



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE UNB PLANALTINA

ZÉLIA MALENA BARREIRA DIAS

RELAÇÃO ENTRE O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E A QUALIDADE DA ÁGUA  
SUPERFICIAL DE UMA ÁREA RURAL DO DISTRITO FEDERAL-DF

PLANALTINA-DF

2016

ZÉLIA MALENA BARREIRA DIAS

RELAÇÃO ENTRE O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E A QUALIDADE DA ÁGUA  
SUPERFICIAL DE UMA ÁREA RURAL DO DISTRITO FEDERAL-DF

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso  
de Gestão Ambiental, como requisito parcial à obtenção  
do título de bacharel em Gestão Ambiental.*

Orientador: Dr, Eduardo Cyrino de Oliveira-Filho

PLANALTINA-DF

2016

## FICHA CARTOGRÁFICA

Dias, Zélia Malena Barreira

Relação entre o Uso e Ocupação do Solo e a Qualidade da Água Superficial de uma Área Rural do Distrito Federal-DF. Zélia Malena Barreira Dias. Planaltina, DF, 2016. 57 f.

Monografia - Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília. Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental, 2016.

Orientação: Prof. Dr. Eduardo Cyrino de Oliveira-Filho.

1. Recursos Hídricos; 2. Cobertura do solo; 3. Bacia hidrográfica do Rio Jardim; 4. Monitoramento ambiental. I. Dias, Zélia Malena Barreira II. Título.

ZÉLIA MALENA BARREIRA DIAS

RELAÇÃO ENTRE O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E A QUALIDADE DA ÁGUA  
SUPERFICIAL DE UMA ÁREA RURAL DO DISTRITO FEDERAL-DF

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Gestão Ambiental da  
Faculdade UnB Planaltina, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em  
Gestão Ambiental.*

Banca Examinadora:

Planaltina-DF, 30 junho de 2016.



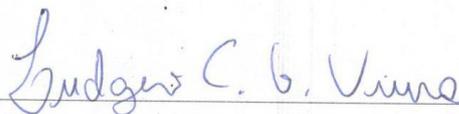
Prof. Dr. Eduardo Cyrino de Oliveira-Filho

(Orientador)



Profa. Dra. Elaine Nolasco Ribeiro

(Examinadora Interna)



Prof. Dr. Ludgero Cardoso Galli Vieira

(Examinador Interno)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter estado ao meu lado em todos os momentos.

Ao meu pai Elvécio e a minha mãe Maíva, que são meus maiores exemplos de amor, força e dedicação, só tenho a agradecer a Deus pela vida de cada um. Devo tudo a vocês!

Aos meus irmãos Daniel e Bárbara, pelo amor e companheirismo.

As minhas queridas avós, tios, primos e amigos, por todo apoio e incentivo.

Aos meus colegas de curso, por todos esses anos de aprendizagem e companheirismo.

A toda a equipe do Laboratório de Ecotoxicologia, Hidrologia e Química de Água da Embrapa Cerrados, em especial para Daphne Muniz pela paciência, incentivo e por todos os ensinamentos.

Ao meu orientador Dr. Eduardo Cyrino, pela confiança e orientação. Obrigada por tudo!

E a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho e para que eu chegasse até aqui: meu muito OBRIGADA!

## RESUMO

A água é essencial para manutenção da vida, porém as atividades antrópicas vêm causando intensas pressões sobre esse recurso, comprometendo tanto sua qualidade quanto a quantidade disponível. Tendo isso em vista, o presente estudo relacionou o uso e ocupação do solo e a qualidade de água de uma área rural do Distrito Federal, inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Jardim. O monitoramento de qualidade da água foi conduzido em seis pontos de amostragem, com coletas mensais de junho de 2013 a maio de 2014. Para cada amostra coletada foram realizadas análises físicas, químicas e microbiológicas, totalizando 23 parâmetros. Os resultados encontrados foram submetidos a estatística descritiva, teste de normalidade, comparação de médias (teste T e teste U) e posteriormente a análise de componentes principais (PCA). A partir dessas análises, pode-se destacar que as variáveis mais representativas para caracterização dos cursos d'água, segundo a Análise de Componentes Principais foram: a condutividade elétrica, o total de sólidos dissolvidos, cálcio e sódio. Observa-se também que os pontos de amostragem coletados em áreas com pouca vegetação nas margens dos rios, está associado ao incremento de nutrientes no curso d'água, enquanto os pontos coletados em áreas de preservação os parâmetros variaram de acordo com suas condições naturais do local. Por fim, o conhecimento acerca das formas de utilização e ocupação do solo são informações importantes, que pode embasar instrumentos de planejamento de uma bacia hidrográfica.

**Palavras-chave:** Recursos Hídricos; Cobertura do solo; Bacia hidrográfica do Rio Jardim; Monitoramento ambiental.

## ABSTRACT

Water is essential for sustaining life, but antropic activities are causing intense pressure on this resource, compromising either their quality as the quantity available. Noticing this, the present assignment related to land use and the quality of the water in a rural area of the Federal District, inserted into the Hydrographic Garden River Basin. The surveillance of water quality was conducted in six sampling points, with monthly collections from June 2013 to May 2014. For each collected sample, physical, chemical and microbiological analyzes were performed, totalizing 23 analysis. The results were submitted to descriptive statistics, normality test, comparison of means (T test and U test) and later the main components were analysed. From these analyzes, it can be noted that the most significant variables for the characterization of water path according to main Component Analysis were: electrical conductivity, total dissolved solids, turbidity, calcium and sodium. It is also noticed that the sampling points collected in areas with little vegetation on the banks of rivers, is associated with nutrient increase along the watercourse, while the collected points in preservation areas parameters vary according to their natural local conditions. Finally, knowledge about the forms of use and occupation of the soil, are important information, knowledge might encourage planning tools in a watershed.

**Keywords:** Water resources; Soil cover; The hydrographic Garden River Basin; Environmental monitoring.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ADASA</b>	Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal
<b>ANA</b>	Agência Nacional de Águas
<b>APHA</b>	American Public Health Agency
<b>APP</b>	Área de Preservação Permanente
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	Cálcio
<b>CBHs</b>	Comitês de Bacias Hidrográficas
<b>CETESB</b>	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
<b>Cl<sup>-</sup></b>	Cloreto
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>COND</b>	Condutividade elétrica
<b>CNRH</b>	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
<b>CP</b>	Componente Principal
<b>CTERMO</b>	Coliformes termotolerantes
<b>CT</b>	Coliformes totais
<b>DF</b>	Distrito Federal
<b>DP</b>	Desvio Padrão
<b>DUR</b>	Dureza total
<b>E, COLI</b>	Escherichia coli
<b>EDTA</b>	Ácido Etilenodiamino Tetra-acético
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<b>F<sup>-</sup></b>	Fluoreto
<b>JPL</b>	Jet Propulsion Laboratory
<b>K<sup>+</sup></b>	Potássio
<b>K-S</b>	Teste Kolmogorov-Smirnov
<b>LD</b>	Limite de detecção
<b>M</b>	Média
<b>MDE</b>	Modelo Digital de Elevação

<b>Max</b>	Máximo
<b>Mg,L<sup>-1</sup></b>	Miligrama por litro
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	Magnésio
<b>Min</b>	Mínimo
<b>MMA</b>	Ministério do Meio Ambiente
<b>Na<sup>+</sup></b>	Sódio
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Amônio
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	Nitrito
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Nitrato
<b>OD</b>	Oxigênio dissolvido
<b>PAD– DF</b>	Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal
<b>PCA</b>	Análise de Componentes Principais
<b>pH</b>	Potencial Hidrogeniônico
<b>PT</b>	Fósforo total
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	Fosfato
<b>SINGREH</b>	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
<b>SMEWW</b>	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	Sulfato
<b>SRTM</b>	Shuttle Radar Topographic Mission
<b>T</b>	Teste t
<b>U</b>	Teste Wilcoxon-Mann-Whitney
<b>TDS</b>	Total de sólido dissolvido
<b>TEMP</b>	Temperatura
<b>TURB</b>	Turbidez
<b>UNT</b>	Unidade Nefelométrica de Turbidez

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Localização da área de estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Jardim, Distrito Federal, Brasil.....	25
<b>Figura 2:</b> Mapa de localização dos pontos de coleta.....	26
<b>Figura 3:</b> Mapa de classificação de uso e ocupação do solo da área de estudo. ....	28
<b>Figura 4:</b> Área de Agricultura (1); Vegetação Perturbada (2); Mata Ripária (3); Reservatórios (4); Pastagem (5); Edificação (6).....	30
<b>Figura 5:</b> Projeção espacial das variáveis nas componentes 1 e 2 para o córrego Riachão do Meio 1.....	40
<b>Figura 6:</b> Projeção espacial das variáveis nas componentes 1 e 2 para o córrego Riachão do Meio 2.....	41
<b>Figura 7:</b> Projeção espacial das variáveis nas componentes 1 e 2 para o Rio Jardim.....	43
<b>Figura 8:</b> Projeção espacial das variáveis nas componentes 1 e 2 para o Rio Lamarão.....	44

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Área e percentual dos usos e ocupações da terra.....	29
<b>Tabela 2:</b> Valores de p para os testes de normalidade e comparação entre os períodos hidrológicos por meio dos testes T e U. ....	34
<b>Tabela 3:</b> Estatística descritiva para o período seco.....	35
<b>Tabela 4:</b> Estatística descritiva no período chuvoso.....	36
<b>Tabela 5:</b> Cargas das componentes principais, Autovalores, porcentagem da variância explicada e porcentagem de variância cumulativa para o córrego Riachão do Meio 1.....	39
<b>Tabela 6:</b> Cargas das componentes principais, Autovalores, porcentagem da variância explicada e porcentagem de variância cumulativa para o córrego Riachão do Meio 2.....	41
<b>Tabela 7:</b> Cargas das componentes principais, Autovalores, porcentagem da variância explicada e porcentagem de variância cumulativa para o Rio Jardim.....	42
<b>Tabela 8:</b> Cargas das componentes principais, Autovalores, porcentagem da variância explicada e porcentagem de variância cumulativa para o Rio Lamarão. ....	44

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivo geral .....	16
2.2. Objetivos específicos .....	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
3.1. Legislação .....	16
3.2. Parâmetros de qualidade de água.....	18
3.2.1. Condutividade.....	18
3.2.2. Oxigênio dissolvido.....	18
3.2.3. Coliformes totais e termotolerantes .....	19
3.2.4. Potencial hidrogeniônico (pH) .....	19
3.2.5. Temperatura da água .....	20
3.2.6. Nitrogênio.....	20
3.2.7. Cloreto .....	21
3.2.8. Fósforo.....	21
3.2.9. Turbidez.....	21
3.2.10. Dureza.....	22
3.2.11. Potássio.....	22
3.2.12. Sódio.....	22

3.3.	Relação do uso do solo e qualidade de água.....	22
4.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	24
4.1.	Caracterização da área de estudo .....	24
4.1.1.	Clima .....	26
4.1.2.	Relevo.....	27
4.1.3.	Solo.....	27
4.1.4.	Vegetação .....	27
4.1.5.	Uso e ocupação do solo .....	28
4.2.	Coleta e preparação das amostras .....	30
4.3.	Análises físico-químicas e Microbiológicas .....	30
4.4.	Tratamento dos dados de qualidade de água .....	31
4.5.	Elaboração dos mapas.....	33
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
5.1.	Qualidade da água na área de estudo .....	33
5.2.	Relação do uso e ocupação do solo com a qualidade da água.....	38
6.	CONCLUSÕES .....	49
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um bem limitado, essencial para existência da vida na terra e para o desenvolvimento das sociedades. Nas últimas décadas esse recurso vem sendo cada vez mais demandado, tanto em quantidade quanto em qualidade. Para Viegas (2007) os principais fatores antrópicos da crise da água são a poluição e o crescimento populacional, sem que as políticas de ordenamento territorial e de meio ambiente consigam atender adequadamente as novas demandas.

O Bioma Cerrado desempenha um papel fundamental no processo de distribuição dos recursos hídricos brasileiros e do continente sul-americano. Considerado como o segundo maior bioma brasileiro em extensão, ocupando aproximadamente 24% da porção central do Brasil, em seu domínio nascem vários rios que alimentam as três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul (a do São Francisco, a do Araguaia-Tocantins e a do Prata). Apesar da sua importância, o Cerrado é um dos biomas que mais vem sofrendo com a ocupação humana, e essa pressão crescente do desmatamento de novas áreas, principalmente para agricultura, está levando à exaustão progressiva dos recursos naturais da região (LIMA, 2001; IBGE, 2004; UNESCO, 2016).

No Distrito Federal o processo de ocupação do solo tem sido acelerado nos últimos 50 anos, com a construção e a consolidação de Brasília. O cerrado original que recobria a região, vem dando lugar a áreas agrícolas e urbanas. Em 1954 o DF tinha uma cobertura vegetal original de 329,000 ha, apresentava em 1998 uma cobertura nativa de apenas 124,000 ha, ou seja, uma redução relativa de 62%. Com esse crescimento, vem ocorrendo o aumento do consumo de água, além da utilização inadequada dos recursos naturais, provocando sérios problemas ambientais e sociais (UNESCO, 2000; SILVA & COSTA NETO, 2008; CHAVES & SANTOS, 2009).

De acordo com Nobre (2000), o crescimento populacional urbano somado às diversas formas de agricultura, são os principais fatores que contribuem para o comprometimento dos recursos hídricos. A situação de poluição hídrica tem-se agravado no País, considerando-se o aumento das cargas poluidoras urbana e industrial, uso inadequado do solo, erosão, desmatamento, uso inadequado de insumos agrícolas e mineração (MMARHAL, 1998).

A concentração da população em determinadas regiões, cidades e áreas metropolitanas é um dos principais aspectos a ser considerados na gestão integrada de recursos hídricos, uma vez que implica em demanda tanto por disponibilidade de água para o abastecimento público quanto para dissolução de cargas poluidoras urbanas (MMARHAL, 1998). No ambiente rural existe uma grande demanda de água para agricultura, o que segundo Ongley (1996) representa a maior usuária de água doce a nível mundial, e que contribui para as preocupações a respeito das implicações globais acerca da quantidade e da qualidade da água. Deste modo, cada atividade apresenta características diferentes, que fazem com que o meio ambiente seja impactado de diversas formas.

Um dos principais instrumentos de planejamento destinado a assegurar a disponibilidade qualitativa de água numa bacia hidrográfica é o enquadramento dos corpos hídricos em classes, segundo seus usos preponderantes (PINHEIRO, 2008). No Brasil a legislação que regulamenta o enquadramento é a CONAMA 357/2005, esta resolução define a classificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade) atuais e futuros. Barth (2002) menciona que o enquadramento pode ser visto como uma meta a ser alcançada, ao longo do tempo, mediante um conjunto de medidas necessárias, entre as quais, por exemplo, estão os programas de investimentos em tratamento de esgotos.

O monitoramento da qualidade da água é um dos pilares do gerenciamento das águas, assegurando o acompanhamento das pressões antrópicas, do estado da água e ambientes aquáticos e das respostas dos sistemas de gestão no que diz respeito às decisões efetivadas no controle e na proteção dos recursos hídricos (PINHEIRO, 2008). Representando, indiretamente, um mecanismo de controle do uso e de ocupação do solo, já que restringe a implantação de empreendimentos cujos usos não consigam manter a qualidade de água na classe em que o corpo d'água fora enquadrado.

Tendo em vista que a poluição hídrica é oriundo sobretudo por atividades humanas, para a integração de informações relacionadas ao estudo da água e condições ambientais dos cursos d'águas correspondentes, tais como uso e ocupação das terras, classes de solo e qualidade de água, os sistemas de Informações Geográficas e a Tecnologia de Sensoriamento Remoto constituem ferramentas muito úteis para o diagnóstico da qualidade ambiental e o gerenciamento e monitoramento da área em um estudo (PRADO & NOVO, 2005; BILICH, 2007).

Deste modo, o presente estudo foi realizado em uma área rural do Distrito Federal inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Jardim, com o objetivo de avaliar o uso e ocupação do solo e relacionar esse uso com a qualidade de água da área de estudada.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Apresentar o diagnóstico ambiental, relacionando a qualidade da água com o uso e cobertura do solo em uma área rural do Distrito Federal-DF.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar por meio de ferramentas estatísticas a qualidade da água da área de estudo, baseando em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos;
- Analisar o efeito da sazonalidade na qualidade da água;
- Caracterizar os diferentes tipos de uso e ocupação do solo da área de estudo, por meio do mapeamento de sua cobertura;
- Analisar a influência do uso e cobertura do solo nas possíveis alterações dos parâmetros de qualidade da água da área de estudo.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1. LEGISLAÇÃO**

O Brasil vem criando, desde o início do século passado, leis e políticas que buscam consolidar formas de preservar e valorizar seus recursos hídricos. Neste período evolutivo destaca-se o Código de Águas de 1934 como o marco legal do gerenciamento de recursos hídricos no Brasil. Esse documento tornou-se uma referência para elaboração da legislação de recursos hídricos em inúmeros países e até hoje ainda encontra-se vigente através de vários de seus artigos (SENRA; VIELLA; ANDRÉ, 2004).

A Constituição de 1988 teve um importante papel para a gestão dos recursos hídricos, definiu as águas como bens de uso comum e alterou a o domínio das águas do território nacional, anteriormente definida pelo Código de Águas de 1934 (PORTO, 2008). Outra

importante alteração introduzida pela Constituição Federal de 1988 foi a atribuição dada à União no seu art. 21, inciso XIX, para "instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de uso" (PORTO, 2008). Em atendimento a este princípio constitucional, foi promulgada a Lei nº 9.433, em 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRAGA et al. 2005).

A Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997) prevê, como diretriz geral de ação a gestão integrada, e seis instrumentos para viabilizar sua implantação os planos de recursos hídricos, que são: o enquadramento dos corpos de água, a outorga, a cobrança pelo uso da água, o sistema de informação sobre recursos hídricos e a compensação aos municípios.

Juntamente com a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos, criou-se através da promulgação da nova Lei das Águas, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) que é composta pelas seguintes instituições: Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH); Agência Nacional de Águas (ANA); Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs); os órgãos dos poderes público Federal, Estaduais, do Distrito Federal e Municípios, cujas competências se relacionam com a gestão de recursos hídricos e as Agências de Águas ou Entidades Delegatárias (BRASIL, 1997).

Estes órgãos têm como objetivo fazer o gerenciamento dos recursos hídricos, tanto em esfera nacional quando distrital, baseando nos objetivos da SINGREH, que conforme Lei nº 9.433 são: coordenar a gestão integrada das águas; arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos; implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

No Distrito Federal a Agência Reguladora e Fiscalizadora do Distrito Federal- ADASA é a agência reguladora e fiscalizadora de água e dos serviços de saneamento básico, ou seja, acompanha, regula e fiscaliza o ciclo completo do uso da água, com especial atenção na sua retirada e na devolução ao corpo hídrico. A ADASA foi criada em 2004 pela Lei 3.365/04, como autarquia, órgão independente, dotado de autonomia patrimonial, administrativa e financeira, com prazo de duração indeterminado, vinculada à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (GDF, 2004).

### **3.2. PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA**

A água é um recurso essencial para manutenção da vida na terra, que deve ser disponível em quantidade suficiente e de boa qualidade como garantia do bem estar dos seres vivos. Segundo Von Sperling (2005) a qualidade da água de um curso d'água é o resultado de todos os fenômenos naturais e antrópicos presentes em uma bacia hidrográfica, ou seja, a qualidade da água de uma determinada região depende das condições naturais e do uso e ocupação da terra.

A avaliação da Qualidade da Água é determinada de acordo com suas características químicas, físicas e biológicas, denominadas “parâmetros de qualidade da água”. Determinar os valores desses parâmetros é fundamental para avaliar a água e caracterizá-la frente ao uso a que ela se destina.

#### **3.2.1. Condutividade**

A condutividade indicada à capacidade que uma solução aquosa tem para transportar corrente elétrica. Esta capacidade depende da presença de íons, da concentração total, mobilidade, valência, concentrações relativas e medidas de temperatura (SALVIATO, 2013).

Segundo Parron (2011) as soluções da maior parte dos ácidos, bases e sais inorgânicos, são relativamente boas condutoras. Já as moléculas de compostos orgânicos que não dissociam em solução aquosa conduzem pouca corrente elétrica, em sua maioria. Pode-se utilizar o parâmetro da condutividade elétrica para obter uma noção da quantidade de sais na água, uma vez que está diretamente ligada à quantidade de sólidos dissolvidos totais (MACHADO, 2006).

#### **3.2.2. Oxigênio dissolvido**

O oxigênio dissolvido (OD) é tido como um dos parâmetros mais importantes para se avaliar a qualidade de um ambiente aquático. As variações nos teores de OD estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água (FUNASA, 2014). Segundo Libânio (2008) existe uma influência direta na vida dos organismos aquáticos; sendo acrescido por alterações de origem antrópica por lançamento de efluentes e/ou natural através da velocidade do curso d'água e as atividades fotossintéticas no meio aquático. Um decréscimo no OD da água superficial pode ocorrer quando a temperatura das águas se eleva ou quando a quantidade de poluição aumenta (APHA, 1998).

A análise do OD é um teste essencial em águas contaminadas e no controle do processo de tratamento de efluentes (FUNASA, 2014). As águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, pois o mesmo é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica. Por outro lado, as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas, geralmente superiores a 5mg/L, exceto se houverem condições naturais que causem baixos valores deste parâmetro (BRASIL, 2009).

### **3.2.3. Coliformes totais e termotolerantes**

O grupo coliformes atuam como indicadores de poluição fecal, o que inclui espécies de bactérias que podem ser encontradas no trato intestinal de humanos e animais de sangue quente, assim como no solo, podendo ser diferenciadas em coliformes totais e fecais, também chamados de termotolerantes (SILVA et al. 2006). Esse grupo é o principal indicador de adequação de uma água para o abastecimento para consumo humano.

Coliformes totais (bactérias do grupo coliforme) são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativa, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a  $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima  *$\beta$ -galactosidase* (FELIX, 2010). A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo (BRASIL, 2005).

Segundo a Resolução CONAMA 357 os coliformes termotolerantes são bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativa, caracterizadas pela atividade da enzima  *$\beta$ -galactosidase*. Podem crescer em meios contendo agentes tensoativos e fermentar a lactose nas temperaturas de  $44^{\circ}$ - $45^{\circ}\text{C}$ , com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal (BRASIL, 2005).

### **3.2.4. Potencial hidrogeniônico (pH)**

A mensuração do Potencial Hidrogeniônico- pH é uma das ferramentas mais importantes e frequentes utilizadas na análise da água. Praticamente todas as fases do tratamento de água e de efluentes, processos de neutralização, precipitação, coagulação, desinfecção e controle de corrosão dependem do valor do pH (APHA 1998). O pH fornece a indicação sobre a acidez ( $\text{pH}<7$ ), neutralidade ( $\text{pH}=7$ ) ou alcalinidade ( $\text{pH}>7$ ) da água, variando de 0 a 14. Variações no

pH estão associadas naturalmente pelo intemperismo de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação de matéria orgânica e fotossíntese, e antropicamente por despejos domésticos (oxigenação de matéria orgânica) e industriais (VON SPERLING, 2005). A Resolução CONAMA 357 estabelece que para a proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6 e 9. Alterações nos valores de pH também podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais pesados (BRASIL, 2009).

### **3.2.5. Temperatura da água**

A temperatura da água é um parâmetro muito importante, pois muitas de suas características físicas, químicas e microbiológicas são influenciados por ela. Este parâmetro acelera ou retarda a atividade biológica, produzindo a proliferação de microorganismos e de algas (ARAÚJO, 2013). Essas variações de temperatura dos corpos d'água é natural ao longo do dia e das estações do ano, porém essas alterações podem ser antropogênicas, por meio de despejos de afluentes domésticos e/ou industriais e águas de resfriamento de máquinas.

Na visão de Ferraz e Amaral (2010) as diferenças de temperatura podem proporcionar camadas de água com diferentes densidades, levando a uma estratificação térmica. A luz pode afetar a distribuição dos organismos e a temperatura pode influenciar no desenvolvimento destes organismos. Ambos interferem grandemente em outras variáveis físico-químicas da água.

### **3.2.6. Nitrogênio**

Segundo Braga et al. (2005), nos corpos d'água o nitrogênio pode ocorrer nas formas de nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Pelo fato dos compostos de nitrogênio serem indispensáveis para o crescimento de algas e micro organismos nas águas, seu lançamento em grandes quantidades junto com outros nutrientes tais como o fósforo, causa um crescimento excessivo das algas. Processo conhecido como eutrofização, que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática.

As fontes de nitrogênio para os corpos d'água são variadas, sendo uma das principais o lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais. Em áreas agrícolas, o escoamento da água das chuvas em solos que receberam fertilizantes também é uma fonte de nitrogênio, assim como a drenagem de águas pluviais em áreas urbanas. Também ocorre a fixação biológica do nitrogênio atmosférico pelas algas e bactérias. Além disso, outros processos, tais como a

deposição atmosférica pelas águas das chuvas também causam aporte de nitrogênio aos corpos d'água (ANA, 2015).

### **3.2.7. Cloreto**

O cloreto é um dos principais ânions inorgânicos presentes nas águas superficiais, são fontes importantes desse nutriente as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 4 g de cloreto por dia, que representam cerca de 90 a 95% dos excretos humanos. E efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, indústrias farmacêuticas, curtumes, etc (VON SPERLING, 2005; CETESB, 2009).

### **3.2.8. Fósforo**

O fósforo é o nutriente indispensável para o crescimento de microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005). De acordo com Majed (2012) o lançamento de grandes quantidades de afluentes com concentrações de fósforo inadequadas em corpos hídricos está vinculado a uma série de alterações ambientais, econômicas e sociais como resultado da eutrofização dos ecossistemas. Entre as fontes de fósforo destacam-se os esgotos domésticos, pela presença dos detergentes super-fosfatados e da própria matéria fecal. Além dos despejos domésticos, industriais e detergentes a agricultura também é uma fonte de origem, já que utiliza esse elemento em grande quantidade (BILICH, 2007).

### **3.2.9. Turbidez**

A turbidez representa uma propriedade ótica que mede como a água dispersa a luz. Esta dispersão aumenta com a quantidade de material particulado em suspensão; logo, a turbidez aumenta com a carga de sedimento suspenso (TEIXEIRA, 2001; SENHORELO, 2000), influenciados pelo silte, argila, areia, detritos orgânicos e dentre outros interferindo na quantidade dos raios solares que penetram no meio aquático e, por conseguinte, em toda a comunidade aquática (VON SPERLING, 2005).

A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água. Atividades de mineração, assim como o lançamento de esgotos e de efluentes industriais, também são fontes importantes que causam uma elevação da turbidez das águas.

O aumento da turbidez faz com que uma quantidade maior de produtos químicos (ex: coagulantes) sejam utilizados nas estações de tratamento de águas, aumentando os custos de tratamento. Além disso, a alta turbidez também afeta a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e as atividades de recreação (ANA, 2015).

#### **3.2.10. Dureza**

A dureza da água é a propriedade decorrente da presença de metais alcalino-terrosos, principalmente cálcio e magnésio, que são os principais encontrados em águas naturais. Originalmente, a dureza da água era entendida como a medida da capacidade da água de precipitar sabão. Em conformidade com esta prática, a dureza total é definida como a soma das concentrações de cálcio e magnésio, ambos expressos em miligramas por litro de carbonato de cálcio, contudo, se estiverem presentes em quantidades significativas, outros íons metálicos produtores de dureza devem ser incluídos (APHA, 1998).

#### **3.2.11. Potássio**

Em águas naturais o potássio é encontrado em baixa concentração, pois as rochas que contêm potássio são resistentes ao intemperismo. Por outro lado, sais de potássio são usualmente empregados na indústria e em fertilizantes para agricultura. É encontrado na forma iônica e seus sais são altamente solúveis (LIMA, 2005). Ele é pronto para ser incorporado em estruturas minerais e acumulado pela biota aquática, pois é um elemento nutricional essencial (CESTESB, 2009).

#### **3.2.12. Sódio**

O sódio é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre. Nas águas naturais contém sódio devido a sua abundância e alta solubilidade de seus sais em água, encontrados na forma iônica ( $\text{Na}^+$ ). Segundo Parron (2011) as concentrações de sódio em um corpo d'água variam consideravelmente, dependendo das condições geológica do local e descarga de efluentes.

### **3.3. RELAÇÃO DO USO DO SOLO E QUALIDADE DE ÁGUA**

A água assume um importante papel no cenário social e ambiental devido seus usos múltiplos e a sua função de manutenção dos ecossistemas. Apesar da sua importância, este recurso vem sofrendo uma intensa pressão, em consequência do aumento da demanda hídrica

devido ao crescimento populacional e econômico, o que vem ocasionando o comprometimento da qualidade dos mananciais hídricos e maior escoamento de águas pluviais. Isso acarreta reflexos diretos no abastecimento público de água e na proliferação de doenças relacionadas à água.

A manutenção da quantidade e qualidade dos recursos hídricos tem forte relação com os serviços de suporte e regulação prestados pelo uso e manejo adequado do solo e a conservação de áreas naturais, uma vez que as florestas são consideradas importantes provedoras para proteção das bacias hidrográficas, sendo que os principais serviços ambientais são: regulação do fluxo de água (controle de enchentes e aumento da vazão na época seca), manutenção da qualidade da água (controle de carga de sedimentos, controle de carga de nutrientes, controle de químicos, e controle da salinidade), controle de erosão e sedimentação, redução da salinidade de terras e regulação do lençol freático, e manutenção do habitat aquático (LANDELL-MILLS & PORRAS, 2002).

As relações entre uso do solo e as águas estão claramente demonstradas, sendo que a conversão de áreas florestadas, principalmente para o uso agrícola ou urbano, tem sido associada à diminuição da sua qualidade (FREITAS, 2000). O desmatamento pode levar ao surgimento de feições erosivas e assoreamento dos rios e reservatórios. Segundo Rocha (2015) com a retirada da vegetação ripária dos rios a coesão das partículas do solo diminuem e por disso aumenta a ação da erosão pluvial, pois movimenta-se para as partes mais baixas, aumentando a deposição de sedimentos no rio, causando o aumento de sedimentos carregados e, conseqüentemente a erosão laminar das margens. Além disso, o transporte desse sedimento para o curso d'água, pode servir como veículo de outros poluentes que são absorvidos a estes materiais, prejudicando a qualidade das águas superficiais.

Esse transporte de poluentes para os corpos hídricos pode se dar também pela expansão agrícola extensiva, causando a contaminação das águas por fertilizantes e agrotóxicos através do processo natural de lixiviação, podendo gerar eutrofização dos corpos hídricos e se aliado às alterações de drenagem, aumentando os índices de estado trófico (MACEDO, 2004; TUNDISI, 2008). A poluição urbana também é uma das grandes responsáveis pelas alterações da qualidade da água. Conforme Bilich (2007), o desenvolvimento urbano à medida que aumenta envolve duas atividades conflitantes, a maior demanda de água para o abastecimento, concomitantemente à degradação dos mananciais urbanos, causados pelos resíduos urbanos e industriais, principalmente devido aos despejos de efluentes. Além disso, a impermeabilização

do solo através da expansão urbana pode afetar a percolação das águas pluviais e o regime hídrico (CARVALHO-et al, 2000).

A eutrofização é resultado do enriquecimento de plantas com nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, que são despejados de forma dissolvida ou particulada nos corpos hídricos e são transformados em partículas orgânicas, matéria viva vegetal, pelo metabolismo das plantas. No caso de lagos, represas e rios, os processos acontecem de forma mais rápida e, em consequência disso há um desenvolvimento maior de plantas aquáticas, como cianobactérias. Na medida em que essas densas populações cobrem a superfície de lagos, rios e represas, as plantas morrem e perdem sua capacidade de flutuação, edecantando para o fundo dos corpos d'água, onde ocorrerá sua decomposição. Para que isso ocorra é utilizado o oxigênio dissolvido (OD) na água, dessa forma mudam-se as concentrações de OD, causando anoxia (ausência de oxigênio na água), o que pode acarretar a completa mortalidade de organismos aquáticos, especialmente peixes. Além disso, após a decomposição, essas populações liberam matéria orgânica e também substâncias tóxicas (OHSE ECKER, 2009; TUNDISI, 2005).

Portanto os meios hídricos funcionam como receptores de poluições pontuais e difusas e todas as atividades realizadas na bacia hidrográfica reflete no corpo hídrico, de modo que o excesso de nutrientes carregados causam eutrofização progressiva da água e consequente alteração da sua estrutura trófica e qualidade da água do corpo hídrico. O conhecimento acerca das formas de utilização e ocupação do solo são informações importantes, que pode embasar instrumentos de planejamento de uma bacia hidrográfica.

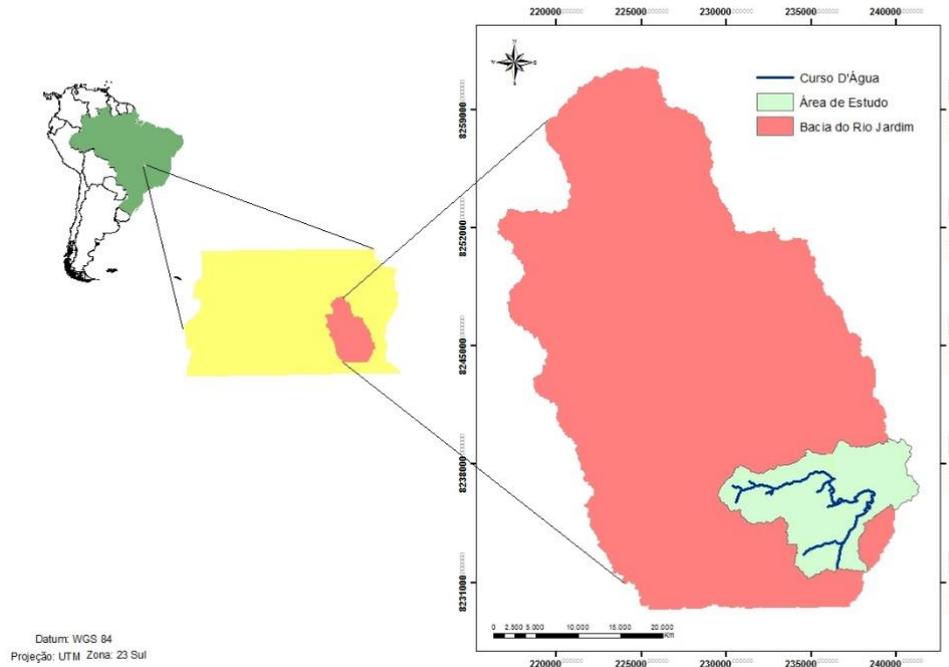
## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Inserida na região central do Bioma Cerrado, a área de estudo está localizada na Bacia do Rio Jardim parte sudeste do Distrito Federal entre 15°40' e 16°02' de latitude sul e 47°20' e 47°40' de longitude oeste (Figura 1). Com uma área de drenagem total de 105 km<sup>2</sup>, sua área corresponde a 527,55 Km<sup>2</sup>, o que representa aproximadamente 50% da área de contribuição da bacia do rio Preto. Importante afluente do Rio Preto, suas águas desaguam no Rio Paracatu, que é contribuinte da margem esquerda do Rio São Francisco. No que diz respeito ao seu uso e ocupação, as principais atividades desenvolvidas na área da bacia são: cultivo de grãos (soja,

feijão, milho, sorgo), algodão, cítricos, café, mandioca e hortaliças; criação de aves e de gado (LIMA, 2007; SPERA et al. 2002; DOLABELLA, 1996).

**Figura 1:** Localização da área de estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Jardim, Distrito Federal, Brasil.



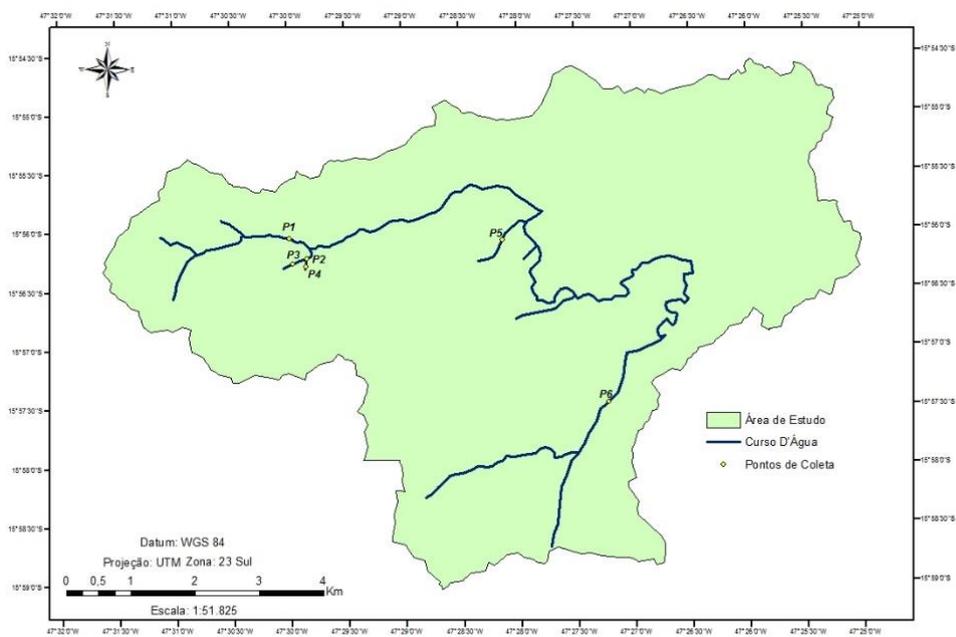
**Fonte:** Elaborado pela autora.

O monitoramento de qualidade da água foi conduzido em seis pontos de amostragem inseridos dentro da Fazenda Entre Rios, localizada no Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD– DF), rodovia DF 120, no Paranoá-DF (Figura 2). Todos os pontos foram definidos com base em características, como diferentes paisagens, fitofisionomias e uso do solo na área. Além disso, cabe ressaltar que a Bacia do Rio Jardim, já vem de longa data sendo uma bacia experimental da Embrapa Cerrados, o que facilitou ainda mais a escolha.

O ponto intitulado P1 (S 15°56'03,7" W047°29'58,2") trata-se de uma área de declividade acentuada, onde sua Área de Preservação Permanente- APP apresenta más condições de preservação com solo exposto e uma grande quantidade de mato. Os pontos P2 (S 15°56'13,2" W047°29'48,4"), P3 (S 15°56'13,2" W047°29'48,4") e P4(S 15°56'13,2" W047°29'48,4") representa uma área com uma densa vegetação em boas condições de preservação. Já o P5 (S 15°56'08,0" W047°28'07,6") está em uma área de vegetação bem preservada, com árvores medianas e próximas umas das outras, mas por ter em suas proximidades uma pastagem sem

cercamento há um transito de gado no local. O ponto denominado P6 (S 15°57'34,8" W047°27'29,2") trata-se de uma área de declividade acentuada, sua APP está em péssimas condições de preservação, com uma grande quantidade de plantas invasoras e cupins. Cabe ressaltar que a região é prioritariamente agrícola e em todos os pontos de coleta adjacente a suas APPs (seja em boas ou más condições) são áreas agropastoril e das poucas áreas construídas são bem distantes dos pontos de coleta.

**Figura 2:** Mapa de localização dos pontos de coleta.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

#### 4.1.1. Clima

A Classificação climática da Bacia do Rio Jardim é típico da Região de Cerrado, apresentando duas estações bem definidas: verão chuvoso e inverno seco. Seguindo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Tropical AW, onde o período seco, apresenta uma baixa taxa de precipitação, baixa nebulosidade, alta taxa de evaporação e com baixas umidades relativas do ar, de maio a setembro; e outro chuvoso, com parâmetros bem contrastantes em relação ao período seco, de outubro a abril (CODEPLAN, 1984).

#### 4.1.2. Relevo

Na Bacia do Rio Jardim o relevo varia de plano a forte ondulado. Conforme Spera et al. (2002) a distribuição na Bacia é a seguinte: 12,40% plano; 54,87% plano e suavemente ondulado; 15,74% suave-ondulado; 16,95% ondulado; e 0,05% forte-ondulado a escarpado.

De acordo com Reatto, et al. (2000), em áreas de latossolo geralmente é encontrado um Relevo suave-ondulados, nos Latossolos predomina-se os ondulados, os cambissolos variam entre planos e forte-ondulados, quanto aos Plintossolos são relevos planos e suave-ondulados suave-ondulados quando ocorrem em nascentes. Já os Gleissolos Háplicos ocorrem em relevo plano, quanto aos Neossolos Flúvicos ocorrem em Relevo plano, Neossolo Quartzarenico em Relevo suave-ondulado e Neossolo Litólico em Relevo forte-ondulado.

#### 4.1.3. Solo

Quanto a geologia, a bacia, é composta por rochas dos grupos Canastra (5%), Paranoá (25%) e Bambuí (70%) (FROTA, 2006). As principais classes de solos que ocorrem nessa região, de acordo com o estudo de Spera et al. (2002) são : latossolo vermelho (39,36%), latossolo vermelho-amarelo (19,13%), latossolo amarelo (4,88%), nitossolo vermelho (0,60%), nitossolo háplico (1,10%), cambissolos háplico (29,09%), plintossolos háplico (2,31%), gleissolos háplico (1,94%), gleissolos melânico (0,05%), neossolos flúvicos (0,75%), neossolos quartzarênicos (0,79%), neossolos litólicos além de pequenas áreas com Afloramentos Rochosos.

De acordo com o levantamento de solos da Bacia do Rio Jardim, está registrado que 16,229,22 hectares pertencem à classe textural muito argilosa; 33,943,72 hectares à classe argilosa (64,33 %); 2,109,38 hectares apresentam textura média (4,01 %) e 425,24 hectares são arenosos (0,81 %). Quanto a profundidade do solo, na bacia foram encontradas áreas muito rasas caracterizado como Afloramento Rochoso o que representou 0,09 % da área a muito profundo (> 200 cm) que totaliza 66,32 % do total. São nos Latossolos, que apresentam maiores valores de profundidade, além de serem fortes e acentuadamente drenados, e terem sua forma de relevo predominante chapada, apresentam topografia plana a suave-ondulada.

#### 4.1.4. Vegetação

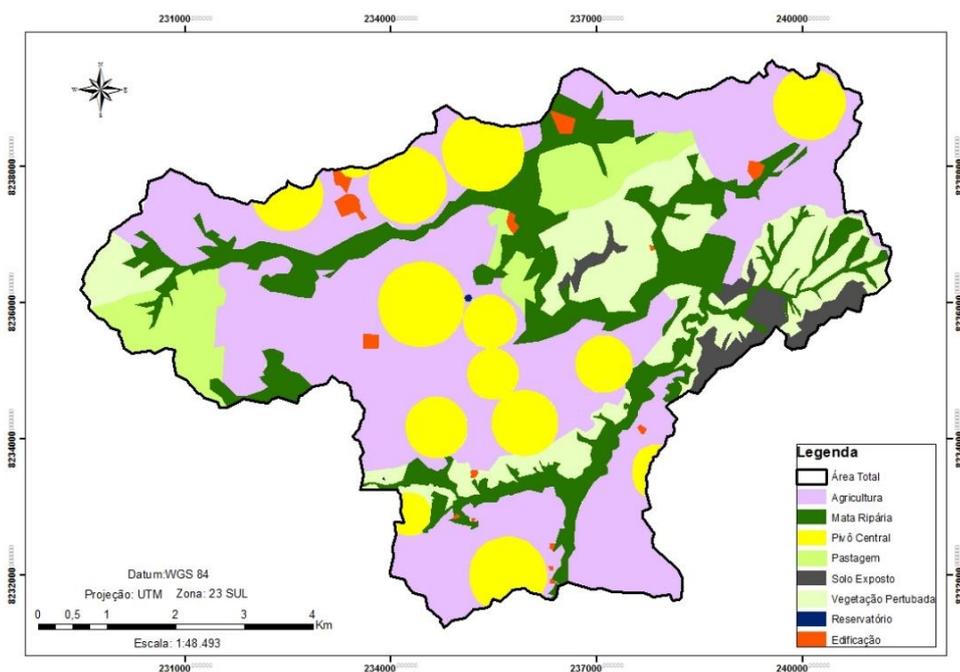
A região de estudo fica no bioma cerrado, esse domínio apresenta vegetação cujas fisionomias englobam formações florestais, savânicas e campestres. Em sentido fisionômico,

Floresta é a área com predominância de espécies arbóreas onde há formação de dossel contínuo ou descontínuo. Savana a área com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso onde não há formação de dossel contínuo. O termo Campo designa áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, observando-se a inexistência de árvores na paisagem (RIBEIRO & WALTER, 1998). Embora muito fragmentada, as fitofisionomias encontradas na Bacia do rio jardim, são: Floresta Tropical subcaducifólia, Cerradão, Cerrado Sentido Restrito, Cerrado Ralo, Campo Sujo e Mata de Galeria (SPERA, et al. 2002).

#### 4.1.5. Uso e ocupação do solo

Através do mapeamento de classificação de uso e ocupação do solo da área estudada (Figura 3) pode-se observar que as atividades agrícolas predominam a maior parte de sua área, tanto culturas anuais quanto pastagens e pivôs. De acordo com Frota (2006) a Bacia do Rio Jardim é uma região onde a paisagem natural sofreu profundas alterações com a ocupação do solo pelas atividades agrícolas, principalmente durante a década de 80, com a entrada de culturas extensivas e irrigadas como as de soja e feijão.

**Figura 3:** Mapa de classificação de uso e ocupação do solo da área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme a Tabela 1 a área de estudo corresponde 5,260,11 hectares, onde 41,56 % do seu total é ocupada com agricultura, 18,48 % de Mata Ripária, 16,82% de Pivô Central, 12,58 % de vegetação Perturbada e o restante é formado por reservatórios, solo exposto e edificações.

As áreas de agricultura correspondem a culturas de ciclo anual e agricultura irrigada por pivô central como milho, feijão e soja. As áreas de mata ripária são as formações arbóreas que ocorrem ao longo dos cursos d'água, as larguras encontradas variam de acordo com as condições do ambiente. Já as pastagens são campos, cobertas por gramíneas onde o gado se alimenta. As edificações correspondem as superfícies construídas como habitações e galpões, Já as vegetações perturbadas são áreas que apresentam vegetação natural, porém com uma grande quantidade de plantas invasoras como capim, áreas de clareiras sem vegetação arbórea e solo exposto. Os reservatórios são os locais de acumulação de água situados em áreas estratégicos, próximo aos pivôs centrais (Figura 4).

**Tabela 1:** Área e percentual dos usos e ocupações da terra

Uso e Ocupação do Solo	Área-ha	%
Agricultura	2,186,30	41,56%
Pastagem	364,57	6,93%
Mata Ripária	972,20	18,48%
Pivô Central	885,11	16,82%
Reservatório	1,08	0,02%
Vegetação Perturbada	662,10	12,58%
Solo Exposto	146,37	2,78%
Edificação	42,38	0,80%
Área Total	5.260,11	100%

**Fonte:** Elaborado pela autora, com auxílio do programa ArcGis 10,1

**Figura 4:** Área de Agricultura (1); Vegetação Perturbada (2); Mata Ripária (3); Reservatórios (4); Pastagem (5); Edificação (6).



Fonte: Arquivo pessoal da autora.

#### 4.2. COLETA E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As coletas ocorreram mensalmente, de junho de 2013 a maio de 2015, totalizando 2 anos de amostragem. As amostras de água foram coletadas nos seis pontos, mergulhando-se os frascos (de polietileno de 300 ml) a cerca de 15 a 20 cm de profundidade. Para determinação de coliformes totais e termotolerantes, as amostras foram coletadas em recipientes apropriados de 100 ml de amostra. Após as coletas todos os frascos foram acondicionados em caixa térmica, sob refrigeração e ao abrigo da luz até a chegada ao laboratório.

Todos os procedimentos de coleta e preservação de amostras foram feitos de acordo com o Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas (CETESB & ANA, 2011).

#### 4.3. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

Para cada amostra coletada foram realizadas análises físicas, químicas e microbiológicas, totalizando 23 parâmetros, que são: temperatura (TEMP), oxigênio dissolvido (OD), pH, condutividade (COND), total de sólido dissolvidos (TDS), turbidez (TURB), dureza total (DUR); dos íons cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), lítio (LI), fluoreto ( $\text{F}^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ); fósforo total (PT), coliformes totais (CT) e coliformes termotolerantes - E, coli (CTERMO).

Os parâmetros temperatura, OD e pH foram determinados em campo, em amostras não filtradas, utilizando-se medidor portátil multiparâmetro modelo HQ40D, marca HACH. A turbidez foi realizada em laboratório, nos dias de coleta, utilizando-se um turbidímetro modelo 2100P, marca HACH. A análise dureza total da água também foi realizada em laboratório pelo método titulométrico por EDTA-Na (ABNT, 1992). Quanto ao TDS e Condutividade foram feitos em amostras não filtradas, utilizando-se medidor portátil multiparâmetro SENSION 156, marca HACH.

Por meio de cromatografia iônica (com o cromatógrafo 761Compact IC, Metrohm) em amostras filtradas em filtro de membrana (0,45 µm) foram determinados os teores de: cloreto, lítio, fluoreto, nitrato, nitrito, fosfato, sulfato, sódio, potássio, amônio, cálcio, magnésio e fósforo total.

As análises de coliformes totais e termotolerantes foram realizadas em laboratório utilizando o método cromogênico (Colilert, Idexx) (APHA, 2005). Esse método utiliza a tecnologia de substrato definido “Defined Substrate Technology” (DST) para detecção de coliformes totais e *E. coli* em água.

Todos os procedimentos de análises das amostras de água foram realizados nos Laboratórios de Química de Água e Ecotoxicologia da Embrapa Cerrados, em conformidade com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMEWW) (ABNT, 1992; APHA, 2005).

#### **4.4. TRATAMENTO DOS DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA**

Para análise estatística os pontos de coletas foram divididos em quatro matrizes, de acordo com os corpos hídricos de coleta. Apesar desses pontos estarem distribuídos em três rios, optou-se em dividi-los em quatro matrizes, pois os dados dos pontos 2, 3 e 4 por ser afluentes do rio principal, mostraram-se bem diferente do ponto 1. Dessa forma, as matrizes foram divididas da seguinte maneira: Riachão do Meio 1, pelos dados do ponto 1; em Riachão do Meio 2 foi agrupado todos os dados dos pontos 2, 3 e 4; Rio Jardim pelos dados do ponto 5; e Rio Lamarão pelos dados do ponto 6.

Baseado no estudo de Moura (2008) e Muniz (2014), dos dados analisados os valores nulos ou abaixo do limite de detecção em mais de 80% do período, as variáveis foram excluídas. Para os demais casos, foi feita a substituição de valores nulos (zero), pela metade do limite de

detecção (LD) para aquele parâmetro, evitando-se, dessa forma, a perda de informações e o maior comprometimento da interpretação dos dados. Segundo Moura (2008), equipamentos como espectrômetros de emissão atômica e de massa, têm limitações na detecção de alguns elementos que são inerentes ao método de análise. Esses limites dependem de variáveis, como solução usada na calibração, manutenção do equipamento, corrente elétrica que gera plasma, interferência de outros elementos, entre outros fatores. E em algumas análises estatísticas são excluídos uma observação inteira caso alguma determinação esteja com símbolos que não seja um número não nulo.

Levando em consideração os períodos de seca (abril a setembro) e chuva (outubro a março), para cada matriz de amostragem empregou-se a Estatística Descritiva, com intuito de organizar, sintetizar e descrever as características gerais dos dados. Isso, através de médias, medianas, desvios padrão, máximos e mínimos, facilitando a interpretação e visualização dos dados.

Foi aplicado o teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) a um nível de 5 % de significância, a fim de observar a normalidade do conjunto de dados, ou seja, se a distribuição é normal ou não. Conforme Lopes et al. (2013), o teste K-S fornece o parâmetro valor de prova (valor- $p$ ,  $p$ -value ou significância), que pode ser interpretado como a medida do grau de concordância entre os dados e a hipótese nula ( $H_0$ ), sendo  $H_0$  correspondente à distribuição Normal. Quanto menor for o valor- $p$ , menor é a consistência entre os dados e a hipótese nula, o que indica a normalidade.

Para as variáveis que apresentaram distribuição normal foi aplicado o teste T- Student (T) e nas variáveis com distribuição não normal foi feito o teste Wilcoxon-Mann-Whitney (U), a fim de observar se houve diferença estatisticamente significativa entre os períodos hidrológicos.

Com objetivo de reduzir a dimensionalidade do conjunto de variáveis e facilitar a interpretação dos dados, optou-se em usar Análise de Componentes Principais (PCA). A PCA é uma técnica matemática de análise multivariada, que tem por finalidade básica a redução do tamanho de um conjunto de dados onde há um grande número de variáveis inter-relacionadas. O método consiste numa transformação linear de todas as variáveis originais em novas variáveis, de tal modo que a primeira nova variável computada seja responsável pela maior parte da variação possível existente no conjunto de dados, a segunda pela maior variação possível restante, e assim por diante até que toda a variação do conjunto tenha sido explicada. Possibilitando assim, a identificação das medidas responsáveis pelas maiores variações entre

os resultados, sem perdas significativas de informações (GROBÉRIO, 2012; BERNARDI, 2009; VICINI, 2005).

Os teste K-S, teste T e teste U foram realizados no software R versão 3,1,0, com o auxílio do pacote 'vegan'. E a Análise de Componentes Principais no software *Statistica* versão 7.

#### **4.5. ELABORAÇÃO DOS MAPAS**

Para a elaboração dos mapas foi utilizado o software ArcGis 10,1, onde foi delimitado a área de contribuição dos pontos de coleta e feito o mapa de uso e ocupação da área. Para a delimitação da Área de Contribuição, utilizou-se a técnica do Modelo Digital de Elevação (MDE) da bacia, com objetivo de definir automaticamente as drenagens e bacias que contribuía para os pontos de coleta, para isso foi utilizado o banco de dados do SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), retiradas do sítio do JPL (Jet Propulsion Laboratory, <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>) da NASA (National Aeronautics and Space Administration) e processados na extensão ARCSWOT do ArcGis 10,1. Para elaboração do mapa de uso e ocupação foi utilizado as Aerofotos da Terracap, por se tratar de imagens de alta resolução, o que facilitou uma identificação mais precisa da ocupação da área de estudo.

### **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **5.1. QUALIDADE DA ÁGUA NA ÁREA DE ESTUDO**

Com a aplicação dos testes de Normalidade K-S e os Testes U e T, pode-se observar que as variáveis temperatura (TEMP), coliforme termotolerante (CTERMO), sódio ( $\text{Na}^+$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) estatisticamente apresentaram diferença significativa entre os períodos hidrológicos para o córrego Riachão do Meio 1, enquanto que no Riachão do Meio 2 o oxigênio dissolvido (OD), dureza (DUR), e  $\text{Na}^+$  que apresentaram diferença. No Rio Jardim a diferença foi evidenciada somente para a variável DUR e no córrego Lamarão foram os parâmetros potássio ( $\text{K}^+$ ) e  $\text{Mg}^{2+}$ . Na Tabela 2 estão apresentados os valores de  $p$  para o teste de normalidade K-S e dos testes T e U.

Nas Tabelas 3 e 4 observa-se a estatística descritiva das variáveis analisadas, onde estão descritos os valores médios (M), desvio padrão (DP), mediana, mínimo (MIN) e máximo (MAX) para cada parâmetro das quatro matrizes analisadas, nas estações seca e chuvosa.

**Tabela 2:** Valores de p para os testes de normalidade e comparação entre os períodos hidrológicos por meio dos testes T e U.

	Riachão do Meio - 1		Riachão do Meio - 2		Rio Jardim		Rio Lamarão	
	Teste (K-S)	Teste U/T	Teste (K-S)	Teste U//T	Teste (K-S)	Teste U / T	Teste (K-S)	Teste U/T
TEMP °C	0,689	0,984 <sup>T</sup>	0,003	0,749 <sup>U</sup>	0,721	0,775 <sup>T</sup>	0,879	0,888 <sup>T</sup>
OD (mg,L <sup>-1</sup> )	0,314	0,695 <sup>T</sup>	0,027	<b>0,001</b> <sup>U</sup>	0,355	0,686 <sup>T</sup>	0,844	0,486 <sup>T</sup>
PH	0,329	0,126 <sup>T</sup>	0,166	0,162 <sup>T</sup>	0,296	0,254 <sup>T</sup>	0,745	0,086 <sup>T</sup>
COND (µS/cm)	0,229	0,651 <sup>T</sup>	0,178	0,123 <sup>T</sup>	0,495	0,065 <sup>T</sup>	0,422	0,278 <sup>T</sup>
TDS (mg,L <sup>-1</sup> )	0,233	0,648 <sup>T</sup>	0,185	0,109 <sup>T</sup>	0,462	0,063 <sup>T</sup>	0,682	0,271 <sup>T</sup>
DUR	0,248	0,275 <sup>T</sup>	0,0005	<b>0,0001</b> <sup>U</sup>	0,028	<b>0,012</b> <sup>U</sup>	0,510	0,508 <sup>T</sup>
TURB (UNT)	0,104	<b>0,044</b> <sup>T</sup>	0,003	0,355 <sup>U</sup>	0,096	0,248 <sup>T</sup>	0,349	0,143 <sup>T</sup>
CT (NMP)	0,005	0,053 <sup>U</sup>	0,00001	0,589 <sup>U</sup>	0,054	0,326 <sup>T</sup>	0,016	0,448 <sup>U</sup>
CTERMO(NMP)	0,276	<b>0,005</b> <sup>T</sup>	0,0003	0,431 <sup>U</sup>	0,303	0,429 <sup>T</sup>	0,038	0,893 <sup>U</sup>
Na <sup>+</sup> (mg,L <sup>-1</sup> )	0,035	<b>0,012</b> <sup>U</sup>	0,058	<b>0,010</b> <sup>T</sup>	0,726	0,331 <sup>T</sup>	0,824	0,143 <sup>T</sup>
K <sup>+</sup> (mg,L <sup>-1</sup> )	0,053	0,750 <sup>T</sup>	-	-	-	-	0,963	<b>0,002</b> <sup>T</sup>
Ca <sup>2+</sup> (mg,L <sup>-1</sup> )	0,463	0,864 <sup>T</sup>	0,731	0,275 <sup>T</sup>	0,896	0,507 <sup>T</sup>	0,904	0,766 <sup>T</sup>
Mg <sup>2+</sup> (mg,L <sup>-1</sup> )	0,985	<b>0,001</b> <sup>T</sup>	0,402	0,053 <sup>T</sup>	0,719	0,769 <sup>T</sup>	0,974	<b>0,0007</b> <sup>T</sup>
F (mg,L <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	0,552	0,683 <sup>T</sup>
Cl <sup>-</sup> (mg,L <sup>-1</sup> )	0,056	0,367 <sup>T</sup>	0,00003	0,842 <sup>U</sup>	0,194	0,226 <sup>T</sup>	0,197	0,099 <sup>T</sup>
PT(mg,L <sup>-1</sup> )	0,211	0,758 <sup>T</sup>	-	-	0,059	0,292 <sup>T</sup>	0,528	0,130 <sup>T</sup>

Teste de Kolmogorov-Smirnov / T (variáveis com distribuição normal – Teste T), U (variáveis com distribuição ordinária – Teste Wilcoxon-Mann-Whitney) / TEMP = Temperatura / OD = Oxigênio Dissolvido / COND = Condutividade / TDS = Total de Sais Dissolvidos / DUR = Dureza Total / TURB = Turbidez / CT = Coliformes Totais / CTERMO = Coliformes Termotolerantes / Na = Sódio / K = Potássio / Ca = Cálcio / Mg = Magnésio / F = Flúoreto / Cl = Cloroeto / PT = Fósforo Total

**Tabela 3:** Estatística descritiva para o período seco.

	Riachão do Meio 1			Riachão do Meio 2			Rio Jardim			Rio Lamarão		
	M/DP	MEDIANA	MAX/MIN	M/DP	MEDIANA	MAX/MIN	M/DP	MEDIANA	MAX/MIN	M/DP	MEDIANA	MAX/MIN
TEMP °C	19,84±1,66	19,65	22,90-16,50	21,05±1,12	21,265	22,90-17,60	19,95±2,45	19,7	24,40-16,50	19,02±2,65	18,1	24,80-16,00
OD (mg,L <sup>-1</sup> )	6,70±1,04	7,30	8,00-4,14	7,30±0,76	7,75	8,14-2,09	5,74±1,30	6,16	7,14-2,55	5,40±0,98	5,28	6,94-3,93
PH	6,07±0,44	6,07	6,98-4,73	6,19±0,65	6,355	7,48-4,17	5,86±0,68	6,04	6,58-4,42	6,19±0,51	6,4	6,67-5,36
COND (µS/cm)	12,58±3,59	11,26	21,40-6,21	2,93±0,85	2,875	5,95-1,24	4,28±1,05	4,27	5,71-1,87	30,51±5,28	31,9	36,50-21,10
TDS (mg,L <sup>-1</sup> )	5,49±1,73	4,85	9,70-2,40	0,89±0,44	0,85	2,30-0,10	1,52±0,50	1,50	2,20-0,40	14,44±2,22	14,75	17,80-10,80
DUR	4,36±1,21	4,50	8,00-1,00	2,29±0,79	2,25	4,00-1,00	2,10±0,57	2,00	3,00-1,00	9,40±2,88	9,00	14,00-5,00
TURB (UNT)	4,78±3,39	2,52	14,54-1,15	6,94±6,33	3,785	31,61-0,01	2,48±2,65	1,70	10,23-0,01	10,27±8,36	8,135	26,60-1,83
CT (NMP)	1789,26±568,44	1859,6	2419,60-579,40	1648,98±547,85	1643	2419,60-325,50	1539,89±823,01	1732,9	2419,60-178,90	1807,57±784,66	2202,95	2419,60-217,80
CTERMO(NMP)	232,70±174,77	170,65	920,80-6,30	333,51±265,98	181,6	2419,60-25,90	194,53±122,58	178,9	547,50-51,20	639,41±957,96	215,25	2419,60-9,70
Na <sup>+</sup> (mg,L <sup>-1</sup> )	1,855±0,722	1,74	3,179-0,939	0,375±0,111	0,336	0,615-0,053	0,811±0,124	0,856	0,965-0,600	4,442±0,862	4,5925	5,614-3,092
K <sup>+</sup> (mg,L <sup>-1</sup> )	0,669±0,550	0,333	2,488-0,156	-	-	-	-	-	-	0,573±0,223	0,6374	0,835-0,189
Ca <sup>2+</sup> (mg,L <sup>-1</sup> )	2,140±0,483	2,071	3,017-0,461	1,086±0,306	1,1955	1,659-0,180	0,976±0,407	1,145	1,393-0,177	1,904±0,854	2,00875	3,025-0,563
Mg <sup>2+</sup> (mg,L <sup>-1</sup> )	0,747±0,112	0,732	0,956-0,563	0,299±0,059	0,289	0,398-0,125	0,355±0,097	0,365	0,562-0,125	1,774±0,284	1,723	2,365-1,396
F (mg,L <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,048±0,024	0,053	0,084-0,005
Cl <sup>-</sup> (mg,L <sup>-1</sup> )	0,396±0,220	0,312	0,984-0,126	0,177±0,055	0,1705	0,265-0,039	0,261±0,134	0,258	0,487-0,110	0,698±0,487	0,654	1,658-0,156
PT(mg,L <sup>-1</sup> )	0,006±0,006	0,004	0,022-0,001	-	-	-	0,007±0,010	0,002	0,037-0,001	0,014±0,008	0,0155	0,025-0,001

M = Média / DP = Desvio Padrão / Max = Máximo / Min = Mínimo / TEMP = Temperatura / OD = Oxigênio Dissolvido / COND = Condutividade / TDS = Total de Sais Dissolvidos / DUR = Dureza Total / TURB = Turbidez / CT = Coliformes Totais / CTERMO = Coliformes Termotolerantes / Na = Sódio / K = Potássio / Ca = Cálcio / Mg = Magnésio / F = Flúoreto / Cl = Cloroeto / PT = Fósforo Total

**Tabela 4:** Estatística descritiva no período chuvoso

	Riachão do Meio 1			Riachão do Meio 2			Rio Jardim			Rio Lamarão		
	M/DP	MEDIANA	MAX/MIN	M/DP	MEDIANA	MAX/MIN	M/DP	MEDIANA	MAX/MIN	M/DP	MEDIANA	MAX/MIN
TEMP °C	19,86±3,00	21,65	23,90-13,60	20,33±2,36	21,45	23,50-14,90	20,34±3,73	21,45	24,90-14,40	19,26±4,16	21,5	23,60-13,60
OD (mg,L <sup>-1</sup> )	6,55±0,59	6,8	7,31-5,27	6,93±0,51	7,16	7,54-5,48	5,56±0,84	5,675	6,98-3,89	4,82±2,07	5,47	6,87-0,85
PH	5,40±1,04	5,77	6,76-3,72	5,74±0,91	6,25	6,84-4,23	5,43±1,01	5,735	6,63-3,80	5,44±1,01	5,365	6,98-4,32
COND (µS/cm)	13,60±4,29	11,21	27,80-8,81	4,00±1,43	3,69	12,43-1,67	5,01±0,83	5,255	5,96-3,17	27,20±6,79	25,75	35,60-18,21
TDS (mg,L <sup>-1</sup> )	5,98±2,05	4,85	12,80-3,70	1,39±0,68	1,25	5,40-0,30	1,87±0,39	2,00	2,30-1,00	12,88±3,29	13,3	16,50-8,20
DUR	5,38±1,90	4,50	11,00-3,00	4,10±1,82	3,00	8,00-1,00	4,25±2,40	4,00	9,00-2,00	10,3±2,74	9,50	16,69-8,00
TURB (UNT)	17,00±12,01	12,495	56,00-2,82	5,78±4,70	2,985	33,86-0,02	4,60±5,11	2,82	15,42-0,01	25,16±24,96	18,89	83,00-4,28
CT (NMP)	2264,28±248,51	2419,6	2419,60-1553,10	1878,38±676,52	2419,6	2419,60-307,60	1858,92±744,54	2419,6	2419,60-691,00	2017,74±751,67	2419,6	2419,60-613,10
CTERMO(NMP)	539,02±255,29	388	1732,90-248,10	538,41±428,87	281,75	2419,60-63,10	157,50±105,36	119,55	365,40-53,80	266,75±211,61	276,85	579,40-18,50
Na <sup>+</sup> (mg,L <sup>-1</sup> )	1,047±0,097	0,997	1,256-0,881	0,358±0,067	0,3375	0,616-0,226	0,746±0,177	0,789	0,987-0,460	3,510±1,480	3,0425	6,101-2,025
K <sup>+</sup> (mg,L <sup>-1</sup> )	0,597±0,232	0,551	1,256-0,226	-	-	-	-	-	-	1,156±0,360	1,2445	1,603-0,430
Ca <sup>2+</sup> (mg,L <sup>-1</sup> )	2,092±0,486	1,9555	3,475-1,064	1,062±0,234	1,0525	1,703-0,566	0,897±0,163	0,968	1,112-0,623	1,765±1,054	1,59765	4,103-0,698
Mg <sup>2+</sup> (mg,L <sup>-1</sup> )	0,560±0,093	0,5775	0,729-0,325	0,260±0,084	0,239	0,635-0,106	0,347±0,045	0,3435	0,408-0,275	1,241±0,258	1,1815	1,662-0,981
F (mg,L <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,051±0,021	0,0535	0,084-0,010
Cl <sup>-</sup> (mg,L <sup>-1</sup> )	0,688±0,625	0,281	3,266-0,205	0,352±0,285	0,165	1,974-0,056	0,415±0,363	0,2585	1,231-0,134	1,208±0,681	1,0125	2,587-0,477
PT(mg,L <sup>-1</sup> )	0,006±0,005	0,0035	0,012-0,001	-	-	-	0,014±0,018	0,009	0,056-0,001	0,023±0,014	0,026	0,037-0,002

M = Média / DP = Desvio Padrão / Max = Máximo / Min = Mínimo / TEMP = Temperatura / OD = Oxigênio Dissolvido / COND = Condutividade / TDS = Total de Sais Dissolvidos / DUR = Dureza Total / TURB = Turbidez / CT = Coliformes Totais / CTERMO = Coliformes Termotolerantes / Na = Sódio / K = Potássio / Ca = Cálcio / Mg = Magnésio / F = Fluoreto / Cl = Cloureto / PT = Fósforo Total

O parâmetro Oxigênio Dissolvido (OD), demonstrou diferença estatisticamente significativa entre os períodos hidrológicos no córrego Riachão do Meio- 2, na época seca foi encontrado  $7,30 \text{ mg,L}^{-1}$  e no chuvoso  $6,93 \text{ mg,L}^{-1}$ . Indicando que no período chuvoso, os valores diminuem devido ao aumento de nutrientes presentes no rio, transportadas pelo escoamento superficial. Carvalho et al, (2000) afirmam que o excesso de matéria orgânica na água ocasiona a diminuição do teor de oxigênio dissolvido.

No córrego Riachão do Meio - 1 a turbidez (TURB) apresentou diferença estatística entre os períodos secos e chuvosos. Na seca a média encontrada foi de 4,78 UNT, já na época chuvosa a média foi de 17,00 UNT. Almeida e Schwarzbald (2003) atentam para o fator sazonal que interfere na qualidade da água e, conseqüentemente, na análise de turbidez, devido às variações na pluviosidade e vazão dos cursos d'água. Carvalho et al. (2000) afirma que as maiores concentrações de sedimentos (e fluxo) são normalmente observadas durante o período chuvoso que, na maioria dos rios, responde por cerca de 70 a 90% da carga de sedimentos escoada no decorrer de todo o ano hidrológico. Nesse mesmo corpo hídrico a variável Coliformes Termotolerantes (CTERMO) também mostrou diferença entre as estações, na seca a média foi de 232,70 NMP e na chuvosa 539,02 NMP. Para Liao et al. (1984), a elevação do índice de poluição na época chuvosa, nos dois rios, se deva ao fato do carreamento de bactérias do solo para os córregos, pelas precipitações pluviais.

No córrego Lamarão o potássio ( $\text{K}^+$ ) apresentou diferença entre o período seco ( $0,573 \text{ mg,L}^{-1}$ ) e o período chuvoso ( $1,156 \text{ mg,L}^{-1}$ ). Segundo Abílio (2005) a diferença desses valores podem ser associados ao regime de chuvas, pois durante o período de estiagem há uma maior taxa de evaporação da água, características desse período, o que pode ter contribuído para o aumento da precipitação de sais.

O sódio ( $\text{Na}^+$ ) apresentou diferença entre as estações hidrológicas, com maiores níveis no período chuvoso tanto no Riachão do Meio 1 quanto no Riachão do Meio 2. No primeiro as médias encontradas foram  $1,85 \text{ mg,L}^{-1}$  (seco) e  $1,04 \text{ mg,L}^{-1}$  (chuvoso) e no Córrego Riachão do Meio 2 foram  $0,375 \text{ mg,L}^{-1}$  (seco) e  $0,358 \text{ mg,L}^{-1}$  (chuvoso). A diminuição do  $\text{Na}^+$ , no período chuvoso, é devido à diluição desse elemento pelas águas pluviais (SILVA, 1999).

Nos córregos Riachão do Meio 2 e no Rio Jardim o parâmetro dureza (DUR) apresentou diferença estatística entre os dois períodos hidrológicos. Os valores

observados no período seco e chuvoso foram: 2,10 (seco) e 9,00 (chuvoso) no Rio Jardim e 2,29 (seco) e 4,10 (chuvoso) no Riachão do Meio 2. A dureza da água é predominantemente causada pela presença de sais de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , para Allan (1995) e Esteves (1998), as concentrações desses íons são influenciadas pelos períodos de chuva e seca, características geológicas da bacia de drenagem e a ação antrópica no uso e ocupação dessas bacias hidrográficas.

Já a variável  $\text{Mg}^{2+}$  apresentou diferença estatística entre o período seco e chuvoso nos córregos Riachão do Meio 1 e no Rio Lamarão. No córrego Riachão do Meio 1 a média encontrada foi de 0,747  $\text{mg,L}^{-1}$  e no período chuvoso de 0,560  $\text{mg,L}^{-1}$ . Já no Rio Lamarão no período seco foi de 1,774  $\text{mg,L}^{-1}$  e no chuvoso 1,241  $\text{mg,L}^{-1}$ . Como já foi citado os níveis de  $\text{Mg}^{2+}$  na água pode ser influenciado por fatores meteorológicos e condições do ambiente na qual está inserido.

Comparando os dados da estatística descritiva com a Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005), pode –se observar que os córregos Riachão do Meio 1, Riachão do Meio 2 e Rio Lamarão e Rio Jardim tenderam a permanecer na Classe 2. Ou seja, suas águas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; à aquicultura e à atividade de pesca.

## **5.2. RELAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO COM A QUALIDADE DA ÁGUA**

Com objetivo de avaliar as variáveis de maior representatividade e correlação entre si foi aplicado a Análise de Componentes Principais nas quatro matrizes de dados completa, analisando todos os pontos em todos os meses para cada corpo hídrico e posteriormente relacionado com o uso e ocupação do solo da área de estudo.

A Tabelas 5, 6, 7 e 8 apresentam as cargas das primeiras componentes principais, os percentuais de variação para cada componente e a percentagem total explicada para o córrego Riachão do Meio 1, Riachão do Meio 2, Rio Jardim e Rio Lamarão, respectivamente. Os pesos acima de  $\pm 0,60$  são considerados altos e indicam que as variáveis contribuem adequadamente para a variação dos dados (HAIR, 1998). Valores

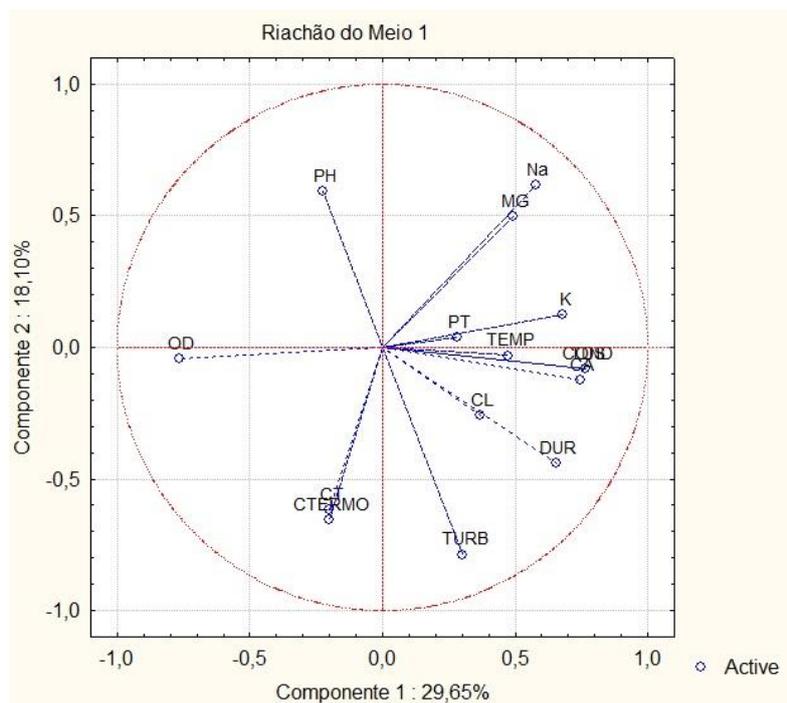
positivos indicam contribuição positiva das variáveis, enquanto valores negativos representam o inverso.

De acordo com a Tabela 5, a APC do córrego Riachão do Meio 1 explicou 63,70% da variância acumulada nas três primeiras componentes. A primeira componente contribuiu com da 29,65% variância explicada, a segunda componente explicou 18,10% e a terceira componente com 15,94% de explicação da variância dos dados.

**Tabela 5:** Cargas das componentes principais, Autovalores, porcentagem da variância explicada e porcentagem de variância cumulativa para o córrego Riachão do Meio 1.

	Riachão do Meio 1		
	CP1	CP 2	CP 3
TEMP	0,475752	-0,030945	-0,361723
OD	<b>-0,766692</b>	-0,040704	-0,427222
PH	-0,222946	0,591798	-0,526811
COND	<b>0,765831</b>	-0,080193	-0,518437
TDS	<b>0,765590</b>	-0,082487	-0,518374
DUR	<b>0,654286</b>	-0,440787	-0,373250
TURB	0,302312	<b>-0,786767</b>	0,272583
CT	-0,200526	<b>-0,615539</b>	-0,083108
CTERMO	-0,200713	<b>-0,657330</b>	0,312477
Na	0,576849	<b>0,616069</b>	0,278044
K	<b>0,679451</b>	0,126426	0,144646
CA	<b>0,746108</b>	-0,123031	0,357251
MG	0,493097	0,496961	0,273563
CL	0,369448	-0,256435	-0,364574
PT	0,284270	0,039072	<b>0,715620</b>
Autovalores	4,44	2,71	2,39
% da variância explicada	29,65	18,10	15,94
% de variância cumulativa	29,65	47,75	63,70

CP- Componentes Principais



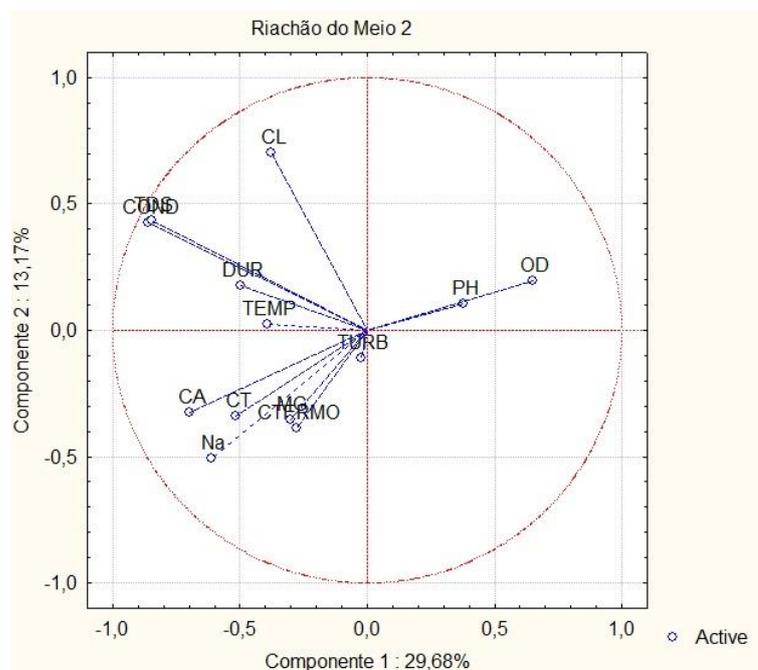
**Figura 5:** Projeção espacial das variáveis nas componentes 1 e 2 para o córrego Riachão do Meio 1.

No córrego Riachão do Meio 1 as variáveis que apresentaram cargas mais elevadas na primeira componente (CP 1) foram: o OD (-0,7666), COND (0,7658), TDS, (0,7655), DUR (0,6542), K (0,679451) e Ca<sup>+</sup>(0,7461) e que contribuíram para maior variação dos Autovalores. Na segunda componente (CP 2) as principais variáveis foram TURB (-0,7867), CT (-0,615539), o CTERMO (-0,6573) e o Na<sup>+</sup>(0,6160). E na terceira componente (CP 3) somente o PT (0,7156) contribuiu positivamente com a maior carga (Tabela 5). Conforme a projeção das variáveis (Figura 5) para o córrego Riachão do Meio 1 nas duas primeiras componentes ordenou as mais representativas no quadrante 2 com as variáveis Mg, Na e K e no 4 quadrante a COND, TDS, DUR, TURB e Ca<sup>+</sup>. As variáveis sobrepostas, tais como COND, TDS e Ca indica maior correlação entre si, e que o OD por estar no quadrante oposto, tem uma alta correlação negativa, com essas três variáveis. No quadrante 2 os parâmetros Na e Mg e no quadrante 3 as CT e CTERMO também indicam forte correlação. Pela PCA é possível constatar que as variáveis PT, TEMP e Cl tiveram pouca representatividade na projeção, ou seja, não contribuem para os pesos das duas primeiras componentes principais. Porém tiveram forte correlação com outras variáveis.

**Tabela 6:** Cargas das componentes principais, Autovalores, porcentagem da variância explicada e porcentagem de variância cumulativa para o córrego Riachão do Meio 2.

Riachão do Meio 2				
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
TEMP	-0,391772	0,023006	0,421370	0,040716
OD	<b>0,650815</b>	0,197869	0,444577	0,171859
PH	0,376493	0,104521	<b>0,688425</b>	0,173804
COND	<b>-0,860109</b>	0,424014	0,107571	0,065604
TDS	<b>-0,848392</b>	0,436595	0,096151	0,063779
DUR	-0,495822	0,178839	-0,138100	-0,491687
TURB	-0,022157	-0,109674	0,503000	0,212515
CT	-0,515513	-0,340298	0,500351	-0,279639
CTERMO	-0,277859	-0,386684	0,343427	-0,547412
Na	<b>-0,610553</b>	-0,507379	-0,089938	0,144957
CA	<b>-0,696335</b>	-0,325118	-0,038538	0,331152
MG	-0,302177	-0,355203	-0,083521	<b>0,676232</b>
CL	-0,376169	<b>0,702208</b>	0,053963	0,166680
Autovalores	3,85	1,71	1,52	1,35
% da variância explicada	29,67	13,17	11,76	10,38
% de variância cumulativa	29,67	42,85	54,62	65,00

CP- Componentes Principais



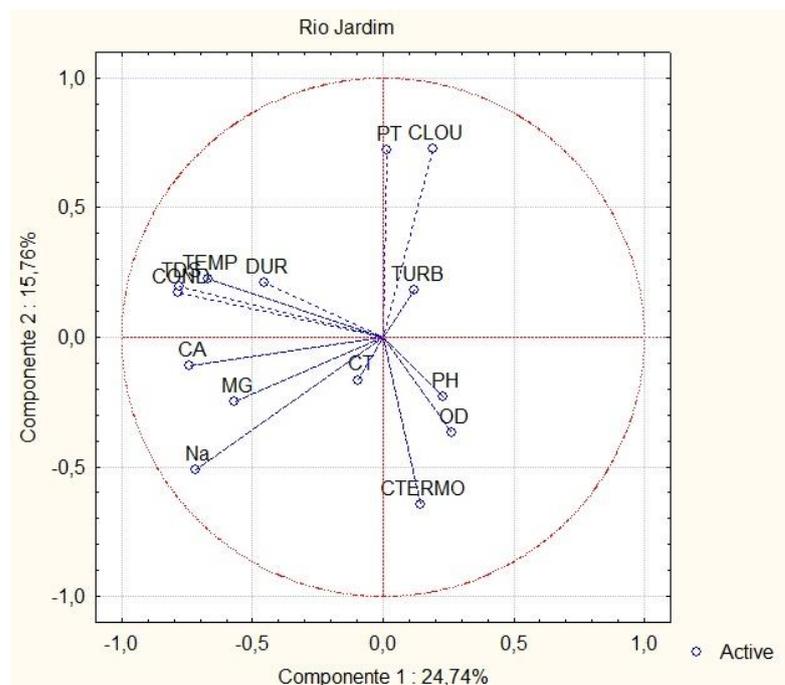
**Figura 6:** Projeção espacial das variáveis nas componentes 1 e 2 para o córrego Riachão do Meio 2.

Para os dados do Riachão do Meio 2, a APC explicou 65% da variância cumulativa nas quatro primeiras componentes. A CP 1 explicou 29,67 % da variância explicativa dos dados, onde a OD (0,6508), COND (-0,8601), TDS (-0,8483), Na<sup>+</sup> (-0,6105) e o Ca<sup>+</sup> (-0,6963) foram as variáveis que apresentaram as cargas mais elevadas e contribuíram para maior variação do autovalor. Na CP 2 a variável de maior influência foi do Cl<sup>+</sup>(0,7022), e explica 13,17% da variância explicada. E na CP 3 (11,76 %) a principal variável foi pelo pH (0,6884) e o Mg<sup>+</sup> (0,6762) para a CP 4 (10,38%). Conforme a figura 6 as variáveis do córrego Riachão do Meio 2 se concentraram nos quadrantes 1 e 3 do gráfico. No 1 as variáveis COND, Cl<sup>-</sup> e TDS e no 3 as Na<sup>+</sup> e o Ca<sup>+</sup> foram as mais representativas. As variáveis sobrepostas, tais como COND e TDS e o CTERMO e Mg<sup>+</sup> por estarem sobrepostas apresentaram forte correlação. Apesar das variáveis pH, TURB e TEMP terem pouca representatividade na projeção espacial, elas demonstraram alta correlação com outras variáveis.

**Tabela 7:** Cargas das componentes principais, Autovalores, porcentagem da variância explicada e porcentagem de variância cumulativa para o Rio Jardim.

	Rio Jardim			
	CP1	CP 2	CP 3	CP 4
TEMP	<b>-0,668770</b>	0,225113	-0,416289	0,014343
OD	0,262642	-0,368199	0,444229	-0,588324
PH	0,228503	-0,227245	0,368416	-0,622496
COND	<b>-0,782211</b>	0,172986	0,306493	-0,220582
TDS	<b>-0,778763</b>	0,194642	0,291460	-0,212243
DUR	-0,454156	0,209557	0,078947	0,434788
TURB	0,121953	0,183672	0,560958	<b>0,603635</b>
CT	-0,095775	-0,164928	<b>0,760038</b>	0,385009
CTERMO	0,144365	<b>-0,643857</b>	0,255928	0,184707
Na	<b>-0,719080</b>	-0,510433	-0,299841	-0,147346
CA	<b>-0,741104</b>	-0,109236	0,163827	-0,030884
MG	-0,568987	-0,246852	0,293079	-0,033283
CL	0,190037	<b>0,725412</b>	0,322926	-0,215164
PT	0,013414	<b>0,722385</b>	0,144998	-0,321320
Autovalores	3,46	2,20	1,97	1,73
% da variância explicada	24,74	15,76	14,12	12,40
% de variância cumulativa	24,74	40,50	54,62	67,03

CP- Componentes Principais



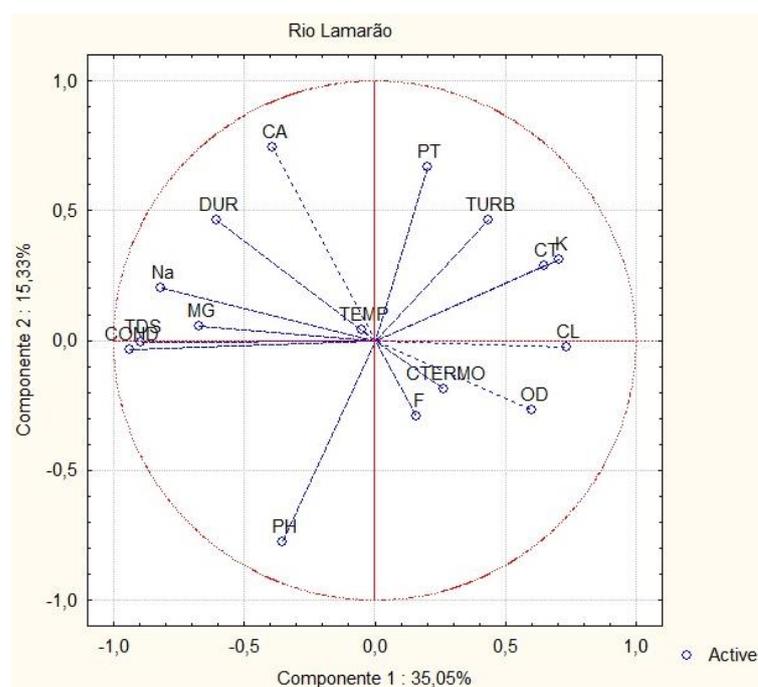
**Figura 7:** Projecção espacial das variáveis nas componentes 1 e 2 para o Rio Jardim.

Já os dados do Rio Jardim, 67,03% da variância cumulativa das quatro primeiras componentes foram explicadas com a APC. A CP 1 que explica 24,74 % da variância total, e as variáveis com maiores cargas foram: TEMP (-0,6687), COND (-0,7822), TDS (-0,7787), Na<sup>+</sup> (-0,7130) e Ca<sup>+</sup> (-0,7411) e contribuíram para a variação do autovalor. Na CP 2 o Cl<sup>+</sup> (0,7254), CTERMO (-0,643857) e o PT<sup>+</sup> (0,7223) tiveram uma maior interferência nos autovalores e explicaram 15,76% da variância explicada (Tabela 7). Nas CP 3 (14,12%) CP 4 (12,40%) as principais variáveis foram o CTERMO (0,7600) e a TURB (0,6036) respectivamente. Conforme mostrado a Figura 7, a projecção das variáveis para o Rio Jardim nas duas primeiras componentes ordenou as mais representativas no quadrante 2 com o grupo de variáveis COND, TDS e TEMP e no quadrante 3 com o grupo Ca<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> e Mg<sup>+</sup>. A sobreposição das variáveis COND, TDS, Ca<sup>+</sup> e TEMP estão indicando maior correlação. Mesmo que a PCA tenha demonstrado pouca representatividade das variáveis pH e TURB na projecção espacial, eles mostraram grande relação com outros parâmetros (como o Cl, PT e o OD).

**Tabela 8:** Cargas das componentes principais, Autovalores, porcentagem da variância explicada e porcentagem de variância cumulativa para o Rio Lamarão.

Rio Lamarão			
	CP1	CP 2	CP 3
TEMP	-0,050716	0,038852	-0,330720
OD	<b>0,602154</b>	-0,267374	-0,114683
PH	-0,355664	<b>-0,778554</b>	0,141732
COND	<b>-0,938955</b>	-0,033427	0,177301
TDS	<b>-0,896524</b>	-0,005186	0,114262
DUR	<b>-0,604913</b>	0,464916	0,308754
TURB	0,436008	0,461499	-0,060147
CT	<b>0,649916</b>	0,286963	-0,414061
CTERMO	0,262660	-0,186766	<b>-0,795801</b>
Na	<b>-0,821320</b>	0,203184	-0,406151
K	<b>0,705527</b>	0,309884	0,410730
CA	-0,392112	<b>0,742669</b>	-0,353049
MG	<b>-0,673460</b>	0,056029	-0,441375
F	0,159973	-0,290912	-0,292740
CL	<b>0,733657</b>	-0,023914	0,023726
PT	0,199809	<b>0,670010</b>	0,165721
Autovalores	5,60	2,45	1,85
% da variância explicada	35,04	15,32	11,61
% de variância cumulativa	35,04	50,37	61,98

CP- Componentes Principais



**Figura 8:** Projeção espacial das variáveis nas componentes 1 e 2 para o Rio Lamarão.

Para os dados do Rio Lamarão, a APC explicou 61,98% da variância acumulada nas três primeiras componentes. A CP 1 explica 35,04% da variância cumulativa da componente, onde as variáveis de maiores cargas foram: OD (0,6021), COND (-0,9389), TDS (-0,8965), DUR (-0,6049), CT (0,6499), Na<sup>+</sup> (-,8213), Mg<sup>+</sup> (-0,6734) K (0,705527) e Cl<sup>+</sup> (0,7336) e contribuiram para a variação do autovalor. Já a CP 2 que explica 15,32% da variância explicada, tiveram maior influência no autovalor com as cargas das variáveis, pH (-0,7785), Ca<sup>+</sup> (0,7426) e PT (0,6700). E a CP 3 (11,61%) foi influenciada apenas pela variável CTERMO (-0,7958). Conforme a projeção espacial para o córrego Rio Lamarão (Figura 8) novamente as variáveis TDS e a COND no quadrante 3 indicaram relação e o CT e o K no quadrante 2. Já o pH por estar no quadrante oposto das variáveis PT, TURB, CT e K tem uma alta correlação negativa, com essas quatro variáveis. Pela PCA é possível observar que as variáveis F, CTERMO e TEMP tiveram pouca representatividade na projeção, ou seja, não contribuem para os pesos das duas primeiras componentes principais.

Como foi citado, no córrego Riachão do Meio 1 e Rio Lamarão os elementos Mg<sup>+</sup> e Ca<sup>2+</sup> tiveram grande representatividade. Nessas águas a presença desses nutrientes pode ser associado indicadores de composição geoquímica de rochas e solos da bacia. A ausência de cobertura vegetal na área de cabeceira, declividade acentuada do terreno e a exposição da superfície fazem com que haja uma maior intensidade na lixiviação dos solos de modo que esses nutrientes sejam carregados para o corpo hídrico. Tal comportamento é confirmado na projeção dos dados nos gráficos 7 e 8 onde essas variáveis apresentam correlação com a DUR. A dureza total é definida como a soma das concentrações de cálcio e de magnésio, ambos expressados como carbonato de cálcio, em miligramas por litro (APHA 1998). Allan (1995) e Esteves (1998) consideram que as concentrações dos íons Mg<sup>+</sup> e Ca<sup>2+</sup> (responsáveis pelo aumento da dureza) são influenciadas pelos períodos de chuva e seca, pelas características geológicas do local e a ação antrópica no uso e ocupação dessas regiões. Além disso, da alta representatividade da TURB na projeção espacial, indica o carreamento de matérias para o curso d'água.

Conforme as projeções espaciais (Figura 5, 6, 7 e 8) o Na<sup>+</sup> apresentou grande representatividade em todas as matrizes de dados, e assim como Mg<sup>+</sup> e Ca<sup>2+</sup>, esse elemento na água pode ter relação com a formação pedológica e geológica do local. Segundo Cordeiro (2001), todas as águas naturais contêm algum sódio, já que ele é um

dos elementos mais abundantes na Terra e seus sais são altamente solúveis em água, encontrando-se na forma iônica ( $\text{Na}^+$ ), e nas plantas e animais, já que é um elemento ativo para os organismos vivos. Além disso, a Bacia do Rio Jardim tem em sua formação pedológica mais de 70% de Latossolos (SPERA et al. 2002), que são solos bem drenados o que facilita o carreamento de nutrientes para água. A correlação desse nutriente com o  $\text{Mg}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$  nas quatro matrizes de dados é explicado por Maia et al. (1998), pois a possibilidade de que a água provoque a sodificação do solo, depende da proporção do sódio em relação ao cálcio e magnésio, pois o  $\text{Na}^+$  que causa a dispersão dos colóides.

Conforme as figuras 5, 6, 7 e 8 em todas as matrizes de dados o COND e TDS tiveram grande representatividade e correlação com a TEMP. De acordo com a CETESB (2009) a condutividade elétrica se altera principalmente em função da concentração iônica e temperatura, ou seja, apesar de não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes, ela representa uma medida indireta da concentração de poluentes, pois indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água. Portanto, a condutividade aumenta em relação à temperatura e o total de sólidos dissolvidos (TDS). Observa-se que no Rio Jardim essas três variáveis (TEMP, COND e TDS) mostraram grande correlação o que pode estar associado ao local de coleta por se tratar de uma área alagada, possivelmente esteja relacionada a fatores naturais, principalmente em função da diferença de transferência de calor por radiação em ambientes lênticos e lóticos o que pode influenciar na COND e TDS da água. Carvalho et al. (2000) verificou a existência de uma significativa relação entre o aumento da temperatura da água e dos sólidos suspensos com a condutividade elétrica na água, que pode ocorrer a partir de reações desencadeadas na fauna aquática frente ao aumento da temperatura. Já o Riachão do Meio 1 o curso d'água por estar exposto à radiação solar, o que causa a elevação da temperatura da água no local. Além disso, a variação de temperatura pode ter ocorrido também em função da diferença de condução e convecção de calor vindos da atmosfera e do solo, tendo em vista que a APP do local não apresenta boas condições de conservação. Segundo Arcova & Cicco (1999) a presença da mata ciliar é a maneira mais efetiva de prevenir aumentos da temperatura da água, oferecendo maior proteção, devido à menor exposição dos canais à luz solar direta.

Os indicadores CTERMO e CT apresentaram grande representatividade nos córregos Riachão do Meio 1, Rio Jardim e Rio Lamarão. As bactérias do grupo coliformes atuam como indicadores de poluição fecal, sua presença na água indica contaminação por

fezes e, portanto, a possível presença de microrganismos patogênicos. Para o Riachão do Meio 1 e o Rio Lamarão isso pode estar associado ao carreamento de materiais para o curso d'água devido as características físicas do local, tais como declividade acentuada e pouca vegetação ripária o que facilita a lixiviação desses materiais. No caso do Rio Jardim, próximo à área de coleta existem pastagens destinadas a criação de bovinos, e esses animais acabam entrando no local e deixando seus detritos fecais ali. Um estudo realizado por Simplício et al. (2011), concluiu que a prática pecuária interfere na qualidade da água de forma tanto direta (através da passagem do animal pelo córrego), como indireta (através das fezes dos animais que são carregadas até o corpo hídrico pela chuva). O fato dos coliformes não terem apresentado grande representatividade no córrego Riachão do Meio 2 associa-se as boas condições de preservação da mata de galeria que acompanha o curso d'água, o que dificulta o carreamento de materiais para o córrego pela presença da vegetação, além de indicar que não há grande influência das áreas agropastoril ao seu redor. Gonçalves et al. (2005) pontua que a baixa concentração de colônias de coliformes totais e termotolerantes é assegurado, entre vários fatores, ao baixo número de instalações de criação de animais e a presença de cobertura vegetal permanente em sua nascente, enfatizando em vários pontos a importância da mata ciliar na manutenção de córregos e nascentes.

Nas matrizes do Rio Jardim e Rio Lamarão o Cl apresentou grande influência. Segundo DMAE (2000) os íons cloretos podem estar presentes naturalmente na água ou entre outras fontes, resultar do uso de adubos orgânicos a base de dejetos de animais, bem como, de esgoto doméstico, uma vez que é eliminado na urina e fezes. No rio Jardim e Lamarão podem estar associados ao carreamento de adubos orgânicos das áreas agropastoril das proximidades, tal comportamento é confirmado na projeção dos dados na Figura 7 e 8 onde essas variáveis apresentam grande correlação com K e PT, que de acordo com Prestes (2007) os adubos orgânicos são bons fornecedores de nutrientes, tendo uma porcentagem significativa de fósforo e o potássio em sua composição.

Como já foi citado anteriormente a Análise de Componentes Principais indicou representatividade do PT no Rio Lamarão e Jardim (Tabela 7 e 8). Esse elemento é fundamental para o metabolismo dos seres vivos e sua presença em águas naturais depende das características das rochas da região. De acordo com Resende (2002) em virtude da forte retenção do fosforo pelas partículas do solo, o processo de poluição da água é quase desprezível, porém os inúmeros casos de acréscimo de P nas águas

superficiais, está associado a escoamento superficial de água e a erosão dos solos, sendo os principais agentes da contaminação em áreas agrícolas. Nos dois corpos d'água podem estar associados ao carreamento de adubos das áreas agropastoril das proximidades.

Assim como Fósforo o Potássio é encontrado em baixas concentrações nas águas naturais, já que rochas que contenham potássio são relativamente resistentes às ações do tempo. Entretanto, sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura, entrando nas águas doces através das descargas industriais e de áreas agrícolas (CETESB, 2009). Desse modo, por se tratar de uma área rural o incremento desse nutriente nos córregos Riachão do Meio 1 e Rio Lamarão pode estar associado ao carreamento de componentes de uso agrícola utilizados nas áreas agropastoril próximas, e as características do local (declividade e pouca vegetação) facilitam a lixiviação desses materiais para o curso d'água.

Na projeção dos dados das quatro matrizes pode-se observar que o pH e a TURB demonstraram sempre correlação oposta. Isso pode ser explicado, pois mudanças no pH podem alterar a cor e/ou provocar a coagulação de partículas em suspensão alterando as leituras de turbidez. Coagulação é o processo de neutralização das cargas negativas das partículas, o que possibilita que as mesmas se aproximem umas das outras, promovendo sua aglomeração, formando, com isso, partículas maiores, que, por sua vez, apresentam maior velocidade de sedimentação (MATOS et al. 2007).

Os resultados encontrados corroboram para o estudo realizado por Muniz et al. (2011) na região da Bacia do Rio Jardim, que o incremento dos nutrientes na água é de origem difusa e o uso do solo mostrou pouca influência sobre os parâmetros de qualidade da água quando comparados a áreas de influência de urbanas, ou seja, os níveis de nutrientes como fósforo e potássio são baixos e ao não aparecimento de compostos nitrogenados. Diferente de pesquisas feitas em áreas urbanas, que o incremento dos nutrientes nas águas é maior, principalmente pelo lançamento de afluentes direto no curso d'água. Como o encontrado por Ervilha (2013), onde concluiu que em ambientes urbanizados possui poluição recente e pontual, com maior concentração de compostos nitrogenados, maior condutividade elétrica e maior acidez na água.

## 6. CONCLUSÕES

A Bacia do Rio Jardim é uma área prioritariamente agrícola do Distrito Federal e seus recursos naturais são fortemente utilizados, desde o uso e ocupação do solo aos seus recursos hídricos. O uso da terra é intenso e em muitas áreas sem a devida preservação das APPs e Reserva Legal, além da demanda hídrica pela grande quantidade de pivôs na região, o que corrobora para a escassez da água que é recorrente na Bacia, principalmente nos períodos de estiagem.

A partir das análises estatísticas empregada pode-se observar as variáveis de maior importância e correlação entre si, permitindo detectar também: a origem de nutrientes associados a pedologia e geologia do local, a deposição de sedimentos lixiviados, os nutrientes de origem não natural (adubação química e orgânica), a ação antrópica, além de alguns parâmetros que sofreram alterações com a ação das águas pluviométricas. Podendo assim, destacar as variáveis mais representativas para caracterização dos cursos d'água segundo a Análise de Componentes Principais, foram: a condutividade elétrica, o total de sólidos dissolvidos, cálcio e sódio.

Com o mapeamento da cobertura do solo, pode-se perceber que mais de 60% da área de estudo refere-se a agropecuária (agricultura, pastagem e pivô), 18% área de mata riparia (mata ciliar e de galeria) e o restante corresponde a vegetações perturbada, solo exposto e edificações. Assim, observa-se que os pontos de amostragem coletados em áreas com pouca vegetação nas margens dos rios, está associado ao incremento de nutrientes no curso d'água (maior concentração de compostos relacionados a adubação, maior condutividade elétrica e turbidez) das áreas adjacentes, enquanto os pontos coletados em áreas de preservação variaram de acordo com suas condições naturais (com bons níveis de temperatura, pH e maior concentração de cálcio).

Concluindo que, sim o uso e ocupação solo alterou a qualidade da água dos pontos amostrados. E que águas dos locais com vegetação preservada obteve menos modificações em suas características, demonstrando a importância das APPs para o equilíbrio ecológico e proteção para as águas e solo.

Por fim, a água é um elemento vital para a manutenção da vida na Terra, e a avaliação de sua qualidade é um processo que envolve análises de natureza física, química, microbiológicas e fatores antrópicos relacionados ao uso e ocupação do solo. E estudos como esse é de grande relevância para a problemática hídrica, contribuindo para

construção de ações mitigadoras, preventivas, corretivas e de planejamento em bacias hidrográficas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. 1992. Água - Determinação da dureza total - Método titulométrico do EDTA-Na Método de ensaio. NBR 12621. Rio de Janeiro.

ABÍLIO, F. J. P.; FONSECA-GENSSNER, A. A.; WATANABE, T.; LEITE, R. L. Chironomus gr. Decorus (Diptera: Chironomidae) e outros insetos aquáticos de um açude temporário do semi-árido paraibano. Brasil. **Entomológica y Vectores**, v. 12, n. 2, p. 233-242, 2005.

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD A.. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 1, p. 81-97, 2003.

ALLAN, D.J. **Streams ecology: structure and function of runnig waters**. Dordrecht: Springer. p. 388, 1995.

ANA - Agencia Nacional das Águas. **Indicadores da qualidade da água**. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>>. Acesso em: Jan. 2016.

APHA- American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington, DC, 1998.

ARCOVA, F.C.S; CICCO V. Qualidade da água em microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientis Forestalis**, n.56, p.125-134, 1999.

BARTH, F.T. Aspectos Institucionais do Gerenciamento de Recursos Hídricos. **In: Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2ª ed. São Paulo: Escrituras Editora. p. 565-600, 2002.

BERNARDI J. V. E.; LACERDA L. D.; DÓREA J. G.; LAMDIM P. M. B.; GOMES J. P. O.; ALEMEIDA R.; MANZATTO A. G. BASTOS W. R.. Aplicação da Análise Madeira e Afluentes, Amazônia Ocidental. **Geochilmica Brasiliensis**, v.23, n.1,

001-158, 2009.das Componentes principais na Ordenação dos parâmetros físico-químicos no Alto Rio.

BILICH, M. R.. **Ocupação das terras e a qualidade da água na microbacia do Ribeirão Mestre d'Armas, Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais**. CETESB. São Paulo-SP, 1993.

BRAGA, B; HESPANHOL, B.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.;PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, 1997.

CARVALHO, A.R.; MINGANTE, F.H.; TORNISIELO L. Relação da atividade agropecuária com parâmetros físicos e químicos da água. **Revista Química Nova**, São Paulo, SP, v.23, n.5, p.618- 22, 2000.

CETESB- Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo. Significado ambiental e Sanitário das variáveis de Qualidade das águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. **Relatório Técnico CETESB**, p.44, 2009.

CETESB- Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo, ANA- Agencia Nacional das Águas, 2011. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas**. CETESB, São Paulo, ANA, Brasília. 326pp.

CHAVES, H. M. L.; SANTOS, L. B. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n.6, 922-930p, 2009.

CODEPLAN- Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Atlas do Distrito Federal. Brasília, DF: Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação.** Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central. 7. ed., 3 v. (1984)

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: CONAMA, 2005.

CORDEIRO, G.G.. Qualidade de água para fins de irrigação (conceitos básicos e práticos). Documentos nº 167. **Embrapa Semi-Árido**, Petrolina, PE, p-34, 2001.

DOLABELLA, R.H.C.. (1996). **Caracterização agroambiental e avaliação da demanda e da disponibilidade dos recursos hídricos para a agricultura irrigada na Bacia hidrográfica.** Dissertação de Mestrado em Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, 1996.

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto. Monitoramento das águas do Delta e foz dos rios formadores do Guaíba. **ECOS Pesquisas.** Porto Alegre n.5. ano 2. outubro/2000. 63 p.

ERVILHA, J. C. C., **Monitoramento da qualidade da água na sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas.** Monografia. Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília, Planaltina, DF, 2013.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia.** Interciência, 2 ed. Rio de Janeiro, 602p. 1998.

FELIX, F. F. **Desinfecção Solar de água para Comunidade de baixa Renda.** Dissertação Mestrado. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte- RN, 2010.

FERRAZ, D. R.; AMARAL, A. A. Variação nictemeral dos parâmetros físico-químicos da água de um viveiro de cultivo de tilápia. **XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação,** Universidade do Vale do Paraíba, Paraíba, 2010.

FREITAS, A. J. **Gestão de recursos hídricos.** In: SILVA, D. D. & PRUSKI, F. F. (Eds.) **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e legais.**

Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000. 659p.

FROTA, P. V. **Propostas para a gestão integrada dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Jardim – DF**. Dissertação Mestrado em Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETA**. Brasília, 2014.

GDF - Governo do Distrito Federal. Lei nº 3.365 de 16 de junho de 2004. **Cria a Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal – ADASA-DF** e dá outras providências. Brasília, DF: 2004.

GONÇALVES, C. S.; RHEINHEIMER, D. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; KIST, S. L.. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9 n.3, 391-399 pp, 2005.

GROBÉRIO, T. S.. **Desenvolvimento de uma metodologia para Comparação de Amostras de Sal de Cocaína pela determinação de Solventes residuais e Análise Quimiométrica**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós- Graduação em Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

HAIR, J. F.. **Multivariate data analysis**. Prentice Hall, 5 ed, New Jersey, 1998.

LIAO P. D. L.; BEZERRA J. M.; BASTOS O. C.; BARRETO G. M. C. Análise dos indicadores bacterianos de Poluição dos rios Anil e Bacanga, na ilha de São Luiz, estado do Maranhão, Brasil. **Rev. Saúde Pública**. S. Paulo, v.18, p.278-87, 1984.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Ed. Átomo, 2005. 444 p.

LIMA, J.E.F.W.. Recursos hídricos no Brasil e no mundo. **Embrapa Cerrados**, Planaltina- DF, p.46, 2001.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M; EID, N. J.; MARTINS, E.S; KOIDE, S.; REATTO. Desenvolvimento e verificação de métodos indiretos para estimativa da Erodibilidade dos Solos da Bacia Experimental do Alto Rio Jardim- DF. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 23-26,2007.

LIMA, M. A. S. **Águas acumuladas em açudes e barragens na região de Santa Maria e flutuações nos seus atributos físico-químicos**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria- RS, 2005.

LANDELL-MILLS, N. & PORRAS, T. I. Silver bullet or fools' gold A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor. Instruments for sustainable private sector forestry series. **International Institute for Environment and Development**, Londres, 2002.

LOPES, M. M.; BRANCO. V. T. F. C.; SOARES J. B. Utilização dos testes estatísticos de Kolmogorov- Smirnov e Shapiro- Wilk para verificação da normalidade para materiais de pavimentação. **Revista Transporte**, São Paulo, v. 21, n.1, p.59-66, 2013.

MACHADO, B. C. **Avaliação da qualidade dos efluentes das lagoas de estabilização em série da Estação de Tratamento de Esgoto de Samambaia, DF para o cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2016.

MAIA, C.E., MORAIS, E.R.C., OLIVEIRA, M.. Classificação da água de irrigação utilizando quatro metodologias de cálculo para a razão de adsorção de sódio – I, Região da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, Rio Grande do Norte, v.11, p.41-46, 1998.

MAJED, N.; LI, Y.; GU, A. Z. Advances in techniques for phosphorus analysis in biological sources. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 23, p. 1-8, 2012.

MMARHAL. 1998. **Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Amazônia Legal.

MOURA, L.H.A.. **Estudo geoquímico da Bacia do Gama e avaliação da qualidade da água**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MUNIZ, D. H. F. **Proposição de um índice de Qualidade de água para irrigação (IQAI) com base no monitoramento e caracterização de águas superficiais em ambientes rurais do Cerrado**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural – PPG MADER da Universidade de Brasília, Universidade de Brasília, Planaltina – DF, 2014.

Muniz, D.H,F,; Moraes, A,S,, Freire, I,S,; Cruz, C,J,D,; Lima, J,E,F,W,; Oliveira-Filho, E,C,, 2011. Evaluation of water quality parameters for monitoring natural, urban, and agricultural areas in Brazilian Cerrado, **Acta Limno**, Brasil,, 23, 307-317.

MATOS, T. M.; CABANELHAS, C. F. G.; CECON, P. R.; BRASIL, M. S.; MUDADO, C. S. Efeito de coagulantes e do pH da solução na turbidez da água, em recirculação, utilizada no processamento dos frutos do cafeeiro. **Engenharia Agrícola**. São Paulo, vol.27 n.2, p.544-551, 2007.

NOBRE, E. C.; **Reestruturação econômica e território: expansão recente do terciário na marginal do rio Pinheiros**. Tese de Doutorado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

OHSE ECKER, C. M. **A crise da água doce: efeitos e consequências para o meio ambiente e a busca do desenvolvimento sustentável**. Dissertação de Mestrado. Universidade Regional do Noroeste do Estado Do Rio Grande Do Sul, Ijuí, 2015.

ONGLEY, E.D., 1996. Control of water pollution from agriculture - FAO irrigation and drainage paper . **GEMS/WCCC**, Canadá, 1996.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H.; PEREIRA, C. M.. Manual de Procedimento de amostragem, e análise físico-químico de água. **Embrapa Florestas**. Colombo- PR, 2011. ISSN 1980 – 3958.

PINHEIRO, M. R. C. **Avaliação de Usos Preponderantes e Qualidade da água como Subsídios para os Instrumentos de Gestão dos Recursos Hídricos Aplicada à Bacia Hidrográfica do Rio Macaé**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos, Campos dos Goytacazes- RJ, 2008.

PORTO, M. F. A. and PORTO, R. L. Laina. **Gestão de bacias hidrográficas**. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p. 43-60, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

PRADO, R. B.; NOVO, E. M. I. M. Aplicação de geotecnologia na modelagem do potencial poluidor das sub-bacias de contribuição para o reservatório de Barra Nonita- SP relacionando á qualidade de água. **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiania: INPE**, p. 3253-3260, 2005.

PRESTES, M. T. **Efeitos de Diferentes Doses de Esterco de Gado, no Desenvolvimento e no Balanço Nutricional de Mudas do Angico (*Anadenanthera macrocarpa*)**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

REATTO, A.; CORREIA, J.R.; SPERA, S.T.; CHAGAS, C. da S.; MARTINS, E. de S.; ANDAHUR, J.P.; GODOY, M.J.S.; ASSAD, M.L.C.L. **Levantamento semidetalhado dos solos da Bacia do Rio Jardim, DF escala 1:50.000**. Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, 2000.

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

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. Cerrado: ambiente e flora. **Embrapa**: Brasília – DF, 1998. 556p.

ROCHA, T. D. **Implementação das Mudanças do código Florestal na delimitação das áreas de proteção permanente da Zona de Proteção Ambiental 9, Natal/RN**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

SALVIATO, L.F. **Avaliação de um Wetland construído para o Polimento de Efluentes Gerados por uma Vincula na Região da Serra Gaúcha**. Monografia de graduação em Engenharia Ambiental, Centro Universitário Univates, Rio Grande do Sul, 2013.

SENRA, J. B.; VILELLA, W. M. C.; ANDRÉ, M. A. S. Legislação e Política Nacional de Recursos Hídricos. **Simpósio Nacional sobre o Uso da Água na Agricultura**. 2004.

SILVA, L.R., COSTA-NETO, J.F.. **A sustentabilidade dos recursos hídricos no Distrito Federal**. Univ. Hum, Brasília, v. 5, n.2, p. 77-107, 2008.

SILVA, M. L. **Hidroquímica elementar e dos isótopos de urânio no aquífero de Manaus – AM**. Dissertação de Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos, Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

SILVA, M. P., CAVALLI, D. R., OLIVEIRA, T. C. R. M. Avaliação do padrão coliformes a 45°C e comparação da eficiência das técnicas dos tubos múltiplos e petrifilm

EC na detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* em Alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 26, n. 2, p. 352-359, 2006.

SIMPLICIO, N, C, S.; MUNIZ, D, H, F.; SOUSA, S, R.; ARAGÃO, T, P.; OLIVEIRAFILHO, E, C, Avaliação da qualidade da água superficial em áreas de bovinocultura no cerrado, Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17p, Maceió-AL, Novembro, 2011, CDROM.

SPERA, S. T.; REATTO, A.; MARTINS, E. S.; CORREIA J. R. (2002). Aptidão agrícola das terras da Bacia do Rio Jardim, DF. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, **Embrapa Cerrados**, 27: 1-38.

TUNDISI, J. G. Limnologia no Século XXI: Perspectivas e Desafios. São Carlos, I. I. E. 7º Congresso Brasileiro de Limnologia – SBL, Florianópolis, SC. 1999, 24p.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. São Paulo/SP: Estudos avançados. v.22, n.63, 2008, 1-16p.

UNESCO- Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura. **A guerra pela água**. Revista Mundo e Visão. Disponível em: <<http://www.pime.org.br/mundoemissao/ecolguerra.htm>>, acesso em: mar 2000.

VIEGAS, E. C. **Gestão dos Recursos Hídricos: uma análise a partir dos Princípios Ambientais**. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós- Graduação Stricto Sensu, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul- RS, 2007.

VICINI, L. **Análise Multivariada da Teoria é Prática**. Monografia de graduação, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2005.

VON SPERLING, M.. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 452 p.