

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Instituto de Geografia – IG
Programa de Pós Graduação em Geografia

**AVALIAÇÃO HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO
GLÓRIA, UBERLÂNDIA – MG**

UBERLÂNDIA / MG
2015

JEAN ROGER BOMBONATTO DANELON

**AVALIAÇÃO HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO
GLÓRIA, UBERLÂNDIA – MG**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Geografia e Gestão do Território.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues.

UBERLÂNDIA / MG
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

D179a Danelon, Jean Roger Bombonatto,
2015 Avaliação hídrica da bacia hidrográfica do Córrego do Glória,
Uberlândia - MG / Jean Roger Bombonatto Danelon. - 2015.
84 f. : il.

Orientador: Silvio Carlos Rodrigues.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Geografia.
Inclui bibliografia.

1. Geografia - Teses. 2. Bacias hidrográficas - Uberlândia (MG) -
Teses. 3. Córrego do Glória (Uberlândia, MG) - Teses. 4. Água -
Qualidade - Uberlândia (MG) - Teses. I. Rodrigues, Silvio Carlos. II.
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Geografia. III. Título.

CDU: 910.1

JEAN ROGER BOMBONATTO DANELON

**AVALIAÇÃO HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO GLÓRIA,
UBERLÂNDIA – MG**

Data da Defesa: _____

Resultado: _____

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues (Orientador)

Prof. Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira

Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral

RESUMO

A água atualmente é o recurso natural de maior relevância no planeta. Este fato se dá devido aos seus múltiplos usos, os quais estão relacionados ao consumo humano, atividades agrícolas e industriais. Dessa forma, fica claro o cenário de dependência que a sociedade tem frente aos recursos hídricos, pois, estes são necessários tanto para a sua sobrevivência quanto para o desenvolvimento de suas atividades socioeconômicas. É sabido que as atividades antrópicas, as quais consomem e degradam significativamente os recursos hídricos têm contribuído com que o cenário de interdependência entre a sociedade e esses recursos fique cada vez mais comprometido. Em âmbito global existem teóricos que defendem que os problemas relacionados aos recursos hídricos advêm da má gestão dos mesmos e não da sua escassez (Rogers et al., 2006). No entanto, há quem analise essa questão de maneira mais abrangente colocando que a “crise da água” é reflexo de uma série de problemas no quadro ambiental que são agravados devido a fatores econômicos e de desenvolvimento social (Gleick, 2000 apud Tundisi, 2008). É nesse contexto de deterioração causada pelo uso inconsequente dos recursos hídricos no Brasil e no mundo que se fez surgir o interesse de compreender a dinâmica de funcionamento da bacia hidrográfica do Córrego do Glória, localizada no município de Uberlândia (MG), através da relação entre os usos da terra e a qualidade das águas da área de estudo. Desta forma busca-se constatar a atual situação ambiental dos recursos hídricos da área estudada frente ao cenário ambiental local posto atualmente. Para tal, utilizar-se-á a metodologia de aplicação de um Índice de Qualidade de Água (IQA), para que se constatem os níveis de qualidade que se encontram as águas da bacia de estudo. Para Comitesinos (1990) um IQA expressa de maneira sintetizada o estágio de qualidade de determinado curso d’água através de um valor numérico para um determinado momento e local. Este fato faz com que informações sobre qualidade de água sejam apresentadas ao público com uniformidade tornando-as mais úteis a agências políticas e de planejamento (Almeida & Schwarzbold, 2003). O presente estudo utilizou o IQA desenvolvido pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) o qual é originário de uma adaptação realizada no índice criado pela – National Sanitation Foundation. O mapeamento de uso e ocupação da terra fora realizado utilizando imagens do satélite LANDSAT 8, trabalhadas no software ArcGis 10.1. Procurou-se elencar imagens orbitadas em datas o mais próximas possível das campanhas de amostragem de qualidade de água, a fim de viabilizar a relação entre estas. Na discussão dos resultados obtidos sobre a qualidade de água procurou-se analisa-los de duas maneiras distintas, ou seja, os dados foram analisados isoladamente e de forma agrupada na constituição do índice. Isto possibilitou que melhores conclusões fossem tiradas, e assim relacionadas aos usos da terra, fato que contribuiu para a constatação de que os usos influenciaram os níveis de qualidade de água da bacia hidrográfica do Glória.

Palavras-chave: Índice de Qualidade de Água (IQA); Córrego do Glória; Uberlândia (MG).

ABSTRACT

The water is currently the most relevant natural resource on the planet, this fact is due to its multiple uses, which are related to the human consumption, agricultural and industrial activities. Thus it is clear the dependency scenario that society has front to water resources, therefore these are necessary both for survival as for the development of their socio-economic activities. It is known that human activities which consumes and degrades significantly water resources, have contributed to the setting of interdependence between society and those resources that becomes increasingly compromised. Globally there are theorists who argue that the problems related to water resources come from their mismanagement and not of its scarcity (Rogers et al., 2006). However there are those who analyze this issue more comprehensively, putting that the "water crisis" is a reflection of a number of problems in the environmental framework which are aggravated due to economic factors and social development (Gleick, 2000 apud Tundisi, 2008). Is in this context, of deterioration caused by the reckless use of water resources in Brazil and in the world, which has raised the interest of understand the dynamics in the basin of Glória stream, located in Uberlândia, through the relation between land use and the quality of the water study's area. Aiming thus establish the current environmental situation of water resources in the study area facing the local environmental scenario currently post. To do this, will be used the application method of Water Quality Index (WQI), to verify the quality levels that are the water of the study basin. To Comitesinos (1990) a WQI expresses in a synthesized way the quality stage of a certain watercourse as a numerical value for a given time and place. This fact makes water quality information be presented to the public with uniformity making them more useful to policy and planning agencies (Almeida & Schwarzbold, 2003). The currently study has used the WQI developed by CETESB (Environmental Company of the State of São Paulo) which one is originated from an adaptation made in the index created by - National Sanitation Foundation. The mapping of use and occupation of land were made using LANDSAT 8 satellite images, worked in ArcGIS 10.1 software. It aimed to select orbited images as close as possible to the quality of the water sample campaign dates in order to enable the relation between them. In the discussion of the results about the quality of water, we tried to analyze them in two different ways, that means, the data were analyzed separately and grouped form in the index constitution. This enabled that better conclusions were drawn, and thus related to land use, fact that contributed to the verification that the uses influenced the quality of water levels of the watershed of Glória.

Keywords: Water Quality Index (WQI); Glória Stream; Uberlândia (MG).

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO	14
1.1. Introdução	14
1.2. Objetivos	15
1.2.1. Geral.....	15
1.2.2. Específicos.....	15
1.3. Justificativa.....	15
1.4. Localização da área de estudo	17
CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO CONCEITUAL	19
2.1. Qualidade de Água	19
2.1.1. Indicadores de Qualidade de Água	20
2.1.2. Índice de Qualidade de Água (IQA).....	21
CAPÍTULO 3 – ÁREA DE ESTUDO.....	27
3.1. Uso e ocupação da terra	27
3.2. Meio Físico	28
3.2.1. Geologia.....	28
3.2.2. Relevo Local	29
3.2.3. Solos	30

3.3. Vegetação	31
 CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA.....	 33
4.1. Atividades de Campo.....	33
4.1.1. Descrição das Coletas	33
4.2. Práticas de Laboratório	37
4.2.1. Análises Físico-Químicas.....	37
4.2.2. Análises Microbiológicas.....	38
4.3. Desenvolvimento do Cálculo de IQA	38
4.4. Mapeamento de Usos da terra.....	41
 CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	 43
5.1. Análise dos parâmetros que compõe o IQA.....	49
5.1.1. Ponto Amostral 01	49
5.1.2. Ponto Amostral 02	55
5.1.3. Ponto Amostral 03	58
5.1.4. Pontos Amostrais 04 e 05	63
5.2. Análises dos valores do IQA para os pontos amostrais	66
5.3. Usos da terra.....	71
 CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES.....	 77
REFERÊNCIAS	80

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Pesos (wi) referentes aos parâmetros que compõe o cálculo do IQA.....	25
Tabela 2: Método de análise utilizado na determinação dos parâmetros Físico-Químicos	37
Tabela 3: Método de análise utilizado na determinação dos parâmetros Microbiológicos	38
Tabela 4: Equações ajustadas para descrever as curvas médias de variação dos parâmetros indicadores de qualidade	39
Tabela 5: Pesos (wi) referentes aos parâmetros (qi).	40
Tabela 6: Dados referentes às imagens utilizadas para a elaboração dos mapas de uso da terra.	41
Tabela 7: Classes estabelecidas para o mapeamento de uso da terra da bacia hidrográfica do Córrego do Glória.....	42
Tabela 8: Síntese dos resultados isolados dos parâmetros indicadores de qualidade nas diferentes datas de amostragem.....	46
Tabela 9: Valores isolados do IQA por ponto amostral e campanha de coleta.....	67
Tabela 10: Valores médios do IQA por ponto amostral.....	68
Tabela 11: Percentual de usos da terra, distribuídos temporalmente por data de mapeamento.	73

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1: Somatório utilizado 26

Equação 2: Produtório ponderado utilizado no cálculo de IQA. 26

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Imagens representativas das coletas de campo.....	36
Quadro 2: Produtório Ponderado do Índice de Qualidade de Água - IQA	38
Quadro 3: Níveis de enquadramento do IQA.	40
Quadro 4: Cenários mapeados dos usos da terra desenvolvidos na bacia hidrográfica do Córrego do Glória.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo:.....	18
Figura 2: Curvas médias referentes a cada parâmetro (qi)	25
Figura 3: Imagem ilustrando o leito rochoso do Córrego o Glória, composto por um afloramento basáltico do Grupo São Bento.....	29
Figura 4: Voçoroca presente na área de estudo que deixa evidente a presença de depósitos alterados da Formação Marília.....	29
Figura 5: Mapa de localização dos Pontos Amostrais	35
Figura 6: Valores médios de IQA para os Pontos Amostrais (PA).	49
Figura 7: Níveis de Oxigênio Dissolvido para o PA 01.	50
Figura 8: Deposição de matéria orgânica (MO) no leito do Córrego do Glória, na área do PA 01.	51
Figura 9: Variações dos parâmetros OD e DBO para o PA 02.	55
Figura 10: Área de acesso para dessedentação animal, próxima ao PA 02.	57
Figura 11: Imagens ilustrativas das condições de coloração das águas no PA 03.	59
Figura 12: Relação DBO - OD apresentada no trabalho de Valente (1997).....	61
Figura 13: Apresentação da relação DBO - OD para o PA 03.	62
Figura 14: Valores de OD apresentados no PA 03, nas quatro campanhas amostrais.	63
Figura 15: Localização do PA 05 no interior da mata situada no Campus Glória.	65

Figura 16: Apresentação da relação proporcional entre IQA's médios dos PA e os valores de Oxigênio Dissolvido..... 70

Figura 17: Correlação R^2 para os valores gerados de IQA para todos os PA e os valores gerais de Oxigênio Dissolvido. 71

LISTA DE SIGLAS

ΔT – Temperatura

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APHA – American Public Health Association

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CF – Coliformes Fecais

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

FT – Fósforo Total

IQA – Índice de Qualidade de Água

LAMAM – Laboratório de Ensaios em Alimentos e Meio Ambiente

MSTB – Movimento Sem Teto do Brasil

NSF – National Sanitation Foundation

NT – Nitrogênio Total

OD – Oxigênio Dissolvido

PA – Ponto Amostral

pH – Potencial Hidrogeniônico

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

ST – Sólidos Totais

TU – Turbidez

CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO

1.1. Introdução

A água atualmente é o recurso natural de maior relevância no planeta. Este fato se dá devido aos seus múltiplos usos, os quais estão relacionados ao consumo humano, atividades agrícolas e industriais. Dessa forma fica claro o cenário de dependência que a sociedade tem frente aos recursos hídricos, pois, estes são necessários tanto para a sua sobrevivência quanto para o desenvolvimento de suas atividades socioeconômicas.

A qualidade das águas também está relacionada à sobrevivência de toda a biodiversidade do planeta e não somente da vida humana. Os ecossistemas do planeta possuem água na sua dinâmica de funcionamento, e a escassez ou contaminação desta, causa alterações diretas nesses ciclos de funcionamento (Tundisi, 2006).

No contexto, aparentemente óbvio, da grande relevância dos recursos hídricos e de sua conservação para a sustentabilidade da vida, são inúmeras as regiões que atualmente enfrentam dificuldades devido a escassez ou a falta de água em condições adequadas para uso.

Em âmbito global existem teóricos que defendem que os problemas relacionados aos recursos hídricos advêm da má gestão dos mesmos e não da sua escassez (Rogers et al., 2006). No entanto há quem analise essa questão de maneira mais abrangente colocando que a “crise da água” é reflexo de uma série de problemas no quadro ambiental que são agravados devido a fatores econômicos e de desenvolvimento social (Gleick, 2000 apud Tundisi, 2008).

Contudo, independentemente da linha de análise de causa, um fato é claro, os recursos hídricos encontram-se ameaçados na escala global e esse é um problema que deve ser estudado e colocado em pauta de discussão com o mais elevado grau de importância. E para que esta discussão seja feita de maneira coesa e não meramente discursiva, como muitas vezes tem sido realizada no meio político e na mídia, devem existir dados que respaldem uma análise efetiva do

atual cenário, para que assim possa ser desenvolvida uma análise que possibilite a tomada de medidas visando a conservação e a recuperação destes recursos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Geral

- ✓ Realizar a avaliação hídrica da bacia hidrográfica do Córrego do Glória aplicando um IQA (Índice de Qualidade de Água) e a partir dos resultados obtidos, discutir a influência dos usos da terra existentes na bacia hidrográfica nas suas condições ambientais atuais;

1.2.2. Específicos

- ✓ Avaliar o estado em que se encontra a qualidade das águas da bacia hidrográfica do Córrego do Glória;
- ✓ Desenvolver o mapeamento de usos da terra da bacia hidrográfica do Córrego do Glória, referente às datas das campanhas de coleta (29/08/13; 23/10/13; 26/03/14 e 26/06/14);
- ✓ Analisar a relação entre o uso e ocupação da terra na bacia e os resultados encontrados sobre a qualidade da água;

1.3. Justificativa

Os recursos hídricos são de fundamental importância para o desenvolvimento dos seres vivos, a eles são atribuídos valores ambientais, sociais e econômicos. Visualmente esses recursos apresentam-se de forma abundante na natureza, este fato serve de possível explicação do porque durante um vasto período de tempo acreditava-se que a água potável era um bem “inesgotável” e que a escassez da mesma não ocorreria (KOBAYAMA; et al, 2008). Foi nesse contexto de falsa impressão sobre a abundância dos recursos hídricos, que os mesmos foram

tratados com descaso, sendo utilizados de maneira exacerbada e inconsequente, sem que fossem tomadas precauções quanto a sua conservação.

Dessa forma, grande parte dos corpos d'água existentes em nosso país, apresenta resultados insatisfatórios quanto à qualidade de suas águas, de modo que emerge a necessidade de que seja feito uma avaliação mais precisa e incisiva dos mesmos.

Para isto, existem várias metodologias de análise para que se constate o nível de qualidade de água de um determinado corpo hídrico. No entanto, a utilização de IQA's (Índices de Qualidade de Água) demonstra-se como uma metodologia efetiva, pois, são considerados em sua elaboração, parâmetros indicadores de qualidade de água, físico-químicos e biológicos que possibilitem uma visão ampla das condições do corpo d'água analisado.

É nesse cenário, de deterioração causada pelo uso inconsequente dos recursos hídricos no Brasil e no mundo, que se fez surgir o interesse de compreender a dinâmica de funcionamento da bacia hidrográfica do Córrego do Glória através da relação entre os usos da terra e a qualidade das águas da área de estudo. Almeja-se desta forma, constatar a atual situação ambiental dos recursos hídricos da área estudada frente ao cenário ambiental local posto atualmente.

A bacia de estudo conta significativas peculiaridades, uma vez que, a mesma localiza-se no limiar do final da área urbana e início da zona rural do município de Uberlândia, fato que corrobora com o aumento das fontes causadoras de impactos na bacia. Das quais é possível destacar as áreas agricultáveis e pastagens presentes na zona rural, juntamente com os impactos oriundos da área urbana do município.

A área urbanizada existente na bacia do Córrego do Glória é sem dúvida um importante foco impactante na qualidade das águas do córrego, pois, significativa porção desse setor urbanizado é representada pela “Ocupação do Campus Glória” (Conjunto Élison Prieto). Este setor trata-se

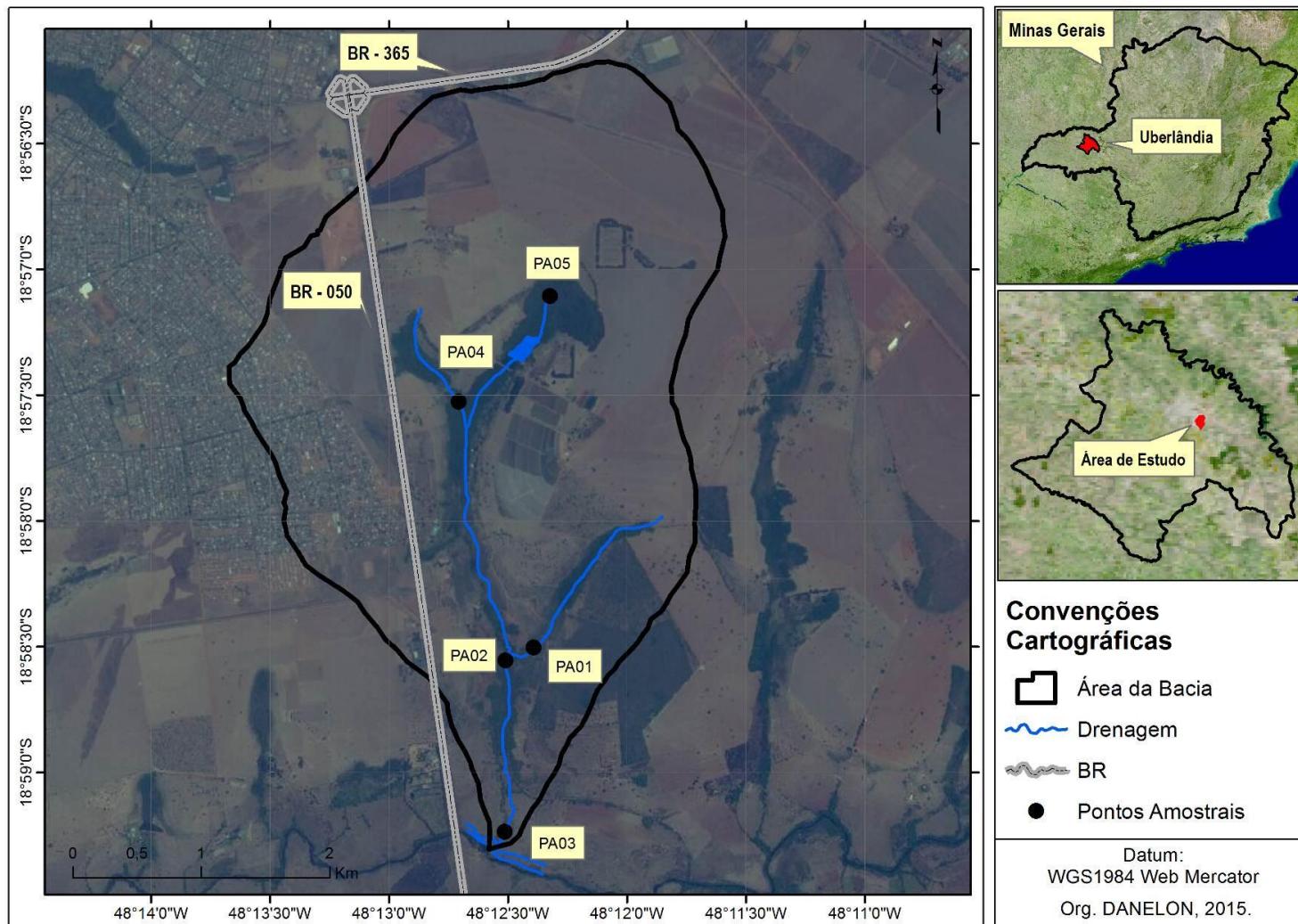
de uma ocupação realizada por representantes do Movimento Sem Teto do Brasil (MSTB), que atualmente conta com cerca de 2.350 famílias que se estabeleceram no local, atingindo uma população de 15 mil habitantes.

A “Ocupação do Campus Glória” por se tratar de uma ocupação irregular, não conta com apporte de saneamento básico, fato este que, portanto exclui a existência de sistema de esgoto no local, o que contribuiu de forma efetiva para que esta área seja considerada um importante foco impactante as águas da bacia hidrográfica do Córrego do Glória.

1.4. Localização da área de estudo

A bacia hidrográfica do Córrego do Glória faz parte da bacia do Rio Uberabinha que é tributário do Rio Araguari. A mesma localiza-se no município de Uberlândia – MG, o qual está inserido na mesorregião do Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba. A área de estudo está delimitada entre as coordenadas geográficas 18°57'30"S e 48°12'00"W na região sudeste do município. O acesso à área de estudo pode ser realizado através da rodovia BR – 050 e da rodovia BR – 365. (Figura 1).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo:



Fonte: Do autor, 2015.

CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO CONCEITUAL

2.1. Qualidade de Água

De acordo com Sperling (2005) a qualidade da água de uma bacia hidrográfica pode ser avaliada por uma série de parâmetros que são capazes de expor suas principais características, sendo estas físicas, químicas ou biológicas. Estas por sua vez resultam de um conjunto de fatores os quais podem ser geomórficos, climáticos, hidrológicos e biológicos (Hunsaker et al., 1998).

Os parâmetros indicadores físicos são de certa maneira os mais facilmente notados pelos usuários dos recursos hídricos uma vez que apresentem alterações. As alterações estão relacionadas à coloração, sabor e odor, as quais são notadas pelos sentidos humanos e animais (Libânio, 2010).

Quanto às características químicas das águas é possível dizer que estas, embora possam necessitar de análises laboratoriais para que efetivamente se indique alterações em seus níveis, se faz possível constatar modificações em seus padrões por meio da observação de indícios. A exemplo das alterações na concentração de ferro (Fe) em um determinado curso d'água ou reservatório que pode ser percebida devido ao fato de deste aferir a água um odor característico, assim como alterações nos níveis de Oxigênio Dissolvido (OD) e pH podem causar a mortandade de peixes e outros componentes do habitat aquático (Sperling, 2004; Libânio, 2010).

De acordo com Libânio (2010) as características biológicas dos recursos hídricos expressam as diversas formas de vida microbiológicas existentes nos meios aquáticos. Embora estes microrganismos sejam naturalmente encontrados nas águas, eles podem ter seus níveis alterados devido a interferências antrópicas ou até mesmo modificações de cunho natural, tornando-os desta maneira nocivos a saúde humana, sendo causadores de várias enfermidades (Daniel et al., 2001). A exemplo das alterações nos níveis de nitrogênio na forma de nitrito, que

se encontrado com níveis acima de 0,1 mg/L pode ocasionar a metahemoglobinemia em recém-nascidos, podendo causar a morte destes, uma vez que o nitrito causa o aprisionamento das moléculas de oxigênio presente no sangue, incapacitando sua assimilação pelo organismo do bebê (Sperling, 2004; Nascimento et al., 2008).

Conforme supracitado as alterações de caráter físico, químico e biológico que impactem os usos destinados aos recursos hídricos, são por muitas vezes ocasionados devido a reflexos das ações antrópicas.

Segundo Ross (1994) os ambientes naturais nos quais se enquadram as bacias hidrográficas, se encontram em equilíbrio dinâmico, tendo preservadas suas características originais. No entanto com as modificações ocasionadas nesses meios pelas ações humanas, interfere no processo de equilíbrio dinâmico dessas áreas, fato que pode resultar em diversas alterações no seu funcionamento.

Ross (1994) também chama a atenção para a vulnerabilidade de bacias hidrográficas inseridas ou situadas próximas às áreas urbanas, devido ao elevado grau de alteração nas características naturais desses locais. Fato pelo qual se deve atentar no presente estudo haja vista que a bacia hidrográfica de estudo compreende parte da área urbana do Município de Uberlândia – MG, e deste modo estará sujeita as suas influências.

2.1.1. Indicadores de Qualidade de Água

Os índices e indicadores ambientais surgiram como resultado da crescente preocupação social com os aspectos ambientais, seguindo a tendência das ideias ambientalistas das décadas de 1960 e 1970. Estes tornaram-se fundamentais no processo decisório das políticas públicas ligadas ao quadro hídrico e no acompanhamento de seus efeitos. Esta dupla vertente apresenta-se como um desafio permanente de gerar indicadores e índices que tratem um número cada vez

maior de informações, de forma sistemática e acessível, para os tomadores de decisão e a sociedade interessada (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – SP, 2007, p. 3).

A ideia dos indicadores de qualidade consiste no agrupamento de uma série de variáveis, de modo que estas atinjam uma escala comum de análise. Isto se dá a partir do tratamento estatístico das mesmas podendo-as converter em um valor numérico único (Lohani & Mustapha, 1982). Foi destacado por Brown et al, (1970) a dificuldade criada involuntariamente pelas agências estatais de monitoramento de qualidade ambiental ao inventariarem inúmeros valores referentes a centenas de indicadores ambientais, publicados em extensos relatórios, o quais devido a sua estrutura eram de difícil entendimento e interpretação.

É nesse contexto que a aplicação de índices que agrupassem esses valores e os tornassem mais facilmente compreensíveis apresentou-se de grande relevância, possibilitando que além de pesquisadores e técnicos envolvidos com a temática, outros públicos (sociedade civil) também pudessem estar a par de cenários ambientais postos (House & Ellis, 1980; Couillard & Lefebvre, 1985).

2.1.2. Índice de Qualidade de Água (IQA)

Para Comitesinos (1990) um IQA expressa de maneira sintetizada o estágio de qualidade de determinado curso d'água através de um valor numérico para um determinado momento e local. Este fato faz com que informações sobre qualidade de água sejam apresentadas ao público com uniformidade tornando-as mais úteis a agências políticas e de planejamento (Almeida & Schwarbold, 2003).

Os IQA's vêm sendo discutidos no meio científico desde os trabalhos clássicos de Horton (1965) que precederam os relatórios apresentados na década de 1970 pela National Foundation Sanitation nos Estados Unidos. A partir daí houve trabalhos que versaram sobre a descrição detalhada desta metodologia (Brown et al 1970; Bolton et al, 1978), assim como estudos que

propunham adaptações buscando a evolução dos índices através da utilização de análises fatoriais (Haase & Possoli, 1993) e outros que passaram a comparar as diversas variações de IQA criadas e propostas (Landwehr & Deininger, 1976; Dunnete, 1979; Ball & Church, 1980; House & Ellis, 1980; Lohani & Mustapha, 1982).

Atualmente estes diversos índices de qualidade que podem ser utilizados para os variados fins, no que se refere ao enquadramento de curso d'água (Pineda & Schafer, 1987; COMITESINOS, 1993; Santos, 1993; Palupi et al., 1995 Sevgili & Koçer, 2014; Bu et al., 2014; Wu & Chen, 2013). Os IQA's podem ser usados tanto na classificação de águas superficiais, como em águas subsuperficiais através de poços de monitoramento. Também existem trabalhos que aplicam índices de qualidade para classificar águas que sofrem grandes descargas de efluentes (Boyacioglu, 2010; Lermontov et al., 2011; Said et al., 2004; Akkoyunlu & Akıner, 2012; Bakan et al., 2010; Kannel et al. 2007; Zhang and Zhang, 2007).

O indicador utilizado no presente estudo advém da evolução da Metodologia Delphi a qual tem sua criação datada dos anos de 1950, que no ato de sua criação não se vislumbrava sua aplicação em estudos ambientais. Ela foi pensada em um contexto histórico que se iniciava a divisão do mundo em dois blocos ideológicos, o socialista e capitalista, ou seja, a Guerra Fria. Nesse período entre as mais diversas disputas travadas por esses dois oponentes, a disputa bélica sempre teve enorme destaque, de modo que foi pensando numa forma de obtenção de nível ótimo que produção de armas atômicas que o governo estadunidense desenvolveu os postulados da Metodologia Delphi (Libânia, 2010).

A metodologia basicamente consistia na aplicação de questionários a especialistas envolvidos a determinada temática, visando a obtenção de pontos consensuais, para o posterior elaboração de estratégias sobre o tema em questão (Libânia, 2010). Linstone & Turoff (1975) apresentaram

em seu estudo os postulados básicos envolvidos na aplicação da Metodologia Delphi, os quais eram:

- ✓ A garantia do anonimato, objetivando reduzir interferências psicológicas, tais como a influência da opinião de participantes com maior grau de especialização sobre os demais;
- ✓ A interação, através da aplicação de várias rodadas de questionários, fato que permitia os participantes a rever suas opiniões;
- ✓ O *feedback*, controlado entre duas rodadas sucessivas de questionários para informar cada membro do grupo sobre a opinião dos demais, por meio de informações anexadas na rodada de questionários seguinte;
- ✓ A representação estatística dos resultados;

O uso dessa metodologia em estudos ambientais, especificamente voltada a análise de qualidade hídrica se deu primeiramente na Nova Zelândia, onde se tinha o intuito de verificar a qualidade da água utilizada para a recreação no país. Para geração de um índice que fosse aplicável ao estudo de qualidade de água, elencou-se dezesseis profissionais ligados a empresas de consultoria ambiental, órgãos governamentais e a universidade para participar das rodadas de aplicação de questionários, conforme previa a metodologia Delphi.

Num primeiro momento os especialistas foram indagados sobre a elaboração de uma listagem contendo parâmetros que fossem relevantes na análise hídrica, de modo que esta primeira fase de questionários resultou em uma vasta listagem de parâmetros (químicos, físicos e biológicos), que os especialistas julgaram importantes para análise da temática proposta. No entanto obviamente, a listagem em que se chegou era demasiadamente extensa, fato que a tornava

inviável, fazendo assim que fosse dado início a segunda etapa para a obtenção do índice de qualidade de água.

Na segunda etapa os profissionais se concentraram em desenvolver curvas de significância referente a cada um dos parâmetros listados anteriormente, para que dessa maneira fosse possível elencar os parâmetros a partir de sua maior relevância, podendo assim chegar a um número menor de indicadores envolvidos na metodologia, fato que favorecia sua aplicabilidade.

Deve-se destacar que naquela ocasião não se aplicou nenhuma espécie de somatório ou produtório, de modo que os resultados obtidos foram mantidos de forma pura visando manter seus valores expressos de maneira não tratada estatisticamente (Davies-Colley; Smith, 2001).

Logo, foi nos Estados Unidos onde se elaborou o primeiro Índice de Qualidade de Água (IQA) a partir da Metodologia Delphi, com modelo próximo ao qual é empregado na presente pesquisa. Envolvidos na elaboração do IQA estadunidense, 142 profissionais especialistas em qualidade de água tiveram que se posicionar sobre os parâmetros relativos ao enquadramento de qualidade de água.

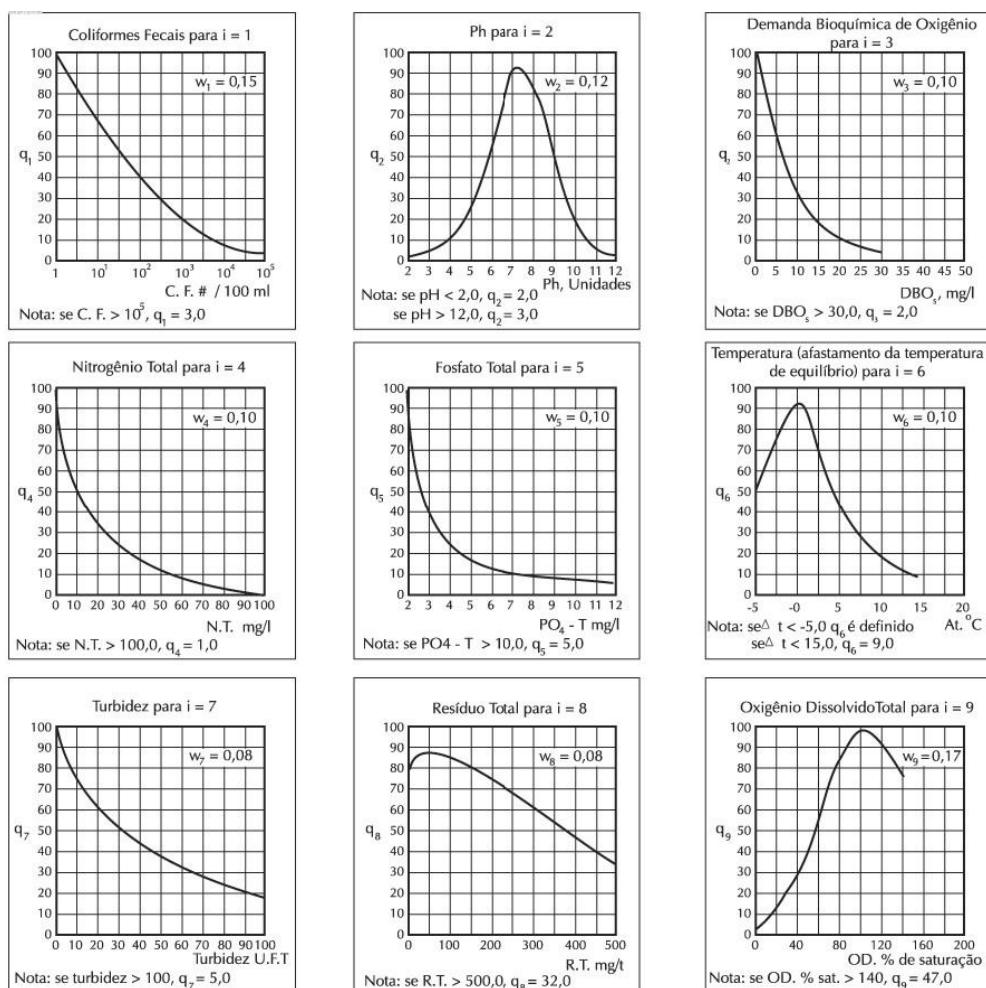
A elaboração consistiu em três fases. Na primeira os pesquisadores opinaram sobre a inclusão ou não inclusão de cada um dos parâmetros no cálculo do IQA. Resultante da seleção realizada na primeira fase, 35 parâmetros foram selecionados e novamente classificados sobre seu uso no cálculo, restando posteriormente nove parâmetros (q_i) aos quais foram atribuídos pesos (w_i) de acordo com sua significância (Tabela 1).

Tabela 1: Pesos (wi) referentes aos parâmetros que compõe o cálculo do IQA

Parâmetros	Pesos (wi)
Oxigênio Dissolvido	0,17
CF	0,15
PH	0,12
DBO	0,10
Fósforo	0,10
Nitrogênio	0,10
Turbidez	0,08
Temperatura	0,10
Sólidos Totais	0,08

Fonte: Libânio, 2010.

Na terceira foram elaboradas as curvas médias de cada um dos nove parâmetros (q_i) (Figura 2) gerando as equações médias que compõe o cálculo (Brown et al, 1970).

Figura 2: Curvas médias referentes a cada parâmetro (q_i)

Fonte: CETESB, 2011.

Após as fases descritas anteriormente fazia-se necessário que os resultados obtidos a partir das equações médias fossem agrupados para que assim fosse composto o índice (indexação).

Equação 1: Somatório utilizado no cálculo de IQA.

$$IQA = \sum_{i=1}^n w_i \cdot q_i$$

IQA = Índice de Qualidade de Água.

q_i = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade.

w_i = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

Equação 2: Produtório ponderado utilizado no cálculo de IQA.

$$IQA = \prod_{i=q}^n q_i^{w_i}$$

IQA = Índice de Qualidade de Água.

q_i = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade.

w_i = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

Fonte: CETESB, 2011.

A princípio para agrupar os resultados utilizou-se um somatório (Equação 1), no entanto percebeu-se que o emprego do somatório poderia negligenciar algum resultado do IQA, pois, um valor que se apresentasse muito baixo poderia não ficar evidenciado no resultado comprometendo a consistência do índice. Desse modo passou a se empregar como forma de aglutinação de resultados um produtório ponderado (Equação 2), onde os pesos dos resultados se manifestariam na forma de potências dos valores obtidos para cada parâmetro que compunha o IQA (Landwehr; Deininger, 1976).

CAPÍTULO 3 – ÁREA DE ESTUDO

Devido o foco central do presente estudo o qual consiste na relação entre uso e ocupação da terra e a qualidade das águas de uma bacia hidrográfica, a fim de discorrer sobre a interferência que o primeiro possa vir causar ao segundo, se faz necessário nortear as características da área (bacia hidrográfica) a qual se tem como objeto de estudo. Desse modo, a seguir serão apresentadas informações referentes aos usos da terra da bacia, assim como a caracterização geológica, geomorfológica e pedológica, e também aspectos do meio biótico, apontando as formações vegetais presentes na área de estudo.

Esse arcabouço de informações contribuirá para o entendimento do assunto abordado no presente estudo, haja vista, que a interação entre os componentes físico-naturais presentes na área, juntamente as atividades antrópicas irão contribuir na geração dos resultados que serão discutidos nesse trabalho.

3.1. Uso e ocupação da terra

No que se refere ao uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Córrego do Glória, se faz possível dizer que a área da bacia apresenta um significativo matiz de usos, que poderão contribuir com as possíveis alterações ocorrentes no interior da mesma.

Dentre estes podemos destacar as áreas de vegetação nativa; as pastagens onde algumas se apresentam com manejo adequado e outras que se encontram degradadas; na área existem também culturas agrícolas, sendo estas permanentes ou temporárias; e locais com maior alteração antrópica, como áreas urbanas e estruturas como galpões utilizados para avicultura, silos, entre outros.

Nesse contexto, de variados usos dos solos dos quais, grande maioria apresenta forte cunho antrópico (atividades agropecuárias e pontos urbanizados), que será discutido no trabalho, a

possibilidade de alterações na qualidade ambiental da bacia como um todo, assim como em seus componentes.

3.2. Meio Físico

3.2.1. Geologia

Quanto aos aspectos geológicos, é possível apontar que em âmbito regional a área de estudo pertence ao município de Uberlândia, o qual se posiciona sob a borda (nordeste) da Bacia Sedimentar do Paraná, tendo presente na área afloramentos das rochas do Grupo Araxá e derrames basálticos da Formação Serra Geral, datados do Proterozóico inferior e Mesozóico respectivamente (Alves, 2005).

As rochas do Grupo Bauru são compostas por arenitos, siltitos e argilitos das Formações Marília, os quais tem grande ocorrência na área de estudo, enfatizando a existência de um significativo pacote de cascalhos intemperizados oriundos da Formação Marília, encontrados em grande parte da superfície topográfica da bacia do Córrego do Glória (Figura 4).

Kocurek e Nielson (1986) discorrem sobre características dos depósitos da Formação Marília, apontando a presença de sedimentos de granulação grosseira, com abundância de areia grossa e cascalho, as mesmas características existentes na bacia de estudo.

<p>Figura 3: Imagem ilustrando o leito rochoso do Córrego o Glória, composto por um afloramento basáltico do Grupo São Bento.</p>	<p>Figura 4: Voçoroca presente na área de estudo que deixa evidente a presença de depósitos alterados da Formação Marília.</p>
	

Fonte: Magalhães, 2011.

De acordo com o CPRM (2012) os depósitos da Formação Marília são caracterizados por arenitos finos a médios, com a presença de frações de areia grossa e grânulos, em quantidade menor (Figura 4). Estes depósitos na área de estudo encontram-se sobrepostos aos derrames basálticos do Grupo São Bento do Cretáceo, que compõe a Formação Serra Geral (Figura 3). Fato este, que segue lógica da estrutura geológica regional, pois, conforme exposto por Nishiyama (1989), na região do entorno do município de Uberlândia é predominante a existência de derrames basálticos recoberto de sedimentos Cenozóicos e também sedimentos do Grupo Bauru.

3.2.2. Relevo Local

O relevo da área de estudo segue a dinâmica regional a qual está inserida, portanto, situada no município de Uberlândia – MG a bacia hidrográfica do Córrego do Glória se encontra dentro da Bacia Sedimentar do Paraná, enquadrada no primeiro nível taxonômico de classificação de relevo de acordo com Ross (1992) e em segundo nível taxonômico têm os planaltos como sua unidade morfoescultural.

O padrão de formas predominantes na área de estudo são as colinas, no entanto deve-se destacar que o padrão de colinas aqui apresentadas difere dos relevos de mares de morros ou “mamelonares” consagrados nas descrições de Ab’Saber (2010) o qual se referia as formas existentes em regiões como o Vale do Paraíba Paulista, áreas do estado do Rio de Janeiro e até mesmo locais ao sul do estado de Minas Gerais. As colinas presentes no município de Uberlândia e, por conseguinte na presente área de estudo, são caracterizadas por longas e suaves vertentes que se estendem até os fundos de vale conectados a pequenas planícies formadas pelos cursos d’água existentes e pretéritos (Baccaro, 1989; Alves, 2005).

3.2.3. Solos

Na região dos cerrados é comum a presença de solos ácidos da família dos Latossolos, que são solos bem desenvolvidos caracterizados pela presença de horizontes pouco distintos, e com destaque para seu horizonte B bastante espesso. Os Latossolos Vermelho e Vermelho Amarelo são os que aparecem com maior abundância nessa região, trazendo como característica própria um perfil laterítico bem desenvolvido tanto no quesito profundidade quanto em seu caráter de agregação de partículas (Alves, 2005).

Os Latossolos também têm como característica marcante uma baixa fertilidade natural, advinda do seu elevado teor de alumínio trocável, fato que o torna tóxico a determinadas culturas vegetais (IBGE, 2007; Lepsch, 2010; Palmieri, Larach, 2011). São solos bem drenados enquadrados como não hidromórficos e com elevado grau de intemperização.

Na área de estudo além da grande presença já destacada dos Latossolos, também há a ocorrência de Organossolos e Neossolos.

De acordo com EMBRAPA (2012), os Organossolos são definidos como solos presentes em áreas onde o acúmulo material orgânico é maior do que sua decomposição, deste modo os mesmos costumam ocorrer em locais com situação anóxica, provocada pela saturação por água

e ainda locais com elevado teor de acidez ou elevada concentração de sais (Andriesse, 1988; Driessen, 2001; Chimner & Ewel, 2005). Na área de estudo os Organossolos tem sua ocorrência vinculada aos locais situados em pontos da baixa vertente, já próximos ao curso d'água principal. No entanto esse padrão de solo não acompanha por todo o curso o córrego, aparecendo em pontos isolados onde a mata galeria se encontra mais densa propiciando as características necessárias para o surgimento e evolução dos mesmos.

Os Neossolos são definidos como solos compostos por material mineral ou orgânico, com profundidade inferior a 20 centímetros de espessura, não apresentando nenhum tipo de horizonte B diagnóstico (Embrapa, 2012). Esta classe tem um processo de pedogênese pouco desenvolvido, acarretando que os Neossolos apresentem as características estruturais herdadas do material de origem. A presença dos Neossolos na área de estudo também ocorre de maneira isolada, podendo os encontrar na região próxima ao processo de voçorocamento existente na bacia. Nesse local é possível diagnosticar a existência de Neossolos Litólicos formados sobre os basaltos ali existentes (Alves, 2005).

3.3. Vegetação

O município de Uberlândia-MG está inserido no Domínio dos Cerrados, domínio este o qual se estende por vários de estados do país. No município é possível encontrar as variadas formações vegetais que compõe os cerrados no Brasil, das quais podemos destacar o Campo limpo, Campo Sujo, Cerrado Sentido Restrito e Cerradão (Rodrigues e Nave, 2000).

No que se refere especificamente a área de estudo do presente trabalho, ou seja, a área que compõe o Campus Glória e algumas propriedades adjacentes é possível encontrar algumas das formações vegetais do Domínio dos Cerrados além da presença da Mata Mesófila Semidecídua, que possui enclaves encontrados comumente na região do Triângulo Mineiro (Cardoso & Schiavini, 2002).

A vegetação de Campo Sujo composta por gramíneas, arbustos e espécies arbóreas de pequeno porte dispostas de maneira esparsa na paisagem se apresentam com maior frequência na bacia hidrográfica do Córrego do Glória. No entanto existem também áreas de cerrado Sentido Restrito, situadas em locais onde o manejo do gado ocorre com menor intensidade, o que permite que essa formação vegetal se encontre melhor desenvolvida.

As áreas de Mata Mesófila Semidecídua estão fortemente ligas ao curso do Córrego do Glória, de modo que são nesses lugares onde ocorre sua maior concentração. Deve-se destacar as áreas que circundam as nascentes do córrego estudado, pois nesses locais o estado de conservação da vegetação é muito significativo. Este fato se dá devido às nascentes estarem localizadas próximas a cede da antiga Fazenda Experimental do Glória, o que contribuiu com a conservação dessas áreas de mata, as quais atualmente são foco de pesquisas realizadas por diversas unidades acadêmicas da Universidade Federal de Uberlândia.

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA

Para que fosse possível definir a condição da qualidade das águas na bacia hidrográfica do Córrego do Glória e a relação destas com as atividades de uso da terra praticadas na mesma, se fez necessário desenvolver uma primeira parte da pesquisa em campo e posteriormente uma parte em gabinete. A fase de campo abarca a escolha dos pontos de amostragem (PA), as coletas para as análises laboratoriais de qualidade de água e o levantamento fotográfico da área. Quanto a etapa realizada em gabinete entende-se as análises laboratoriais realizadas no SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) Uberlândia, o tratamento estatístico e os cálculos referentes a construção dos Índices de Qualidade de Água (IQA) e o processamento das imagens para elaboração dos mapas de uso da terra da bacia. Destaca-se que as imagens de satélite utilizadas para a elaboração dos mapas são datadas dos mesmos dias em que foram realizadas as coletas de campo nos PA.

4.1. Atividades de Campo

4.1.1. Descrição das Coletas

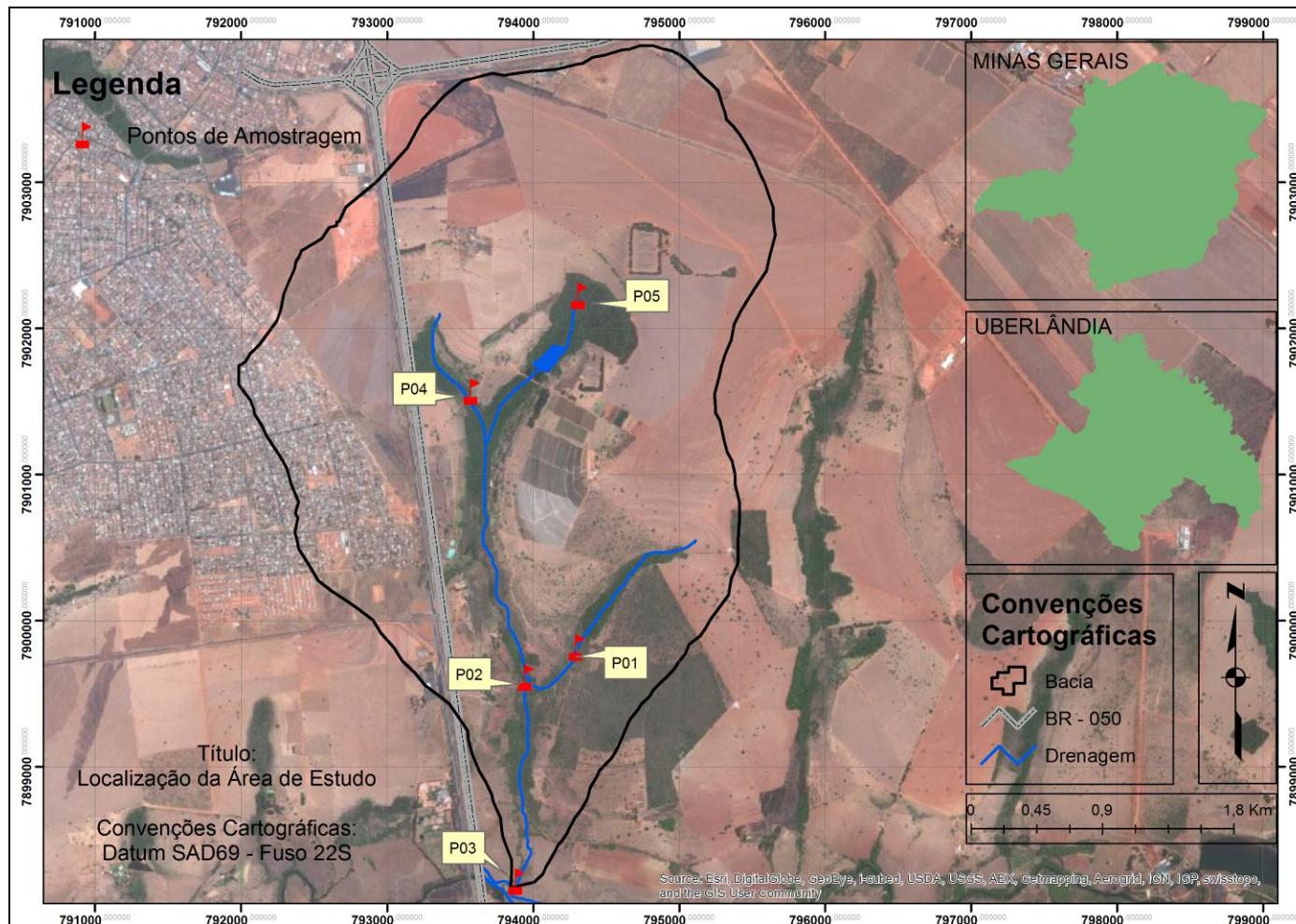
A definição dos cinco PA levou em consideração a espacialização dos mesmos na área da bacia, para que os resultados a serem obtidos fossem o mais condizente possível com a real qualidade das águas. Desta forma dos cinco PA, dois deles se encontram plotados próximos das duas nascentes que formam o Córrego do Glória. Outros dois pontos estão localizados no médio curso, e por fim um ponto situado próximo a foz do córrego (Figura 5).

O que diz respeito à periodicidade das coletas procurou-se dividi-las temporalmente de modo que as características sazonais fossem passíveis de serem analisadas. Haja vista que a sazonalidade climática é um dos principais fatores que causam oscilações nos níveis de determinados parâmetros indicadores de qualidade de água (Carvalho, 2004; Danelon, 2012 &

2013; Luz Netto, 2011; Piasentin, 2009; Saad, 2007; Silva, 2008), de modo que concentrar as coletas em uma única estação climática poderia condicionar o estudo.

Nesse contexto foram realizadas quatro coletas em campo, sendo dispostas duas no período chuvoso, nos dias e 23/10/13 e 26/03/14, duas durante o período seco, nos dias 29/08/13 e 26/06/14. As coletas foram realizadas segundo a APHA - American Public Health Association (1999) utilizando a metodologia dos Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (quadro 1), a qual é a mais utilizada no meio científico e a melhor aceita pelas agências ambientais no Brasil (Piasentin, 2009).

Figura 5: Mapa de localização dos Pontos Amostrais



Fonte: Do autor, 2015.

Quadro 1: Imagens representativas das coletas de campo.



Fonte: Do autor, 2013.

4.2. Práticas de Laboratório

4.2.1. Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas ficaram sob a responsabilidade do Laboratório de Ensaios em Alimentos e Meio Ambiente – LAMAM / SENAI de Uberlândia, visando conferir as mesmas maior credibilidade e, por conseguinte atribuir maior peso aos resultados da presente pesquisa. O LAMAM é um laboratório creditado e certificado, como material e corpo técnico responsável, fato que contribuirá para a maior confiabilidade aos resultados.

Utilizou-se na aferição dos parâmetros físico-químicos de qualidade de água basicamente a metodologia da APHA (1999) com exceção do parâmetro Nitrogênio Total, para o qual foi utilizada a metodologia proposta pela ABNT NBR 13796 (1997) (Tabela 2).

Tabela 2: Método de análise utilizado na determinação dos parâmetros Físico-Químicos

Parâmetro	Metodologia
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO₂/L)	Standart Methods for the Examintaion of Water and Wastewater, 22st edition 2012 - Method 5210 D.
Fósforo Total (mg/L)	Standart Methods for the Examintaion of Water and Wastewater, 22st edition 2012 - Method 4500 PE.
Nitrogênio Total (mg/L)	Água - Determinação de Nitrogênio Orgânico, Kjeldahl e Total - Método macro e semimicro Kjeldahl - ABNT NBR 13796 - ABR 1997.
Oxigênio Dissolvido (mgO₂/L)	Standart Methods for the Examintaion of Water and Wastewater, 22st edition 2012 - Method 4500 O.
pH	Standart Methods for the Examintaion of Water and Wastewater, 22st edition 2012 - Method 4500.
Sólidos Totais (mg/L)	Standart Methods for the Examintaion of Water and Wastewater, 22st edition 2012 - Method 2540 B.
Turbidez (NTU)	Standart Methods for the Examintaion of Water and Wastewater, 22st edition 2012 - Method 2130.

Fonte: APHA (1999); ABNT (1997).

4.2.2. Análises Microbiológicas

Assim como nas análises físico-químicas, a responsabilidade das análises microbiológicas ficou por competência do LAMAM / SENAI de Uberlândia, o qual determinou os resultados de coliformes termotolerantes das amostras utilizando a metodologia apresentada a seguir (Tabela 3)

Tabela 3: Método de análise utilizado na determinação dos parâmetros Microbiológicos

Parâmetro	Metodologia
Coliformes Termotolerantes (UFC/ml)	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22st edition 2012 - Method 9223 A B. Fonte: APHA (1999).

4.3. Desenvolvimento do Cálculo de IQA

Os procedimentos que resultaram no Índice de Qualidade de Água apresentado no presente estudo são compostos por quatro etapas, sendo três delas processos matemáticos, onde foram desenvolvidos os cálculos das equações que compõe a metodologia da NSF, e uma etapa final que consistiu no enquadramento do índice gerado pelas etapas anteriores.

Para a elaboração do cálculo do IQA foi necessário criar três planilhas no software Microsoft Excel 2010 para que estas servissem de suporte para os resultados obtidos através das análises de qualidade de água realizadas a priori. As planilhas foram colocadas às equações de cada um dos nove parâmetros (q_i), assim como os pesos pertinentes a estes e o produtório ponderado necessário para a realização do cálculo do IQA (Equação 3).

Quadro 2: Produtório Ponderado do Índice de Qualidade de Água - IQA

$IQA = \prod_{i=q}^n q_i^{w_i}$
IQA = Índice de Qualidade de Água. q_i = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade. w_i = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1. Fonte: CETESB, 2011.

A Planilha -1 continha as equações referentes às curvas médias pré-estabelecidas dos parâmetros que compõe o índice. Nela foram plotados os resultados de cada parâmetro obtido a partir das análises laboratoriais, e deste modo foi gerado um valor intermediário para cada um deles (Tabela 4)

Tabela 4: Equações ajustadas para descrever as curvas médias de variação dos parâmetros indicadores de qualidade

Parâmetro	Equação Ajustada a Curva	Parâmetros Ajustados
$\%O_2$	$q_9 = A * \exp [(\%O_2 + B)^2 / C]$	A = 100,8; B = -106; C = -3745
CF	$q_1 = A + B * \log (CF) + C * \log_{10} (CF)^2 + D * \log_{10} (CF)^3$	A = 98,03 B = -36,45 C = 3,138 D = 0,06776
pH	$q_2 = A * \text{pH}^{(B * \text{pH} + C * \text{pH}^2)} + 5,213$	A = 0,05421 B = 1,23 C = -0,09873
DBO	$q_3 = A * \exp^{(B * DBO)}$	A = 102,6 B = -0,01101
FT	$q_5 = A * \exp (B * CF^C)$	A = 213,7 B = -1,680 C = 0,3325
NT	$q_4 = A * NT^{(B + C * NT)}$	A = 98,96 B = -0,2232 C = -0,006457
TU	$q_7 = A * \exp (B * TU + C * \text{ÖTU})$	A = 97,34 B = -0,01139 C = -0,04917
ΔT	$q_6 = 1 / (A * (\Delta T + B) + C)$	A = 0,0003869 B = 0,1815 C = 0,01081
ST	$q_8 = A * \exp (B * ST + C * \text{ÖST}) + D * ST$	A = 80,26 B = -0,00107 C = 0,03009 D = -0,1185

*%O₂ (Oxigênio Dissolvido); CF (Coliformes Termotolerantes); pH (Potencial Hidrogeniônico); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); FT (Fósforo Total); NT (Nitrogênio Total); TU (Turbidez); ΔT (Temperatura); ST (Sólidos Totais).

Fonte: GRUNITZKI, 2013.

Na Planilha – 2 os resultados intermediários eram elevados por um peso (wi) também já pré-estabelecido pela metodologia (Tabela 5), estes pesos variam conforme a relevância de determinado parâmetro em causar modificações na qualidade da água (IGAM, 2005). Este

procedimento fará com que o valor intermediário gerado na Planilha – 1 ganhe maior ou menor destaque na próxima etapa do cálculo.

Tabela 5: Pesos (w_i) referentes aos parâmetros (q_i).

Parâmetros (q_i)	Peso (w_i)
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Termotolerantes	0,15
Potencial Hidrogeniônico	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20)	0,10
Temperatura	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo Total	0,08

Fonte: CETESB, 2011

A última etapa do cálculo se dá na Planilha – 3 onde os resultados gerados na Planilha – 2 são multiplicados em um produtório ponderado gerando um valor (IQA) que varia de 0 – 100. Esta etapa finaliza os cálculos necessários para a construção do IQA, restando apenas realizar o enquadramento do valor obtido nas classes que compõe o índice, conforme apresentado no quadro 3.

Quadro 3: Níveis de enquadramento do IQA.

Nível	Cor	Faixa
Ótima	Azul	80 < IQA < 100
Boa	Verde	52 < IQA < 80
Aceitável	Amarela	37 < IQA < 52
Ruim	Vermelha	20 < IQA < 37
Péssima	Preta	0 < IQA < 20

Fonte: CETESB, 2011.

4.4. Mapeamento de Usos da terra

Para a classificação do uso da terra utilizou-se dados de sensoriamento remoto com aplicação de SIG através da extensão ArcMap do suíte de aplicativos ArcGis 10.1, em imagens LANDSAT 8 obtidas nos anos de 2013 e 2014 (Tabela 6), imageadas em datas próximas as campanhas de coleta. Em função dos dados a serem analisados nas imagens, utilizou-se a composição colorida 4R3G2B e composição infravermelho 5R4G3B para gerar melhor contraste nas classes com vegetação.

Tabela 6: Dados referentes às imagens utilizadas para a elaboração dos mapas de uso da terra.

Imagens LANDSAT 8		
Data da Campanha	Data da Imagem	Código da Imagem
1ª Camp. 29/08/13	30/08/2013	LC82210732013242LGN00
2ª Camp. 23/10/13	01/11/2013	LC82210732013306LGN00
3ª Camp. 26/03/14	10/03/2014	LC82210732014069LGN00
4ª Camp. 26/06/14	30/06/2014	LC82210732014181LGN00

Fonte: Do autor, 2015.

Para a confecção dos mapas de uso e ocupação da terra apresentados nesse estudo adotou-se a metodologia proposta por Rosa (2009, p. 173):

- ✓ Elaboração de um mapa base: limite da área de interesse, drenagem, coordenadas, rodovias, etc.;
- ✓ Interpretação visual preliminar das imagens em papel;
- ✓ Trabalho de campo com objetivo de estabelecer uma associação entre o que foi identificado na imagem com as correspondentes unidades existentes no terreno;
- ✓ Interpretação visual final: tem por objetivo ajustar a interpretação visual preliminar após a coleta dos dados em campo;
- ✓ Montagem do mapa temático final: uso e ocupação da terra.

Esse procedimento foi adotado para a elaboração do mapa de uso e ocupação da terra para os anos de 2013 e 2014, permitindo analisar a evolução e a dinâmica das alterações de usos

nestes anos podendo assim relacioná-las com as possíveis alterações constatadas na qualidade das águas da bacia de estudo.

Por se tratar de uma bacia hidrográfica de aproximadamente 1278 ha de área e também em função dos dados que se esperava extrair das imagens, optou-se por trabalhar com seis categorias de uso da terra: vegetação nativa; pastagem; pastagem degradada; agricultura permanente e área impermeabilizada (urbana) e solo exposto (Tabela 7).

Tabela 7: Classes estabelecidas para o mapeamento de uso da terra da bacia hidrográfica do Córrego do Glória.

CLASSES
Uso
Vegetação Nativa
Agricultura Permanente
Pastagem
Pastagem Degrada
Solo Exposto
Área Impermeabilizada

Fonte: Do autor, 2015.

Em função do conhecimento prévio da área de estudo e dos trabalhos de campo realizados, recorreu-se à classificação manual das imagens por vetorização para gerar os mapas de uso e ocupação da terra.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse momento serão expostos e discutidos os resultados alcançados a partir das campanhas de coleta realizadas no decorrer do presente trabalho. Os resultados apresentados a seguir consistem tanto nos dados brutos, referentes às análises laboratoriais de cada parâmetro indicador isolado, assim como também os valores de IQA para cada ponto amostral. Também serão apresentados os cenários mapeados com os usos da terra da bacia de estudo.

A metodologia de aplicação de um IQA estabelece as classes de enquadramento variando de “ótima” a “péssima”, conforme supracitado no capítulo sobre a metodologia do presente trabalho. No entanto é sabido que a elaboração do índice de qualidade de água pode em alguns casos ocultar especificidades de determinados parâmetros.

Haja vista que um determinado ponto amostral detentor de um valor de IQA considerado “aceitável”, pode ter apresentados valores questionáveis de um determinado parâmetro indicador. E entenda-se questionável como sendo valores que estejam em desacordo aos níveis estipulados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Tabela 8).

Essa preocupação com valores de IQA se faz pertinente devido ao foco central do trabalho, o qual não objetiva apenas, gerar um índice de qualidade de água para determinados pontos da bacia hidrográfica de estudo, mas sim, gerar um índice que seja representativo a qualidade das águas da bacia e compreender quais fatores que influenciam o mesmo.

Desse modo, a análise isolada de cada parâmetro que compõe o IQA aparece com enorme importância para a compreensão de um dos objetivos específico do trabalho, que versa sobre a relação existente entre os usos da terra presentes na área da bacia, e a qualidade de suas águas.

Quanto aos resultados isolados de cada parâmetro conforme já foi dito, foi utilizado os padrões estabelecidos pela R357/05, a qual também foi modelo para o enquadramento de classe de uso das águas do Córrego do Glória.

No Brasil, os corpos d'água são diferenciados por classes de uso (I, II, III e IV) definidas pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005. As classes de qualidade são definidas pelo conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros de determinado curso d'água (CONAMA, 2005). Portanto, análises de qualidade das águas em córregos e rios, contribuem para que se verifique se o enquadramento das mesmas, no que se refere a sua classe está condizente com a realidade apresentada. Vale ressaltar que enquadramento do seguimento de corpo d'água deve ser obrigatoriamente alcançado ou mantido ao longo do tempo, afim de que não ocorram interferências negativas nos usos pretendidos.

Os órgãos gestores são os responsáveis por realizarem o enquadramento dos cursos d'água de uma determinada bacia hidrográfica. O Córrego do Glória é tributário do Rio Uberabinha o qual compõe a Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, este por sua vez é gerido pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari – CBHA.

A bacia hidrográfica de estudo está enquadrada dentro da classe II da R357/05, ou seja, suas águas para serem destinadas ao consumo humano, necessitarão de passar por tratamento convencional, que consiste na clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH, para que dessa maneira esteja de acordo com as especificações referentes aos seus padrões de qualidade.

Águas classe II além de serem destinadas ao consumo humano após o referido tratamento convencional, também apresentam em seus usos preponderantes, a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274,

de 2000; 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; assim como à proteção das comunidades aquáticas.

Tabela 8: Síntese dos resultados isolados dos parâmetros indicadores de qualidade nas diferentes datas de amostragem.

Parâmetro	Padrões Resolução CONAMA nº 357/ 2005				(PA)	29/08/2013	23/10/2013	26/03/2014	23/06/2014	Média
	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV						
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO (mgO ₂ /L)	Até 3,0 mgO ₂ /L	Até 5,0 mgO ₂ /L	Até 10,0 mgO ₂ /L	Até 10,0 mgO ₂ /L	1	5,30	0,10	11,30	0,10	4,20
					2	2,60	0,10	10,30	0,10	3,28
					3	11,90	0,10	10,30	0,10	5,60
					4	0,00	0,00	9,70	0,10	2,45
					5	0,00	0,00	8,90	0,10	2,25
					Média	3,96	0,06	10,10	0,10	-
Fósforo Total (mg/L)	0,1 mg/L	0,1 mg/L	0,15 mg/L	0,15 mg/L	1	1,00	0,90	1,00	0,24	0,79
					2	1,00	0,90	1,00	0,83	0,93
					3	1,00	0,90	1,00	0,45	0,84
					4	0,00	0,00	1,00	0,19	0,30
					5	0,00	0,00	1,00	0,32	0,33
					Média	0,60	0,54	1,00	0,41	-
Nitrogênio Total (mg/L)	3,7 mg/L	3,7 mg/L	13,3 mg/L	13,3 mg/L	1	1,40	1,39	1,40	1,40	1,40
					2	1,40	1,39	1,40	1,40	1,40
					3	1,40	1,39	1,40	1,40	1,40
					4	0,00	0,00	1,40	1,40	0,70
					5	0,00	0,00	1,40	1,40	0,70
					Média	0,84	0,83	1,40	1,40	-

Parâmetro	Padrões Resolução CONAMA n° 357/ 2005				(PA)	29/08/2013	23/10/2013	26/03/2014	23/06/2014	Média
	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV						
Oxigênio Dissolvido - OD (mgO ₂ /L)	Não inferior à 6,0 mg/L	Não inferior à 5,0 mg/L	Não inferior à 4,0 mg/L	Não inferior à 2,0 mg/L	1	0,52	5,20	6,50	1,80	3,51
					2	0,32	5,10	0,10	1,50	1,76
					3	0,46	5,70	0,10	1,20	1,87
					4	0,00	0,00	0,10	3,10	0,80
					5	0,00	0,00	1,10	5,40	1,63
					Média	0,26	3,20	1,58	2,60	-
pH	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	1	6,91	6,86	9,06	8,37	7,38
					2	6,81	6,74	8,26	7,98	7,45
					3	6,71	7,04	8,15	7,82	7,43
					4	0,00	0,00	7,16	5,88	3,26
					5	0,00	0,00	5,96	6,26	3,06
					Média	4,09	4,13	7,38	7,26	-
Sólidos Totais (mg/L)	500	500	500	500	1	19,00	16,00	45,00	18,00	24,50
					2	41,00	31,00	105,00	33,00	52,50
					3	39,00	47,00	48,00	29,00	40,75
					4	0,00	0,00	23,00	9,00	8,00
					5	0,00	0,00	21,00	21,00	10,50
					Média	19,80	18,80	48,40	22,00	-

Parâmetro	Padrões Resolução CONAMA n° 357/ 2005				(PA)	29/08/2013	23/10/2013	26/03/2014	23/06/2014	Média
	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV						
Turbidez (NTU)	40 NTU	100 NTU	100 NTU	100 NTU	1	0,76	1,14	13,96	0,88	4,19
					2	19,00	1,52	14,73	16,18	12,86
					3	10,77	21,80	17,64	13,16	15,84
					4	0,00	0,00	5,27	0,51	1,45
					5	0,00	0,00	5,58	6,51	3,02
					Média	6,11	4,89	11,44	7,45	-
Coliformes Termotolerantes - CF (UFC/ml)	200 CF / ml	1000 CF / ml	2500 CF / ml	2500 CF / ml	1	1,10	6,30	1,40	10,00	4,7
					2	1,40	8,00	1,40	6,00	4,2
					3	1,40	1,20	1,40	12,00	4
					4	0,00	0,00	1,40	10,00	2,85
					5	0,00	0,00	1,50	1,50	0,75
					Média	0,78	3,10	1,42	7,90	-
DT - Temperatura (Valor da temperatura controlado em laboratório 25°C)*	25*	25*	25*	25*	1	25	25	25	25	25
					2	25	25	25	25	25
					3	25	25	25	25	25
					4	25	25	25	25	25
					5	25	25	25	25	25
					Média	25	25	25	25	-

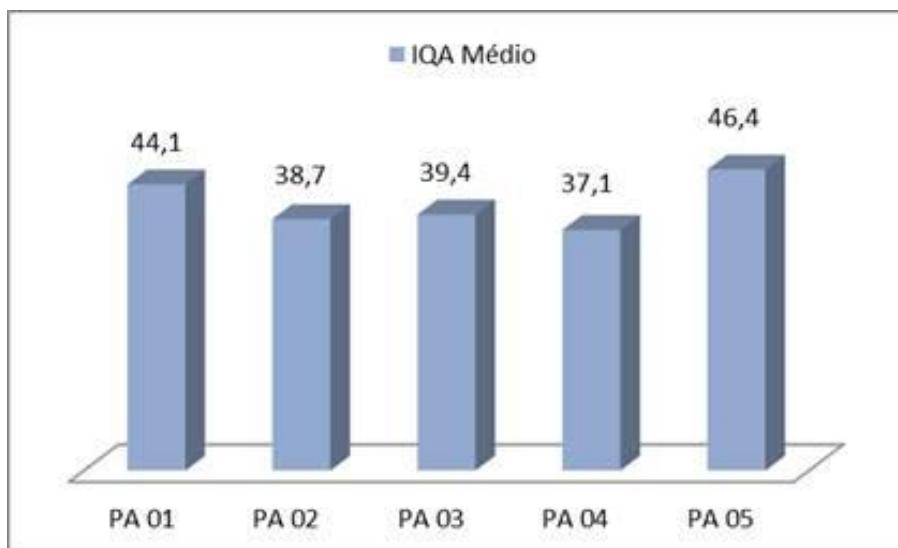
Fonte: Do autor, 2015.

5.1. Análise dos parâmetros que compõe o IQA

5.1.1. Ponto Amostral 01

O Ponto Amostral 01 (PA 01) apresentou o segundo melhor desempenho comparativo aos demais pontos amostrais de acordo com o valor de seu IQA (44,1) (Figura 6). No entanto notou-se que alguns parâmetros que compõe o índice se encontravam em níveis insatisfatórios nesse PA. O Oxigênio Dissolvido (OD) e o DBO apresentaram valores em desacordo aos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 (R357/05) em algumas das campanhas de análise.

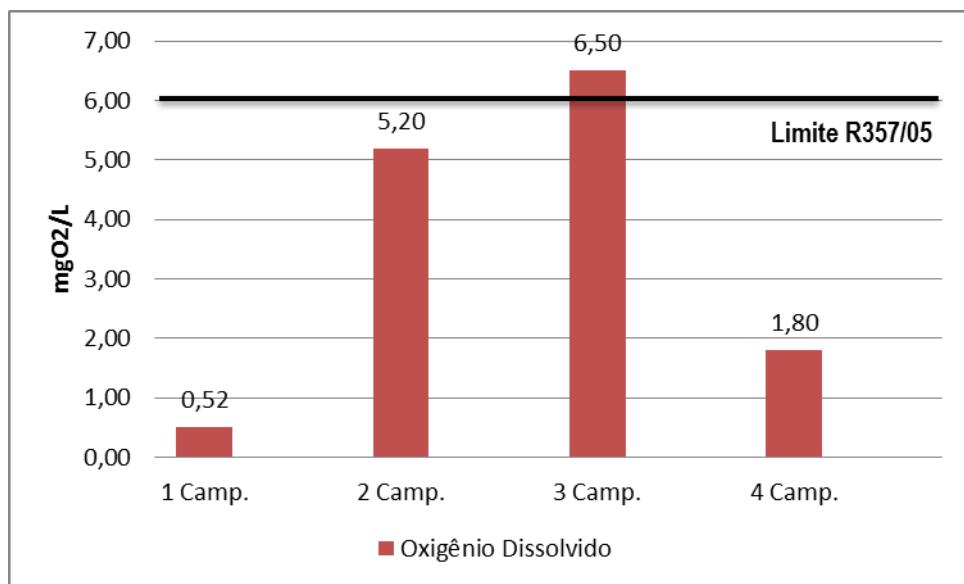
Figura 6: Valores médios de IQA para os Pontos Amostrais (PA).



Fonte: Do autor, 2015.

O OD esteve em desacordo com a R357/05 em três oportunidades analisadas, ou seja, em 75% das coletas esse parâmetro apresentou níveis insatisfatórios (Figura 7), fato este que se faz preocupante, haja vista que o OD é um dos mais importantes parâmetros indicadores que compõe o IQA. Isoladamente o OD é um significativo indicador de qualidade ambiental no que se refere aos recursos hídricos, uma vez que, níveis reduzidos de OD nas águas naturais influem diretamente na vida aquática (Sperling, 2005).

Figura 7: Níveis de Oxigênio Dissolvido para o PA 01.



* O limite representado no gráfico se refere à classe II da R357/05

Fonte: Do autor, 2015.

Vale ressaltar que das três oportunidades em que se constatou os níveis de OD em desacordo a legislação, duas apresentaram resultados inferiores a 2,0 (mgO₂/L), fato este que enquadra a amostra na Classe IV estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357. E ainda houve uma terceira amostra com nível inferior a 6,0 (mgO₂/L), colocando-a também em desacordo a norma ambiental vigente .

Casos em que os valores de OD estejam balizados entre 4,0 e 5,0 mg/L podem causar a mortandade de peixes sensíveis as variações físico-químicas no meio aquático. E em casos extremos como os encontrados na primeira e na quarta campanha de análise para o PA 01 (0,52 e 1,80 mg/L), onde os valores situaram-se abaixo dos 2,0 mg/L de OD, é possível afirmar de acordo com bibliografias, que esses níveis são suficientes para extinguir grande parte das espécies de peixes presentes em córregos e rios (Libânio, 2010 & Sperling 2004).

Os níveis reduzidos de OD no PA 01 podem ser legitimados por alguns fatores, entre os quais, se pode destacar a significativa presença de matéria orgânica (MO) de origem natural depositada no leito do córrego, haja vista que a sessão do córrego onde se situa o PA 01, não é

dotada de grande volume e possui baixa velocidade média da água, fato que propicia uma vazão reduzida para o local. Desse modo, com vazão reduzida esse trecho do córrego não possui elevado poder de arraste, favorecendo a deposição de sedimentos e matéria orgânica no ponto (Figura 8).

Figura 8: Deposição de matéria orgânica (MO) no leito do Córrego do Glória, na área do PA 01.



Fonte: Do autor, 2013.

Dessa maneira a presença de MO de origem natural, advinda da região de mata localizada a montante do PA 01, ocasiona a redução dos níveis de OD devido ao processo de degradação da MO por bactérias aeróbicas que consomem o oxigênio presente na água através de sua respiração (Libânio, 2010). E também devido aumento na concentração de ácidos orgânicos provenientes da referida decomposição de MO (Jonnalagadda & Mhere, 2001; Simeonov et al., 2003). Alterações nos níveis de DBO e OD por interferência da presença de material orgânico, também foram constatados no trabalho de Sánchez et al. (2007) nos córregos La Torre e La Virgen, no noroeste de Madri, Espanha.

Quanto aos níveis de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) os quais também foram destacados anteriormente por terem excedido os valores estabelecidos pela R357/05 na primeira e terceira campanha de amostragem se pode afirmar que alteração dos mesmos está relacionada diretamente com os níveis de OD. Na primeira campanha de amostragem foram constatados valores de 5,30 mgO₂/L e na terceira os valores encontrados alcançaram a casa de 11,30 mgO₂/L. Conforme supracitado nas duas oportunidades os valores apresentaram-se em desacordo a legislação vigente, de modo que, os valores da primeira e terceira campanha foram enquadrados como parâmetros relativos a córregos com água classe III e IV respectivamente, fato que demanda grande preocupação uma vez que, segundo os órgãos gestores responsáveis pela bacia hidrográfica do Rio Uberabinha, seus afluentes devem enquadrar-se com qualidade de água classe II.

No entanto, conforme supracitado o PA 01 apresentou o segundo melhor IQA dos pontos amostrados, fato que se legitima principalmente pela posição em que o PA 01 se encontra na bacia hidrográfica, pois, a região a montante do ponto de amostragem é composta por uma significativa área de mata em bom estado de conservação, fato este, que traz benefícios ao curso d'água, uma vez que não só a zona ripária, mas também áreas florestadas que se situem nas proximidades de um curso d'água, acabam agindo como barreiras protetoras contra fontes de degradação principalmente de cunho antrópico.

Além da posição do PA 01 na bacia, o tributário do Córrego do Glória o qual o ponto foi plotado, também influência na melhor qualidade desse ponto frente aos demais, pois, o tributário onde foram coletadas as amostras encontra-se oposto ao setor da bacia em que se concentram os principais focos de degradação, ou seja, a área urbana do município de Uberlândia, com destaque para a ocupação irregular do Campus Glória (Conjunto Élison Prieto).

Dessa forma mesmo com um cenário favorável a preservação da qualidade das águas do córrego, qual seria o porquê de dois parâmetros indicadores tão importantes se encontram em desacordo as normas ambientais vigentes?

Conforme já mencionado, as alterações no OD se dão devido a influência da MO proveniente das matas a montante do PA, e do seu processo de decomposição no leito do córrego. E quanto aos níveis de DBO, foi notado que além dos mesmos se apresentarem acima do permitido em 50% das amostras analisadas, identificou-se a relação inversamente proporcional entre OD e DBO. De modo que quando os valores de OD apresentavam-se elevados, os níveis de DBO caiam, e quando o inverso ocorria os níveis de DBO aumentavam.

Analizando esse fato comprehendeu-se que essa relação se dá devido aos processos físico-químico-biológicos que ocorrem nas águas, uma vez que, com o acúmulo da matéria orgânica, provoca o incremento do número de bactérias presentes na água devido o processo de degradação da MO, pois estas vão se proliferando no decorrer desse processo, e com isso a população de bactérias que consomem o oxigênio presente na água também aumenta, fazendo decrescer os níveis de OD.

Ainda sobre o PA 01, os níveis encontrados para o parâmetro Fósforo Total (FT) também ultrapassaram os níveis permitidos pela norma ambiental, estando em desacordo com a mesma em todas as campanhas de análise. No entanto devemos ter coerência em destacar que a metodologia utilizada pelo laboratório responsável pelas análises não obteve acurácia suficiente para aferir os níveis de FT, fato este preponderante para que os mesmos se apresentassem em desacordo a R357/05 em todas as coletas dos cinco pontos amostrais, ou seja, os valores apresentados encontram-se no limite do nível de detecção do equipamento utilizado pelo laboratório. Dessa forma todos os valores levantados obtiveram enquadramentos para águas

classe IV, o que foi possivelmente induzido por limitações metodológicas, conforme exposto anteriormente.

O parâmetro FT é um indicador importante em águas contaminadas por esgotos sanitários, pois tem sua presença evidenciada nos detergentes superfosfatados utilizados na limpeza doméstica e industrial (Piveli & Kato 2006). E sua presença nas águas também pode estar relacionada a áreas onde ocorre o cultivo agrícola, uma vez que alguns produtos utilizados na fertilização de culturas agrícolas são ricos em fósforo (Libânia, 2010 & Sperling, 2004).

Portanto, como a área próxima que circunda o PA 01 é relativamente bem protegida pela sua mata ripária, e os locais onde são desenvolvidas as culturas agrícolas mapeadas na bacia hidrográfica de estudo, não estão próximas ao PA, podemos colocar que os focos que possivelmente poderiam fornecer aporte em quantidades significativas de fósforo não influenciam diretamente o ponto amostral. Deve-se destacar também que o peso (w_i) do parâmetro FT não é um dos mais elevados na composição do índice. No entanto a compreensão e a discussão de todos os parâmetros que compõe o IQA estão sendo desenvolvidas com a mesma seriedade e coerência na presente pesquisa.

Os níveis aferidos do parâmetro NT foram satisfatórios frente às normas ambientais vigentes (Tabela 8) nas quatro campanhas amostrais. Notou-se que os valores foram parecidos em todos os pontos amostrais e em todas as campanhas, de modo que sua variação foi mínima, podendo variar de 1,40 a 1,39 mg/L.

A Resolução CONAMA nº 357/05 coloca que os níveis de NT são relacionados diretamente aos níveis do pH, de modo que, para valores de pH menores ou iguais a 7,5 o NT pode chegar a 3,7 mg/L; para pH entre 7,5 e 8,0 o NT deve ser 2,0 mg/L; no intervalo de 8,0 a 8,5 de pH o NT aceito é de 1,0 mg/L; e valores de pH acima de 8,5 o NT aceito é de 0,5 mg/L.

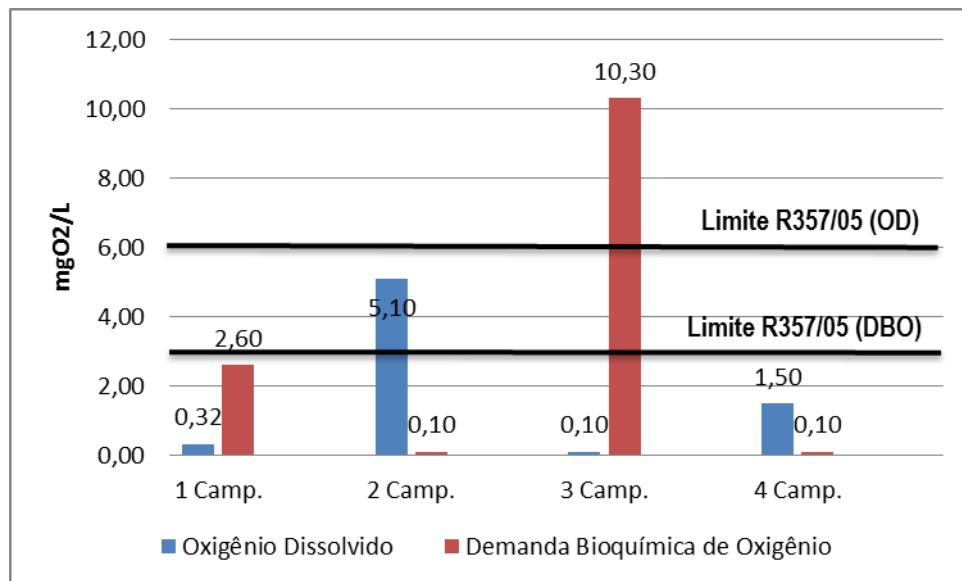
5.1.2. Ponto Amostral 02

No PA 02 os resultados encontrados obtiveram níveis inferiores ao PA 01, seu IQA foi enquadrado em 36,51, que é um valor relativamente baixo para um córrego classe II. O fato condicionante ao decréscimo do IQA do ponto foi o nível em que os parâmetros indicadores analisados se encontravam.

Seguindo uma tendência observada no presente trabalho os parâmetros que apresentaram valores fora dos padrões de enquadramento estipulados pela R357/05 nesse PA foram OD, DBO, NT, FT e Coliformes Fecais (CF).

O PA 02 traz uma característica diferenciada do que foi mencionado sobre o PA 01, uma vez que o PA 02, também obteve níveis de OD bem abaixo do permitido. No entanto a relação entre o OD e DBO, não ficou tão evidenciada nesse ponto amostral, uma vez que em todas as campanhas os níveis de OD foram inferiores aos padrões da R357/05. No entanto o DBO não esteve com níveis aceitáveis apenas na terceira campanha realizada (Figura 9).

Figura 9: Variações dos parâmetros OD e DBO para o PA 02.



Fonte: Do autor, 2013.

Esta diferença pode ter ocorrido devido à fonte de matéria orgânica presente no PA 02, pois diferentemente do seu antecessor onde a MO tinha origem natural advinda da região de mata da bacia de estudo, o aporte de MO presente no PA 02 tem origem antrópica proveniente de resíduos domésticos (despejos de esgoto) provavelmente oriundos da área urbana consolidada situada nas proximidades do ponto amostral. Almeida & Schwarzbald (2003) em seu trabalho sobre a qualidade das águas do Arroio da Cria no município de Montenegro (RS), apontam que núcleos urbanos sem infraestrutura adequada podem contribuir negativamente com a qualidade de um corpo hídrico, umas vez, que este ficará vulnerável a despejos domésticos provenientes desses núcleos urbanos.

Nesse caso o consumo de OD pode ocorrer não somente pela degradação de MO, mas também pela sintetização do fósforo (representado pelo FT) muito comum em despejos sanitários (Libânio, 2010).

É necessário atentar-se ao fato de que embora os parâmetros nos quais se notou alterações e o processo que desencadeou essas alterações sejam os mesmos, em diferentes pontos de amostragem, a origem do material que causou as alterações pode ser diferente. Fato este que indicará a real fonte poluidora, no que se refere aos estudos de qualidade de água. Esta afirmativa se confirma quando se analisa as alterações de DBO e OD dos PA 1 e 2, onde ambos apresentaram variações nos valores dos referidos parâmetros porém com causas diferenciadas.

Como a bacia do Córrego do Glória sofre influência de agentes naturais e antrópicos, a mesma leva a uma reflexão sobre as modificações ocorrentes no seu interior, pois estas podem até ser originadas por processos naturais, porém esses processos podem ser fortemente agravados por ações antrópicas que podem vir a ocorrer. Ideia essa que pode ser relacionada ao que Ross (1992) trata como a quebra do equilíbrio dinâmico de uma bacia hidrográfica, que pode ocasionar modificações significativas no funcionamento da bacia. E trabalhando essa lógica com

um viés focado aos recursos hídricos desse local, as alterações podem comprometer os usos atribuídos a essas águas, impossibilitando o funcionamento de determinadas atividades que dependam desses recursos.

Figura 10: Área de acesso para dessedentação animal, próxima ao PA 02.



Fonte: Do autor, 2013.

Dessa forma, as modificações no funcionamento de uma bacia não se referem apenas aos seus aspectos físico-naturais, a exemplo do agravamento de processos erosivos, diminuição da vazão de um curso d'água ou a mortandade de espécies aquáticas. Algumas mudanças podem interferir nas relações sociais que ocorrem no interior da área, uma vez que as ocupações humanas e as práticas econômicas por elas exercidas tem como palco a bacia hidrográfica.

É nesse contexto de influências que podemos apontar que o PA 02 (Figura 10) fica localizado próximo uma área de pastagem, onde gado ali existente acessa o curso d'água para dessedentação, o que pode contribuir com alterações nos níveis de FT e NT devido os dejetos que os animais depositam no local, haja vista que o material fecal é rico em fósforo, a urina do gado tem elevado teor de ureia que é sintetizada em processos nitrogenados (Piveli & Kato, 2006). É possível também relacionar alterações nos níveis de CF em locais onde há a presença

de gado, devido a acesso que o mesmo tem ao córrego para dessedentação (Almeida & Schwarzbold, 2003).

Esse ponto de amostragem também possuía uma significativa proteção de sua mata ripária, porém nele não houve o acúmulo de material orgânico (folhas, galhos e material reprodutivo) devido ao maior volume e velocidade das águas do córrego nesse trecho (Figura 10).

O PA 02 de certa maneira pode ser considerado um ponto médio que divide as áreas localizadas a montante do córrego (PA 01, PA 05) onde os pontos amostrais estão situados mais próximos as nascentes do Córrego do Glória, e apresentam melhores níveis de qualidade, e os pontos amostrais a jusante (PA 02 e PA 03) os quais, devido seu posicionamento mais aproximado a foz do córrego, já sofreram a interferência de fatores naturais e antrópicos que alteram a qualidade de suas águas, deixando as mesmas com níveis de qualidade prejudicados.

5.1.3. Ponto Amostral 03

O PA 03 foi o ponto amostral que apresentou o pior IQA (36,30) dentre os pontos analisados e de fato, não só pelos valores expressos pelos resultados das análises, mas também pelo que era notado a partir da percepção. No local de coleta do PA 03 a água apresentava-se leitosa (com coloração acinzentada) e com forte odor de material em decomposição (Figura 11). É possível também encontrar uma grande quantidade de lixo no local, lixo este que é trazido pelas águas do córrego em picos de cheia nos eventos chuvosos, e com a posterior redução da vazão esses materiais são depositados nas margens, galhos de árvores próximas ao leito do rio, em cercas e etc.

Figura 11: Imagens ilustrativas das condições de coloração das águas no PA 03.



Fonte: Do autor, 2014.

O ponto amoral 03 apresentou irregularidades em quatro dos nove parâmetros analisados, sendo estes o OD, FT, DBO e CF. Com exceção do CF que apresentou níveis acima dos permitidos apenas em uma das campanhas (4^a campanha). Os três outros parâmetros obtiveram valores insatisfatórios em duas ou mais campanhas, tendo assim um percentual de 50 a 75% de amostras em desacordo as normas ambientais vigentes.

Deste modo, constatou-se que durante o período de amostragem estes quatro parâmetros não se encontravam condizentes aos níveis exigidos em curso d'água classe II. Uma vez que os níveis de OD nas quatro campanhas amostrais variaram com valores representativos a um enquadramento para classe III e IV. Para o parâmetro DBO apontaram-se valores enquadrados como classe III na primeira e terceira campanha amostral. Já os CF tiveram alterações apenas na quarta campanha. Quanto aos níveis de FT recorre-se novamente ao que foi discutido quanto a eficácia da metodologia utilizada na aferição do mesmo.

Vale ressaltar que todos os parâmetros que se apresentaram em desacordo com a R357/05, são parâmetros indicadores de distúrbios de qualidade de água relacionados diretamente a despejos de esgotos domésticos (Valente et al, 1997; Sperling, 2004; Libânio, 2010; Tucci, 2010).

Os despejos residuais domésticos são ricos em Fósforo e Nitrogênio Orgânico (representados no presente estudo por FT e NT), compostos estes conhecidos como macro nutrientes, pois são

alguns dos principais nutrientes exigidos nos processos biológicos (EPA, 1978^a; 1978^b). Processos responsáveis, por exemplo, pelo rebaixamento dos níveis de OD presentes no PA 03, pois, os efluentes domésticos que atingem as águas de um córrego chegam com elevados teores de nitrogênio orgânico, o qual em contato com a água passa pelo processo de redução a partir da hidrólise da ureia, transformando o nitrogênio orgânico em nitrogênio amoniacal (NH₃). Posteriormente o grupo das bactérias nitrossomas passa a atuar nas moléculas de amônia, causando o processo de oxidação da amônia, convertendo-a em nitrito (NO-2) e por fim o nitrito pode ser oxidado pela ação de outro grupo de bactérias as nitrobacters, onde é obtido o nitrato (NO-3).

Todos esses processos que envolvem a sintetização do nitrogênio orgânico demandam de oxigênio, haja vista que as bactérias que atuam nestes são classificadas como aeróbicas (bactérias que utilizam oxigênio).

E não somente o processo que envolve o nitrogênio orgânico consome o oxigênio das águas. O fósforo é outro macro nutriente abundante em esgotos domésticos, e é utilizado em grandes quantidades nos processos aeróbicos, pois o mesmo é exigido em grande quantidade pelas células dos seres vivos (Kato, 1983).

Outro parâmetro que contribui com o rebaixamento dos níveis de OD é o DBO, o qual conforme supracitado é um importante indicador de contaminação por efluentes domésticos. O PA 03 apresentou níveis acima dos permitidos pela R357/05 na primeira e terceira campanhas de amostragem, 11,9 e 10,3 mgO₂/L respectivamente. Esses valores são bem próximos aos encontrados no trabalho de Plasentin (2009), que analisa a qualidade das águas do reservatório Tanque Grande no município de Guarulhos (SP).

Plasentin encontrou valores de DBO de 9 mgO₂/L, que assim como os valores aferidos no presente trabalho para a bacia do Córrego do Glória, são bem inferiores aos níveis de

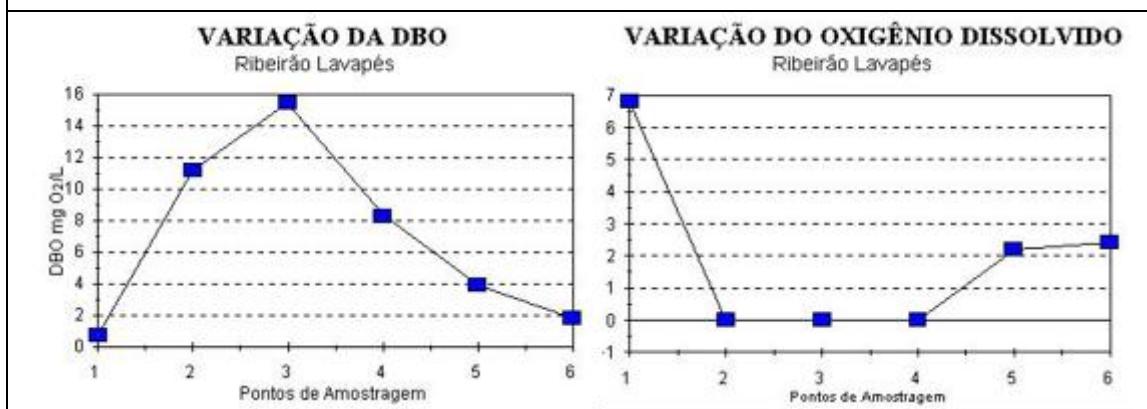
enquadramento de esgoto sanitário (110 à 400 mgO₂/L), no entanto seu aumento indica impactos possivelmente oriundos dessa forma de poluição.

O DBO o qual foi um dos parâmetros que se apresentou em desacordo com as normas ambientais no PA 03 e se configura como sendo um indicador do consumo de oxigênio necessário às bactérias na estabilização da matéria orgânica carbonácea (Libânio, 2010).

Portanto, é a dinâmica de processos e transformações que envolvem o FT, NT e DBO, que torna possível compreender a dinâmica DBO – OD, já mencionada anteriormente, pois, a mesma também ocorreu em outros pontos amostrais, porém não com características ligadas diretamente aos despejos domésticos.

A relação DBO – OD é apresentada no trabalho de Valente (1997) onde o mesmo desenvolve o estudo do DBO, OD e DQO (Demanda Química de Oxigênio) no Ribeirão Lavapés, Botucatu – SP. No estudo de Valente (1997) é possível notar como a entrada de efluentes domésticos no sistema hídrico contribui para alteração dos níveis de OD e DBO e sua relação inversa (Figura 12).

Figura 12: Relação DBO - OD apresentada no trabalho de Valente (1997).

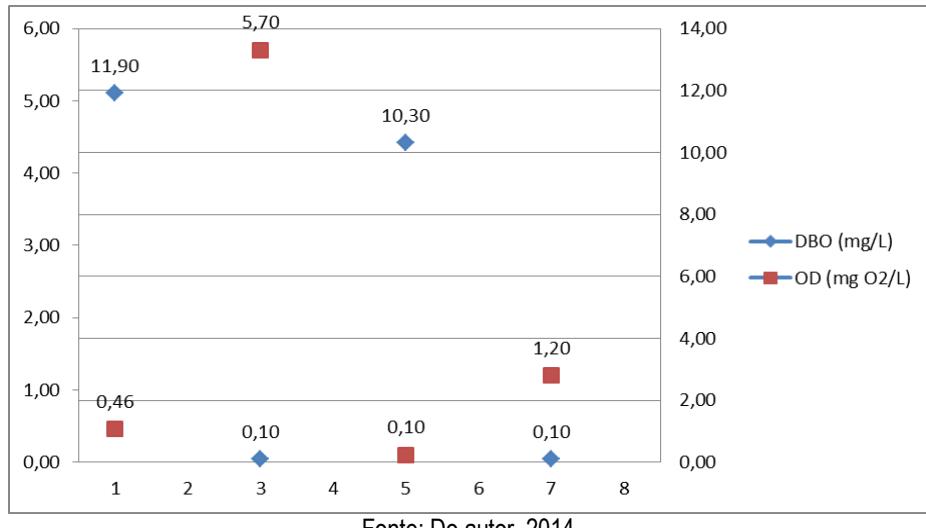


Fonte: Valente, 1997.

A figura 12 apresenta os gráficos do trabalho de Valente (1997) referente às variações de DBO e OD no decorrer dos pontos de amostragem, sendo possível notar que a variação nas parábolas

dos gráficos de Valente, são representativas as apresentadas no gráfico 1, representando a relação inversamente proporcional do DBO e OD para o PA 03 situado no Córrego do Glória, Uberlândia – MG (Figura 13).

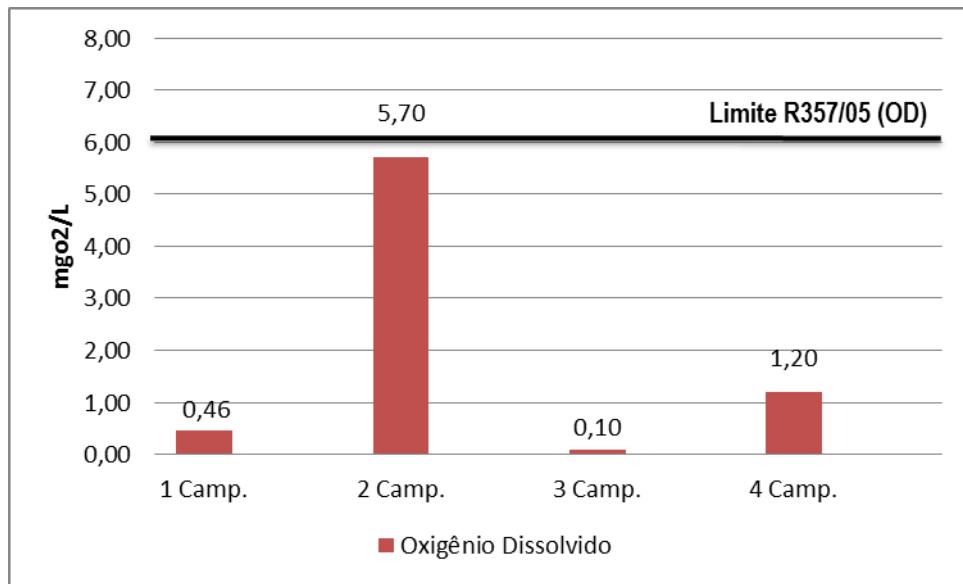
Figura 13: Apresentação da relação DBO - OD para o PA 03.



Fonte: Do autor, 2014.

O parâmetro OD se apresentou com valores insatisfatórios frente aos estipulados pela R357/05 em diversas oportunidades em todos os PA. No PA 03 o cenário encontrado não foi diferente, de modo que em todas as datas amostrais os níveis de OD apresentaram-se em desacordo as normas ambientais vigentes (Figura 14).

Figura 14: Valores de OD apresentados no PA 03, nas quatro campanhas amostrais.



Fonte: Do autor, 2014.

Fato este igual ao encontrado no trabalho de Souza & Tundisi (2003), realizado na bacia hidrográfica do Rio Jaboatão (PE), onde a concentração de OD foi o principal problema encontrado. A diferença entre o cenário posto da bacia do Rio Jaboatão e do Córrego do Glória, se refere principalmente ao tipo de uso causador de impacto, que no trabalho de Souza & Tundisi é a cultura de cana de açúcar. Já no que se refere à bacia do Glória, e especificamente ao PA 03, o principal agente impactante trata-se da área impermeabilizada, ou seja, a área urbana presente na área de estudo.

5.1.4. Pontos Amostrais 04 e 05

É possível verificar que o PA 04 e 05 foram inseridos no decorrer da pesquisa, pois, necessitava-se de amostras de água com qualidade próxima aos níveis naturais do Córrego do Glória, sem que existissem indícios de poluição, para que assim fosse possível desenvolver uma comparação entre o estado atual das águas e suas características naturais.

No entanto o que se notou analisando os resultados do PA 04 foi que embora o mesmo se localize próximo a uma das nascentes que dão origem ao córrego estudado, ele não obteve um IQA com valores elevados, de modo que o valor do IQA para o PA 04 foi de 37,05, um valor

tendendo a baixo, que não se diferenciou significativamente dos demais pontos com características distintas a ele.

Os parâmetros que apresentaram problemas de enquadramento no PA 04, foram, o OD, DBO e o pH. Fato que pode ser explicado devido ao ponto amostral localizar-se ao lado de uma área utilizada para o plantio de hortaliças e culturas temporárias (milho, abóbora, jiló, etc.).

Esta área é manejada por um pequeno agricultor o qual não realizou nenhuma medida preventiva que evitasse que as atividades realizadas no local pudessem vir a prejudicar a qualidade hídrica do córrego. A adubação da lavoura era realizada através da utilização de adubo de origem animal (esterco de gado), rico em matéria orgânica nitrogenada e fósforo. Deste modo podemos colocar que as alterações presentes no OD do PA 04 verificadas na terceira campanha (23/03/14) pode ter ocorrido devido influência dos eventos chuvosos ocorridos no período, que contribuem com o carreamento de partículas de solo para o leito do córrego.

Como o solo da área próxima ao PA 04 encontrava-se adubado com fertilizantes ricos em nitrogênio e fósforo, estes nutrientes podem ter influenciado nos níveis de OD do PA, pois, conforme já apresentado anteriormente, estes nutrientes estão envolvidos em processo físico-químico-biológicos que consomem o oxigênio presente nas águas a partir do processo de respiração de bactérias, as quais tem sua população aumentada devido a esse aporte de material orgânico e fazendo com que os níveis do DBO das águas se elevem.

Quanto a leve acidez constatada no pH (5,96) do PA 04, pode-se dizer que sua relação ocorre devido a presença da matéria orgânica fosfatada, oriunda dos fertilizantes da área agricultada do entorno e também da decomposição da MO natural presente na área de mata a montante do PA, uma vez que este localiza-se próximo uma das nascente do Córrego do Glória.

O próprio fato de o ponto amostral situar-se nas proximidades de uma nascente, já contribui para fato de suas águas apresentarem-se levemente ácidas, uma vez que as nascentes de cursos d'água naturalmente possuem níveis de pH ácidos (Libânio, 2010) devido o fato de sua interação com partículas solo mineralizado e MO em processo de humificação, rica em ácido fúlvido e húmico, provenientes da degradação de material animal, vegetal e atividade de microrganismos (Stevenson, 1994; Rocha et al., 2000; Rosa et al., 2001).

O PA 05 assim como o PA 04 apresenta uma menor quantidade de campanhas devido o fato de sua inserção como ponto amostral no decorrer da pesquisa. Ele foi o PA que apresentou o melhor IQA (46,37), fato este que podemos afirmar que se dá devido a sua localização, uma vez que a coleta é realizada diretamente em uma das nascentes que compõe o Córrego do Glória. O PA 05 fica localizado no interior de uma mata bem conservada com acesso restrito, uma vez que a mesma localiza-se no interior do Campus Glória e é utilizada na realização de pesquisas científicas de várias Unidades Acadêmicas da Universidade Federal de Uberlândia (Figura 14).



Fonte: Do autor, 2014.

Quanto aos parâmetros que compõe o índice, que foram analisados para o PA 05, apenas o DBO e o OD apresentaram-se com valores insatisfatórios, os seis parâmetros restantes estavam

todos dentro dos limites previstos pela R357/05 (com exceção do FT, devido a sua restrição metodológica).

As alterações nos resultados do OD e do DBO tem o mesmo significado das alterações encontradas no PA 01, onde também ocorreu a relação inversamente proporcional entre o OD e DBO. No caso do PA 05 as amostragens eram feitas em fonte natural que concentrava um volume de água suficiente para encher os frascos para análise, está fonte era de pequena dimensão e por estar situada em uma mata, o interior da mesma ficava repleto de folhas e outros materiais (galhos sementes, pequenos insetos).

Vale ressaltar que a inserção desse ponto amostral na pesquisa se fez de grande valia, uma vez que, a intenção de acrescentá-lo aos pontos amostrais era fazer com que se obtivessem dados não só de locais da bacia onde existissem traços de poluição, mas também locais onde a qualidade das águas estivesse em bom estado de conservação. Dessa forma a ideia inicial da inserção de pontos amostrais próximos as nascentes do córrego foi extremamente coerente e agregadora.

5.2. Análises dos valores do IQA para os pontos amostrais

No tópico anterior buscou-se discutir o comportamento dos parâmetros indicadores de qualidade que compõe o IQA, de modo a entender qual a importância de cada um deles na elaboração do mesmo. Foi trabalhada a ideia de quais componentes da paisagem eram os agentes que contribuíram com a alteração nos valores destes parâmetros, assim como, quais impactos essas alterações ocasionariam na dinâmica da qualidade dos recursos hídricos do córrego estudado.

No presente momento, serão apresentadas as informações sobre os valores obtidos através da elaboração dos Índices de Qualidade de Água (IQA), contendo seus valores isolados para cada ponto amostral (PA) por campanha de amostragem e os valores médios de todos os PA, os

quais foram utilizados no enquadramento da qualidade dos recursos hídricos para o trecho amostrado, de acordo com a metodologia empregada no presente trabalho (Tabela 9).

Tabela 9: Valores isolados do IQA por ponto amostral e campanha de coleta.

Ponto	IQA			
	PRIMEIRA CAMP.	SEGUNDA CAMP.	TERCEIRA CAMP.	QUARTA CAMP.
1	39,7	48,0	53,6	35,0
2	36,9	46,1	35,8	36,1
3	37,4	56,7	35,2	28,4
4	-	-	36,8	37,3
5	-	-	38,4	54,3

Fonte: Do autor, 2015.

Ao analisar os dados referentes aos valores isolados do IQA de cada ponto amostral, é possível verificar que não é notado um padrão aplicável a todos dos PA, de modo que existem oscilações nos valores do IQA para um mesmo PA em diferentes datas de amostragem. Fato que confirma o caráter temporal desse tipo de análise, a qual deve ser utilizada como parâmetro de avaliação, apenas por um determinado período.

No entanto é sabido que grande parte dos órgãos gestores, que desenvolvem essa espécie de monitoramento de qualidade de água, não realizam um monitoramento com campanhas amostrais de curta periodicidade, de modo que os resultados que são uma vez obtidos ficam estabelecidos como padrão de enquadramento de um determinado curso d'água por muito tempo.

Neste contexto, se faz possível afirmar que a periodicidade de amostragens do presente trabalho teve intervalos curtos de tempo, uma vez que em um recorte temporal de dez meses, realizaram-se quatro campanhas de coleta. Esse intervalo de coleta relativamente curto, permitiu que fosse observado às modificações sofridas na qualidade dos recursos hídricos do Córrego do Glória em um pequeno período de tempo.

Os valores variaram de acordo com as características dos PA, haja vista que cada um destes possui grau de interferência diferenciada, e com isso também apresentaram níveis diferentes de qualidade, a partir de seu IQA, conforme apresentado na tabela 9.

A fim de gerar um único valor de IQA para cada ponto de amostragem, os IQA's referentes às campanhas de coleta foram agrupados e elaborou-se um IQA médio para cada um dos pontos de amostragem. Esse valor médio foi alcançado por meio do cálculo de mediana (MED), a qual foi utilizada, para que valores extremos ou muito baixos não direcionassem o grupo de valores de IQA de um PA.

Tabela 10: Valores médios do IQA por ponto amostral.

PA	IQA Médio (MED)	Enquadramento
01	43,9	Aceitável
02	36,5	Ruim
03	36,3	Ruim
04	37,1	Aceitável
05	46,4	Aceitável

Fonte: Do autor, 2015.

Desse modo, obtiveram-se os valores de IQA para os cinco pontos amostrais, valores estes os quais foram utilizados no enquadramento do PA em um dos níveis de qualidade de água previstos pela metodologia utilizada no presente trabalho.

Conforme supracitado, os valores médios de IQA dos pontos amostrais foram utilizados no enquadramento dos mesmos em um determinado nível de qualidade, os quais estão descritos na tabela 10.

Para o PA 01 obteve-se um índice de enquadramento como “Aceitável”, valendo ressaltar que este PA esteve entre os melhores a serem amostrados, apresentando níveis elevados nos valores isolados dos parâmetros indicadores que compõe o IQA, em comparativo aos demais pontos amostrais. Os PA's 04 e 05 também tiveram seu enquadramento na classe de qualidade

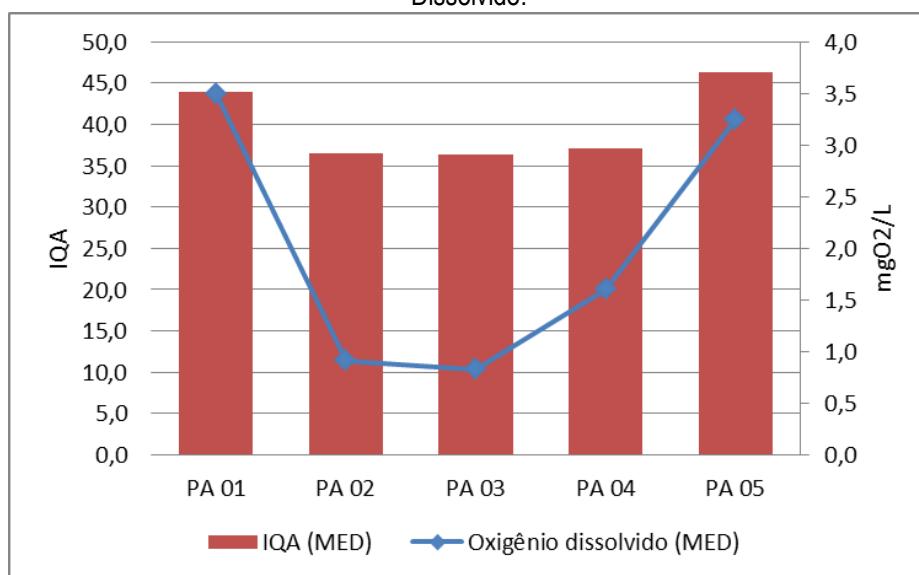
de água “Aceitável”, cabendo reafirmar que ambos os PA’s localizam-se nas áreas de nascente do Córrego do Glória, portanto, o fato destes terem apresentado IQA’s relativamente melhores que os demais pontos amostrais seguem um padrão lógico, a partir do que já foi discutido no presente trabalho, onde foi defendida a ideia de que os agentes contaminantes dos recursos hídricos da área de estudo são oriundos dos usos dos solos existentes na mesma, com ênfase ao polígono referente à área impermeabilizada, correspondente à parte da mancha urbana do município de Uberlândia (MG).

Quanto aos PA’s 02 e 03, ambos apresentaram IQA’s enquadrados como “Ruins” (Tabela 10). Estes pontos amostrais também comprovam a ideia de interferência dos usos dos solos nos níveis de qualidade de água, uma vez que estes dois pontos eram os mais vulneráveis aos agentes impactantes da bacia.

Outro fato bastante importante notado no decorrer da pesquisa foi a relação existente entre o parâmetro indicador oxigênio dissolvido e os índices de qualidade de água (IQA) gerados. O oxigênio dissolvido é um importante parâmetro indicador de qualidade de água, sendo considerado fator limitante para manutenção da vida aquática e em processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais (CETESB, 2011; Libânio, 2010; Sperling, 2005).

Na metodologia de elaboração de IQA utilizada no presente trabalho o OD (oxigênio dissolvido) tem um peso significativo na montagem do índice, conforme já descrito anteriormente. Por isso, constatou-se que sua significância tem relação direta com o enquadramento final dos IQA’s gerados. De modo que, sempre que os valores de OD encontravam-se demasiadamente baixos, o IQA gerado também decaia (Figura 15). Isto foi constatado mesmo quando os demais parâmetros indicadores apresentavam níveis dentro dos padrões.

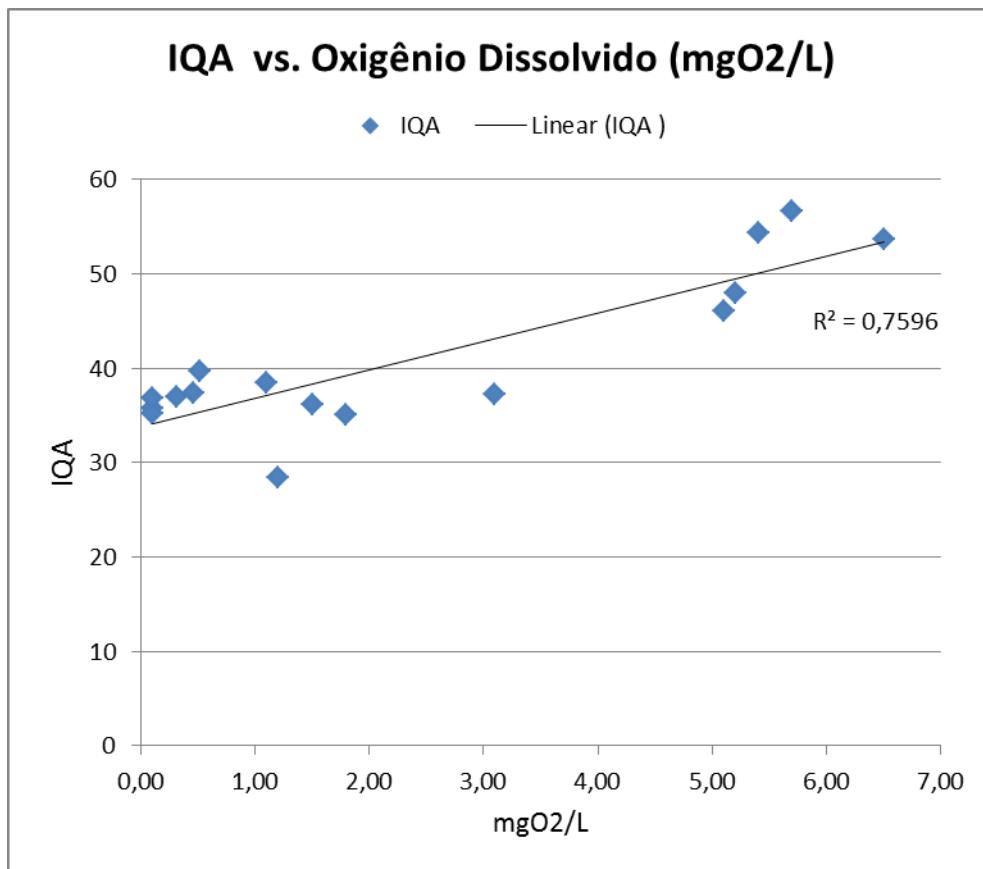
Figura 16: Apresentação da relação proporcional entre IQA's médios dos PA e os valores de Oxigênio Dissolvido.



Fonte: Do autor, 2015.

Buscando legitimar estatisticamente a influência do parâmetro oxigênio dissolvido (OD) nos valores do IQA, elaborou-se um gráfico de regressão linear como coeficiente de determinação (R^2), utilizando todos os valores isolados de OD e os IQA's gerados para cada ponto amostral nas quatro campanhas de amostragem. Com isto, obteve-se um valor de $R^2 = 0,759$ (Figura 16), fato que demonstra uma boa correlação entre OD e os valores de IQA obtidos, conforme defendido anteriormente.

Figura 17: Correlação R^2 para os valores gerados de IQA para todos os PA e os valores gerais de Oxigênio Dissolvido.



Fonte: Do autor, 2015.

A análise isolada do IQA gerado para todos os PA demostrou um cenário próximo à realidade encontrada atualmente na bacia hidrográfica do Córrego do Glória, porém, não apresenta a gama de informações apresentadas no tópico anterior, onde foram discutidos isoladamente os parâmetros indicadores que compõe o índice de qualidade de água, levando em consideração as possíveis causas que levaram a sua alteração, sua relação mutua com outros parâmetros, assim como sua importância na elaboração do IQA.

5.3. Usos da terra

Procurando cumprir a proposta de relacionar a qualidade de água da bacia hidrográfica do Córrego do Glória, com os usos da terra presentes na mesma, desenvolveu-se o mapeamento da área estuda.

Para que fosse possível compreender a influência que usos estabelecem à qualidade das águas, foi preciso que quatro cenários fossem mapeados. A razão disto se dá devido ao caráter temporal do presente estudo, onde foram realizadas amostragens de qualidade de água periódicas com datas pré-estabelecidas.

Nesse contexto, os quatro cenários de mapeamento estão vinculados às datas de amostragem realizadas, para que assim, existisse uma paridade entre as datas de amostragem e mapeamento, possibilitando que as interpretações sobre a influência dos usos na qualidade das águas acontecesse da forma mais coerente possível.

Deve-se destacar que, pelas características técnicas relativas ao período de imageamento do Satélite LANDSAT 8 sobre a área de estudo, não foi possível apresentar imagens para mapeamento coincidentes com as datas de amostragens em campo. No entanto o intervalo entre as datas, não ultrapassou número de 15 dias em nenhuma das quatro imagens utilizadas, fato que não comprometeu a qualidade das atividades de mapeamento.

O mapeamento do uso da terra no presente trabalho serviu como pano de fundo para a interpretação dos resultados dos IQA's. Existem muitas críticas sobre a forma como são utilizadas as metodologias de índices de qualidade de água (IQA), pois, as mesmas podem ocultar valores insatisfatórios dos parâmetros que compõe o índice e como consequência disto expressar informações que não seriam condizentes como a realizada dos recursos hídricos analisados (Carvalho, 2000).

Dessa maneira, buscou-se desenvolver o mapeamento de usos da terra afim de que este contribuísse na interpretação dos resultados isolados dos parâmetros indicadores que compõe o IQA, assim como os próprios valores de IQA gerados.

Na fase de mapeamento foi possível constatar algumas informações referentes à dinâmica de usos da terra da bacia hidrográfica do Córrego do Glória. Notou-se que a gama de usos praticados na bacia não é diversificada, uma vez que, foi possível elencar apenas seis classes de usos para a área (Cultura Permanente; Área Impermeabilizada; Solo Exposto, Pastagem; Pastagem Degradada; Vegetação Nativa).

Outro fato de destaque foi a pouca variação temporal nos usos da bacia no período em que se desenvolveu o trabalho (29/08/13 a 26/06/14). Durante os dez meses que perdurou a fase de campo da pesquisa não houve variação quanto aos tipos de usos elencados, ou seja, nos quatro cenários de mapeamento, foram levantadas as mesmas classes de usos da terra.

Quanto às modificações referentes ao percentual espacial de cada uso da bacia, foi possível identificar que houveram algumas mudanças de um cenário para outro. No entanto, estas mudanças não foram muito significativas, haja vista que as variações registradas foram bastante sutis (Tabela 11).

Tabela 11: Percentual de usos da terra, distribuídos temporalmente por data de mapeamento.

Classes	Percentual de Usos da terra (%)			
	1. Camp (30/08/13)	2. Camp 01/11/13	3. Camp (10/03/14)	4. Camp (30/06/14)
Vegetação Natural	16	16	16	17
Pastagem	66	59	60	63
Agricultura Permanente	3	3	3	3
Solo Exposto	2	8	6	3
Área Impermeável	13	13	14	14
Pastagem Degradada	0	1	1	0

Fonte: Do autor, 2015.

As pastagens foram os tipos de uso que apresentaram maior alteração de área de cobertura. Conforme exposto na tabela 11, sua média de cobertura nos quatro cenários mapeados foi de 62% da área da bacia, de modo que este uso foi o que obteve a maior abrangência. Vale ressaltar que as áreas com pastagens possibilitam algumas formas de contaminação aos

recursos hídricos, devido ao acesso do gado e carreamento de partículas para o leito do curso d'água conforme já foi discutido anteriormente.

O segundo uso com maior ocorrência na área de estudo foi o de vegetação nativa, o qual é composto basicamente pelas áreas de mata que acompanham o curso do Córrego do Glória, assim como as que circundam suas nascentes. A média de ocorrência desse uso no período pesquisado foi de 16,25%, com uma amplitude de variação mínima de 16 a 17%.

Estas áreas de mata foram de suma importância na manutenção da qualidade da água dos PA 04 e 05, uma vez que elas propiciam um estado próximo ao de equilíbrio natural, já que as áreas de mata circunvizinhas as nascentes do córrego encontram em significativo estado de conservação.

O uso área impermeabilizada o qual corresponde ao núcleo urbanizado presente no interior da bacia estudada, obteve a terceira maior área de abrangência, porém, foi a considerada mais impactante. Esta área é composta por níveis diferenciados de urbanização, fato que contribui com a sua capacidade de influenciar os níveis de qualidade das águas do Córrego do Glória. Parte dela é representada por bairros do município de Uberlândia que possuem toda a estrutura de saneamento (arruamentos asfaltados, sistema de captação de esgoto, galeria pluviais etc.).

A outra parcela que compõe a área impermeabilizada é o Conjunto Élison Prieto, também denominada de “Ocupação do Glória”. Este local não conta com sistema de saneamento, nem asfaltamento em suas vias, isto por se tratar de uma ocupação irregular. Desse modo os efluentes e resíduos gerados pela população que ali reside, podem vir a contaminar as águas do córrego, em algumas situações, conforme foi constatado no presente estudo e discutido a priori.

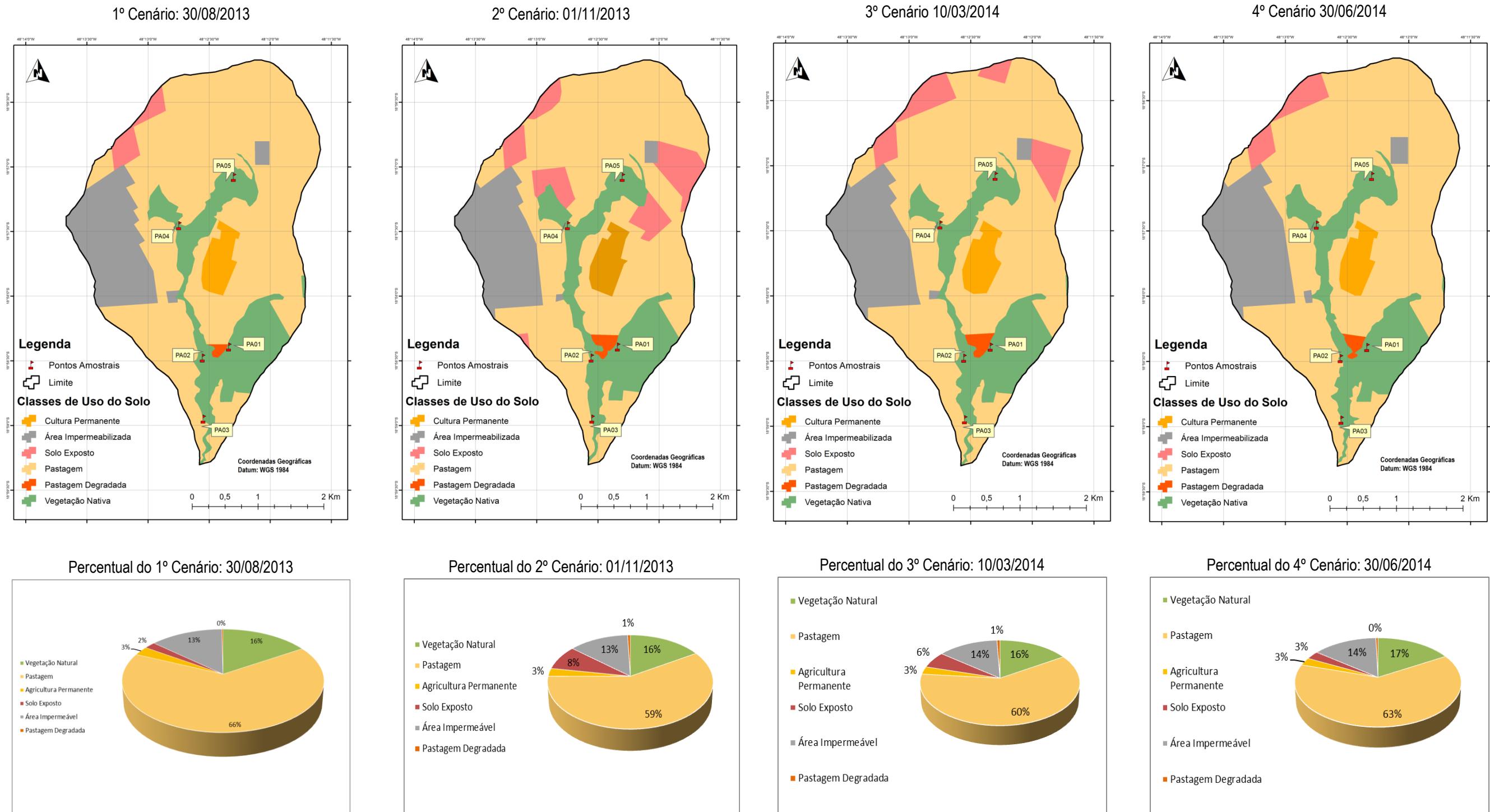
Quanto às áreas de culturas permanentes e pastagens degradadas, pode-se dizer que as mesmas conservaram-se idênticas em todos os cenários de mapeamento. O polígono referente

às culturas permanentes configura-se como sendo um plantio de café irrigado, o qual tem sua área estabelecida e consolidada há vários anos, sem que a mesma sofra modificações.

O setor de pastagem degradada é uma área isolada na bacia utilizada atualmente na prática de pesquisas científicas, coordenadas pelo Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos – LAGES do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Neste local ocorreu uma grande retirada de solo (cascalho) utilizado durante a construção da BR-050, fato que comprometeu a estrutura dos solos dessa área. Portanto, o local encontra-se em fase de recuperação devido ao isolamento da área, visando que a mesma não sofresse mais danos, não tendo sua extensão modificada.

A classe de uso solo exposto apresentou modificações durante o período de pesquisa e embora tenha uma área que representa 4,7% da bacia, tendo como média os quatro cenários mapeados, os locais com solo exposto chegaram a representar 8% área de estudo. Essa variação ocorreu devido a processos de gradeamento utilizados na renovação de pastagens, assim como no processo de terraplanagem da área onde estão sendo desenvolvidas as obras de implantação do Campus Glória.

Quadro 4: Cenários mapeados dos usos da terra desenvolvidos na bacia hidrográfica do Córrego do Glória.



CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES

A avaliação hídrica realizada através do emprego de Índices de Qualidade de Água (IQA) se apresenta com grande valia no diagnóstico e na construção de cenários ambientais, uma vez que esta metodologia possibilita que trechos de determinados cursos d'água sejam classificados quanto a sua qualidade em um determinado recorte temporal. No entanto, cabe ressaltar que as metodologias de aplicação de IQA são compostas por parâmetros indicadores fixos, os quais foram pensados buscando atender demandas gerais.

Logo, a aplicação dessa metodologia como fator de enquadramento da qualidade dos recursos hídricos pode não ser a metodologia mais indicada quando se busca constatar danos causados por agentes específicos. Pois, nesses casos o IQA poderá não expressar a real qualidade dos recursos analisados, uma vez que os parâmetros indicadores que o compõe, poderão não abranger compostos físico-químicos ou biológicos específicos de determinados agentes poluidores.

Devido a este fato, o presente estudo buscou relacionar os resultados dos IQA's gerados com os usos da terra presente na bacia do Córrego do Glória, para que desta forma não houvesse a única dependência em avalizar o estado da qualidade da água da bacia a partir dos índices obtidos pela aplicação da metodologia de indexação.

Posto isto, foram discutidos isoladamente as possíveis origens das alterações constatadas nos parâmetros indicadores, vinculando-as aos tipos de usos da terra ocorrentes nas proximidades dos pontos amostrados, assim como a influência destes parâmetros de maneira isolada e associada aos demais indicadores, nos resultados finais de cada índice gerado.

Este fato proporcionou apontar possíveis focos geradores de impacto, os quais estão contribuindo na perda de qualidade das águas da bacia hidrográfica estudada. E também

possibilitou que fossem percebidas relações existentes entre as variações apresentadas por determinados parâmetros indicadores, como foi o caso da supracitada relação DBO – OD.

A análise isolada dos parâmetros que compõe o índice fez com que se constatasse que alterações apresentadas por um mesmo parâmetro poderiam ter causas diferentes, que acarretariam em diagnósticos distintos.

O mapeamento dos usos da terra presentes na área de estudo, contribuiu significativamente na interpretação dos valores apresentados pelos parâmetros indicadores, pois, a espacialização dos usos tornou possível elencar as prováveis causas das alterações. E desta maneira, relacioná-las com informações presentes nos referenciais bibliográficos utilizados e uni-las as peculiaridades existentes na área de estudo. Fato o que tornou possível o posicionamento defendido e apresentado nos resultados do presente estudo.

Ainda quanto ao mapeamento de usos da terra, é necessário colocar que os cenários mapeados apresentaram pouca variação em suas classes de uso, fato que contribuiu com o não aparecimento de outros agentes causadores de impactos aos recursos hídricos do Córrego do Glória, além dos apresentados. Haja vista que, uma bacia na qual houvesse modificações abruptas em suas classes de usos da terra, poderia ocasionar impactos significativos na qualidade de seus recursos hídricos.

Quanto à relação desenvolvida entre a qualidade de água apresentada e os usos da terra, é possível afirmar a partir do que foi exposto no decorrer do presente trabalho que a mesma é existente e que a classe de usos da terra é um importante fator influenciador na qualidade das águas de uma bacia hidrográfica.

Os piores IQA's obtidos para os pontos amostrados no Córrego do Glória tiveram como principal agente influenciador os resíduos provenientes das áreas urbanizadas da bacia, em contraponto as áreas de vegetação nativa (matas) as quais apresentaram os valores de IQA mais elevados.

Postas estas informações, se faz possível colocar que a utilização de um Índice de Qualidade de Água (IQA), quando analisadas as peculiaridades de seus parâmetros indicadores, juntamente com a associação destes aos usos da terra presentes em uma determinada área, contribui com a interpretação coerente dos IQA's gerados. Podendo assim dizer que essa junção de informações corrobora não somente na melhor interpretação de um IQA, mas também na obtenção de cenários mais confiáveis sobre a qualidade de água em bacias hidrográficas.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. Ateliê Editorial, São Paulo. 2010.
- AKKOYUNLU, A., Akıner, M.E. Pollution evaluation in streams using water quality indices: a case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. *Ecol. Indic.* 18,501–511. 2012.
- 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). *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos* Volume 8 n.1 Jan/Mar 2003, 81–97.
- ALVES, R. R. Monitoramento dos Processos Erosivos e da Dinâmica Hidrológica e de Sedimento de uma voçoroca: estudo de caso da Fazenda do Glória na zona rural de Uberlândia – MG. 2007. 109f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters, 20th. ed. APHA, Washington, DC, USA. 1999.
- BACCARO, C. A. D. Estudos geomorfológicos do município de Uberlândia. *Rev. Sociedade & Natureza*. Uberlândia: EDUFU, v.1, n.1, p.17-21, jun. 1989.
- BAKAN, G., ÖZKOC, H.B., TÜLEK, S., CÜCE, H. Integrated environmental quality assessment of Kızılırmak river and its coastal environment. *Turkish J. Fish Aquat.Sci.* v10, 453–462. 2010.
- BALL, R. O. & CHURCH, R. L. Water quality indexing and scoring. *Journal of the Environmental Engineering Division*, vol.106, p.757-771. 1980.
- BOLTON, P. W.; CURRIE, J. C.; TERVET, D. J. & WELSH, W. T. An index to improve water quality classification. *Wat.Pollut. Control*, vol.77, n°2, p.271-280. 1978.
- BOYACIOGLU, H. Utilization of the water quality index method as a classification tool. *Environ. Monit. Assess.* 167, 115–124. 2010.
- BRAGA, B. et al. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 313 p.
- BROWN, R. M.; McCLELLAND, N. I.; DEININGER, R. A. & TOZER, R. G. A water quality index do we dare? *Water & Sewage Works*, p.339-343, oct. 1970.
- CARVALHO, A. R; SCHLITTER, F. M; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. *Química Nova*, v. 23, n.5, p. 618-622, 2000.
- CARVALHO, F. C; FERREIRA, L. ; STAPELFELDT, A. Qualidade das águas do ribeirão Ubá – MG. *REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto*, 57 (3): 165 – 172, jul. / set. 2004.
- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL 2006a. Índices de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice.asp>>. Acesso em: 09 mar. 2006.

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental, 2011. Alterações físico-químicas. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas_materia.php> Acesso em: 10 mai. 2014.

COMITESINOS - COMITÊ DE PRESERVAÇÃO, GERENCIAMENTO E PESQUISA DA BACIA DO RIO DOS SINOS. Programa integrado de monitoramento da qualidade da água do rio dos Sinos e seus afluentes. Aplicação de um índice de qualidade da água no rio dos Sinos. Período de novembro/1989 a outubro/1991. Porto Alegre: COMITESINOS, 1993, 38p.

COMITESINOS - COMITÊ DE PRESERVAÇÃO, GERENCIAMENTO E PESQUISA DA BACIA DO RIO DOS SINOS. Utilização de um índice de qualidade da água no rio dos Sinos. Porto Alegre: COMITESINOS, 1990, 33p.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Brasília: D.O.U. 18/03/2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em 02 de dezembro de 2008.

COUILLARD, D. & LEFEBVRE, Y. Analysis of water quality indices. Journal of Environmental Management. London, vol.21, p.161-179. 1985.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Apresenta banco de dados geológicos. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em 22 out. 2014.

DANELON, J. R. B; LUZ NETTO, F. M; RODRIGUES, S. C. Análise do nível de fosforo total, nitrogênio amoniacal e cloreto nas águas do córrego Terra Branca no município de Uberlândia (MG). REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.1, N.4, p.412 – 421. 2012.

DANELON, J. R. B; RODRIGUES, S. C. Estudo sobre a qualidade hídrica da bacia hidrográfica do córrego Terra Branca, Uberlândia (MG). Caderno de Geografia, v. 23, n. 39. p. 13 – 21. 2013.

DANIEL, L. A. et al. (Coord.). Cinética da desinfecção. In:_____. Processos de desinfecção e Desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável. Rio de Janeiro: ABES, 2001.

DAVIES-COLLEY, R. J; SMITH, D. G. Turbidity, suspended sediment, and water clarity: a review. Journal of the American Water Resources Association, v. 37, n. 5, out. 2001. 1085 – 1101p. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1752-1688.2001.tb03624.x/pdf>> Acesso: set. de 2014.

DUNNETTE, D. A. A geographically variable water quality. Index used in Oregon. Journal WPCF, vol.51, nº1, p.53-61, jan, 1979.

EAP - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. “Nitrogen Removal”. Technology Transfer Series, Washington, 1978a.

EAP - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. “Phosphorus Removal”.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: EMBRAPA, 2012. 412 p.

LINSTONE, H; A, M. TUROFF. The Delphi Method: Techniques and Applications Addison-Wesley, London, 1975. 618p. Disponível em: <http://is.njit.edu/pubs/delphibook/delphibook.pdf>. Acesso em: jan. de 2014.

- HAASE, J. e POSSOLI, S. Estudo da utilização da técnica de análise fatorial na elaboração de um índice de qualidade da água: comparação entre dois regimes hidrológicos diferentes, RS. *Acta Limnologica Brasiliensis*, vol.VI, p.245-255. 1993.
- HORTON, R. An index number system for rating water quality. *Journal WPCF*, vol.37, n°3, p.300-306. 1965.
- HOUSE, M. A. & ELLIS, J. B. Water quality indices: an additional management tool? *Prog. Wat. Technol.*, vol.13, p.213-423. 1980.
- HUNSAKER, C. T; JACKSON, B. L; SIMCOCK, A. Regional assessment for watershed management in the Mid-Atlantic states. In: Reimold, R. D. (ed.): *Watershed management: Practice, policy and coordination*. New York: McGraw-Hill, 1998. p. 11- 34.
- IBGE. Manual Técnico de Pedologia. 2. ed. In: _____. *Manuais Técnicos em Geociências*, n. 4. Rio de Janeiro, 2007. Não paginado.
- IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Relatório de monitoramento das águas superficiais na Bacia do Rio São Francisco em 2004: Bacia do Rio São Francisco - Sul. Belo Horizonte: IGAM, 2005.180p.
- KANNEL, P.R., LEE, S., LEE, Y.-S., KANEL, S.R., KHAN, S.P. Application of Water Quality Indices and dissolved oxygen as indicators for river water classification and urban impact assessment. *Environ. Monit. Assess.* 132, 93–110. 2007.
- KATO, M.T., “Fósforo”. Roteiro de aula da disciplina Qualidade da Água, do Ar e do Solo. Escola de Engenharia Mauá, 1983.
- KOBIYAMA, M; MOTA, A. A; CORSEUIL, C. W. Recursos hídricos e saneamento. Curitiba: Ed Organic Trading, 2008.
- KOÇER, M. A. T; SEVGILI, H. Parameters selection for water quality index in the assessment of the environmental impacts of land-based trout farms. *Ecological Indicators* 36, 672– 681. 2014.
- KOÇER, M. A. T; SEVGILI, H. Parameters selection for water quality index in the assessment of the environmental impacts of land-based trout farms. *Ecological Indicators*, v. 36, 2014. 672 – 681p.
- LANDWEHR, J. M. & DEININGER, R. A. A comparison of several water quality indexes. *Journal WPCF*, vol.48, n°5, p.954-958, May, 1976.
- LEPSCH, I. F. Formação e Conservação dos Solos. 2.ed.Oficina de Texto, São Paulo,2010. 216p.
- LERMONTOV, A., YOKOYAMA, L., LERMONTOV, M., MACHADO, M.A.S. A fuzzy water quality index for watershed quality analysis and management. In: Broniewicz,E. (Ed.), *Environmental Management in Practice*. InTech, Crotia, pp. 387–410. 2011.
- LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Ed. Átomo. 2º Ed. 2010.
- LOHANI, B. N. & MUSTAPHA, N. Indices for water quality assessment in rivers: a case study of the Linggi river in Malaysia. *Water Supply & Management*, vol.6, n°6, p.545-555. 1982.

LUZ NETTO, F. M; DANELON, J. R. B; RODRIGUES, S. C. Avaliação da qualidade da água e do uso da terra da bacia hidrográfica do córrego Terra Branca – Uberlândia – MG. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 5, n. 2. p. 67 – 75. 2011.

NASCIMENTO, T. S; PEREIRA, R. O. L; MELLO, H. L. D; COSTA, J. Metemoglobinemia: do diagnóstico ao tratamento. *Rev. Bras. Anestesiol.* v. 58, n. 6, Campinas, nov. / dez., 2008. 651 – 654p.

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes. In: *Rev. Sociedade & Natureza*. Uberlândia: EDUFU, v.1, n.1, p.9-16, jun. 1989.

ODUM, E. P. 1988. *Ecologia*. Rio de Janeiro, Guanabara. 434p.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: *Geomorfologia e Meio Ambiente*. 10. ed. Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 2011, p. 59-122.

PARMAR, K; PARMAR, V. Evaluation of water quality index for drinking purposes of river Subernarekha in Singhbhum District. *International Journal of Environmental al Sciences*, v. 1, n.1, 2010. 77 – 81p.

PIASENTIN, A. M; et al. Índice de qualidade da água (IQA) do reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP): Análise sazonal e efeitos do uso e ocupação da terra. *UNESP, Geociências*. São Paulo, v. 28, n. 3. p. 305 – 317, 2009.

PINEDA, M. D. S. e SCHÄFER, A. Adequação de critérios e métodos de avaliação de águas superficiais baseada no estudo ecológico do rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência e Cultura*, vol.39, n°2, p.198-255. 1987.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T.; Qualidade das águas e poluição: Aspectos Físico-Químicos, 1^a ed., ABES-Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, São Paulo, 2006, cap. 6 e 7.

ROCHA, J.C.; SARGENTINI JUNIOR, É.; ZARA, L.F.; ROSA, A.H.; SANTOS,;:

BURBA, P. Reduction of mercury(II) by tropical river humic substances (Rio Negro) - A possible process of the mercury cycle in Brazil. *Talanta*, v.53, p.551-559. 2000.

ROSA, A.H.; ROCHA, J.C.; SARGENTINI JUNIOR, É. A flow procedure for extraction and fractionation of the humic substances from soils. In: SWIFT, .S.:

SPARK, K.M., (Ed.). *Understanding and managing organic matter in soils, sediments and waters*. New York: International Humic Substances Society,

ROSS, J. L. S. 1994. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, n.8, p.63-74.

ROSS, J. L. S. O Registro Cartográfico do Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. In: *Revista do Departamento de Geografia – FFLCH-USP*, n° 6, São Paulo, 1992.

SAAD, A. R; SEMENSATTO JR, D. L; AYRES, F. M; DE OLIVEIRA, P. E. Índice de Qualidade da Água – IQA do Reservatório do Tanque Grande, município de Guarulhos, estado de São Paulo, Brasil: 1990 – 2006. *Revista UnG – Geociências* v. 6, n. 1, 2007.

SAID, A., STEVENS, D.K., SEHLKE, G. An innovative index for evaluating waterquality in streams. *Environ. Manag.* 34, 406–414. 2004.

SANTOS, J. E. B. Controle ambiental em Mangue Seco. Avaliação preliminar da qualidade das águas. A água em revista. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), n°1, p.43-49, novembro. 1993.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. Qualidade das Águas Interiores do Estado de São. ANEXO II: Índice de Qualidade de Águas. 2007.

SOUZA, A. D. G; TUNDISI, J. G. Water Quality in Watershed of the Jaboatão River (Pernambuco, Brazil): a Case Study. Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 46, n. 4, p. 711 – 721, December, 2003

SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de engenharia sanitária e ambiental UFMG. 2004. 452p.

SRIVASTAVA, P. K; MUKHERJEE, S; GUPTA, M; SINGH, S. K. Characterizing Monsoonal Variation on Water Quality Index of River Mahi in India using Geographical Information System. Water Qual Expo Health v. 2, 2011. 193–203p.

STEVENSON, F.J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. New York: J. Wiley, 1994. 496p.

Technology Transfer Series, Washington, 1978b.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. EDUSP, Editora na UFRGS, ABRH, 952p.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão dos recursos hídricos. Revista USP, São Paulo, n. 70, p. 24 – 35, jun./ago. 2006.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. Estudos Avançados 22 (63): 7-16. 2008.

VALENTE, J. P. S; PADILHA, P. M; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD) demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP. Eclética Química. Fundação Editora da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, v. 22, p. 49-66, 1997.

WU, Y; CHEN, J. Investigating the effects of point source and nonpoint source pollution on the water quality of the East River (Dongjiang) in South China. Ecological Indicators, v. 32, 2013. 294 – 304p.

ZHANG, M., ZHANG, M. Assessing the impact of leather industries on the quality of water discharged into the East China Sea from Wenzhou Watersheds. J. Environ. Manage 85, 393–403. 2007.