naturais como o crescimento econômico, assim como manejar os recursos para evitar conflitos e problemas ambientais (FERREIRA *et al.*, 2008).

A ausência de planejamento no uso e ocupação do solo, juntamente com políticas ambientais inadequadas, tem permitido a ocorrência de perturbações com reflexos negativos nos ecossistemas. Esses desequilíbrios apresentam implicações sociais, econômicas e ambientais, tornando necessária a realização de estudos para viabilizar projetos de planejamento socioambiental embasados nos princípios da sustentabilidade (SACRAMENTO; REGO, 2006).

Para Falcão *et al.* (2009), o diagnóstico do meio físico pode ser realizado com diferentes intuitos como planejamento do espaço, avaliação da situação do meio físico para recuperação de áreas degradadas ou com potencial de risco, à preservação da fauna e flora, entre outros.

Ao se explorar os recursos naturais se introduz mudanças nos mesmos, para utilizá-los conforme suas necessidades. Essas mudanças geram desequilíbrio em graus variáveis, portanto, é importante que os planejamentos territoriais sejam baseados em estudos rigorosos do meio físico e de sua dinâmica evolutiva (FERNANDES *et al.*, 2010).

O conhecimento prévio de uma ameaça natural permite o planejamento, a tomada de decisão e o dimensionamento adequado visando a prevenção e mitigação das condições de risco. As intervenções antrópicas têm capacidade de produzir deterioração do ambiente e perdas totais ou parciais dos bens (FERNANDES *et al.*, 2010).

No sistema de recursos de uso comum, qualquer intervenção sofrida pode atingir a todos os seus usuários de forma simultânea, beneficiando a todos com a melhoria da qualidade do sistema, ou, em caso de degradação, todos perderiam, ainda que de maneira diferenciada, podendo ou não ter contribuído para este ganho ou perda (TOTTI; AZEVEDO, 2013).

2.1.6. Os Instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos

A Lei Estadual n.º 1307/2002 estabelece no Artigo 4º os instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos, devidamente embasados no artigo 5º da Lei das Águas, pouco

se diferindo da legislação originária. Tais instrumentos são o plano estadual de recursos hídricos, os planos de bacia hidrográfica, incluindo-se o enquadramento dos corpos de água em classe de uso preponderante, a outorga de direito de uso dos recursos hídricos, a cobrança de taxa pelo uso dos recursos hídricos, a compensação aos municípios, o sistema estadual de informações sobre recursos hídricos e a educação ambiental.

Dentre os instrumentos supracitados, alguns ainda não estão vigentes no Tocantins, como a compensação aos municípios, o sistema estadual de informações sobre recursos hídricos e a educação ambiental específica para os recursos hídricos. A cobrança de taxa pelo uso dos recursos hídricos encontra-se aprovada para a bacia do Rio Formoso, aguardando o início da execução.

2.1.6.1. Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH

As Políticas Nacional e Estadual de Recursos Hídricos foram aprovadas conforme suas instâncias, elas estabelecem as diretrizes de planejamento e gestão. Podendo criar três tipos de planos: o nacional, os estaduais de recursos hídricos e os de bacias hidrográficas (LANNA et al., 2002).

A Lei n.º 1.307/02 determina que o PERH deve levar em consideração visões estratégicas de desenvolvimento social, ambiental e econômica, além da situação do estado no contexto das bacias hidrográficas do país.

Em alguns casos, como no da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, ocorre à integração entre os planos de recursos hídricos, sendo que neste caso específico tem-se os quatro níveis de planejamento de recursos hídricos existentes no Brasil, o plano nacional de recursos hídricos, três planos estaduais de recursos hídricos sendo da Bahia, Pernambuco e Sergipe, ainda os planos de bacia hidrográfica de rios federais afluentes, além dos planos de bacia hidrográfica dos rios estaduais afluentes (SILVA; CIRILO, 2011).

No caso do Ribeirão Água Fria, pode-se citar três níveis de planejamento, visto que o mesmo é afluente do Rio Tocantins, fazendo parte do Plano Estratégico da Bacia Hidrográfica dos Rios Tocantins e Araguaia da Agência Nacional das Águas – ANA, do Plano Estadual de Recursos Hídricos e ainda do Plano de Bacia Hidrográfica do Entorno do Lago, contudo os planos são independentes e não se integram.

De acordo com o governo do Tocantins o objetivo principal do PERH é traçar diretrizes de gestão dos recursos hídricos, buscando assegurar as disponibilidades hídricas em quantidade

e qualidade com o uso racional e sustentável. Deve servir de apoio e orientação político-institucional para outros órgãos ligados as questões hídricas (SEMARH, 2014).

Segundo a legislação estadual o PERH deve estabelecer as diretrizes para a elaboração dos planos das bacias hidrográficas, no entanto, foi apenas no ano de 2011 que ocorreu a sua criação, após a criação dos planos de algumas bacias já terem sido publicados.

2.1.6.2. Planos de Bacia Hidrográfica

De maneira geral, os planos de bacia têm sido elaborados por iniciativas isoladas, ou do Governo Federal ou dos Estados. Nos rios de domínio da União, torna-se necessário um planejamento articulado, a fim de superar as divergências que poderão surgir em função dos diversos interesses envolvidos. Nesse caso deveria ser observada uma sincronia entre a elaboração do plano de uma bacia e dos planos de bacias de rios afluentes, o que poderia contribuir na implementação dos planos de recursos hídricos (SILVA; CIRILO, 2011).

Segundo a Lei Estadual n.º 1.307/02, no Artigo 7º, os planos de bacia hidrográfica devem ter como conteúdo mínimo entre outras informações o diagnóstico da situação dos recursos hídricos do Estado, o balanço entre disponibilidade e demandas futuras em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais, também devem conter a proposta de enquadramento dos corpos de águas em classes de usos preponderantes com as metas respectivas e as prioridades para outorga de direitos de uso dos recursos hídricos.

De acordo com a legislação estadual, o enquadramento dos corpos de água em classe de uso preponderante, está incluído neste instrumento, essa classificação ainda não foi implantada no Estado, dessa forma, todos os corpos hídricos estaduais são enquadrados como classe 2.

No Estado, foram publicados seis Planos de Bacias Hidrográficas sendo a do Rio Lontra e Corda no ano de 2002, do Entorno do Lago em 2004, do Rio Formoso em 2007, do Rio Balsas e São Valério em 2011, do Rio Palma e do Rio Manuel Alves ambos contratados em 2007 (SEMARH, 2014).

Contudo, nenhum dos planos de bacias publicados apresentam todos os requisitos básicos exigidos pela legislação, como exemplo podemos citar o enquadramento e as prioridades para a outorga. Deve-se salientar que os planos são ultrapassados e superficiais, necessitando de alterações e implementação, apresentando informações que auxiliem na gestão e tomada de decisão quanto ao uso dos recursos hídricos.

2.1.6.3. Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos

De acordo com Machado *et al.* (2012), a outorga de direito de uso da água é o instrumento legal de alocação, visando uma distribuição da água justa que atenda às necessidades ambientais, econômicas e sociais, reduzindo ou eliminando conflitos entre usuários e assegurando as demandas futuras.

A outorga de direito de uso da água tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água. A vazão e o volume a ser outorgado é determinado pelos órgãos gestores, respeitando a dominialidade dos corpos hídricos (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Segundo Lopes e Freitas (2007), quando a alocação é realizada pelo estado permite perseguir objetivos justos possibilitando planejar investimentos de longo prazo com relação aos recursos hídricos, infelizmente tende a substituir o mecanismo de mercado, o que pode levar ao desperdício e a má alocação.

Para que a gestão dos recursos hídricos seja eficiente, o instrumento da outorga deve ser implementado a partir de um estudo da disponibilidade hídrica, além do levantamento das quantidades de água demandadas na bacia, compatibilizando as disponibilidades hídricas com as necessidades de uso (CRUZ *et al.*, 2006; CRUZ; SILVEIRA, 2007).

A implantação da outorga no Tocantins ocorreu no ano de 2001, passando a ser atribuição do Instituto Natureza do Tocantins – Naturatins o controle quantitativo e qualitativo do uso da água, além da fiscalização dos usos dos recursos hídricos.

Atualmente, no Estado do Tocantins a outorga é regulada pelo Decreto Estadual 2.432 de 6 de junho de 2005, onde no artigo 2º determina que a outorga é condicionada à disponibilidade hídrica e às prioridades expressas no Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH e nos Planos de Bacias Hidrográficas – PBHs. Porém, na ausência desses planos, o Naturatins deve definir os critérios e condições das outorgas.

Apesar do Estado possuir o PERH e alguns PBHs, estes não trazem diretrizes específicas das bacias para a regulamentação da outorga, cabendo ao órgão ambiental analisar os recursos hídricos no Estado de forma igualitária, sem atentar para as especificidades de cada região que o compõe.

Para Carolo (2007) as solicitações de outorga devem ser avaliadas abordando, primeiramente, o enquadramento, a disponibilidade e as prioridades estabelecidas nos planos de bacias. Posteriormente, devem ser aplicados os critérios do uso racional da água e a verificação da existência de conflito pelo uso da água.

Um dos grandes desafios da operacionalização da outorga está na definição dos valores de vazão máxima outorgável, na falta de dados fluviométricos nas bacias, no desconhecimento de todos os usuários e suas respectivas demandas, na ausência de sistemas definidos para as águas subterrâneas e na falta de metodologias para os cálculos de vazão ecológica (RIBEIRO; LANNA, 2003).

A Lei Federal 9.433/97 juntamente com a Lei Estadual 1.307/02 e o Decreto Estadual 2.432/05, podem contribuir com a falta de informações de alguns usuários e de suas demandas, quando determinam que algumas captações não estão sujeitas a outorga. Dessa forma elas deixam de ser cadastradas no órgão ambiental no Estado do Tocantins.

Considerando bacias de grande porte, onde os rios apresentam água em abundância, a falta de conhecimento de todos os usuários na análise dos processos de outorga, não ocasionaria grandes problemas, mas quando consideramos bacias de pequeno porte, como a bacia do Ribeirão Água Fria, o desconhecimento de todas as demandas de captações poderia prejudicar a análise dos técnicos, que acabariam liberando além da capacidade do recurso hídrico, causando conflitos entre os usuários.

2.1.7. Dificuldades e Limitações da Aplicabilidade da Legislação

Segundo Lima *et al.* (2010), as dificuldades de implementação das políticas hídricas na região norte do país, estão relacionadas a falta de cultura da gestão preventiva da oferta hídrica.

Para contornar essa realidade, o Tocantins tenta executar a Lei das Águas, introduzindo os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituindo leis e normativas para regulamentar o uso das águas no estado, visando obter avanços na gestão dos recursos hídricos.

Os órgãos no estado do Tocantins responsáveis pela gestão dos recursos hídricos e pela execução da política estadual de recursos hídricos são, respectivamente, a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Semarh, e o Instituto Natureza do Tocantins - Naturatins.

Após a publicação do Decreto Estadual n.º 2432, de 06 de junho de 2005, que regulamenta a outorga do direito de uso de recursos hídricos, surgiram algumas dificuldades com relação à legislação. De acordo com Ribeiro e Lanna (2003), dentre as dificuldades encontradas na execução da outorga estão a inexistência de dados fluviométricos nas bacias hidrográficas, o desconhecimento sobre usuários e respectivas demandas e o desenvolvimento de metodologias específicas para o estabelecimento dos valores adequados a serem outorgados.

Segundo Pereira (2012), a insuficiência de dados fluviométricos, o alto custo de implantação, operação e manutenção de uma rede hidrométrica, impedem a existência de dados precisos referentes ao quantitativo hídrico das redes de drenagem. Para Luiz *et al.* (2013), mesmo com uma densa rede hidrometeorológica, não seria possível atender às necessidades de informações para os recursos hídricos.

Embora com poucos dados fluviométricos, foi definida, por meio do Decreto n.º 2432/05, a vazão de referência para a outorga, como uma vazão de até 90% de permanência. De acordo com Curi *et al.* (2011), o uso da vazão de referência diminui a ocorrência de falhas, apesar de limitar o crescimento dos sistemas de uso da água, já que as vazões reais superam a vazão de referência.

Outra dificuldade, segundo Silva e Boas (2013), são os usos insignificantes, usos que devido a seu pequeno impacto ficam dispensados da outorga. O uso insignificante deve ser regulamentado por cada Comitê de Bacia Hidrográfica ou legislação estadual. Entretanto, o critério de insignificância não poderá ser o mesmo para todas as bacias, pois é necessário levar em consideração fatores como diferenças de vazão entre corpos de água e estações do ano, sendo necessário o controle e fiscalização por parte do Poder Público.

No caso do Tocantins, o Decreto n.º 2432/05 determina que sejam consideradas captações insignificantes, as vazões de até 21,6 m³/dia, independente da bacia hidrográfica.

Observando a Lei n.º 9.433/97 e o Decreto n.º 2432/05, percebe-se outra dificuldade referente ao uso do recurso hídrico que independem de outorga, sendo estes, constituídos por usos essenciais para a existência dos seres vivos, os quais abrangem as primeiras necessidades como o consumo humana e de animais e os cuidados básicos com a higiene. Ainda assim, mesmo considerado uso independente de outorga, se faz necessário o registro e fiscalização por parte do Poder Público no que se refere aos usos concorrentes (SILVA; BOAS, 2013). Apesar disso, no estado do Tocantins, os usos que independem de autorização não são cadastrados ou fiscalizados.

2.2. A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria

Palmas é uma cidade relativamente nova, implantada no ano de 1990 para ser a capital do Estado do Tocantins. De acordo com o IBGE (2010), o censo demográfico era de 228.332 habitantes em Palmas, estimando-se que em 2014 seria uma população de 265.409. Essa

população é praticamente urbana, segundo relatório apresentado pela Secretaria de Planejamento e Orçamento – SEPLAN, em 2010 a população rural de Palmas era de 6.590.

A capital foi concebida para ser o centro administrativo e econômico do Estado apresentando o maior Produto Interno Bruto – PIB do Tocantins. O setor de serviços é o principal setor da economia palmense, sendo as atividades que mais se destacaram o comércio e a administração pública (SEPLAN, 2013).

A cidade está localizada na margem direita do Lago de Lajeado, formado pelo represamento do Rio Tocantins após a construção da Usina Hidrelétrica de Lajeado. Apesar de estar cercado por um grande volume de água, o abastecimento da cidade é realizado pelos ribeirões que cortam a cidade.

As bacias hidrográficas do entorno de Palmas, tem suas nascentes desenvolvendo-se na área de proteção ambiental da A.P.A. Serra do Lajeado, entretanto, nessa região concentra grande atividade antrópica em função da proximidade com a cidade. Existem na região pontos de expressivo interesse para a recreação, lazer e o ecoturismo, esses mananciais também são utilizados para abastecer a população residente em Palmas, bem como suas atividades econômicas. Além disso, essas bacias contribuem diretamente no reservatório da UHE Luiz Eduardo Magalhães, popularmente conhecido como UHE Lajeado (TOCANTINS, 2004).

Conforme classificação adotada pela Agência Nacional das Águas – ANA, os Ribeirões Taquaruçu Grande, São João e Água Fria e demais cursos d'água da região, estão inseridos na sub-bacia 22, descrita como sendo a área de drenagem do Rio Tocantins. Entretanto, de acordo com o Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Tocantins, estão incluídas na sub-bacia T1 (TOCANTINS, 2004).

O Ribeirão Água Fria apresenta um papel importante para a cidade de Palmas, nele encontra-se a estação de tratamento de água ETA 003, com a capacidade de produção de 360 m³/h, vazão que abastece parte da população da capital (TIMÓTEO; SERRA, 2013).

Outra característica importante está na proximidade do ribeirão com a cidade, fato que vem despertando o interesse de empreendimentos imobiliários, visando desde 2003 a implantação de loteamentos na região da bacia do Ribeirão Água Fria.

No ano de 2009 foi firmada uma parceria do Estado do Tocantins junto a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, para a instalação de unidade da Embrapa no Estado. O governo doou uma área localizada na bacia do Ribeirão Água Fria para a implantação da sede da Embrapa, onde foi desenvolvido o projeto de pesquisa em aquicultura. Com o

desenvolvimento do projeto pela Embrapa, aumentou o interesse da piscicultura no Estado (CONEXÃO, 2009)

Segundo Moreira *et al.* (2012), enquanto a ocupação do solo é pouco intensiva e a densidade demográfica é baixa, a preocupação com o controle do uso da água exige menores cuidados, no entanto, à medida que o seu uso aumenta surgindo conflitos, uma maior atenção para a proteção dos recursos hídricos deve ser tomada, visando o seu aproveitamento racional.

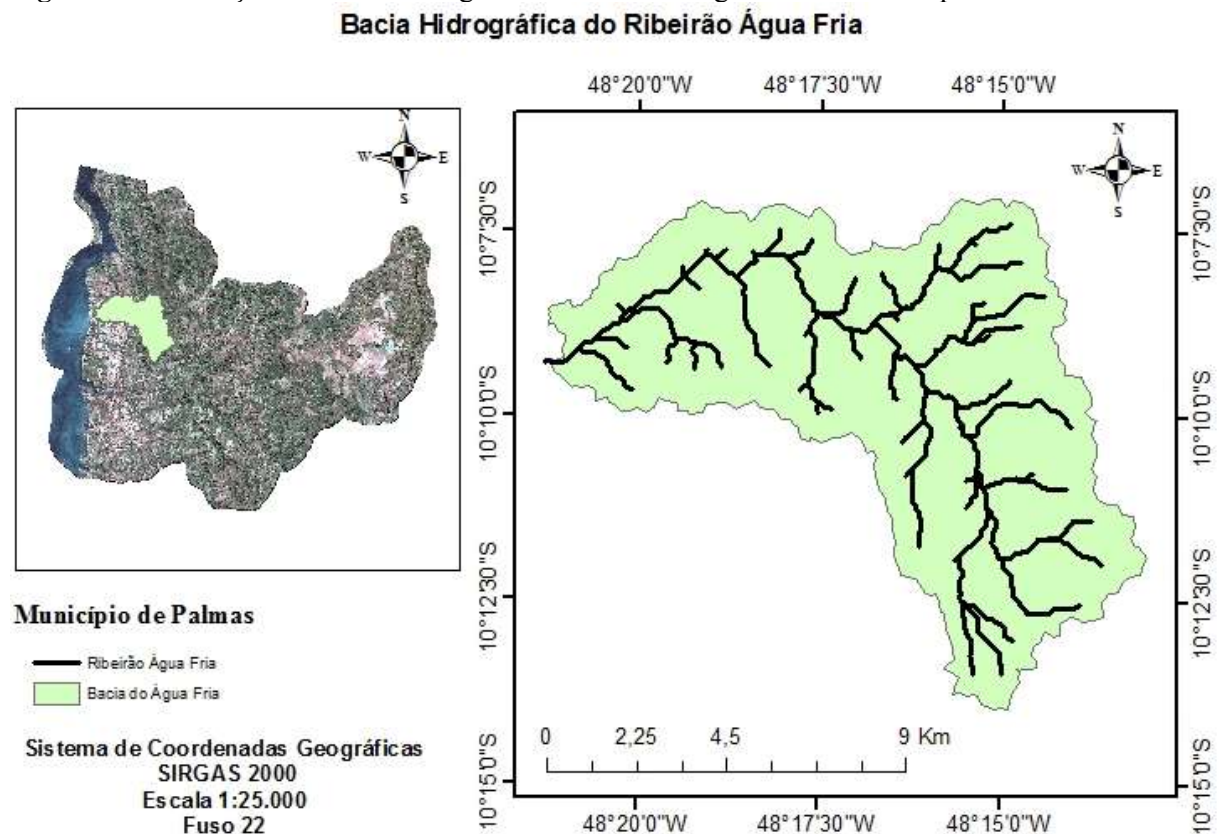
3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização da Área de Estudo

3.1.1. Localização

A Bacia hidrográfica do Ribeirão Água Fria está situada entre as latitudes $10^{\circ} 07' 02''$ e $10^{\circ} 13' 59''$ Sul e as longitudes $48^{\circ} 21' 17''$ e $48^{\circ} 13' 00''$ Oeste, no município de Palmas, capital do Estado do Tocantins. A bacia fica situada na região Norte do Brasil na Mesorregião Oriental do Estado, encontrando quase todas as suas nascentes na Serra do Lajeado, sua foz está localizada no Lago da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães. A Figura 1 mostra a localização da bacia no município de Palmas.

Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria no Município de Palmas.



Fonte: Adaptado de Projeto de Atualização Cartográfica e Mapeamento do Uso do Solo do Município de Palmas – TO, executado em cumprimento ao TAC 25º Promotoria de Justiça da Capital com a Empresa de Saneamento do Tocantins (Saneatins).

3.1.2. Clima

O clima, de acordo com o Laboratório de Meteorologia da Universidade Federal do Tocantins – LABMET, na classificação de THORNTHWAITE é C2wA 'a' subúmido, com duas estações bem definidas (uma chuvosa e a outra seca), apresentando durante a estação seca (inverno) moderada deficiência hídrica, megatérmico com evapotranspiração potencial anual de 1688,2 mm (dos quais 61,03% se concentram no verão). As temperaturas oscilam entre mínimo de 15,4°C (julho) e máximo de 35,2°C (setembro).

O regime pluviométrico apresenta características tipicamente tropicais, com precipitação acumulada de 1519,4 mm, com mais de 91% desse volume concentrado entre os meses de outubro e abril (estação chuvosa). Contudo, o período entre os meses de abril e setembro (estação seca) caracteriza-se pelos baixos índices pluviométricos, quando se observa por vezes ausência total de chuvas em pelo menos trinta dias consecutivos, esse período também é caracterizado pela elevada ocorrência de queimadas.

3.1.3. Solos

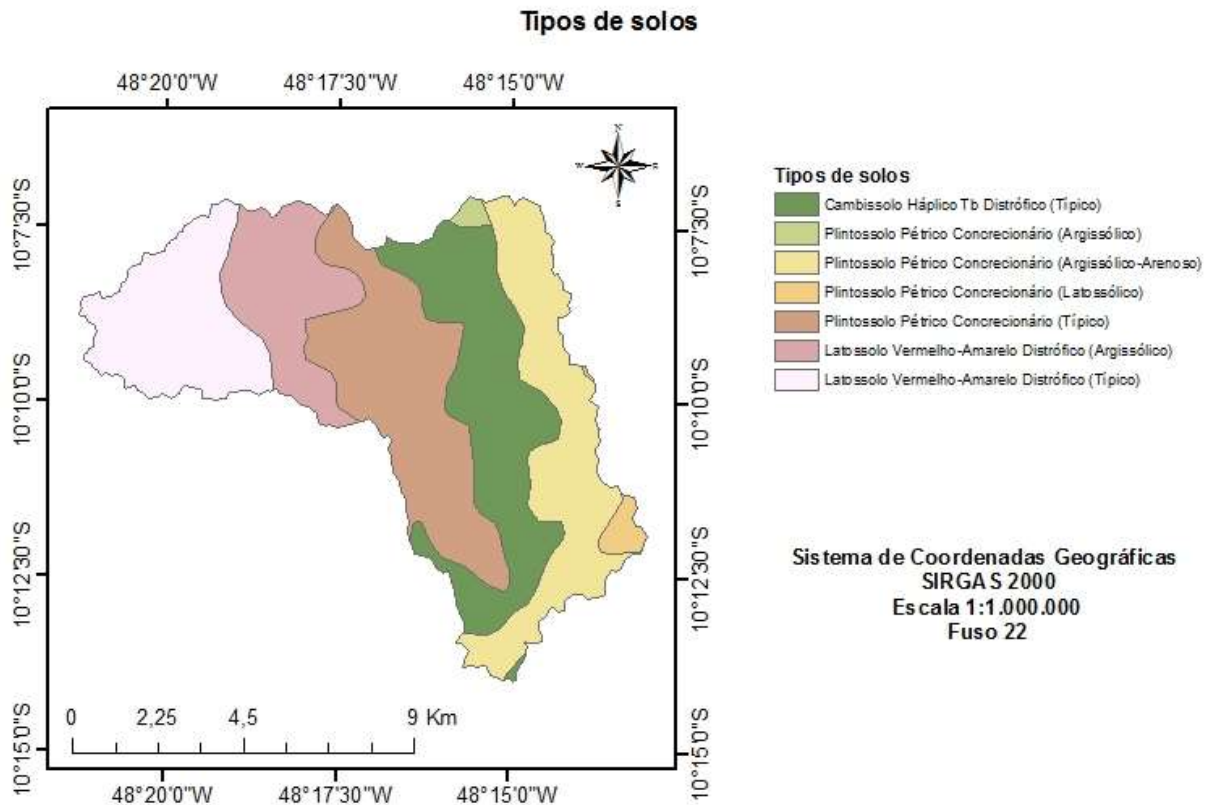
De acordo com os dados do INDE (2015), a área de estudo apresenta solos do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico - Típico e Argissólico, Plintossolo Pétrico Concrecionário – Argissólico, Latossólico e Típico, e Cambissolo Háptico Tb Distrófico - Típico. A figura 2 mostra o mapa dos tipos de solo na área da bacia.

Os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos são encontrados em praticamente todo território brasileiro, são bem drenados e muito profundos, são muito utilizados para agropecuária apesar de apresentar limitações de ordem química, apresentando baixa fertilidade. Na área são descritos dois tipos o Típico e o Argissólico. (ALMEIDA, 2015)

Os Plintossolos Pétricos Concrecionários são solos rasos com sérias restrições ao uso agrícola pois dificulta o enraizamento das plantas e o uso de equipamentos agrícolas, são geralmente utilizados para pastagens, apresenta uma camada de concreções de óxido de ferro. Na área são descritos os tipos o Argissólico, Latossólico e Típico. (EMBRAPA, 2006)

Os Cambissolos Hápticos Tb Distróficos são solos de fertilidade natural variável, relevo com declives acentuados, pequena profundidade, ocorrência de pedras, são solos com argila e de baixa fertilidade. Na região foi descrito apenas o tipo Típico (SANTOS, 2015).

Figura 2. Classificação dos tipos de solos presentes na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.



Fonte: Adaptado de INDE (2015)

3.1.4. Vegetação

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria está inserida no bioma cerrado. Segundo IBRAM (2012) o bioma cerrado é composto por um mosaico vegetacional com várias fitofisionomias, que englobam formações florestais, formações savânicas e formações campestres. A vegetação do Cerrado apresenta uma alta riqueza florística, uma considerável parte das espécies arbóreas são endêmicas, mas também ocorrem espécies arbóreas compartilhadas com outros Biomas.

Na área são encontradas as fitofisionomias de cerrado sensu stricto, parque de cerrado, capoeira, vereda, além das formações florestais tipo mata seca, mata ciliar e cerradão (figura 3).

O cerrado sensu stricto apresenta árvores baixas, inclinadas, tortuosas e com ramificações irregulares e retorcidas, o parque de cerrado é o agrupamento de árvores em murundus ou monchões, as veredas são espécies arbustivo-herbáceas com a presença de buritis (IBRAM, 2012).

As formações florestais são representadas pelas matas ciliares que ocorrem associadas a rios e córregos, caracterizada pela caducifólia na estação seca, as matas secas são formações fechadas, não associada a cursos d'água e o cerradão que, apesar de ocorrerem espécies de floresta, floristicamente se assemelha mais ao Cerrado sensu stricto, apresenta formação arbórea média-alta, com copa variando de fechada a semi-aberta (IBRAM, 2012).

3.1.5. Uso e Ocupação do Solo

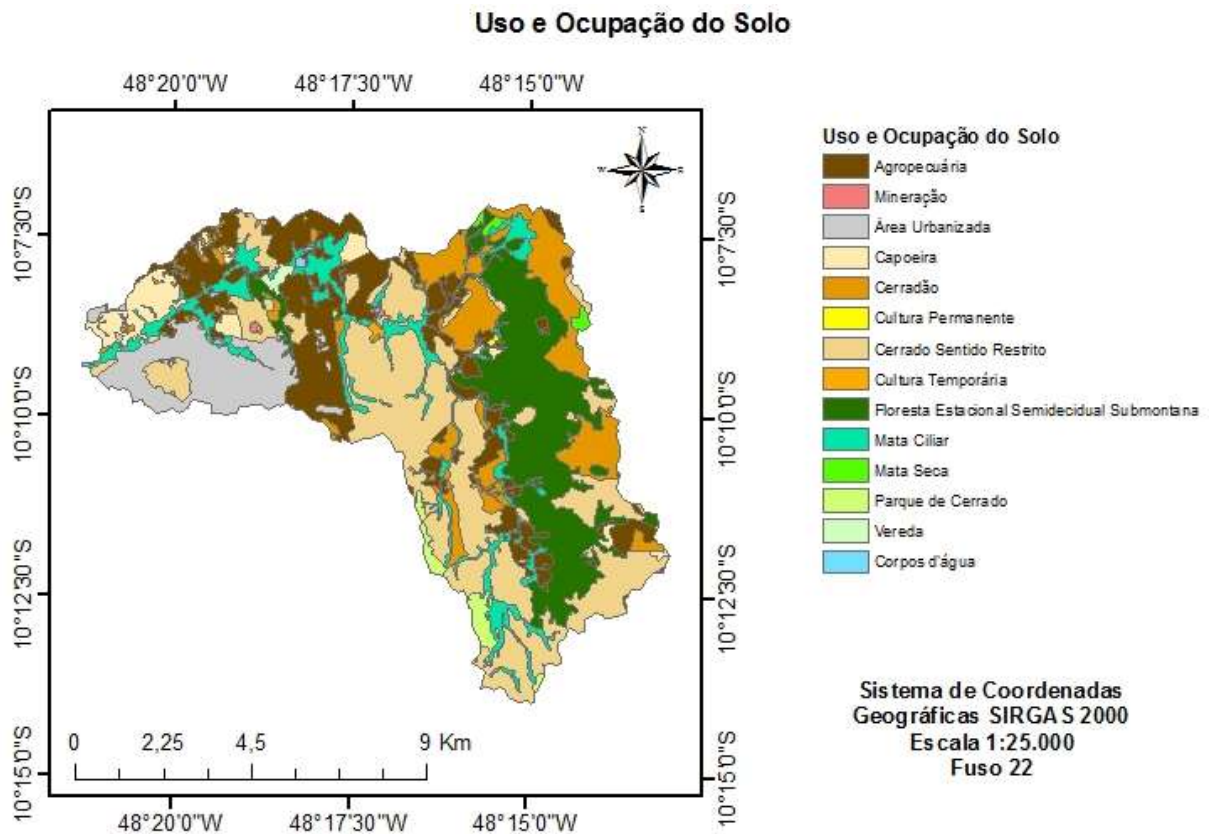
A área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria apresenta-se bem conservada, com algumas faixas antropizadas, principalmente na região de sua foz, inserida na zona urbana do município, correspondente a 8,1% da área da bacia, segundo os dados fornecidos pela Seplan.

Dentre as atividades desenvolvidas na área, pode-se citar a agropecuária, ocupando 17,8% da área da bacia, as culturas permanentes, culturas temporárias e mineração, cada uma ocupando apenas 0,1% da área da bacia. A figura 3 demonstra o uso e ocupação do solo na área da bacia.

Em detrimento da proximidade da bacia com a zona urbana de Palmas, pode-se afirmar que as áreas antropizadas tendem a sofrer um aumento, principalmente com a abertura de loteamentos como o Vale da Cachoeira, que comporta atualmente 68 chacareiros ao redor do ribeirão.

As chácaras localizadas no território da bacia estão aderindo à atividade de piscicultura, em razão do incentivo estadual e da existência do projeto de piscicultura desenvolvido pela Embrapa no Ribeirão Água Fria.

Figura 3. Classificação do uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.



Fonte: Adaptado de Projeto de Atualização Cartográfica e Mapeamento do Uso do Solo do Município de Palmas – TO, executado em cumprimento ao TAC 25º Promotoria de Justiça da Capital com a Empresa de Saneamento do Tocantins (Saneatins).

3.2. Materiais

Na delimitação da bacia e extração da rede de drenagem utilizaram-se os dados altimétricos do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil ou projeto Topodata, com dados processados pelo INPE, que oferece o Modelo Digital de Elevação - MDE de todo território nacional, disponível no link <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>.

Para elaboração deste estudo foi utilizada a folha 10s495, disponível para download no formato geotiff. As variáveis geomorfométricas se encontram disponíveis em quadrículas compatíveis com a articulação 1:250.000, com resolução espacial de 30 metros (VALERIANO, 2008).

O software utilizado na execução do estudo, para o adequado processamento e análise dos dados, foi o *ArcGis 10.1*, desenvolvido pelo *Environmental Systems Research Institute – ESRI*, possui diversas ferramentas que permite a manipulação de dados e confecção de mapas.

As ferramentas utilizadas no geoprocessamento foram *Projections and Transformations* e *Raster* do *Data Management Tools*, presentes na guia *ArcToolbox*. Para a extração da hidrografia, empregou-se a ferramenta *Hydrology* do *Spatial Analyst Tools*, disponível na guia *ArcToolbox*. A hierarquia dos canais foi determinada empregando a ferramenta *Stream Order* presente na ferramenta *Hydrology*.

Para a produção dos mapas temáticos de caracterização da bacia, utilizou-se os dados fornecidos pela Seplan, obtido por meio do Projeto de Atualização Cartográfica e Mapeamento do Uso do Solo do município de Palmas/TO, executado em cumprimento ao Termo de Ajuste de Conduta da 25ª Promotoria de Justiça da Capital com a Empresa de Saneamento do Tocantins – Saneatins, apresentando o produto orbital do satélite SPOT 5, sensor HRC (High-Resolution Geomatic), com resolução espacial de 2,5 metros, gerada no ano de 2011.

Os dados de vazão do Ribeirão Água Fria foram fornecidos pela companhia de abastecimento público de Palmas, a Saneatins, em detrimento da inexistência de estação fluviométrica na bacia.

A Saneatins realiza medições de vazão no ribeirão desde o ano de 2001 nos meses de julho, agosto e setembro, as medições ocorrem a 1000 metros à montante do ponto de captação da empresa, nas coordenadas UTM 8877226E e 797555N.

Segundo Cruz (2001), amostragens de vazão realizada durante o período de estiagem, podem ser utilizadas para conhecer o comportamento do corpo hídrico, principalmente em bacias de pequeno porte.

Nos dados disponibilizados constam medições de 2001 até 2013, em formato de tabela eletrônica e imagem em gráfico, para análise dos dados utilizou-se tabela e gráfico eletrônicos do *software MS Excel 2013*.

Para determinar a precipitação, foram utilizados os dados de precipitação para o município de Palmas, de 1993 a 2014, disponibilizado no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa/INMET, da Estação identificada como OMM 83033.

No levantamento dos usuários com autorização para a captação de água, as informações foram disponibilizadas pelo órgão responsável pela concessão de direito de uso da água no Tocantins, no caso, o Instituto Natureza do Tocantins – Naturatins, o qual forneceu os dados das outorgas superficiais e das Declarações de Uso Insignificante - DUI emitidas para a bacia em estudo, concedidas até o mês de dezembro de 2014.

Com as informações fornecidas pelo Naturatins, elaborou-se uma planilha eletrônica utilizando o *software MS Excel 2013*, contendo o tipo de autorização, o número da autorização,

o usuário, a vazão liberada para captação, a finalidade do uso da água, as coordenadas e observações pertinentes. Posteriormente, foi confeccionado um gráfico demonstrando as vazões liberadas para cada usuário e um mapa contendo a localização das captações superficiais autorizadas. Para a construção do mapa, foi utilizado o recorte da bacia hidrográfica, gerado no *software ArcGis 10.1* e as coordenadas das propriedades, que foram obtidas no levantamento disponibilizado pelo Naturatins.

Para o levantamento dos usuários sem autorização, solicitou-se aos presidentes das duas associações presentes na bacia, informações acerca de seus associados. A Associação Complexo Ecológico Vale da Cachoeira e Região forneceu um mapa em formato *oxps*, contendo a divisão e distribuição do loteamento, bem como uma listagem com o nome dos chacareiros em formato *xlsx*.

No levantamento de campo, utilizaram-se um GPS da marca Garmin e imagens históricas do *Google Earth*, para adequada localização das propriedades da bacia. Foram solicitadas informações nas propriedades visitadas, essas informações foram inseridas e analisadas em planilha eletrônica do *software MS Excel 2013*. A vazão captada foi determinada utilizando um balde de 50 litros com marcação interna e um cronômetro.

Com as informações das propriedades sem autorização para captação, foi confeccionado o mapa da bacia com a localização das propriedades utilizando o recorte da bacia hidrográfica, gerado no *software ArcGis 10.1*.

3.3. Métodos

3.3.1. Caracterização Morfométrica

A delimitação da bacia e extração da rede de drenagem ocorreu de forma automática utilizando o Modelo Digital de Elevação – MDE. Segundo Silva e Moura (2013), o método automático utiliza procedimentos para processar as informações requerendo pouca intervenção do analista, agilizando o tempo de dedicação para a geração das informações.

Adotando a metodologia de Silva e Moura (2013), primeiramente, definiu-se o sistema de projeção para o arquivo do MDE, pois o mesmo não possui referência espacial, dessa forma, originou-se um MDE com coordenadas planas UTM. Todas as etapas foram executadas por intermédio do programa *ArcGis 10.1*.

Com a ferramenta *Flow Direction* foi gerada a direção dos rios, resultando em um arquivo *raster*. Como o arquivo gerado havia distorções, utilizou-se a ferramenta *Sink*, que identifica os vazios e as imperfeições no *raster* de superfície gerado. Em seguida, foi executado o comando *Fill* para o preenchimento dos vazios, gerando um novo *Flow Direction* corrigido.

A partir do *raster* corrigido, foi executada a ferramenta *Flow Accumulation*, que determinou a acumulação do fluxo. Com base no *Flow Accumulation*, foi executada uma expressão algébrica de condição, que determinou a rede de drenagem.

Para a hierarquia dos rios foi utilizado o limiar de 500, ressaltando que, quanto maior os limiares, mais genéricos serão os córregos da rede de drenagem.

Obtida a rede de drenagem, esta foi sobreposta a imagem de satélite da bacia, para verificar a representatividade da hidrografia.

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria foi delimitada por meio da execução do comando *Watershed*, a partir da edição de um ponto que corresponde à confluência do ribeirão com o Lago da Usina Hidrelétrica de Lajeado.

Com a delimitação da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, foi possível extrair a amplitude altimétrica e os intervalos de declividade da bacia utilizando o MDE, a partir da ferramenta *Clip* do *Raster Processing*.

A amplitude altimétrica da bacia corresponde à diferença entre a altitude mínima e a altitude máxima localizada em algum ponto na bacia. Para determinar a amplitude utilizou-se a equação 1:

$$\Delta a = h_1 - h_2 \quad (1)$$

Onde:

Δa = Amplitude altimétrica;

h_1 = Altitude máxima;

h_2 = Altitude mínima.

A declividade da bacia é definida como a variação de altitude entre dois pontos do terreno em relação à distância que os separa. Para Alves *et al.* (2014), a declividade pode ser definida como o ângulo de inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal, podendo ser expressa em graus ou porcentagens.

Esse parâmetro é importante, pois influencia a relação entre a precipitação e o escoamento superficial na bacia hidrográfica, estando diretamente relacionada à velocidade e ao potencial de infiltração de água no solo (ARAI *et al.*, 2012; COUTINHO *et al.*, 2011).

A tabela 1 apresenta a divisão dos intervalos da declividade conforme classificação sugerida pela Embrapa.

Tabela 1. Classificação da declividade e sua interpretação.

Intervalo de declividade %	Tipo de relevo
< 3	Plano
3 - 8	Suave ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

Fonte: Adaptado de Embrapa (2006)

Para determinar os índices morfométricos da bacia foram utilizadas rotinas específicas, com o comando *Measure* na guia *Tools*, do *software ArcGis 10.1*, dessa forma as características geométricas básicas foram definidas, dentre elas a área e o perímetro da bacia.

a) Área da bacia (A) - representa a medida da área de drenagem delimitada pelo divisor de águas da bacia hidrográfica, projetada em plano horizontal, em km².

b) Perímetro da bacia (P) - comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas que delimita a área da bacia, em km.

Os parâmetros morfométricos utilizados foram baseados no trabalho de Coutinho *et al* (2011), abrangendo as características geométricas, as hidrografias e o relevo. Sendo esses parâmetros:

c) Coeficiente de compacidade (Kc) - representa a relação da forma da bacia com um círculo. Segundo Rocha *et al.* (2014), esse parâmetro é utilizado para determinar o tempo de concentração da bacia. Seu valor é adimensional, quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Para a determinação desse índice utilizou-se a equação 2:

$$Kc = 0.28 \times P / \sqrt{A} \quad (2)$$

Onde:

P = perímetro da bacia (km);

A = área da bacia (km²).

d) Fator de forma (Kf) - relaciona a forma da bacia com um retângulo, correlacionando a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia, é uma grandeza adimensional. O fator de forma baixo indica que a bacia é menos suscetível a enchentes. Para sua determinação, foi utilizada a equação 3:

$$Kf = A / L_{axial}^2 \quad (3)$$

Onde:

A = área da bacia (km²);

L_{axial} = comprimento axial da bacia hidrográfica (km).

Como instrumento para auxiliar na compreensão dos limites e na sua interpretação, foi inserida a tabela 2 com os valores e a explicação dos parâmetros supracitados.

Tabela 2. Classificação e interpretação dos parâmetros coeficiente de compacidade (Kc) e fator forma (Kf).

Kc	Kf	Formato	Interpretação
1.00 – 1.24	1.00 – 0.75	Redonda	Alta tendência a enchentes
1.25 – 1.50	0.75 – 0.50	Ovalada	Tendência mediana a enchentes
1.50 – 1.70	0.50 – 0.30	Elíptico	Baixa tendência a enchentes
> 1.70	< 0.30	Comprida	Tendência a conservação

Fonte: Adaptado de Nardini *et al.* (2013)

e) Razão de alongação (Re) - dada pela relação entre o diâmetro do círculo de área igual à área da bacia e o comprimento do eixo da bacia, é outro parâmetro geométrico que indica o grau de circularidade da bacia, sendo uma grandeza adimensional. Quanto maior o valor da razão, maior será a probabilidade de ocorrência de cheias enquanto valores menores, apontam para uma bacia mais alongada o com menor risco de cheias. Seu cálculo é efetuado pela equação 4:

$$Re = 1.128 \left[\frac{A^{0.5}}{L_{axial}} \right] \quad (4)$$

Onde:

A = área da bacia (km²);

L_{axial} = comprimento axial da bacia hidrográfica (km).

f) Tempo de concentração (T_c) – é o tempo mínimo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial em seu exutório. Silveira (2005) relata que o tempo de concentração seria o tempo entre o fim da chuva efetiva e o fim do escoamento superficial direto. A equação 5 foi desenvolvida por Kirpich, devendo ser utilizada para bacias rurais com área entre 4,05 km² e 809,37 km² (PAULINO, 2014).

$$T_c = 0.633L^{0.77}S^{-0.385} \quad (5)$$

Onde:

T_c = tempo de concentração (horas)

L = comprimento do talvegue (km)

S = declividade média do talvegue (m/m)

g) Densidade de drenagem (Dd) - relação entre o comprimento total de canais e a área da bacia, pode atuar como indicador da vulnerabilidade do solo. Este índice fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede e a área total da bacia (RODRIGUES *et al.*, 2013). Sendo calculado pela equação 6:

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (6)$$

Onde:

Lt = somatório do comprimento de todos os cursos d'água (km);

A = área da bacia (km²).

h) A densidade hidrográfica (Dh) - relaciona o número de canais por unidade de área, conforme Strahler (1964 apud BORSATO; MARTONI, 2004), o número de canais corresponde ao número de rios de ordem um. Este parâmetro é importante para demonstrar a capacidade de uma determinada área gerar novos cursos de água. Para seu cálculo utilizou-se a equação 7:

$$Dh = N/A \quad (7)$$

Onde:

N = número de cursos d'água da ordem 1;

A = área da bacia (km²).

A tabela 3 apresenta os parâmetros de densidade de drenagem e densidade hidrográfica, classificados em intervalos de limites, com suas respectivas interpretações.

Tabela 3. Classificação e interpretação dos parâmetros de densidade de drenagem (Dd) e de densidade hidrográfica (Dh) de uma bacia hidrográfica.

Dd	Dh	Descrição
< 0.50	< 3	Baixa
0.50 – 2.00	3 – 7	Média
2.01 – 3.50	7 – 15	Alta
> 3.50	> 15	Muito alta

Fonte: Adaptado de Santos *et al.* (2012)

i) Índice de rugosidade (HD) - combina as variáveis, declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, expressando-se como número adimensional. Segundo

Castro e Carvalho (2009), o índice de rugosidade é o resultado do produto entre a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem. Podendo ser calculado pela equação 8:

$$HD = \Delta a \times Dd \quad (8)$$

Onde:

Dd = densidade de drenagem;

Δa = amplitude altimétrica (km).

j) Razão de relevo (Rr) - relação entre a amplitude altimétrica da bacia e o comprimento axial do canal principal. Segundo Nadini *et al.* (2013) e Rodrigues e Werlang (2011), quanto maior o valor da razão de relevo, mais acidentado é o terreno, desta forma, maior será o escoamento superficial direto das águas pluviais, o que reflete em uma menor infiltração do deflúvio, propiciando erosões. A tabela 6 apresenta a classificação em limites desse índice com sua respectiva interpretação. Para o cálculo do índice foi utilizada a equação 9:

$$Rr = \Delta a / L_{axial} \quad (9)$$

Onde:

Δa = amplitude altimétrica (km);

L_{axial} = comprimento axial da bacia hidrográfica (km).

Tabela 4. Classificação e descrição do parâmetro razão de relevo (Rr).

Limites	Descrição
0.0 – 0.10	Baixa
0.11 – 0.30	Média
0.31 – 0.60	Alta

Fonte: Adaptado de Coutinho e Nascimento (2013)

Para determinar a hierarquia dos canais, foi utilizada a ferramenta *Stream Order* do *Hydrology*. A hierarquia dos canais ocorreu conforme a metodologia descrita por Strahler (1952 apud SANTOS *et al.*, 2012), considerando os menores canais, sem tributários, como de primeira ordem, os canais de segunda ordem surgem, necessariamente, da confluência de dois canais de primeira ordem, os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem que podem receber afluentes de primeira e segunda ordem, e assim sucessivamente (BARBOSA; FURRIER, 2012).

3.3.2. Vazão do Ribeirão Água Fria

Para o diagnóstico do comportamento do recurso hídrico e análise da disponibilidade hídrica juntamente com as demandas, foram confeccionados gráficos utilizando os dados de vazão fornecidos pela Companhia de Saneamento do Tocantins – Saneatins.

Além de identificar a vazão real do Ribeirão Água Fria, os dados fornecidos pela Saneatins foram utilizados para determinar a vazão de referência para a Bacia hidrográfica do Ribeirão Água Fria. Consoante o Decreto n.º 2432/05, a vazão de referência é baseada na vazão com 90% de permanência para a bacia, ou seja, a Q_{90} , dessa forma, determinou-se a curva de permanência do ribeirão para o período de estiagem, compreendendo os meses de julho, agosto e setembro juntos, bem como para cada mês individualmente, identificando os valores da Q_{90} .

Para o cálculo da Q_{90} , utilizou-se a metodologia descrita por Curado (2003). Dessa forma, os valores das vazões foram dispostos em uma coluna vertical, organizando-os em ordem crescente, independente do ano a que correspondem, em seguida, criou-se ao lado, uma nova coluna numerando-a em ordem crescente de 1 a “n”. Finalmente, calculou-se a permanência (P), cujo resultado foi colocado na coluna ao lado das vazões ordenadas. Para o cálculo da permanência, utilizou-se a seguinte equação 10:

$$P = 100 \left(1 - \frac{i}{(N + 1)} \right) \quad (10)$$

Onde:

i = número de ordem;

N = número de ordem total da série.

3.3.3. Levantamento dos Usuários da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria

A metodologia utilizada para o levantamento dos usuários dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria constituiu-se das seguintes etapas:

1º Etapa: Organização dos dados disponibilizados pelo Naturatins, contendo os usuários com autorização para a captação de água. A partir dos dados das outorgas superficiais e das declarações de uso insignificantes - DUIs, foi elaborado um mapa da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria com as coordenadas das captações autorizadas pelo Naturatins. A elaboração do mapa possibilitou a verificação da distribuição das propriedades com autorização para captação na bacia.

2º Etapa: Levantamento para identificar os moradores na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria que captam sem autorização, almejando determinar captações superficiais desconhecidas pelo órgão gestor dos recursos hídricos, ou seja, sem autorização. Essa etapa foi subdividida em duas fases.

1º Fase: Obtenção de informações com as associações presentes na bacia, com o intuito de tornar mais preciso o trabalho de campo, por meio da determinação do quantitativo de moradores a serem visitados na bacia e da localização de cada propriedade.

2º Fase: Trabalho de campo na região da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, para identificar e cadastrar as propriedades com captação superficial. Com o intuito de auxiliar o trabalho de campo, foi utilizada imagens de satélite do *Google Earth* para adquirir uma prévia identificação das estradas de acesso à bacia e possíveis localização das propriedades. A partir das imagens, foi percorrida a região da bacia, realizando o cadastro dos moradores e verificando o uso do recurso hídrico.

O trabalho de campo teve início em setembro de 2013 e sua conclusão ocorreu após 01 ano e meio. As propriedades visitadas foram identificadas, as coordenadas de localização foram registradas e seus moradores foram questionados acerca da procedência da água que atendia a propriedade, a forma que captavam a água, o tempo que captavam por dia e a finalidade do uso da água. Sanados todos os questionamentos propostos, foram realizadas medições de vazão, para determinar a vazão captada pela propriedade.

Durante esta fase foram identificados dois métodos de captação de água na bacia, sendo eles:

1º Método: Captação superficial por gravidade. Nesse tipo de captação a água é extraída por meio de mangueiras depositadas próximo as nascentes, a água desce pelas mangueiras utilizando a declividade do terreno, por meio da força gravitacional. Para medir a vazão que estava sendo captada utilizou-se um método simples, verificando o tempo gasto para encher um balde até determinado volume. Dessa forma a vazão (Q) de captação foi determinada pela relação entre o volume (V) captado e o tempo (T), conforme a equação 11:

$$Q = V/T \quad (11)$$

2º Método: Captação superficial por bombeamento. Essa captação é realizada através de bombas de sucção, inseridas na margem do ribeirão, próxima à propriedade. Para medir a vazão de captação das propriedades que utilizam bombas de sucção, não

foi possível utilizar o balde com marcação, portanto, foi observado o volume das caixas utilizadas para armazenar a água quando ocorre a captação, questionando ao morador o tempo necessário para encher a caixa. Com essas informações foi determinada a vazão (Q) de captação pela relação entre o volume (V) captado e o tempo (T), conforme a equação 11.

- 3º Etapa:** Confecção do mapa da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria com a localização das propriedades sem autorização para captação. Com a finalização do trabalho de campo e todos os dados devidamente relacionados em planilhas, elaborou-se um mapa da bacia hidrográfica, inserindo todas as coordenadas das propriedades cadastradas pelo trabalho de campo, buscando visualizar a distribuição das mesmas na bacia.
- 4º Etapa:** Estimativa da vazão captada pelas propriedades em que não foi possível obter informações. Durante o trabalho de campo, algumas propriedades não foram visitadas, em razão de impossibilidade no acesso ou pela ausência de morador durante a visita, dessa forma foi feita uma estimativa da vazão captada por essas propriedades. Para se estimar a vazão foi utilizada imagens de satélite da bacia, visualizando as propriedades e identificando os possíveis uso do recurso hídrico. Diante dessas informações, foram observadas as propriedades que apresentavam as mesmas finalidades do uso da água, levantadas durante o trabalho de campo, determinando uma vazão média de acordo com a finalidade para as propriedades sem informações.
- 5º Etapa:** Análise da vazão disponível com a vazão de demanda para a bacia. Mediante os dados das vazões do Ribeirão Água Fria, fornecidos pela Saneatins, foi possível realizar uma análise da disponibilidade hídrica do ribeirão correlacionando com a demanda das captações com autorização do órgão gestor e as captações sem autorização. Analisando ainda, a vazão de referência Q_{90} determinada para a bacia, com a demanda de captação. Dessa forma, foi possível verificar o comprometimento da vazão do Ribeirão Água Fria causado pelas captações superficiais, realizadas na bacia.
- 6º Etapa:** Estimativa do crescimento ocupacional da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria. Para realizar essa estimativa, foram utilizadas imagens históricas de satélite, da ferramenta do Google Earth. As imagens adquiridas remetem aos anos de 2014, 2009, 2007 e 2005. Foram lançadas as coordenadas das propriedades identificadas

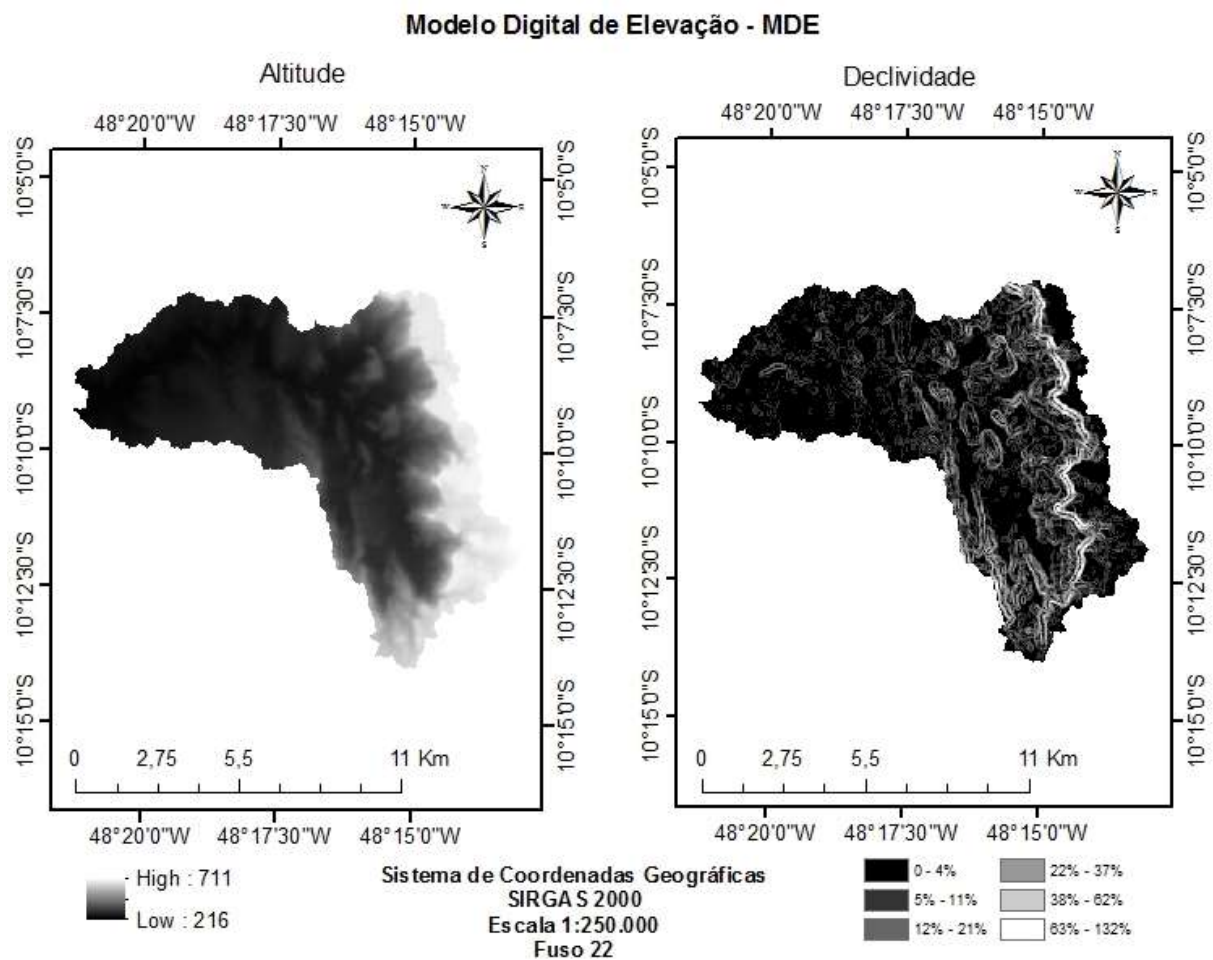
na bacia, observando a presença das mesmas nos anos citados, dessa forma, estimou-se a quantidade de propriedades em cada ano, determinando a vazão capta naquele ano, confrontando com a vazão do Ribeirão Água Fria nos mesmos anos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Modelo Digital de Elevação e Declividade

As altitudes na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria variaram de 216 a 711 m, apresentando uma amplitude altimétrica de 495 m. A declividade da bacia variou de 0 a 132% aproximadamente, sendo sua maior representatividade observada na classe de 0 a 4%, o que caracteriza uma bacia com um relevo plano a suavemente ondulado. A figura 4 apresenta o Modelo Digital de Elevação – MDE juntamente com o Modelo Digital de Declividade – MDD.

Figura 4. Representação do relevo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, por altitude e declividade.



Fonte: Adaptado de Topodata (2011)

4.2. Índices Morfométricos

Os índices morfométricos provenientes da caracterização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, encontram-se identificados na tabela 5. A bacia apresenta área de drenagem de aproximadamente 90,26 km², com perímetro de 56,27 km e comprimento axial de 14,91 km, características de uma bacia de médio porte segundo Borsato e Martoni (2004).

Tabela 5. Índices morfométricos relacionados à geometria da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.

Índices	Valor
Coeficiente de compacidade	1.66
Fator de forma	0.41
Razão de alongação	0.72
Tempo de concentração	1.35 h
Densidade de drenagem	0.97 km km ⁻²
Densidade hidrográfica	0.54 km ⁻²
Índice de rugosidade	0.48
Razão de relevo	0.03 km km ⁻¹

O coeficiente de compacidade (Kc) encontrado para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria foi de 1,66, o que indica uma bacia elipsoidal, com baixa semelhança a forma circular, apresentando um fluxo distribuído ao longo de todo o canal principal.

Quanto ao fator de forma (Kf), o valor encontrado para a bacia foi de 0,41, indicando que a bacia apresenta uma forma mais alongada. Segundo Oliveira e Borsato (2011), uma bacia com o formato alongado, não favorece a concentração do fluxo fluvial, permitindo que os fluxos dos tributários cheguem ao exutório da bacia em tempos diferentes durante as chuvas.

A razão de alongação (Re) determinada para a área de estudo foi de 0,72, corroborando com os resultados dos parâmetros supracitados, determinando que a bacia apresenta forma mais alongada e topologia favorável ao escoamento superficial (SOUZA *et al.*, 2013). O tempo de concentração para a bacia foi de 1.35 horas, indicando que a chuva que cai na nascente mais distante da foz leva 1.35 horas para chegar em sua foz.

A bacia apresentou uma densidade de drenagem (Dd) de 0,97 km de rios/km², demonstrando que sua capacidade de drenagem pode ser considerada regular e indicando uma resposta lenta da bacia a precipitações. Segundo a classificação proposta por Strahler (1957, apud NARDINI *et al.*, 2013), a densidade de drenagem regular permite inferir que o solo é permeável e a infiltração da água é eficiente.

A densidade hidrográfica (Dh) da bacia foi de 0,54 km⁻², constituindo menos de um canal por km², demonstrando poucos cursos d'água na bacia. A baixa densidade hidrográfica indica uma capacidade reduzida de gerar novos canais.

O índice de rugosidade (HD) encontrado para a bacia foi de 0,48, indicando que o relevo apresenta característica mais suave, com baixo indicativo de encostas.

A razão de relevo (Rr) da bacia foi de 0,03 km km⁻¹, o que sugere uma velocidade de escoamento superficial mais lenta. Segundo *Pollo et al.* (2012) a velocidade de escoamento lenta possibilita uma melhor infiltração de água no solo.

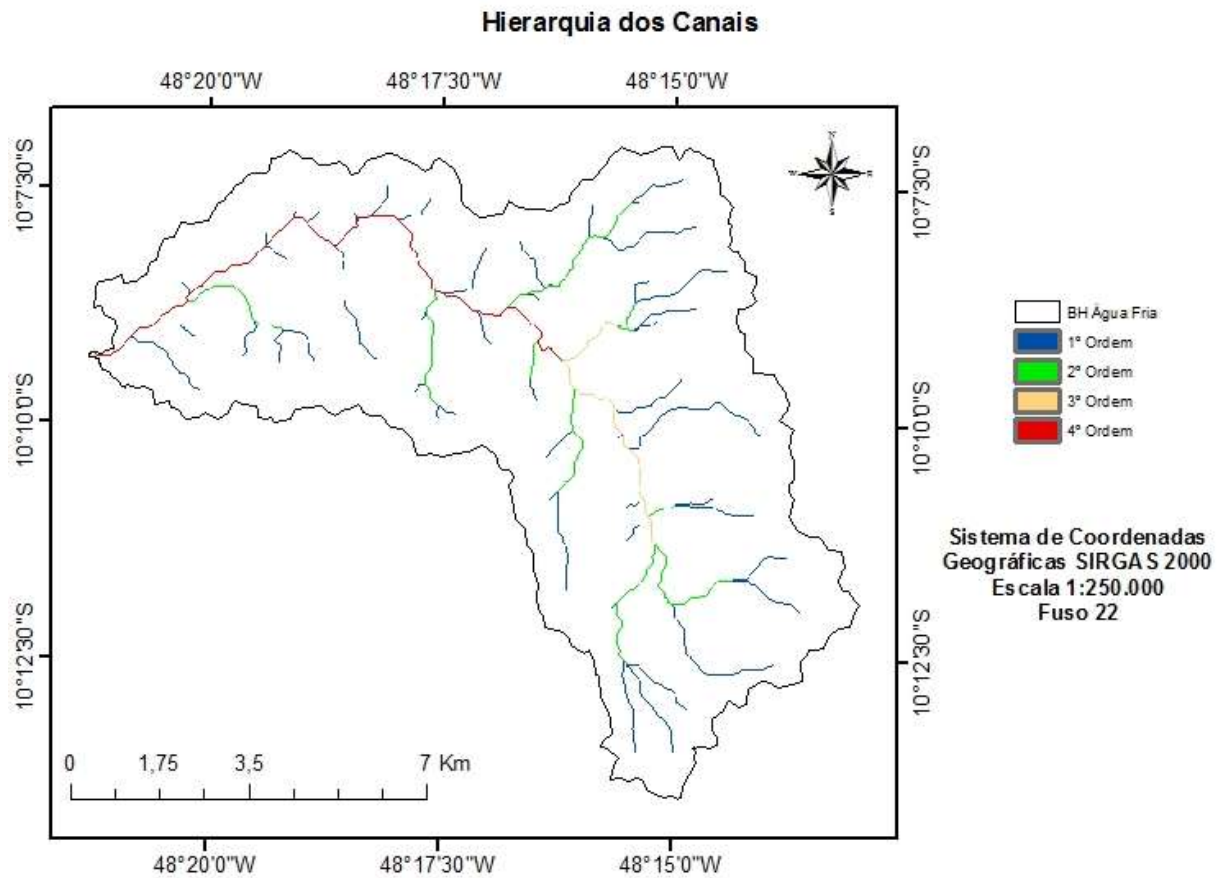
Diante das análises relacionadas à forma da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, pode-se inferir que a bacia apresenta forma alongada, o que caracteriza maior tempo de concentração do escoamento superficial, indicando que a precipitação pluviométrica se concentra em diferentes pontos sobre a bacia hidrográfica, contribuindo para amenizar a influência da intensidade de chuvas.

Quanto a hidrografia, a bacia apresenta poucos cursos de água e uma densidade de drenagem média, o que pode caracterizar um relevo pouco declivoso, conseqüentemente, maior capacidade de infiltração no solo.

A hierarquia fluvial é composta por um curso principal de 4º ordem, possui um sistema de drenagem ramificado (Figura 5). O sistema de drenagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria é do tipo dendrítico, de acordo com a classificação de Christofolletti (1974, apud LIMA *et al.*, 2008).

Em estudo similar, Silva e Tonello (2014) descrevem que bacias hidrográficas de ordem inferior ou igual a quatro são características de bacias pequenas e médias. Corroborando, Santos *et al.* (2012) definem que bacias de 4º ordem apresentam baixo grau de ramificação.

Figura 5. Representação da hierarquia do sistema de drenagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.



4.3. Vazões do Ribeirão Água Fria

A medição das vazões do Ribeirão Água Fria fora realizada pela Companhia de Saneamento do Tocantins – Saneatins, que mantém um monitoramento do ribeirão desde o ano 2001, para se precaver de possíveis problemas no abastecimento público da cidade de Palmas.

A tabela 6 apresenta a média das vazões nos meses de julho, agosto e setembro, dos anos de 2001 até 2013. Os valores foram denominados de “médias mensais” pela Saneatins, apesar de estatisticamente não serem considerados como tais, em decorrência de alguns meses apresentarem uma única medição.

Observando os dados de vazão, verificou-se que no mês de julho a vazão do ribeirão é superior ao mês de setembro. Para quantificar essa diferença, analisou-se a média das vazões para o mês de julho, apresentando o valor de 310,01 L/s, com a média das vazões para o mês de setembro, apresentando o valor de 110,68 L/s. Constatou-se que a diminuição da vazão do ribeirão do mês de julho em relação ao mês de setembro corresponde a 64,30%.

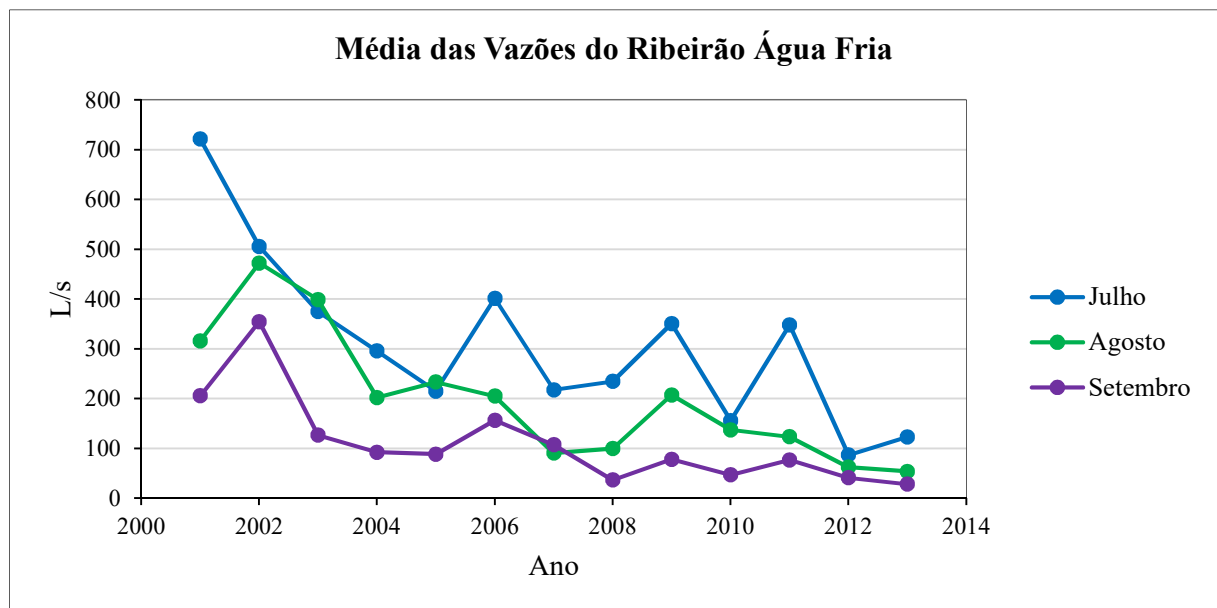
Tabela 6. Média das vazões do Ribeirão Água Fria nos meses de julho, agosto e setembro

Ano	Meses			Ano	Meses		
	Julho	Agosto	Setembro		Julho	Agosto	Setembro
2001	721,44L/s	316,07L/s	205,81L/s	2008	234,48L/s	99,63L/s	36,58L/s
2002	505,90L/s	472,39L/s	354,69L/s	2009	350,69L/s	207,19L/s	78,09L/s
2003	374,70L/s	398,50L/s	126,40L/s	2010	155,70L/s	137,02L/s	46,84L/s
2004	295,86L/s	202,25L/s	92,22L/s	2011	348,05L/s	123,19L/s	76,84L/s
2005	214,87L/s	233,26L/s	88,44L/s	2012	86,77L/s	62,33L/s	41,07L/s
2006	401,18L/s	205,19L/s	156,61L/s	2013	122,89L/s	53,71L/s	28,07L/s
2007	217,62L/s	90,63L/s	107,15L/s				

Fonte: Saneatins

Na figura 6, observa-se as vazões do Ribeirão Água Fria nos meses de julho, agosto e setembro, entre os anos de 2001 a 2013.

Analisando o comportamento da vazão do ribeirão no mês de julho, foi possível observar picos que indicam aumento da vazão nos anos de 2006, 2009 e 2011. Objetivando compreender estes picos, verificou-se a precipitação no município de Palmas no período de 2001 e 2013, mesmos anos das medições de vazão.

Figura 6. Média das vazões do Ribeirão Água Fria nos meses de julho, agosto e setembro.

Fonte: Saneatins

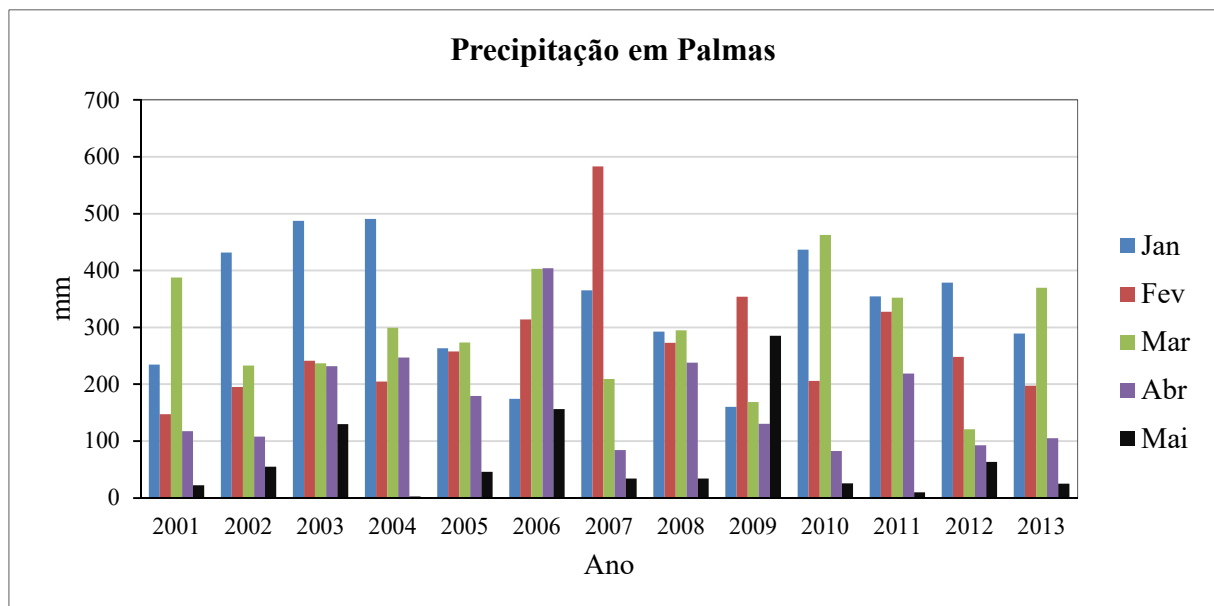
Os dados completos da precipitação na cidade de Palmas estão disponíveis no Anexo. Com o intuito de facilitar a visualização, a figura 7 apresenta a precipitação na cidade de Palmas nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio, entre os anos de 2001 a 2013.

De acordo com os dados da precipitação, ocorreu um prolongamento do período chuvoso nos anos de 2006 e 2009, apresentando um volume considerado de precipitação até o mês de maio, o que pode estar relacionado com os picos observados na vazão do ribeirão no mês de julho, para os anos supracitados.

Com relação à vazão do ribeirão, percebeu-se um declínio no volume medido com o decorrer dos anos, observando as médias das vazões nos anos de 2001 e 2002, anos que apresentaram as maiores vazões, sendo elas 613,67 L/s, 394,23 L/s e 280,27 L/s, correspondendo, respectivamente, aos meses de julho, agosto e setembro, com a média das vazões posteriores a esses anos, ou seja, entre os anos de 2003 a 2013, sendo elas 254,80 L/s, 164,81 L/s e 79,85 L/s, para os meses de julho, agosto e setembro, respectivamente. Constatou-se uma diminuição na vazão do Ribeirão Água Fria de 58% nos meses de julho e agosto e de 72% no mês de setembro.

Esse declínio da vazão do Ribeirão Água Fria, no decorrer dos anos em que sua vazão foi medida, pode estar relacionado a vários fatores, dentre eles cabe destacar o aumento da demanda de captações superficiais realizadas na bacia.

Figura 7. Precipitação em Palmas nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio, entre os anos de 2001 a 2013.



Fonte: Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa/INMET, 2015.

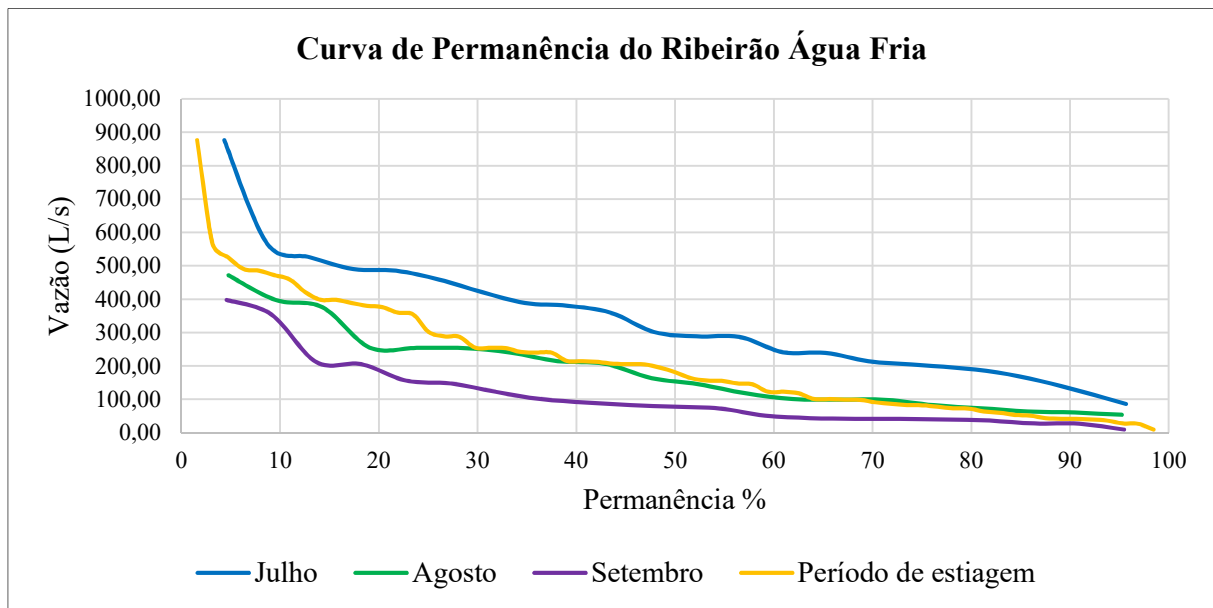
4.3.1. Vazão de Referência Q_{90} da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria

Conforme a legislação vigente no Tocantins, deve-se calcular a vazão de referência para a outorga, baseado nas informações hidrológicas da bacia. A vazão de referência para o Estado é determinada por uma vazão de até 90% de permanência. Dessa forma, foram utilizados os dados das medições de vazão do Ribeirão Água Fria para determinar a Q_{90} .

A vazão de referência foi calculada para o período de estiagem, compreendendo os meses de julho, agosto e setembro juntos, e para cada mês individualmente. Na figura 8 consta a representação gráfica da curva de permanência para o Ribeirão Água Fria.

Após os cálculos, constatou-se que a vazão de referência Q_{90} determinada para o período de estiagem foi de 41,76 L/s e a Q_{90} para cada mês individualmente foi de 121,13 L/s para o mês de julho, 60,13 L/s para o mês de agosto e 26,84 L/s para o mês de setembro.

Figura 8. Curva de permanência do período de estiagem e de cada mês individualmente.



4.4. Levantamento dos Usuários dos Recursos Hídricos

4.4.1. Usuários Outorgados

O Naturatins é o órgão responsável pela emissão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos no Tocantins, possuindo um cadastro dos outorgados que auxilia os analistas na tomada de decisão para autorização de novas captações, respeitando as legislações vigentes

e assegurando a vazão ecológica dos corpos hídricos. Segundo o Decreto Estadual n.º 2.432/05, o somatório das vazões outorgadas não pode ultrapassar os 75% da vazão de referência do manancial.

Conforme os dados levantados no Naturatins, foram identificadas 20 autorizações para captação superficial na bacia do Ribeirão Água Fria, sendo 04 declarações de uso insignificante – DUI e 16 outorgas. Na tabela 7, encontram-se os dados do levantamento, tais como usuário, vazão outorgada e finalidade.

No Estado, a legislação informa que a Declaração de Uso Insignificante – DUI é emitida para vazões com captação até 21,6 m³ por dia, se o valor exceder aos 21,6 m³/dia, a captação passa a ser considerada uma outorga.

Tabela 7. Levantamento dos usuários cadastrados no Naturatins com autorização para captação superficial na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.

	Usuário	Vazão outorgada		Finalidade do uso da água
		L/s	h/dia	
1	Marina Junko Kawakami Koike	0,97	2	Dessedentação animal
2	Odílio Andrade	0,42	4	Irrigação e dessedentação animal
3	Hiltomar Marinho de Medeiros	0,39	15	Irrigação e piscicultura
4	Rafael Henrique Holzbach	0,04	24	Abastecimento humano
5	Delso Martins dos Santos	2,00	24	Piscicultura
6	Fernando Faria	2,78	8	Piscicultura
7	Ricardo Maldonado	1,94	4	Piscicultura
8	Elaidía Pires de Oliveira	1,88	24	Piscicultura
9	Belkiss Nobrega de Azevedo Lola	2,50	14	Dessedentação Animal e irrigação
10	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)	49,00	8	Piscicultura
11	Jair de Alcantara Paniago	4,72	14	Piscicultura
12	Débora Batista Vasconcelos Miola	0,21	1	Abastecimento doméstico/sanitário
13	José Coutinho Junior	12,78	24	Piscicultura

14	Sebastião Pereira Santiago	3,00	4	Piscicultura
15	Adão Pereira Mota	0,56	24	Piscicultura
16	Alfrenesio Martins Feitosa	1,39	24	Piscicultura
17	Oneildo Lopes Valadares	1,25	24	Piscicultura
18	Arno Alberto Homrich	2,60	24	Piscicultura
19	Companhia de Saneamento do Tocantins-Saneatins	38,89	24	Abastecimento público
20	Ruy Gomes Bucar	2,50	17	Irrigação e Uso sanitário

Fonte: Adaptado de Naturatins

Observando os dados das vazões outorgadas, constatou-se que o volume total autorizado para a captação no Ribeirão Água Fria foi de 129,80 L/s.

Verificou-se que os dois maiores valores de captação são referentes as captações da Embrapa, com finalidade de suprir as necessidades do projeto de piscicultura, e da Companhia de Abastecimento - Saneatins, que utiliza a água no abastecimento público da cidade de Palmas. Os dois usuários captam juntos 87,98 L/s, o que corresponde a 67,71% de toda a vazão outorgada para o ribeirão, no entanto, cabe salientar que as duas empresas captam em barramentos implantados no leito do manancial.

Segundo a legislação vigente no Estado, as captações realizadas em barramentos são analisadas de forma diferenciada das captações a fio d'água. No Decreto Estadual n.º 2.432/05, Art. 6º e 7º, são definidas as normas para captação a fio d'água e em barramentos, para captação em barramentos é necessário verificar o balanço hídrico do barramento e sua captação pode ser de até 90% da vazão de referência.

A figura 9 representa a vazão captada por cada usuário que possui autorização, observando que as duas vazões mais expressivas pertencem aos usuários 10 e 19, que correspondem, respectivamente, as captações da Embrapa e da Saneatins.

Figura 9. Representação da vazão captada por usuário outorgado na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.



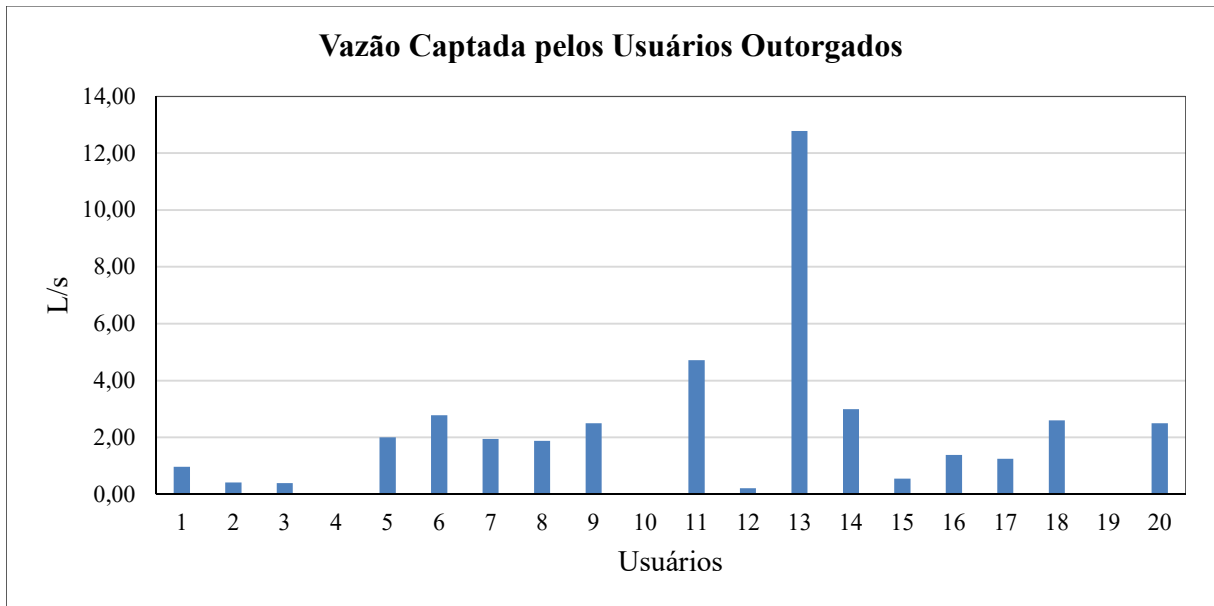
Fonte: Adaptado de Naturatins

Para diferenciar as vazões captadas em barramentos das vazões captadas a fio d'água, foi inserida a figura 10, com o volume captado por cada usuário autorizado na bacia do Ribeirão Água Fria, desconsiderando as captações da Embrapa e Saneatins por serem realizadas em barramentos. O volume total de vazão autorizada para captação a fio d'água no ribeirão foi de 41,91 L/s, com uma média de 2,33 L/s.

Os valores das vazões captadas no ribeirão foram estabelecidos conforme a vazão liberada pelo órgão ambiental, que consta nos atos de outorga e Declaração de Uso Insignificante (DUI), entretanto não se pode afirmar que a vazão captada equivale à vazão outorgada, pois o órgão ambiental não realiza um controle sobre as vazões captadas.

Quanto à finalidade do uso da água, observa-se que das 20 propriedades outorgadas, 13 utilizam a água para piscicultura, o que representa 64,93% de toda a vazão outorgada, em sequência temos 04 propriedades que utilizam a água para a irrigação, o que corresponde a 4,15%. Porém, no abastecimento público, que se trata de apenas uma outorga, a captação correspondeu a 29,96 % de toda a vazão outorgada.

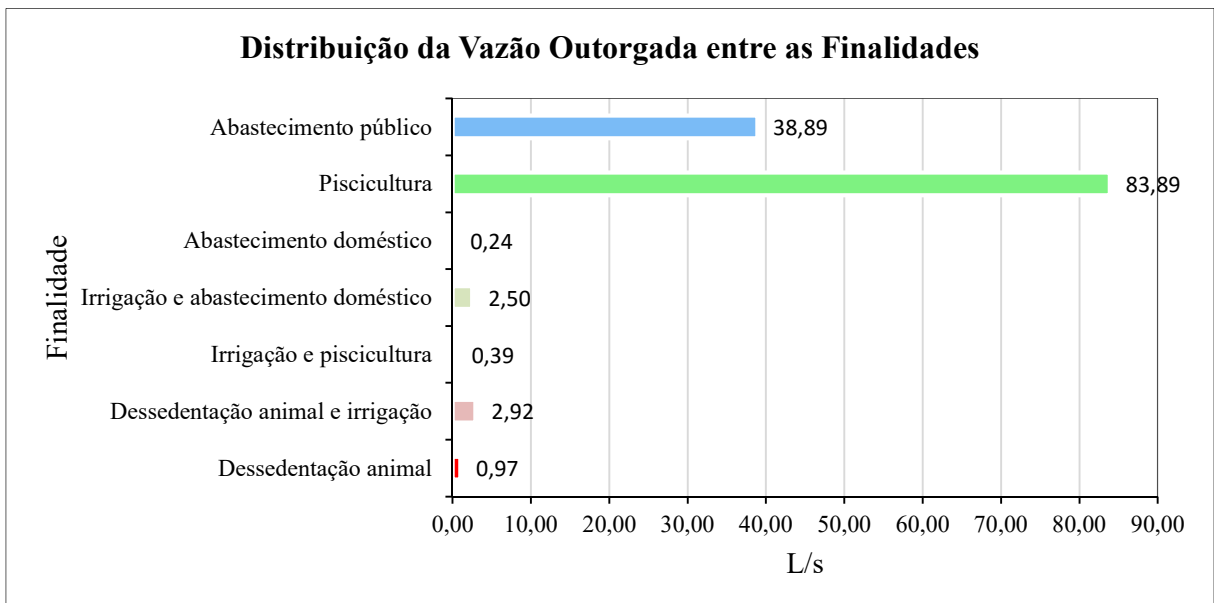
Figura 10. Representação da vazão captada por usuário outorgado na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, desconsiderando as captações em barramentos.



Fonte: Adaptado de Naturatins

A figura 11 representa a distribuição da vazão captada pelos usuários com autorização, para realizar a extração de água superficial no Ribeirão Água Fria, distribuídas de acordo com a finalidade do uso da água.

Figura 11. A vazão outorgada para captação na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, distribuída por finalidade de uso da água.

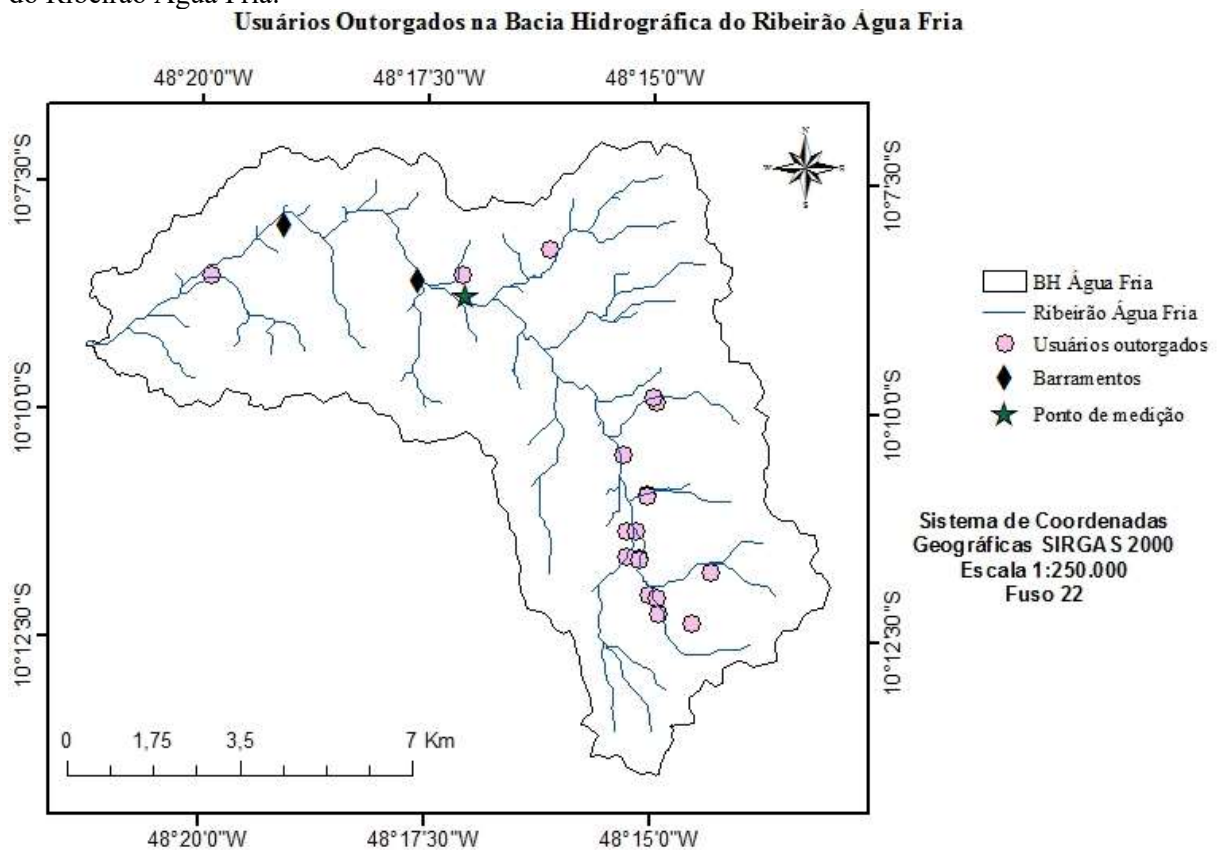


Fonte: Adaptado de Naturatins

Para identificar a localização dos usuários outorgados na bacia do Ribeirão Água Fria, foi inserida a figura 12, que apresenta o mapa da bacia com a localização dos usuários autorizados. Dessa forma, foi possível observar que grande parte dos usuários estão localizados na região a montante da bacia.

Foi possível identificar também a localização dos dois barramentos, sendo o mais próximo da foz da bacia o barramento pertencente a Embrapa e o outro barramento, acima ao da Embrapa, de propriedade da Saneatins. Além dos supracitados barramentos, foi identificado o ponto das medições de vazão, realizadas pela Saneatins, no Ribeirão Água Fria.

Figura 12. Distribuição dos usuários com autorização para captação superficial na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.



4.4.2. Usuários sem Autorização para Captação

Solicitou-se aos presidentes das duas associações, inseridas na bacia do Ribeirão Água Fria, informações acerca de seus associados, indicando a quantidade de propriedades com moradores na região e, se possível, suas localizações.

A Associação Complexo Ecológico Vale da Cachoeira e Região, localizada na região mais a montante na bacia do Água Fria, forneceu um mapa contendo a divisão e distribuição de seu loteamento, nele constam 96 chácaras, também apresentou uma lista dos chacareiros contendo ao todo 68 proprietários associados. Contudo, cabe salientar que, em observações realizadas em campo, parte das chácaras pertencentes ao loteamento, ainda não possuem edificações.

A outra associação presente na bacia denominada Associação de Moradores do Água Fria, fica situada em uma região mais próxima da foz na bacia, segundo relato dos moradores, eles não realizam captações superficiais devido a falta de vazão no Ribeirão Água Fria no período de estiagem.

Para estimar a população que reside na área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, foi solicitada a prefeitura de Palmas informações sobre os moradores residentes na área, entretanto os órgãos municipais alegaram não possuir os dados requisitados.

O levantamento das propriedades que realizam captação superficial na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, sem autorização do Naturatins, está disponível na tabela 8, informando a identificação das propriedades, a vazão captada e a finalidade do uso da água. Durante o levantamento de campo, foram realizados registros fotográficos do corpo hídrico e de algumas propriedades, disponíveis no Apêndice.

Tabela 8. Levantamento dos usuários sem autorização para captação superficial na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.

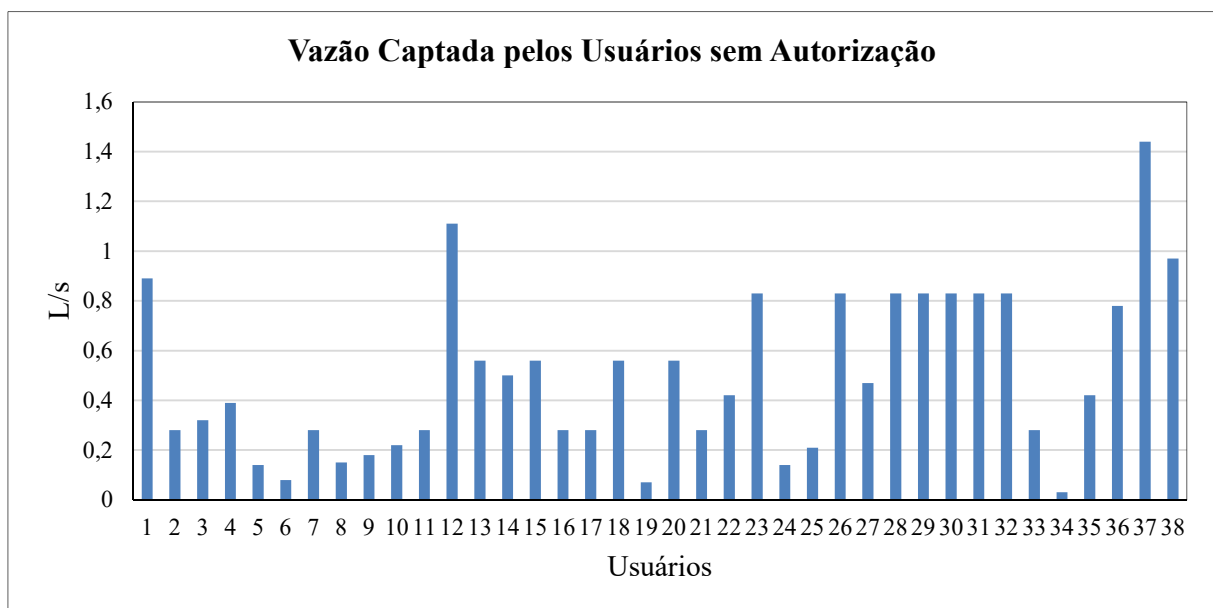
Usuário	Vazão outorgada		Finalidade do uso da água
	L/s	h/dia	
Propriedade 1	0,89	24	Abastecimento doméstico e piscina
Propriedade 2	0,28	0,5	Abastecimento doméstico
Propriedade 3	0,32	24	Piscicultura
Propriedade 4	0,39	1	Abastecimento doméstico
Propriedade 5	0,14	1	Abastecimento doméstico
Propriedade 6	0,08	24	Abastecimento doméstico
Propriedade 7	0,28	1	Abastecimento doméstico

Propriedade 8	0,15	24	Abastecimento doméstico
Propriedade 9	0,18	24	Abastecimento doméstico e piscicultura
Propriedade 10	0,22	24	Abastecimento doméstico
Propriedade 11	0,28	1	Abastecimento doméstico
Propriedade 12	1,11	24	Abastecimento doméstico, lazer, irrigação, piscina
Propriedade 13	0,56	0,5	Abastecimento doméstico
Propriedade 14	0,50	0,33	Abastecimento doméstico, agropecuário
Propriedade 15	0,56	0,5	Abastecimento doméstico
Propriedade 16	0,28	24	Abastecimento doméstico, piscicultura, piscina
Propriedade 17	0,28	0,5	Abastecimento doméstico
Propriedade 18	0,56	1	Abastecimento doméstico, irrigação de jardim, piscina
Propriedade 19	0,07	24	Abastecimento doméstico, irrigação
Propriedade 20	0,56	0,5	Abastecimento doméstico
Propriedade 21	0,28	24	Abastecimento doméstico, irrigação
Propriedade 22	0,42	24	Abastecimento doméstico, piscicultura
Propriedade 23	0,83	24	Abastecimento doméstico, dessedentação animal
Propriedade 24	0,14	24	Abastecimento doméstico, irrigação, dessedentação animal
Propriedade 25	0,21	24	Abastecimento doméstico, irrigação
Propriedade 26	0,83	24	Abastecimento doméstico, piscicultura, dessedentação animal
Propriedade 27	0,47	3	Abastecimento doméstico
Propriedade 28	0,83	24	Abastecimento doméstico, irrigação, piscina
Propriedade 29	0,83	24	Abastecimento doméstico, agropecuária, piscina
Propriedade 30	0,83	12	Abastecimento doméstico, piscicultura, dessedentação animal
Propriedade 31	0,83	12	Abastecimento doméstico, piscicultura, dessedentação animal

Propriedade 32	0,83	24	Abastecimento doméstico, piscicultura
Propriedade 33	0,28	24	Dessedentação animal
Propriedade 34	0,03	24	Abastecimento doméstico
Propriedade 35	0,42	3	Abastecimento doméstico, irrigação
Propriedade 36	0,78	24	Abastecimento doméstico, irrigação
Propriedade 37	1,44	24	Abastecimento doméstico, piscicultura
Propriedade 38	0,97	24	Abastecimento doméstico, irrigação

Foram visitadas 38 propriedades que realizam captação superficial na bacia do Ribeirão Água Fria, metade dessas propriedades, ou seja, 19 fazem captações consideradas insignificantes conforme o Decreto Estadual 2432/05, pois captam até 21,6 m³/dia, cada propriedade capta em média 5,9 m³/dia, enquanto as outras propriedades captam em média 56,87 m³/dia sendo esse volume considerado outorga. Ao todo as captações, sem o conhecimento do órgão gestor dos recursos hídricos, consomem aproximadamente 18,93 L/s da vazão do Ribeirão Água Fria. A figura 13 apresenta a vazão captada por cada usuário sem autorização.

Figura 13. Representação da vazão captada por usuário sem autorização na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.



Durante o levantamento foram identificadas duas formas distintas utilizadas para captar água do corpo hídrico, por bombeamento, através de bombas de sucção, conforme registro fotográfico inserido no Apêndice, ou por gravidade, através de mangueiras colocadas próximas as nascentes. Constatou-se que das 38 propriedades visitadas, 8 utilizam bombas como forma de captação de água e as outras 30 propriedades captam a água por gravidade. A tabela 9 apresenta a diferença na média do tempo de captação e do volume captado entre os dois métodos mencionados, por bombeamento e por gravidade.

Tabela 9. Análise do tempo de captação e do volume captado, entre os métodos por bombeamento e gravidade.

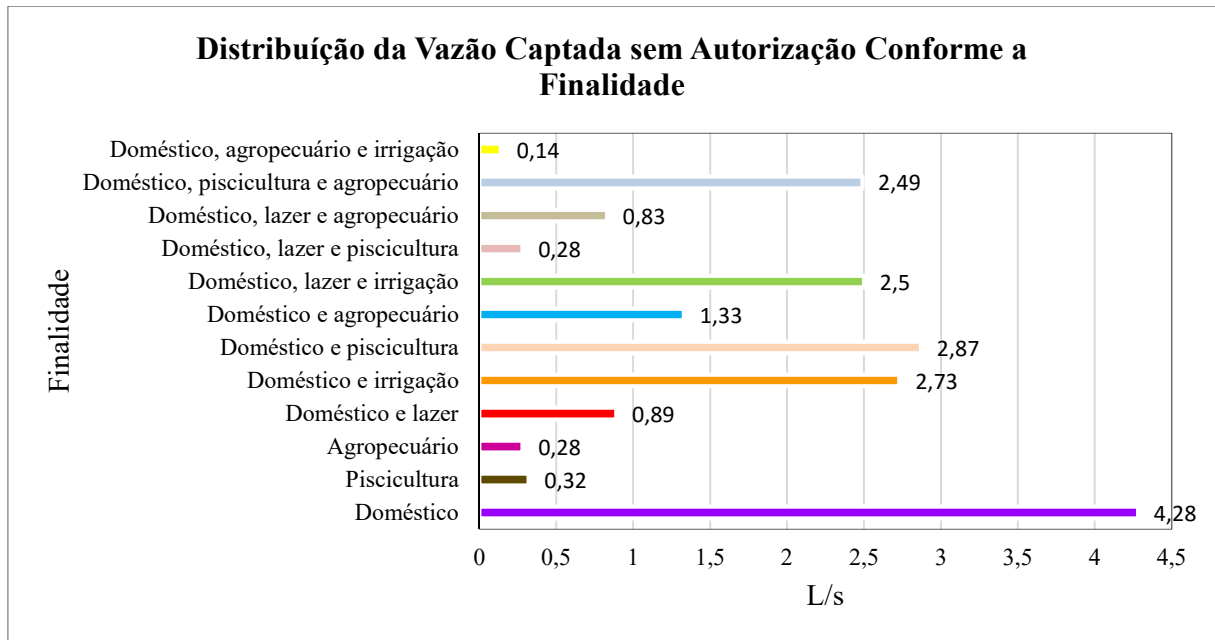
Método	Tempo médio	Volume médio
Bombeamento	1,31 h/dia	2,00 m ³ /dia
Gravidade	22,43 h/dia	41,12 m ³ /dia

Analisando os dados coletados e as informações dos moradores, constatou-se que o método de captação por gravidade incentiva o desperdício e a falta de controle do uso da água, observando que das 30 propriedades que fazem este tipo de captação, 28 delas captam durante 24 horas por dia, sem haver necessidade, pois com um menor tempo de captação as necessidades das propriedades seriam atendidas. Durante o percurso na região, foram identificadas várias mangueiras nos corpos hídricos, conforme imagens no Apêndice.

Quanto à finalidade do uso da água, representada na figura 14, apenas 2 propriedades dentre as 38 não utilizam a água para o abastecimento doméstico, utilizando o recurso hídrico apenas para dessedentação animal e para a piscicultura. Além do abastecimento doméstico, 23 propriedades utilizam a água para outras atividades como irrigação (pastos, hortas, jardins e pequenas plantações), tanques de piscicultura, dessedentação animal e para o lazer com a utilização em piscinas.

A atividade de piscicultura encontra-se em desenvolvimento na região, segundo informações dos proprietários, a atividade seria apenas para o consumo da propriedade. Das propriedades visitadas, 09 possuem piscicultura funcionando, sendo que algumas das propriedades que não apresentam atividade de piscicultura atualmente, possuem projetos futuros para o desenvolvimento dessa atividade.

Figura 14. Distribuição da vazão captada pelos usuários sem autorização, conforme a finalidade do uso da água.



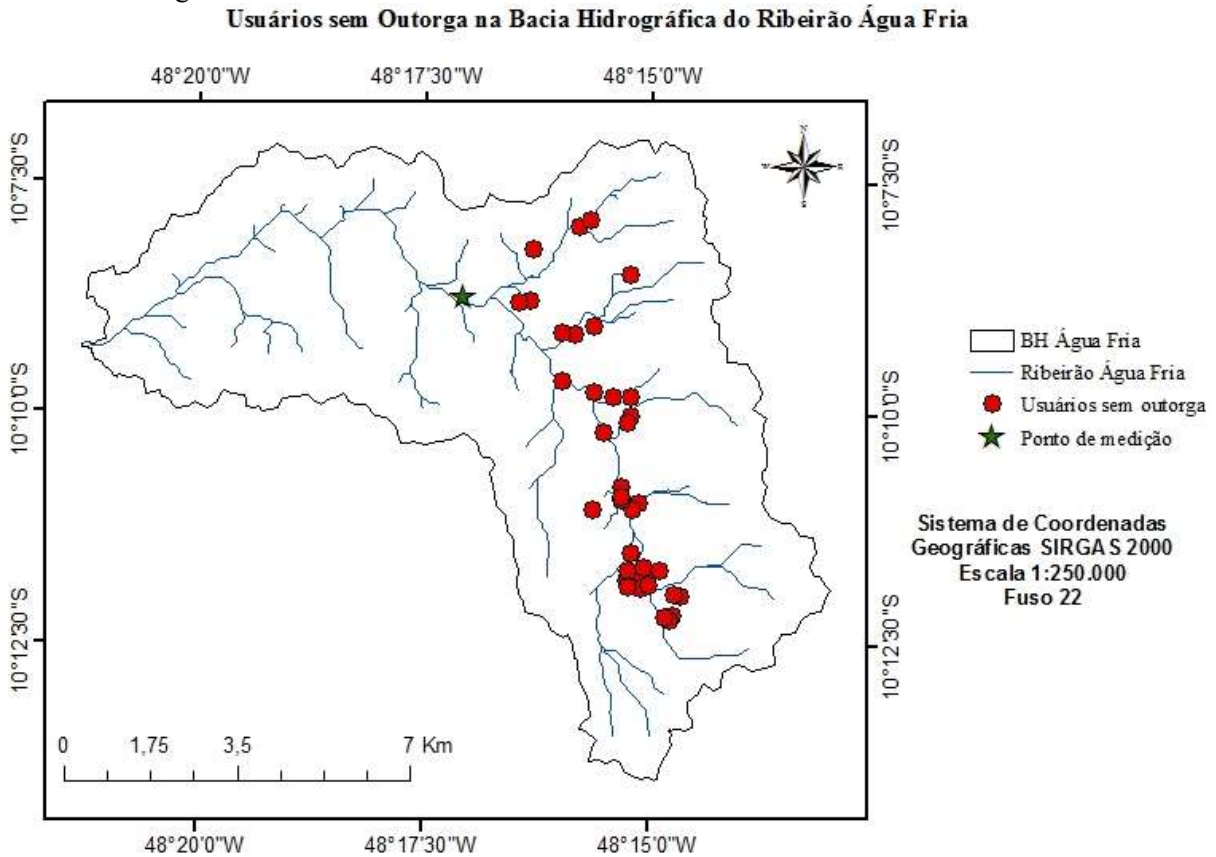
Para verificar a distribuição das propriedades que fazem captação superficial sem autorização na bacia do Ribeirão Água Fria, foi inserida a figura 15 com a localização das propriedades na bacia, além da localização do ponto onde foram realizadas as medições de vazão pela Saneatins.

Observou-se que as propriedades na bacia se encontram distribuídas nas regiões próximas as nascentes, o que propicia a captação pelo método de gravidade, com a utilização de mangueiras.

Verificou-se também que todas as captações estão sendo realizadas a montante do ponto onde foi medida a vazão do ribeirão, fato que pode estar influenciando os valores das vazões medidas.

Não foram observadas propriedades na região próxima da foz da bacia, que realizam captação superficial no período de estiagem. Segundo informações fornecidas pelos moradores membros da associação dos moradores do Água Fria, desde 2011 o leito do ribeirão seca nos meses de estiagem, tornando inviável a captação no mesmo.

Figura 15. Distribuição dos usuários sem autorização para captação superficial na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.



Durante o levantamento de campo, realizado na bacia do Água Fria, foram identificadas 11 propriedades que utilizam poços como forma de abastecimento de água. Segundo informações dos moradores, a utilização dos poços foi necessária devido a duas situações distintas, sendo elas a distância entre a propriedade e o corpo hídrico, tornando inviável a utilização de canos para a captação, ou pela incapacidade do corpo hídrico fornecer a quantidade de água necessária para abastecer a propriedade, principalmente durante o período de estiagem.

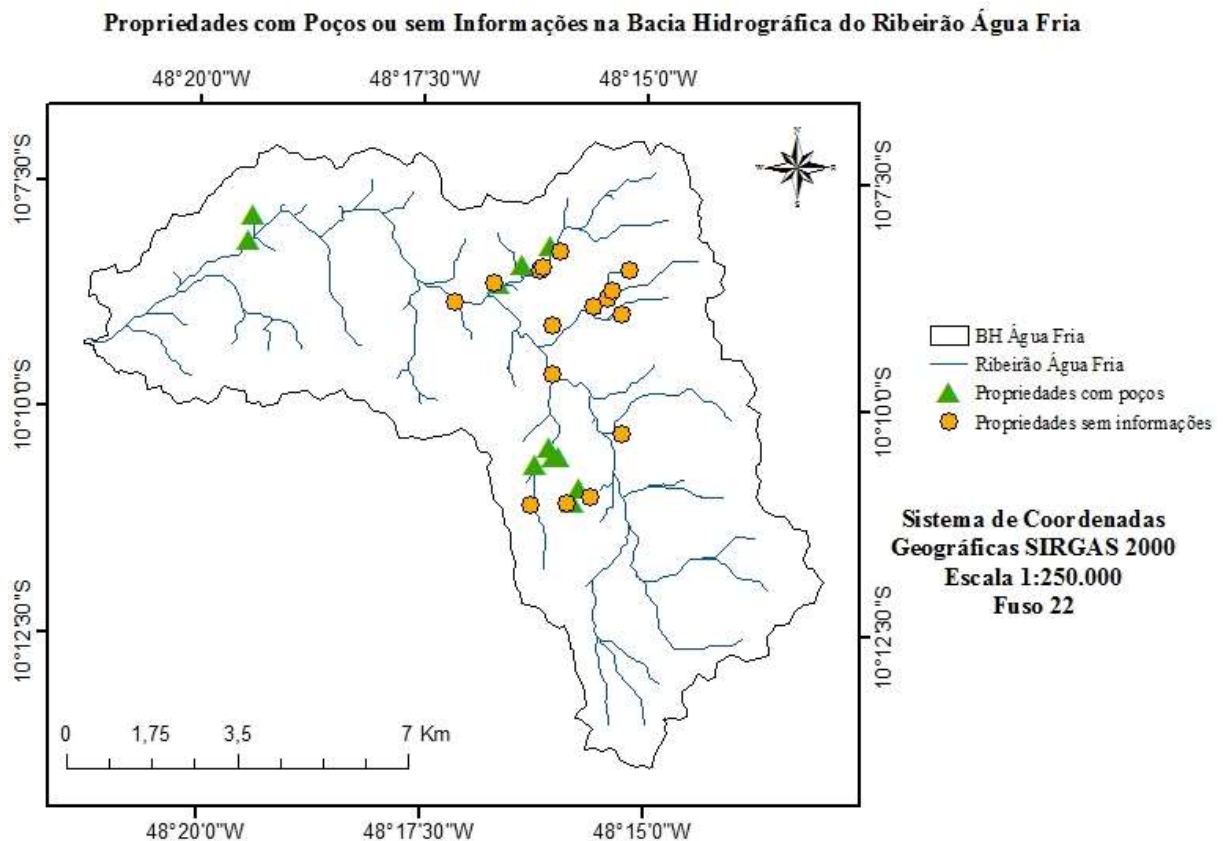
No decorrer do levantamento, não foi possível obter informações sobre 16 propriedades, esta situação pode ser justificada pela falta de acesso as propriedades, que apresentavam as porteiças trancadas ou pela ausência de moradores nas propriedades. Dessa forma, não foi possível identificar qual o tipo de captação que as propriedades realizam, superficial ou por poço, a finalidade do uso da água, ou a vazão que estaria sendo captada.

Dessa forma, com a utilização de imagens de satélite das propriedades sem informações, foi possível estimar a vazão que essas propriedades estariam captando, analisando as características das propriedades e possíveis uso da água.

Por intermédio da utilização de imagens de satélite, identificou-se que em 5 propriedades haviam tanques de piscicultura, em 2 propriedades foram identificadas piscinas. Com essas informações e outras observadas, determinou-se a vazão captada por cada propriedade baseado na média captada pelas propriedades identificadas durante o trabalho de campo que apresentavam a mesma finalidade de uso da água. Dessa forma foi estimado o volume de captação das 16 propriedades em 7,9 L/s.

A figura 16 apresenta a localização das propriedades abastecidas por poços e das propriedades nas quais não foram obtidos quaisquer dados durante o levantamento, ambas distribuídas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.

Figura 16. Distribuição das propriedades com poços e as sem informações por falta de acesso ou morador.



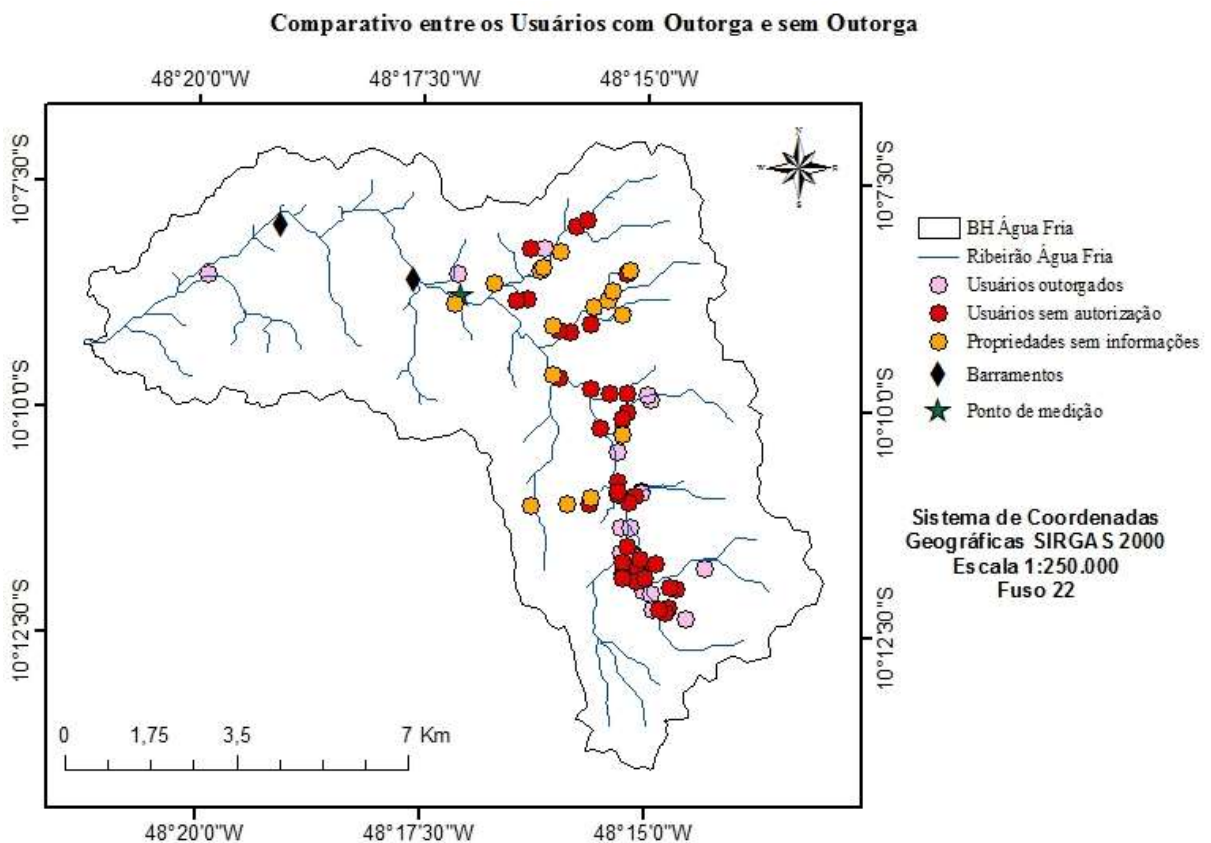
4.4.3. Comparação entre os Levantamentos

Para facilitar a visualização das propriedades que utilizam a captação superficial na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, foi inserida a figura 17 que demonstra a localização das propriedades distribuídas na bacia.

Constatou-se que quase todas as propriedades se encontram distribuídas as margens do Ribeirão Água Fria e de seus afluentes, concentradas na região a montante da bacia, acima do ponto onde foram realizadas as medições de vazão. Também foi possível identificar um aglomerado de propriedades, nesse local fica situado no loteamento do Complexo Vale da Cachoeira.

A jusante das duas barragens há apenas uma propriedade que utiliza a captação superficial, segundo relato dos membros da associação dos chacareiros localizada nessa região, o fato das propriedades não estarem realizando captação superficial no período de estiagem está correlacionado com a diminuição da vazão do ribeirão nesse período, chegando inclusive a faltar água no leito do ribeirão nessa região.

Figura 17. Distribuição das propriedades com outorga e das propriedades sem autorização que fazem captação superficial na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.



Para verificar se as captações superficiais com autorização e as captações sem autorização estão comprometendo a vazão do ribeirão, foi realizada uma análise entre as demandas de captações e a disponibilidade hídrica.

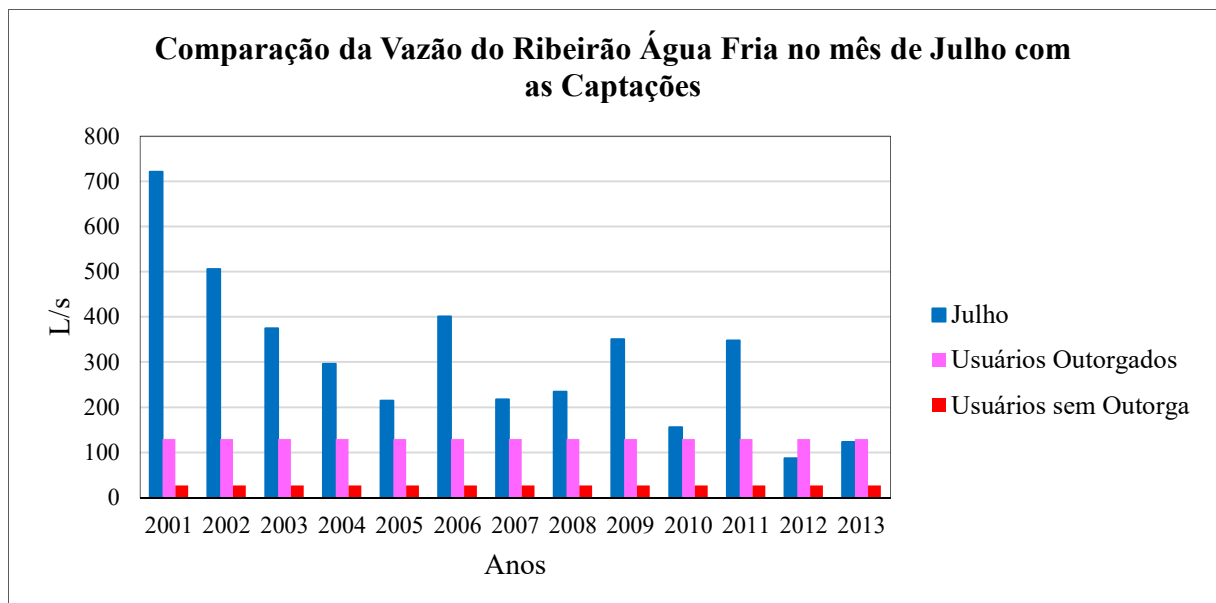
A figura 18 apresenta as vazões do ribeirão no mês de julho entre os anos de 2001 a 2013, juntamente com a vazão captada pelos usuários com autorização e pelos usuários sem autorização.

O volume autorizado para captação superficial foi de 129,8 L/s, caso essa vazão estivesse sendo captada em 2001, corresponderia a 18% da vazão do ribeirão no mês de julho. Os usuários sem autorização captam 18,93 L/s, unindo com as propriedades onde foram estimadas a vazão de captação, que corresponde a 7,9 L/s, obteve-se um volume captado sem autorização de 26,83 L/s, o que corresponderia a 3,7% da vazão do ribeirão em julho de 2001.

Analisando o gráfico, pode-se perceber que a vazão do ribeirão no mês de julho no ano de 2010 seria quase toda comprometida pela vazão outorgada, que corresponde a 83% da vazão do ribeirão. Observando os anos de 2012 e 2013, a vazão outorgada foi maior que a vazão do ribeirão, indicando que a demanda de captação é superior a vazão do ribeirão, o que pode estar causando conflitos na bacia.

Quanto a vazão captada sem autorização, no ano de 2012, ela corresponderia a 30% da vazão do ribeirão no mês de julho, esse volume estaria influenciando significativamente a vazão do ribeirão.

Figura 18. Análise entre as vazões do Ribeirão Água Fria no mês de julho de 2001 a 2013, com a vazão outorgada e a vazão captada sem autorização.



Observando a figura 19 que apresenta a vazão do ribeirão no mês de agosto, entre os anos de 2001 a 2013, juntamente com as captações com autorização e as captações sem

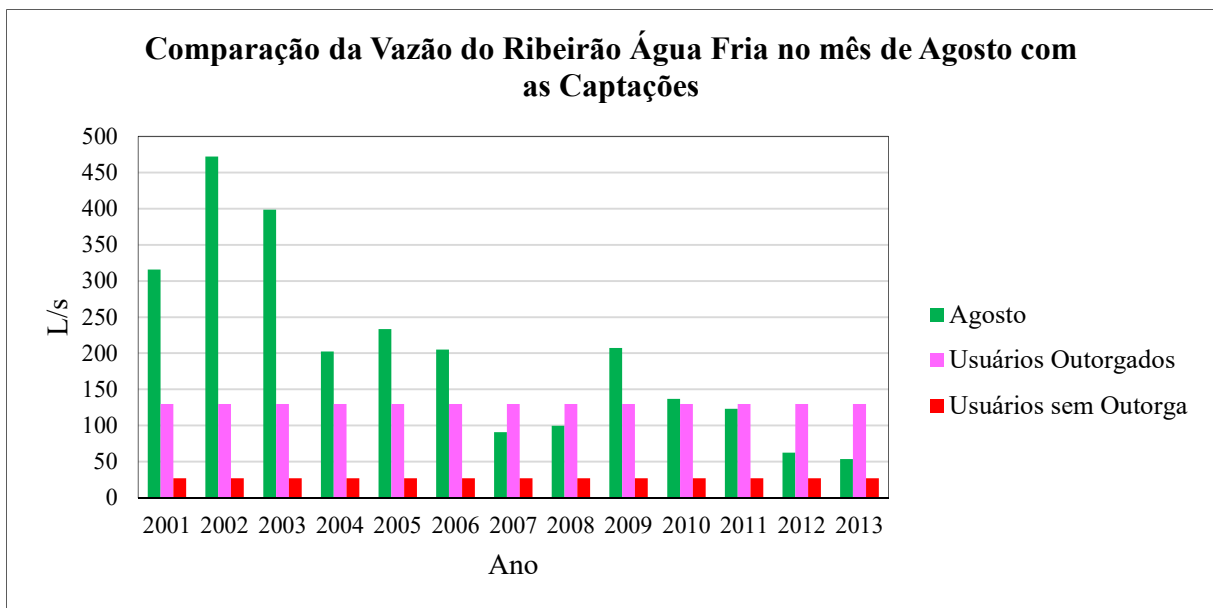
autorização, foi possível verificar que em 2001 as captações autorizadas corresponderiam a 41% da vazão do ribeirão, enquanto as vazões sem autorização corresponderiam a 8,5%.

Em 2004 a vazão captada com autorização estaria comprometendo a vazão do ribeirão em 64% e a vazão sem autorização comprometeria 13%. Entretanto, a partir de 2007 toda a vazão do ribeirão estaria comprometida pelas captações autorizadas, visto que o volume autorizado para captação é superior a vazão do ribeirão para o mês de agosto.

As vazões sem autorização estariam comprometendo, no ano de 2007, a vazão do ribeirão no mês de agosto em 30%, no ano de 2012 o comprometimento seria de 43% e em 2013 o comprometimento foi de 50% da vazão do ribeirão, indicando que as captações sem autorização comprometem significativamente a vazão do ribeirão.

Dessa forma, é possível inferir que a disponibilidade hídrica do Ribeirão água Fria não suporta as captações no mês de agosto, sendo essa inferior ao volume captado.

Figura 19. Análise entre as vazões do Ribeirão Água Fria no mês de agosto de 2001 a 2013, com a vazão outorgada e a vazão captada sem autorização.



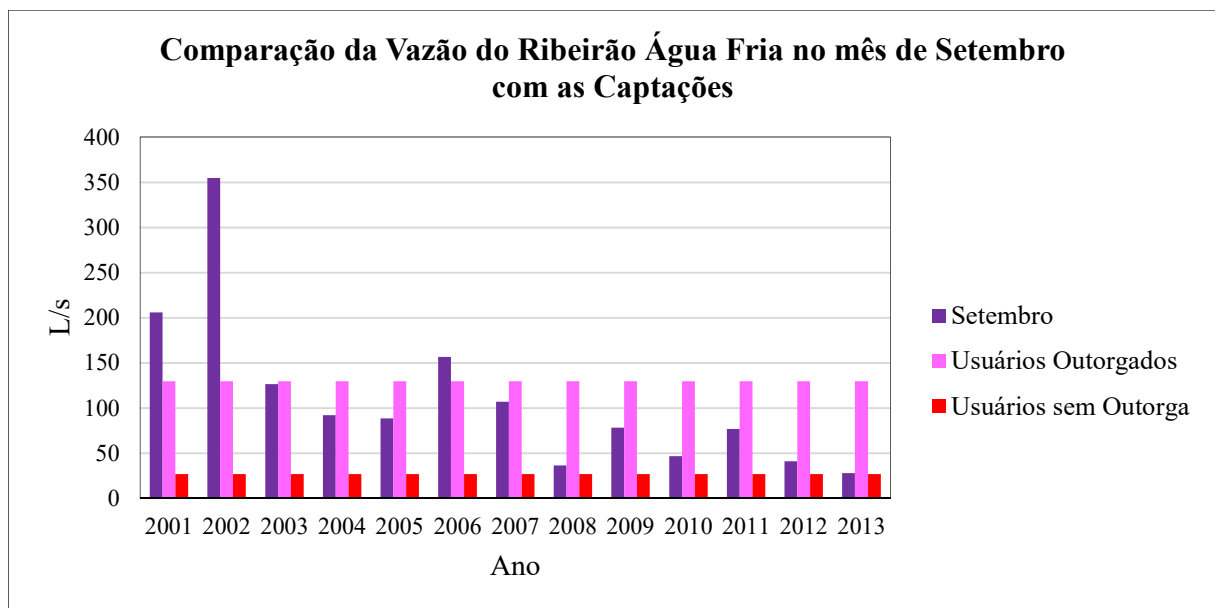
As vazões do Ribeirão Água Fria no mês de setembro, entre os anos de 2001 a 2013, juntamente com as vazões captadas com e sem autorização estão inseridas na figura 20.

Observou-se que no ano de 2001 a vazão captada pelos usuários autorizados corresponderia a 63% da vazão do ribeirão no mês de setembro, enquanto a vazão captada sem autorização corresponderia a 13%. A partir de 2003, a vazão do Ribeirão água Fria estaria toda comprometida pelas captações com autorização, visto que essa vazão é superior a vazão do ribeirão.

No ano de 2008 as captações sem autorização estariam comprometendo em 73% a vazão do ribeirão, no ano de 2013 o comprometimento seria de 95%, correspondendo a quase toda a vazão do ribeirão.

Observando a vazão do ribeirão no mês de setembro juntamente com as captações com autorização e sem autorização, é possível identificar que a vazão do ribeirão não é suficiente para atender as demandas da bacia, sendo o volume captado superior a disponibilidade hídrica.

Figura 20. Análise entre as vazões do Ribeirão Água Fria no mês de setembro de 2001 a 2013, com a vazão outorgada e a vazão captada sem autorização.



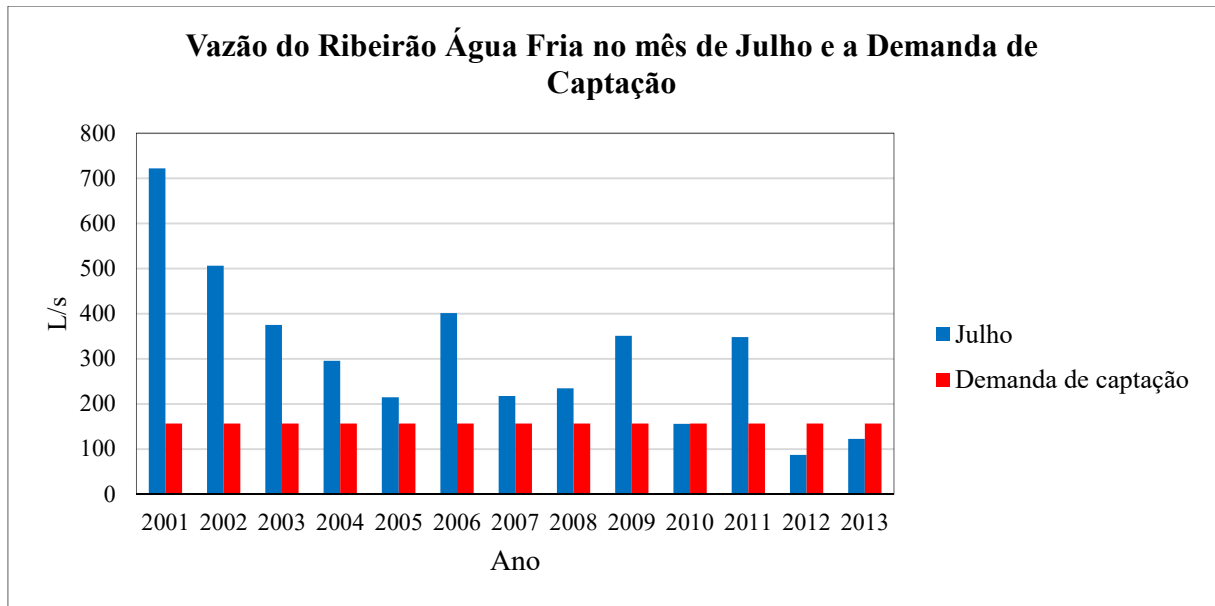
Analisando a vazão captada sem autorização com a vazão do Ribeirão Água Fria, constatou-se que a mesma compromete a vazão do ribeirão de forma significativa, tornando indispensável o cadastro desses usuários pelo órgão ambiental.

A figura 21 apresenta a disponibilidade hídrica do ribeirão no mês de julho, entre os anos de 2001 a 2013, com a demanda de captação, ou seja, as captações autorizadas e as captações sem autorização juntas, somando um volume de 156,6 L/s.

Observando a demanda de captação da bacia do Ribeirão Água Fria, verificou-se que no mês de julho, a vazão do ribeirão estaria comprometida em 53% no ano de 2004. No ano de 2005 o comprometimento da vazão pela demanda de captação seria maior, chegando a 73%.

A vazão do Ribeirão Água Fria estaria totalmente comprometida com as demandas de captação, nos anos de 2010, 2012 e 2013, onde a demanda de captação seria superior a disponibilidade hídrica do ribeirão. Indicando que o ribeirão não comporta o volume que está sendo retirado por meio das captações realizadas em sua bacia.

Figura 21. Análise entre as vazões do Ribeirão Água Fria no mês de julho de 2001 a 2013, com a demanda de captação.

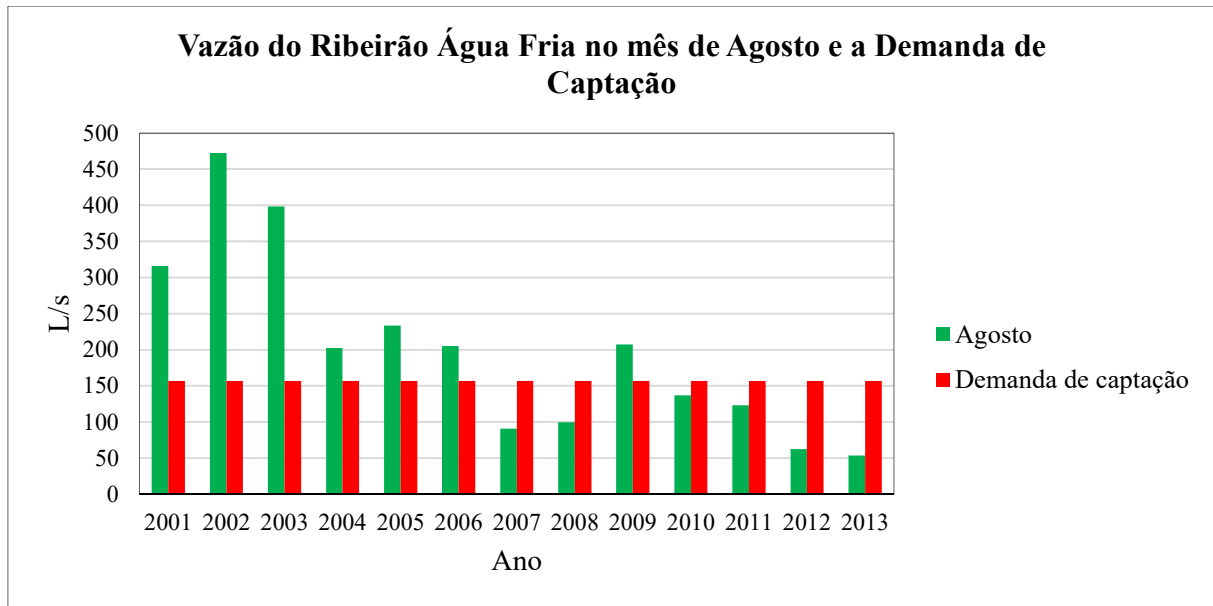


A figura 22, apresenta a vazão do Ribeirão água Fria no mês de agosto, entre os anos de 2001 a 2013, juntamente com a demanda de captação da bacia, ou seja, as captações autorizadas e as sem autorização.

Observando a vazão do ribeirão nos anos de 2001, 2002 e 2003, foi possível constatar que a vazão do ribeirão atenderia todas as captações. Em 2001 a vazão de demanda de captação corresponderia a 49% da vazão do ribeirão.

No entanto, a partir do ano de 2004 a demanda de captação estaria comprometendo significativamente a vazão do ribeirão. Em 2004 o comprometimento da vazão do ribeirão seria de 77%, porém, a partir de 2007 a vazão do Ribeirão Água Fria não suportaria as captações no mês de agosto, sendo possível observar que a demanda de captação para a bacia é superior a vazão do ribeirão.

Figura 22. Análise entre as vazões do Ribeirão Água Fria no mês de agosto de 2001 a 2013, com a demanda de captação.



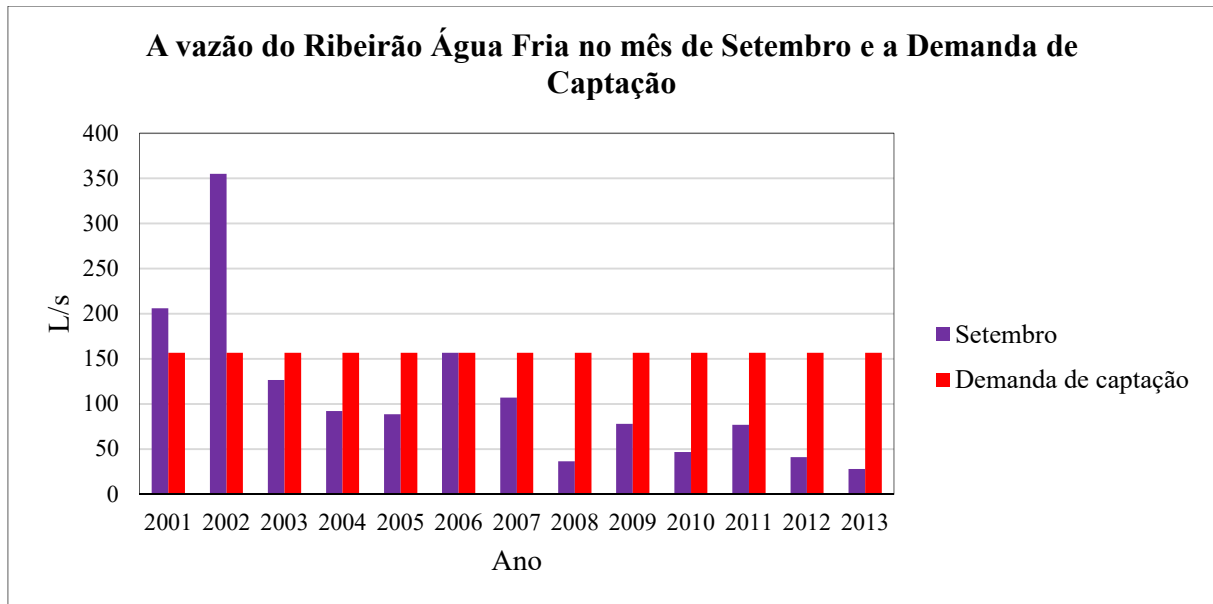
A vazão do ribeirão no mês de setembro, entre os anos de 2001 a 2013, juntamente com a demanda de captação, estão representadas na figura 23.

Observando o gráfico, pode-se identificar que a vazão do ribeirão no mês de setembro estaria sendo comprometida pelas captações desde 2001, quando o volume da demanda de captação corresponderia a 76% da vazão do Ribeirão Água Fria.

A partir do ano de 2003 o Ribeirão Água Fria não estaria mais suportando a demanda de captação, observando que essa chega a ser superior a vazão do ribeirão. Percebe-se que a disponibilidade hídrica é inferior ao volume captado na bacia, confirmando as declarações dos moradores próximos da foz do ribeirão, que no período de estiagem, alegam que o ribeirão está secando.

Baseado na análise da vazão do ribeirão nos meses de julho, agosto e setembro, pode-se inferir que nos anos em que se iniciaram as medições da vazão, o ribeirão comportaria a demanda de captação. Apesar disso, no decorrer dos anos, a demanda de captação compromete significativamente a vazão do ribeirão, chegando a ser superior à vazão do ribeirão, indicando que esse não comporta o montante de captações.

Figura 23. Análise entre as vazões do Ribeirão Água Fria no mês de setembro de 2001 a 2013, com a demanda de captação.



Realizando uma análise de acordo com a legislação vigente, observou-se a vazão de referência Q_{90} para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, juntamente com a vazão autorizada para captação e a vazão captada sem autorização.

Segundo a legislação, a vazão captada não pode ser superior a 75% da Q_{90} , garantindo dessa forma a vazão ecológica e a manutenção do meio aquático.

A figura 24 apresenta a vazão de referência Q_{90} com os 75% da Q_{90} , valor máximo permitido para captação, do período de estiagem e de cada mês individualmente, juntamente com o volume captado pelos usuários autorizados e os usuários sem autorização.

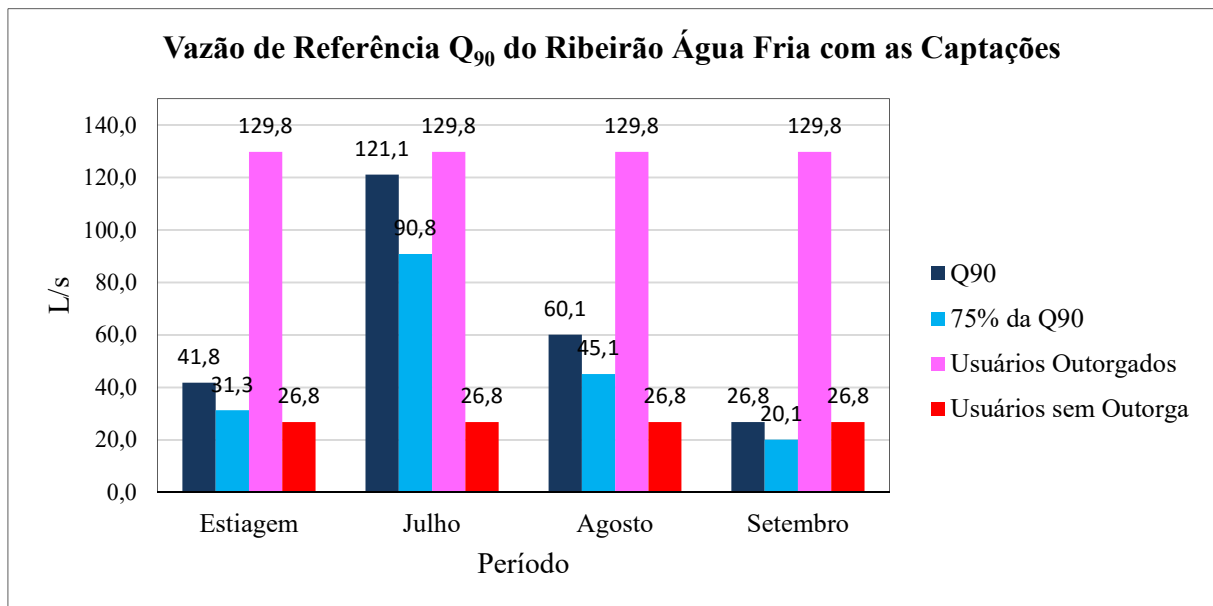
Considerando os dados, foi possível determinar que a vazão outorgada é superior a vazão máxima permitida para captação, ou seja os 75% da Q_{90} , para o período de estiagem e nos meses de julho, agosto e setembro, sendo superior ao valor total da vazão de referência Q_{90} .

Analisando a vazão captada sem autorização com os 75% da Q_{90} para o período de estiagem, observou-se que a vazão captada corresponde a 85,6% da vazão disponível, comprometendo significativamente a vazão do ribeirão.

Em relação a cada mês, observou-se que a vazão captada sem autorização, corresponderia a 29,5% e 59,4% da vazão permitida para captação nos meses de julho e agosto, respectivamente. Entretanto, no mês de setembro a vazão captada sem autorização é superior ao valor permitido, correspondendo ao volume total da Q_{90} .

Diante das análises é possível inferir que a vazão autorizada para captação é superior a vazão de referência do Ribeirão Água Fria, além das captações sem autorização, estarem comprometendo significativamente na vazão do ribeirão. Dessa forma torna-se necessário a inclusão das captações sem autorização no banco de dados do órgão gestor, e uma nova análise das vazões autorizadas.

Figura 24. A vazão de referência Q_{90} e os 75% da Q_{90} da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria no período de estiagem e individualmente nos meses de julho, agosto e setembro, com a vazão outorgada e a vazão captada sem autorização.



4.4.4. Estimativa Populacional na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria

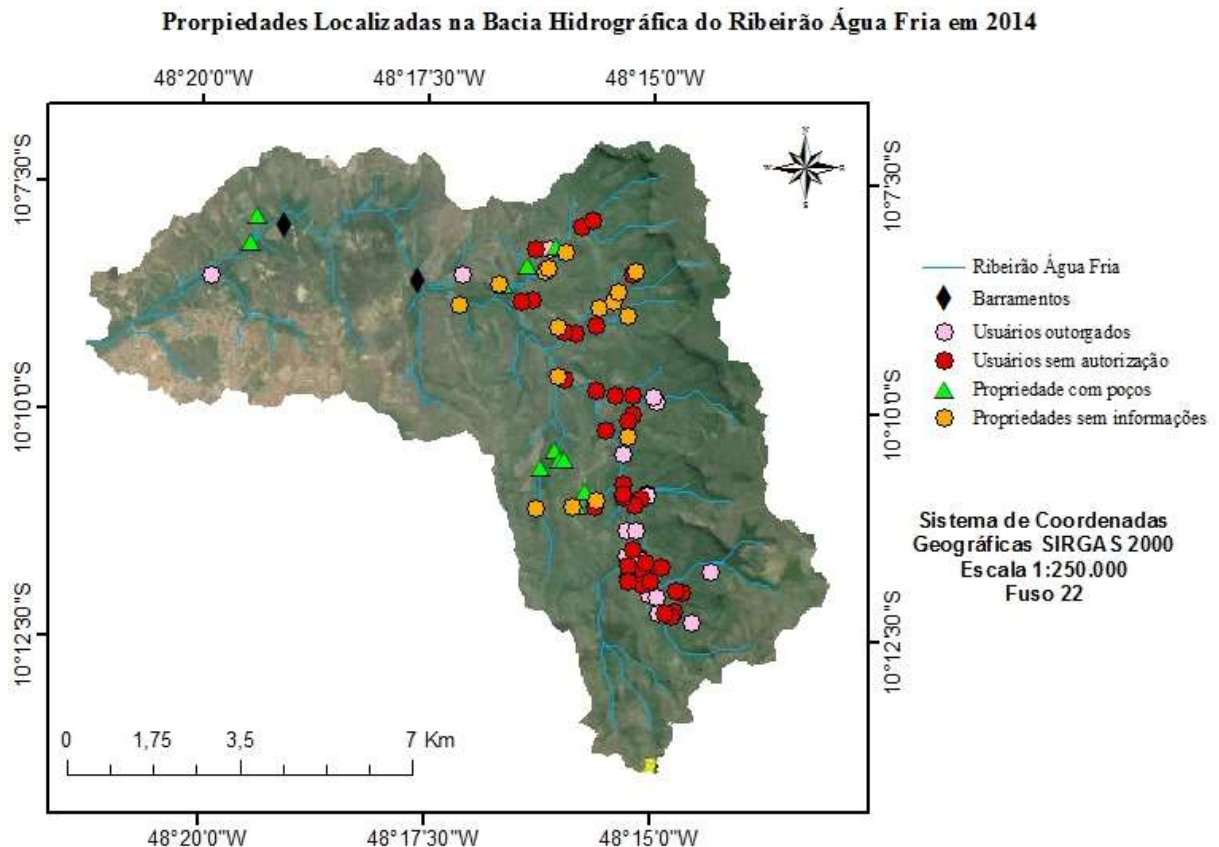
Com o levantamento dos usuários da bacia do Ribeirão Água Fria, realizado no ano de 2013, identificou-se 85 propriedades com edificações, sendo elas classificadas em propriedades com autorização para captação, um total de 20 propriedades, 38 propriedades sem autorização para captação, 16 propriedades sem informações e 11 propriedades que utilizam poços.

Utilizando as coordenadas de cada propriedade foi possível localizar as propriedades na imagem de satélite de 2014 do Google Earth, conforme observado na figura 25. Diante desse recurso, utilizou-se as imagens históricas de satélite do Google Earth para os anos de 2009, 2007 e 2005, estabelecendo o crescimento ocupacional na área da bacia.

Ao todo foram identificadas 58 propriedades que realizam captação superficial na bacia, sendo, o volume captado pelas propriedades com autorização é de 129,8 L/s e pelas propriedades sem autorização de 18,93 L/s. Para as 16 propriedades sem informações, foi

considerado que todas realizam captação superficial, estimando um volume de captação de 7,9 L/s. Determinando um volume total de captação na bacia de 156,63 L/s.

Figura 25. Imagem de satélite da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, contendo todas as propriedades identificadas durante o levantamento dos usuários.



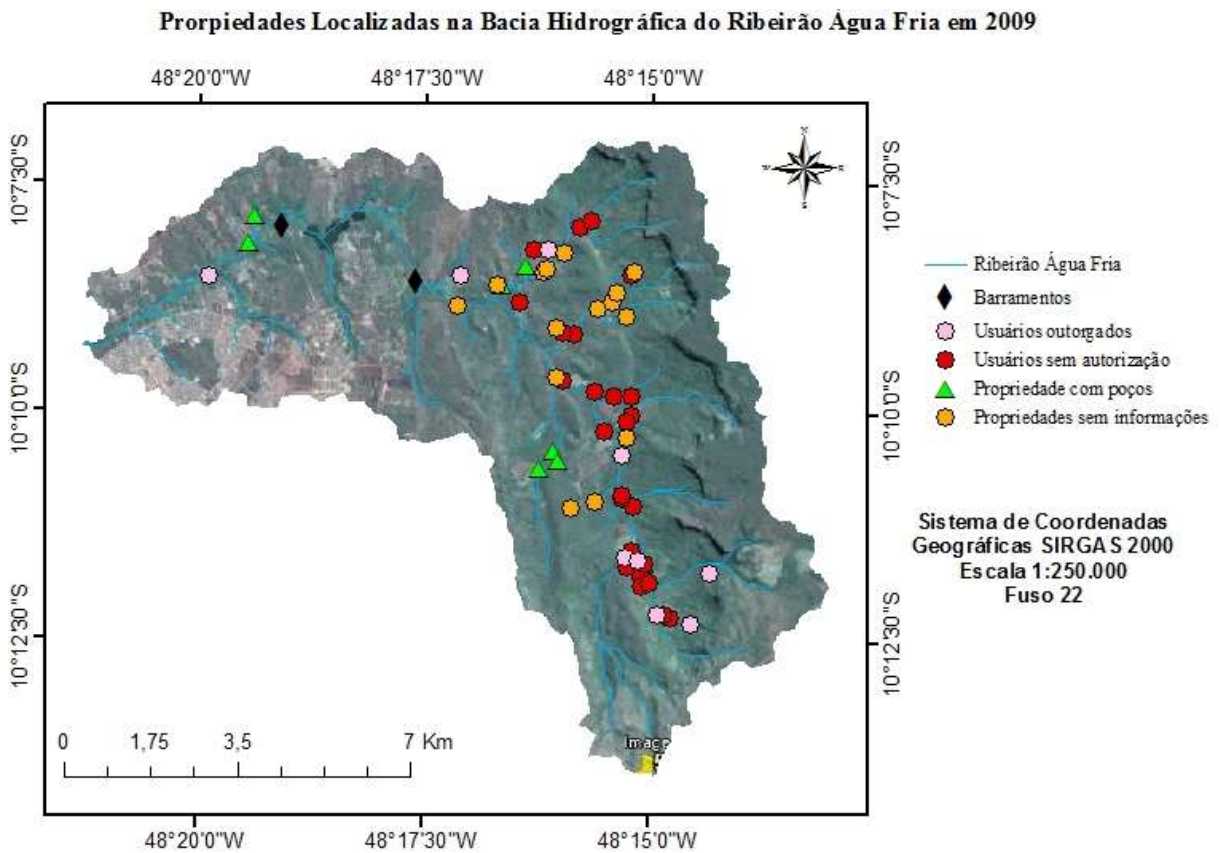
Fonte: Google Earth, 2014

Utilizando a imagem de satélite do ano de 2009, determinou-se a ocupação na bacia do Ribeirão Água Fria para o supramencionado ano, identificando 60 propriedades na bacia, representadas pela figura 26.

Classificando as 60 propriedades, identificou-se 11 com autorização para captação, sendo o volume captado de 104,62 L/s, sem autorização para captação eram 27 propriedades, captando um volume de 13,33 L/s, as propriedades sem informações eram 15, captando 7,2 L/s, e 07 propriedades eram abastecidas por poços. O volume total captado superficialmente na bacia do Ribeirão Água Fria no ano de 2009 foi de 125,15 L/s.

Pode-se perceber um crescimento populacional na bacia do Ribeirão Água Fria do ano de 2009 para 2013 de 42% e um aumento de 25% no volume captado superficialmente.

Figura 26. Imagem de satélite de 2009 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, contendo todas as propriedades identificadas durante o levantamento, observadas no ano de 2009.

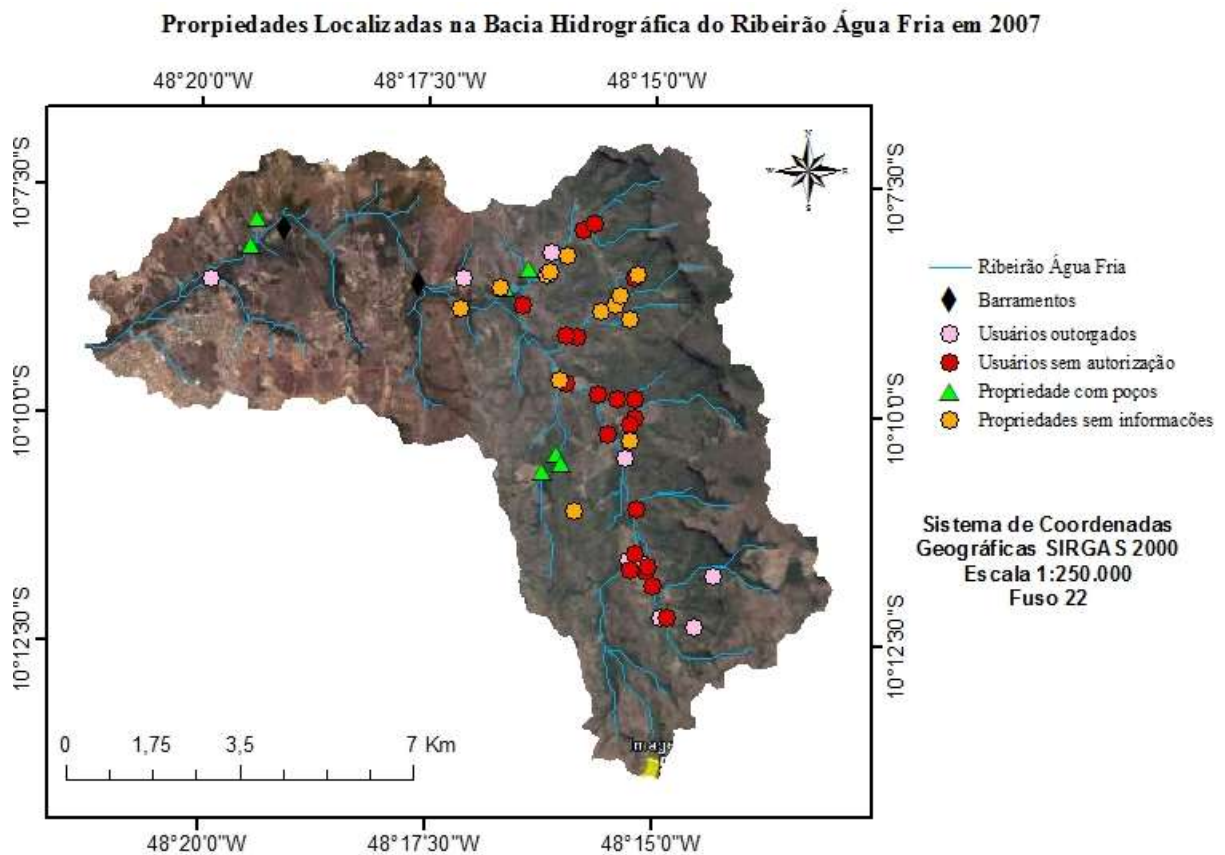


Fonte: Google Earth, 2009

A figura 27 apresenta o mapa da bacia do Ribeirão Água Fria no ano de 2007, demonstrando a localização das propriedades. No aludido ano, foram localizadas um total de 51 propriedades, sendo que 11 propriedades possuíam autorização e captavam 104,62 L/s, 20 propriedades não haviam obtido autorização e captavam 11,1 L/s, 13 propriedades sem informações captavam 6,4 L/s e 07 propriedades eram abastecidas por poços. As captações superficiais somavam 122,12 L/s.

Foi observado um crescimento populacional na bacia do Ribeirão Água Fria de 2007 para 2009 de 17,6% e um aumento de 2,5% no volume captado.

Figura 27. Imagem de satélite de 2007 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, contendo todas as propriedades identificadas durante o levantamento, observadas no ano de 2007.



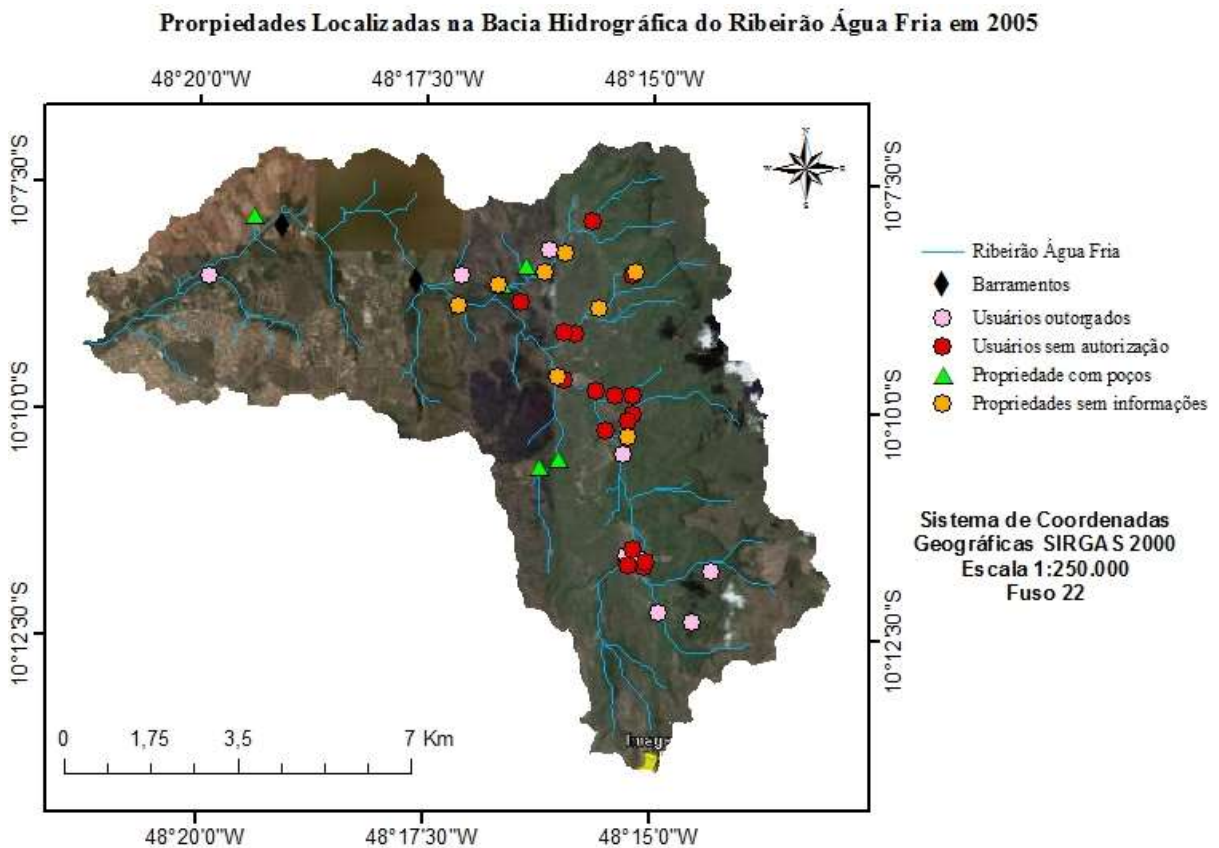
Fonte: Google Earth, 2007

A figura 28 apresenta o mapa da bacia no ano de 2005, demonstrando a localização das propriedades. No referido ano, foram localizadas 37 propriedades, sendo que 08 propriedades possuíam autorização para captar um volume de 97,09 L/s, 16 propriedades captavam sem autorização 8,64 L/s, 08 propriedades sem informações captavam 4,1 L/s e 05 propriedades eram abastecidas por poços. O volume total captado na bacia em 2005 era de 109,83 L/s.

Analisando os dados, determinou-se um crescimento populacional na bacia do Ribeirão Água Fria do ano de 2005 para 2007 de 38% e um aumento na captação de 11%.

O crescimento populacional na bacia do Ribeirão Água Fria, entre o ano de 2005 e o ano de 2013 foi de 130%, enquanto o aumento da vazão captada foi de 43%.

Figura 28. Imagem de satélite de 2005 da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, contendo as propriedades identificadas durante o levantamento, observadas no ano de 2005.



Fonte: Google Earth, 2005

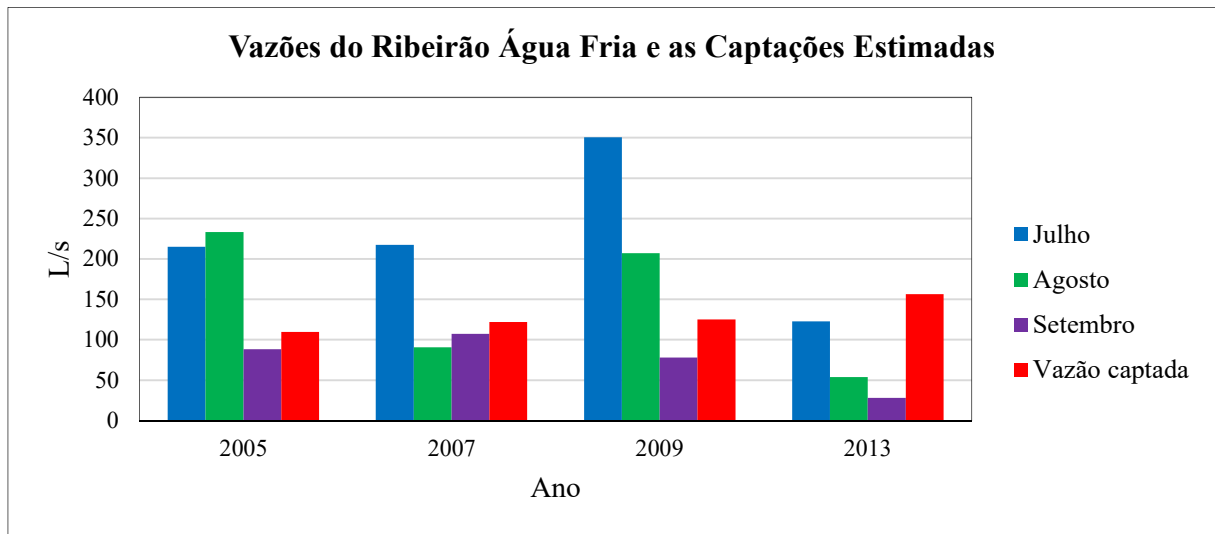
Utilizando as informações do volume captado nos anos de 2005, 2007, 2009 e 2013, conforme o crescimento populacional, realizou-se uma análise das vazões captadas nesses anos, juntamente com a vazão do ribeirão para os anos respectivos, inserida na figura 29.

A análise do gráfico possibilitou inferir que em 2005 a vazão captada não estaria comprometendo a vazão do ribeirão nos meses de julho e agosto, contudo, no mês de setembro a vazão captada foi superior à vazão do ribeirão.

No ano de 2007, a vazão do ribeirão não estaria comprometida pelo montante de captações no mês de julho, mas nos meses de agosto e setembro a vazão captada seria superior a vazão do ribeirão.

Observando a vazão do ribeirão no ano de 2013, verificou-se que a vazão captada é superior a vazão do ribeirão nos três meses do período de estiagem. Dessa forma, é possível afirmar que o ribeirão não suporta a demanda de captações principalmente no mês de setembro, desde o ano de 2005.

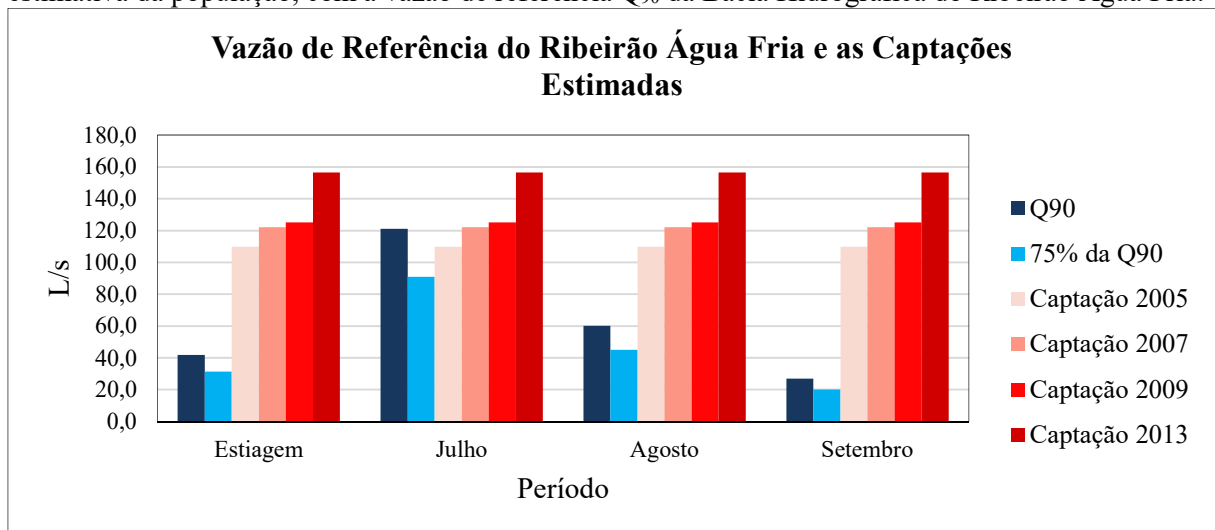
Figura 29. Análise das vazões do Ribeirão Água Fria nos anos de 2005, 2007, 2009 e 2013, com as vazões captadas para os mesmos anos conforme dados da estimativa da população.



Levando em consideração a legislação vigente no Estado, analisou-se o comprometimento das captações conforme o crescimento populacional na bacia nos anos de 2005, 2007, 2009 e 2013, com a vazão de referência Q_{90} e os 75% da Q_{90} , vazão máxima para captação, disponível na figura 30.

Observando as vazões captadas, verificou-se que, em todos os anos observados, a vazão foi superior aos 75% da Q_{90} , vazão máxima permitida para captação. Sendo que apenas a vazão captada em 2005, não foi superior ao volume total da vazão de referência para o período de estiagem.

Figura 30. Análise das vazões captadas para os anos de 2005, 2007, 2009 e 2013, conforme dados da estimativa da população, com a vazão de referência Q_{90} da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria.



5. CONCLUSÕES

A partir das análises dos dados morfométricos, da disponibilidade hídrica e das demandas de captações na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, pode-se concluir que:

1. A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria é uma bacia de porte médio, com canal principal de 4º ordem, área de drenagem de 90,26 km² e perímetro de 56,27 km. O coeficiente de compacidade é de 1,66, o fator de forma de 0,41 e razão de alongação de 0,72 e o tempo de concentração 1,35 h. A densidade de drenagem é 0,97 km km⁻², a densidade hidrográfica de 0,54 km⁻², o índice de rugosidade de 0,48 e a razão de relevo de 0,03 km km⁻¹. Indicando uma bacia com relevo plano a suavemente ondulado, de forma alongada, com poucos cursos d'água, com o escoamento superficial lento o que pode indicar uma eficiente infiltração.

2. As vazões do Ribeirão Água Fria sofreram uma diminuição de 58% nos meses de julho e agosto e de 72% no mês de setembro, quando analisada a média das vazões de 2001 e 2002 com as médias das vazões de 2003 a 2013. Esse declínio da vazão do Ribeirão Água Fria, no decorrer dos anos, pode estar relacionado a vários fatores, dentre eles, o aumento da demanda de captações superficiais realizadas na bacia.

3. Foram autorizados 20 usuários a realizarem captação superficial no Ribeirão Água Fria, para um volume total de 129,80 L/s, sendo as duas maiores outorgas referentes a Embrapa, para o projeto de piscicultura, e a Companhia de Abastecimento - Saneatins, para o abastecimento público da cidade de Palmas, os dois usuários captam 87,98 L/s, enquanto os outros usuários captam 41,91 L/s.

4. Na bacia do Ribeirão Água Fria foram identificadas 38 propriedades que captam sem autorização do órgão ambiental, ao todo elas captam 18,93 L/s. Em outras 16 propriedades não foi possível obter informações, para elas foi estimada uma vazão de 7,9 L/s. Determinando um total de 54 propriedades sem autorização com uma captação de 26,83 L/s.

5. As captações realizadas pelos usuários sem autorização ocorrem de duas formas, por bombeamento e por gravidade, das 30 propriedades que captam por gravidade, 28 captam durante 24 h, mesmo não havendo necessidade.

6. O método de captação por gravidade é muito utilizado pelo fato das propriedades estarem localizadas próximas as nascentes do Ribeirão água Fria, o que favorece a implantação de mangueiras em seu leito, bem como, incentivando o desperdício e a falta de controle do uso da água.

7. No ano de 2001, a vazão do Ribeirão Água Fria no mês de julho, atenderia as captações autorizadas e as sem autorização sem comprometer significativamente a sua vazão, visto que as captações autorizadas corresponderiam a 18% da vazão do ribeirão e as captações sem autorização a 3,7%. Entretanto, em 2010 o comprometimento da vazão do Ribeirão Água Fria no mês de julho seria significativo, sendo que 83% da vazão do ribeirão estaria sendo utilizada pelas captações autorizadas.

8. No mês de agosto as vazões autorizadas estariam comprometendo a vazão do Ribeirão Água Fria desde o ano de 2007, quando essas foram superior a disponibilidade hídrica. Contudo, no mês de setembro o comprometimento estaria acontecendo desde 2003, quando o volume autorizado passou a ser superior à vazão do ribeirão. As captações sem autorização também estariam comprometendo a vazão do Ribeirão Água Fria, em 43% no mês de agosto a partir do ano 2012 e em 73% no mês de setembro a partir do ano de 2008.

9. As captações autorizadas foram superiores a vazão de referência Q_{90} para o período de estiagem e para os meses de julho, agosto e setembro, enquanto as captações sem autorização, excederam a Q_{90} no período de estiagem e no mês de setembro, comprometendo quase toda a vazão do mês de agosto.

10. O crescimento populacional na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, observado a partir do ano de 2005 para o ano de 2013 foi de 130%, enquanto o aumento da vazão captada foi de 43%.

11. A vazão do Ribeirão Água Fria não está suportando a demanda de captações autorizadas pelo órgão ambiental, juntamente com as captações sem autorização, sendo essas captações superiores a disponibilidade hídrica do ribeirão, o que pode estar causando os conflitos pelo uso da água na bacia.

6. RECOMENDAÇÕES

Com base nas conclusões inferidas e nas dificuldades encontradas durante o processo de desenvolvimento da pesquisa, recomenda-se:

1. Uma efetiva atuação do Comitê de Bacia, estabelecendo procedimentos específicos para a bacia em estudo, visto que o Decreto de outorga é generalista e não apresenta tratamento diferenciado para bacias pequenas com um considerável número de moradores, o que pode ocasionar falta de controle das demandas na bacia, pois segundo o Decreto, não é necessário que os usuários, quando as captações dos recursos hídricos são destinadas ao abastecimento doméstico residencial ou rural, solicitem autorização para captar água.

2. Atuação do órgão gestor e fiscalizador, responsáveis pelos recursos hídricos no Estado do Tocantins, juntamente com os comitês de bacias, elaborasse plano específico para bacia, determinando os usos múltiplos, classificação dos corpos hídricos, valores de uso insignificante, estudos de vazões para cada bacia e montasse um sistema de cadastro de todos os usuários das bacias contendo coordenadas e vazões captadas, dessa forma saberiam a demanda e a disponibilidade de cada região, amenizando os conflitos pela água.

3. A instalação de Estação Fluviométrica na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria, para o monitoramento da vazão do ribeirão, estabelecendo uma série histórica, dessa forma determinando a vazão de referência Q_{90} específica para a bacia, sem a necessidade de ferramentas como a regionalização de vazões.

4. A implantação de redes de monitoramento e fiscalização dos recursos hídricos na bacia, controlando o uso dos recursos hídricos, para evitar captações irregulares e o desperdício do recurso hídrico.

A adoção das supracitadas medidas pode acarretar na supressão dos conflitos existentes na bacia do Ribeirão Água Fria, garantindo a todos os usuários o devido acesso à água.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, E. H.; AMORIM, A. J. Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso. **Caminhos de Geografia**. P.70-77, Fev. 2005.

ALMEIDA, E. P. C.; *et al.* Árvore do conhecimento. Solos tropicais: Latossolos Vermelho-Amarelos. Disponível em:
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000g05ip3qr02wx5ok0q43a0r3t5vjo4.html> Acesso em: 15 de janeiro de 2015.

ALVES, T. L. B.; *et al.* Análise morfométrica da Microbacia Hidrográfica Riacho Namorado, São João do Cariri-PB: uma ferramenta ao diagnóstico físico. **Revista de Geografia** (UFPE), v. 31, n.º. 3. 2014.

ARAI, F. K.; *et al.* Caracterização hidromorfométrica da bacia do Dourados localizada no centro-sul do Mato Grosso do Sul. **Revista Agrarian**. Dourados, v.5, n.17, p. 270-280. 2012.

ARAÚJO, D. C.; *et al.* Conflitos institucionais na gestão dos recursos hídricos do Estado da Paraíba. **RBRH**, v.17, n.4, p. 259-271, Out./Dez. 2012.

BARBOSA, M. E. F.; FURRIER, M. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Guruji, litoral sul do Estado da Paraíba. **Cadernos do Logepa**, v. 6, n. 1, p. 1-24, jan./jun. 2011.

BARBOSA, T. S.; FURRIER, M. Avaliação morfológica e morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Marés – PB, para verificação de influência neotectônica. **Cadernos de Geociências**. V. 9, n. 2, novembro 2012.

BORSATO, F. H.; MARTONI, A. M. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**. Maringá. V. 26, n. 2, p. 273-285, 2004.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Aguas. Coleção das leis do Brasil, v, 4, p. 679.

BRASIL. Lei nº 3.071, 01 de janeiro de 1916. Código Civil dos Estados Unidos do Brasil. Diário Oficial da União - Seção 1, p. 133.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF: Casa Civil, 1997.

BRASIL. Ministério do meio ambiente. Secretaria de recursos hídricos. Termo de Referência para Elaboração dos Planos de Recursos Hídricos (documento básico). 2000. Disponível em:<

http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo/estudos/doc/t_rfinali.pdf> Acesso em: 06 de outubro de 2011.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Diário Oficial da União. Brasília, DF. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>> Acesso em: 06 de outubro de 2011.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União. Brasília, DF. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 06 de outubro de 2011.

CARDOSO, C. A.; *et al.* Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CAROLO, F. Outorga de direito de uso de recursos hídricos: instrumento para o desenvolvimento sustentável. Estudos das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí. 203 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. Análise morfométrica e geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Turvo – GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Scientia Plena**, v. 5, n. 2, 2009.

CONEXÃO. Confirmada a instalação da unidade da Embrapa no Estado. Conexão Tocantins, Palmas, 1 set. 2009. Disponível em:< <http://conexaoto.com.br/2009/09/01/confirmada-a-instalacao-da-unidade-da-embrapa-no-estado>>. Acesso em: 10 de março de 2014.

COUTINHO, L. M; *et al.* Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata, Castelo, ES. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 369-381, outubro-dezembro, 2011.

COUTINHO, L. M.; NASCIMENTO, K. A. Influência de padrões morfométricos sobre as ocorrências de inundações na bacia do Córrego Cobiça, Cachoeiro de Itapemirim-ES. In: **XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, abril, 2013

CRUZ, J.C. Disponibilidade hídrica para outorga, avaliação de aspectos técnicos e conceituais. Porto Alegre. Dissertação (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001.

CRUZ, J.C; *et al.* Estratégia evolutiva de outorga de uso da água: caso de usuários hidrográfcas no Rio Grande do Sul, Brasil. **REGA**, v. 3, n. 1, p. 5-16, jan./jun. 2006.

CRUZ, J.C; SILVEIRA, G.L. Disponibilidade hídrica para outorga (I): avaliação por seção hidrológica de referência. **REGA**, v. 4, n. 2, p. 51-64, jul./dez. 2007.

CURADO, L. C. Indicadores de vazão mínimas de referência em Sub Bacias do Rio Miranda. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande. 2003.

CURI, W. F.; *et al.* Um modelo de outorga para bacias controladas por reservatórios: 1 – desenvolvimento do modelo que contempla demandas múltiplas e variáveis mensalmente. **RBRH**, v.16, n.4, p. 73-82, Out./Dez. 2011.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Brasília, DF, 2006. 306 p.

FALCÃO, R. M.; *et al.* Diagnóstico do meio físico da Bacia Hidrográfica do Córrego da Vereda, Rio Embu Mirim, SP. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, 2009. V. 1.

FERNANDES, N. B.; *et al.* Capacidade de uso das terras na Bacia Hidrográfica do Jiquiriçá, Recôncavo Sul da Bahia. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia. V.11, n.34, p.105–122. Jul. 2010.

FERREIRA, M. I. P.; *et al.* 7 Políticas públicas e gerenciamento de recursos hídricos. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v.2, n.2, jul./dez. 2008.

GUEDES, M. J. F.; *et al.* Alternativas de gerenciamento da demanda de água na escala de uma cidade. **RBRH**, v.19, n.3, p. 51-62. Jul./Set. 2014.

GONÇALVES, M. L.; *et al.* Processo de construção do plano diretor de recursos hídricos: caso da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte – SC. **RBRH**, v.12, n.2, p. 147-155. Abr./Jun. 2007.

HOTTO, M. C.; *et al.* Determinação automática de parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas no município de Campinas – SP. Anais **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil. INPE, p. 3381-3388. Abr. 2007.

IBGE. Censo Demográfico. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>> Acesso em: 15 de janeiro de 2015.

IBRAN. Instituto Brasília Ambiental. Bioma Cerrado. 2012. Disponível em: <<http://www.ibram.df.gov.br/informacoes/meio-ambiente/bioma-cerrado.html>> Acesso em 15 de janeiro de 2015.

INDE. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. Solos do Estado do Tocantins. Mapas. Escala 1:1.000.000. Disponível em:

<<http://www.visualizador.inde.gov.br/VisualizaCamada/43>> Acesso em: 09 de fevereiro de 2015.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2015. Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/>> Acesso em: 09 de abril de 2015

LANNA, A. E. L.; *et al.* Os novos instrumentos de planejamento do sistema francês de gestão de recursos hídricos: II – reflexões e propostas para o Brasil. **RBRH**, v.7, n.2, Abr./Jun. 2002.

LIMA, A. M. M.; *et al.* A gestão da oferta hídrica no Estado do Pará e seus aspectos condicionantes. **RBRH**, v.15, n.3, p. 69-83, Jul./Set. 2010.

LIMA NETO, R. T; *et al.* Análise morfométrica e ambiental da Microbacia Hidrográfica do Rio Granjeiro, Crato/CE. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, 61(3): 365-369, jul. set. 2008.

LOPES, A. V.; FREITAS, M. A. S. A alocação de água como instrumento de gestão de recursos hídricos: experiências brasileiras. **REGA**, v.4, n.1, p.5-28, jan./jun. 2007.

LOUZADA, F. L. R. O.; *et al.* Análise física da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Estrela do Norte- ES. **XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação** – Universidade do Vale do Paraíba. XI Inic EPG – UNIVAP 2011.

LUIZ, S. F.; *et al.* Regionalização hidrológica de vazões mínimas por meio dos métodos OLS e WLS aplicada à Bacia do Alto São Francisco. **RBRH**, v.18, n.4, p. 231-241. Out./Dez. 2013.

MACHADO, É. C. M. N.; *et al.* Alocação quali-quantitativa de águas em bacias hidrográficas: metodologia multiobjetivo inserida no contexto da gestão dos recursos hídricos. **RBRH**, v.17, n.2, p. 213-227. Abr./Jun. 2012.

MEDEIROS, D. B.; *et al.* Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Riacho Refrigerante em Amaraji-PE. **IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão. Recife.** Out. 2009.

MIRANDA, G. M. Integração da gestão de recursos hídricos: caso da Bacia Hidrográfica Mebre-Sorge, Cantão de Vaud, Suíça. **REGA**, v.10, n.2, p.5-12, jul./dez. 2013.

MOREIRA, M. C.; *et al.* Índices para identificação de conflitos pelo uso da água: proposição metodológica e estudo de caso. **RBRH**, v.17, n.3, p. 7-15, Jul./Set. 2012.

NARDINI, R. C.; *et al.* Análise morfométrica e simulação das áreas de preservação permanente de uma microbacia hidrográfica. **Irriga**. Botucatu. V. 18, n. 4, p. 687-699, outubro-dezembro. 2013.

OLIVEIRA, E. D.; BORSATO, V. A. Propriedades morfométricas da Bacia Hidrográfica do Córrego Marumbizinho, Jandaia do Sul, PR. **Revista Geografar**. Curitiba. V.6, n.1, p.76-94, jun. 2011.

OLIVEIRA, J. R.; *et al.* Otimização do aproveitamento da disponibilidade de águas superficiais na Bacia do Ribeirão entre Ribeiros. **RBRH**, v 18, n.4, p.157-172, Out./Dez. 2013.

OLIVEIRA, O. F.; *et al.* Utilização da simulação dinâmica como ferramenta de apoio à gestão de bacias hidrográficas: o caso do Arroio Dilúvio em Porto Alegre, RS. **RBRH**, v.15, n.4, p. 17-29. Out./Dez. 2010.

PAULINO, P. F. Estudo sobre a sensibilidade dos parâmetros do método SCS na determinação de hidrogramas de cheia em bacias urbanas. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.

PEREIRA, E. M.; Análise de conflitos pelo uso da água relacionados à oferta e à demanda: Bacia do Rio Piracicaba – MG. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2012.

PÉRICO, E.; *et al.* Análise fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta, RS. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 2011, INPE, p.1200.

PINHEIRO, A.; ROSA, A. S. Comportamento hidrológico em bacias com floresta nativa e implantada no município de Caçador, SC. **RBRH**, v.15, n.4, p. 81-87. Out./Dez. 2010.

PRADO, R. B.; *et al.* Mapeamento e caracterização dos fatores fisiográficos da bacia hidrográfica de contribuição para o reservatório de Barra Bonita – SP. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia. V.11, n.36, p. 237-257. Dez. 2010.

POLLO, R. A.; *et al.* Caracterização morfométrica da Microbacia do Ribeirão Água da Lucia, Botucatu-SP. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**. Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.163-174. 2012.

RIBEIRO, M.M.R.; LANNA, A.E.L. A outorga integrada das vazões de captação e diluição. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n.3, p. 151-168, jul/set 2003.

- RODRIGUES, F. R.; WERLANG, M. K. Avaliação do estágio de evolução do relevo em pequenas bacias hidrográficas no sudoeste do município de São Pedro do Sul, RS. **Ciência e Natura**, UFSM, 33 (1): 133 – 144. 2011.
- RODRIGUES, M. T.; *et al.* Análise morfométrica da Microbacia do Córrego do Vangasse – Pratânia/SP. **IX Fórum Ambiental da Alta Paulista**. V. 9, n. 2, pp. 475-48. 2013.
- ROCHA, R. M.; *et al.* Caracterização morfométrica da Sub-Bacia do Rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. **São. Ambient. Água**. Taubaté. Vol. 9, n. 2, Abr./Jun. 2014.
- SACRAMENTO, M. F.; REGO, M. J. M. A bacia de drenagem enquanto unidade integradora nos estudos geoambientais. **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Goiânia. 2006.
- SANTOS, A. M.; *et al.* Análise morfométrica das Sub-Bacias Hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 195-211. 2012.
- SANTOS, H. G.; *et al.* *Árvore do conhecimento*. Solos tropicais: Cambissolos Háplicos. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn1sf65m02wx5ok0liq1mqzx3jrec.html> Acesso em: 15 de janeiro de 2015.
- SANTOS, V. S.; *et al.* Um modelo de otimização multiobjetivo para análise de sistema de recursos hídricos i: metodologia. **RBRH**, v.16, n.4, p. 49-60. Out./Dez. 2011(a).
- SANTOS, V. S.; *et al.* Um modelo de otimização multiobjetivo para análise de sistema de recursos hídricos: ii aplicação. **RBRH**, v.16, n.4, p. 61-71. Out./Dez. 2011(b).
- SEMARH. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://semarh.to.gov.br/>> Acesso em: 15 de outubro de 2014.
- SEPLAN. Indicadores Sócio Econômicos do Estado do Tocantins. 2013. Disponível em: <<http://www.seplan.to.gov.br>> Acesso em: 15 de janeiro de 2015.
- SILVA, J. L.; TONELLO, K. C. Morfometria da Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Pinheirinhos, Brotas – SP. **Irriga**. Botucatu, v. 19, n. 1, p. 103-114, janeiro-março. 2014.
- SILVA, J. R.; MOURA, A. C. M. Delimitação automática de sub-bacias hidrográficas no município de Ouro Preto – MG. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013, INPE.
- SILVA, S. R.; CIRILO, J. A. O planejamento de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **REGA**, v.8, n.1, p.47-64, jan./jun. 2011.

SILVA, T. C. S.; BOAS, J. Q. V. A nova natureza jurídica da água e suas consequências em face da outorga de direito de uso de recursos hídricos. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v.8, n.1, p.141-158. 2013.

SILVEIRA, A. L. L. Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. **RBRH**, v.10, n.1, p. 5-23. Jan/Mar. 2005.

SOUZA, A.K.P.; BATISTA, G. T. Caracterização fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Jamanxim, Pará, Brasil. **Ambi-Água**, v.2, n.2, p.69-87. 2007.

SOUZA, R. M.; *et al.* Caracterização morfométrica e delimitação da Bacia Hidrográfica do Córrego Samambaia – GO a partir de dados do SRTM. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. Foz do Iguaçu. Abril, 2013, INPE.

TEODORO, V. L. I.; *et al.* O Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**. n.20, p. 136 – 156, 2007.

TIMÓTEO W. O.; SERRA J. C. V. Problemática do abastecimento de água em uma população crescente: caso específico Palmas – TO. **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal, v.10, n. 2, p. 220-230. 2013.

TOCANTINS. Decreto nº 1.015, de 25 de agosto de 2000. Dispõe sobre competência específica do Instituto Natureza do Tocantins - NATURATINS. Disponível em: <<http://naturatins.to.gov.br/legislacao/estadual/decretos/>> Acesso em: 09 de janeiro de 2014.

TOCANTINS. Decreto nº 2.432, de 6 de junho de 2005. Regulamenta a outorga do direito de uso de recursos hídricos. Palmas- TO, p 1-10, 2005.

TOCANTINS. Decreto nº 637, de 22 de julho 1998. Cria o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: <<http://semarh.to.gov.br/>> Acesso em: 12 de janeiro de 2014.

TOCANTINS (Estado). Instituto Natureza do Tocantins. Divisão de Outorga. Disponível em: <<http://naturatins.to.gov.br/recursos-hidricos/divisao-de-outorga/>> Acesso em: 10 de março de 2014.

TOCANTINS. Lei nº 1.307, de 22 de março de 2002. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e adota outras providências. Palmas- TO, Publicado no Diário Oficial nº 1156.

TOCANTINS. Portaria nº 006 de janeiro de 2001. Disponível em: <<http://naturatins.to.gov.br/legislacao/estadual/portarias/>> Acesso em: 09 de janeiro de 2014.

TOCANTINS. Resolução nº 005 de 2005. Diário Oficial [do] Estado do Tocantins, 23 de fevereiro de 2006. Disponível em: <<http://semarh.to.gov.br/>> Acesso em: 12 de janeiro de 2014.

TOCANTINS. Serviços de consultoria para elaboração do Plano das Bacias Hidrográficas do Entorno de Palmas – TO. Relatório Final: Síntese dos estudos. 2004. Disponível em: <<http://semarh.to.gov.br/conteudo/pbh-do-entorno-do-lago/133>> Acesso em: 09 de janeiro de 2015.

TOPODATA. Banco de dados geomorfométricos do Brasil. 2011. Escala 1:250.000 disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>> Acesso em 10 de outubro de 2014.

TORRES, J. L. R.; *et al.* Avaliação das características morfológicas e hidrológicas da Microbacia do Córrego Buracão, afluente do Rio Uberaba. **Revista Caminhos de Geografia**. Uberlândia. V. 11, n. 33, p. 157 – 167. Março. 2010.

TOTTI, M. E.; AZEVEDO, S. Gestão de recursos naturais de uso comum: peculiaridades e abordagens teóricas. **RBRH**, v.18, n.3, p.41-51, Jul./Set. 2013.

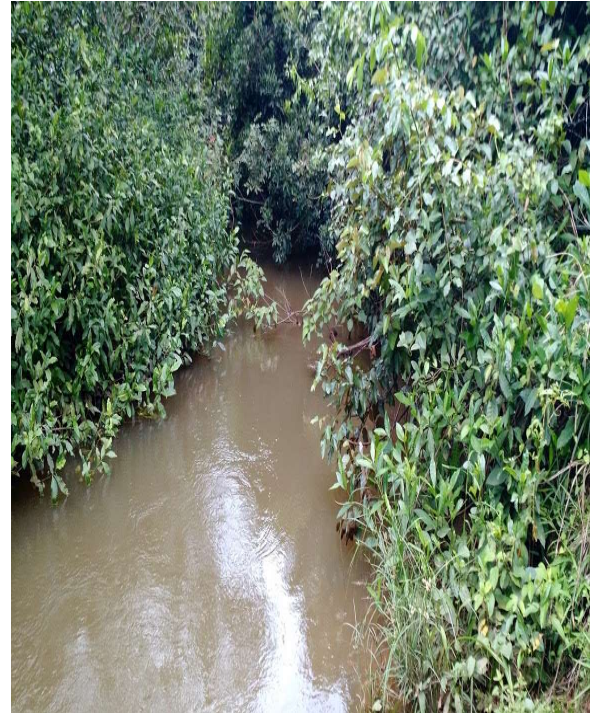
VALERIANO, M. M. TOPODATA: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos: INPE, 2008. Disponível em: <<http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 10 de outubro de 2015.

APÊNDICE

Figura 31. Imagens do Ribeirão Água Fria no período chuvoso, próximo de uma de suas nascentes (a) e próximo da região da sua foz (b).



(a)



(b)

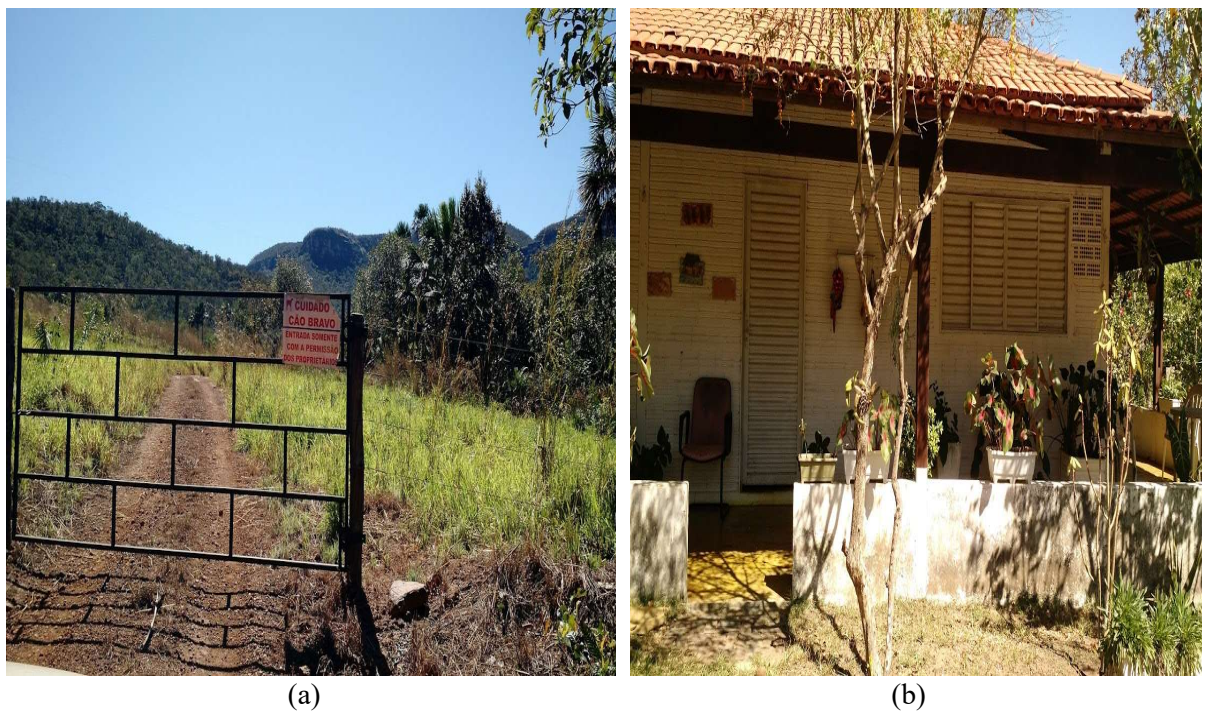
Figura 32. Imagem do conjunto de bombas de sucção utilizadas para captar água no Ribeirão Água Fria.



Figura 33. Imagens das mangueiras utilizadas nas captações superficiais, no leito do Ribeirão Água Fria, próximo as nascentes.



Figura 34. Imagem de propriedade com a porteira trancada (a), e sem morador encontrado na propriedade (b).



ANEXO

Tabela 10. Dados de precipitação para o município de Palmas, de 1993 a 2014

Município de Palmas	Código da Estação: OMM 83033											Latitude: -10,19 °	
												Longitude: -48,3°	
												Altitude: 280 m	
	Alturas Pluviométricas (mm)												
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total Anual
1993											3,4	221,7	-
1994	86,2				81,4	49,0	0,0	0,0	15,2	74,5	34,0	12,4	-
1995	12,4	60,1	154,0	43,7	14,7	0,0	0,0	0,0	1,7	200,3	357,8	192,7	1037,4
1996	233,2	247,2	319,8	231,4	112,4	0,0	0,0	8,0	14,2	226,1	181,9	110,2	1684,4
1997	305,1	295,8	431,1	331,9	44,9	0,0	0,0	0,0	81,1	158,3	129,5	329,5	2107,2
1998	197,8	239,5	282,3	84,0	45,9	0,0	0,0	0,0	15,7	69,8	305,1	241,1	1481,2
1999	391,7	243,1	242,0	159,7	64,8	0,0	0,0	0,0	0,0	142,9	441,7	594,7	2280,6
2000	288,3	526,7	286,9	134,0	42,2	0,0	21,1	3,7	46,3	142,4	284,1	430,3	2206,0
2001	234,4	147,3	387,5	117,4	22,2	1,2	0,0	0,0	129,1	373,4	420,4	338,6	2171,5
2002	431,7	195,1	233,0	107,8	55,0	0,0	0,0	0,0	76,1	145,0	214,5	238,6	1696,8
2003	487,1	241,4	236,8	231,6	129,9	0,0	0,0	18,6	22,6	179,6	303,1	193,0	2043,7
2004	490,7	204,5	299,4	246,9	2,3	27,4	0,0	0,0	41,8	160,2	172,1	249,9	1895,2
2005	263,2	257,9	273,4	179,3	46,1	0,0	0,0	0,0	82,9	110,2	242,0	336,7	1791,7
2006	174,5	313,8	402,9	403,8	156,3	0,0	0,0	1,7	198,3	140,4	131,6	226,0	2149,3
2007	365,1	583,2	209,1	84,2	34,3	0,0	0,0	0,0	55,1	80,9	201,7	130,1	1743,7
2008	292,7	272,7	294,7	238,2	34,0	0,0	0,0	0,0	12,1	98,9	298,0	169,0	1710,3
2009	160,1	353,8	168,7	130,4	285,1	40,1	0,0	0,4	80,7	213,7	172,0	316,3	1921,3
2010	436,9	206,1	462,5	82,8	25,6	0,2	0,0	0,0	18,0	222,1	189,4	162,0	1805,6
2011	354,2	327,3	352,4	218,8	9,8	0,0	2,2	0,0	0,0	228,1	210,5	302,4	2005,7
2012	378,8	247,8	121,0	92,8	63,3	8,8	0,0	0,0	0,0	31,3	326,2	227,9	1497,9

2013	289,1	197,2	369,4	105,3	24,9	24,2	0,0	0,2	10,5	114,5	281,0	433,0	1849,3
2014	291,4	281,1	363,6	179,8	52,3	0,0	0,0	0,0	82,0	155,4	191,1	247,2	1843,9
Média	303,9	272,1	294,5	170,2	63,3	5,1	1,2	1,6	48,4	159,7	252,7	273,5	1846,1

Fonte: Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa/INMET, 2015.