



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

MILENA SCARAMUSSA PASTRO

**QUALIDADE DA ÁGUA EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS COM
DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2015

MILENA SCARAMUSSA PASTRO

**QUALIDADE DA ÁGUA EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS COM
DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Recursos Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio

Coorientador: Prof. Dr. Sidney Sara Zanetti

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

P293q Pasto, Milena Scaramussa, 1988-
Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas vegetais / Milena Scaramussa Pasto. – 2015.
82 f. : il.

Orientador: Roberto Avelino Cecílio.

Coorientadores: Sidney Sára Zanetti.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Recursos hídricos. 2. Análise de agrupamento. 3. Análise de componentes principais. 4. Manejo de bacias hidrográficas. I. Cecílio, Roberto Avelino. II. Zanetti, Sidney Sára. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

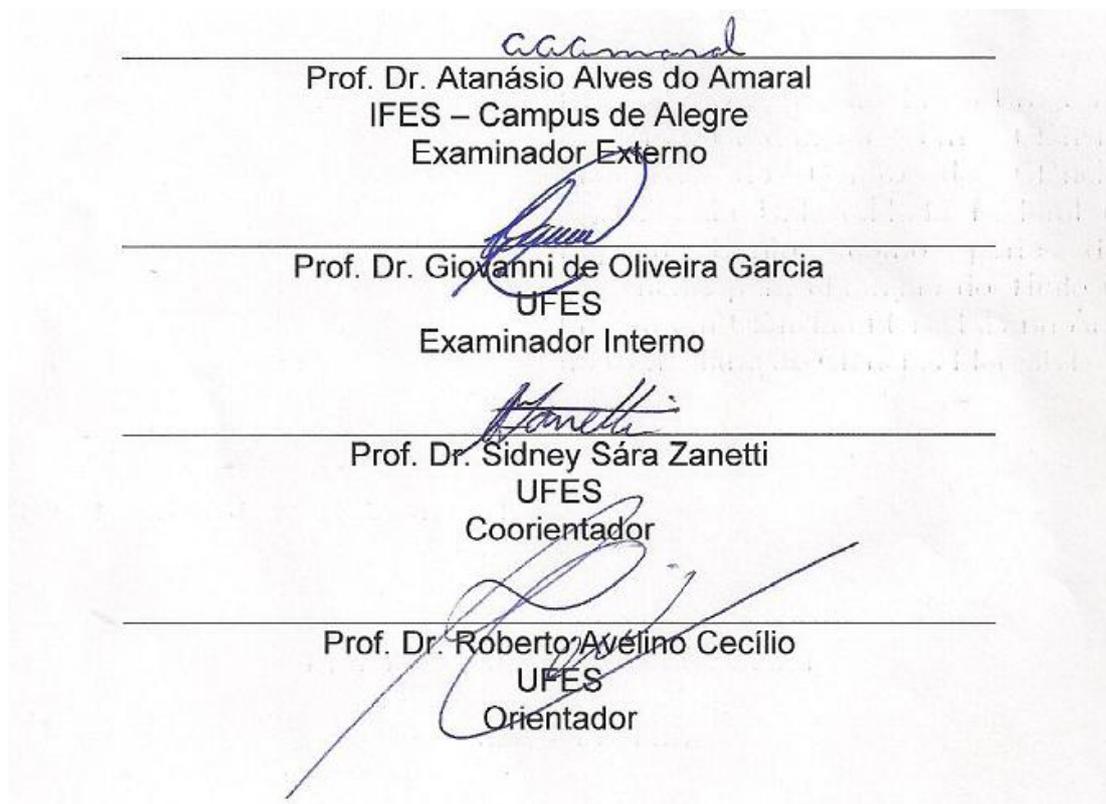
CDU: 630

**QUALIDADE DA ÁGUA EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS COM
DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS**

MILENA SCARAMUSSA PASTRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Recursos Florestais.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2015.



AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, minha fonte de força e sustentação.

A minha família que ofereceu-me bases fortes e ensinou-me desde de cedo a ter orgulho de minhas origens. Em especial, agradeço a minha mãe Regina, meu exemplo de determinação, meu pai Anísio, meu exemplo de positivismo e meu irmão Renan, meu exemplo de persistência em correr atrás dos sonhos.

Ao meu orientador Roberto Avelino Cecílio e meu coorientador Sidney Sára Zanetti pelos conhecimentos compartilhados e toda atenção diante das dúvidas durante o percurso.

A Universidade Federal do Espírito Santo pela oferta do Programa de Pós-graduação e todo apoio prestado e a FAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Giovanni de Oliveira Garcia que mostrou-se sempre solícito em discutir ideias para vencer os desafios que surgiram durante a pesquisa. Ao professor Atanásio Alves do Amaral por toda educação e gentileza e pelo consentimento em disponibilizar o laboratório de Ecologia Aquática Produção de Plâncton para realização de algumas análises laboratoriais.

À professor Mirna Aparecida Neves pela disponibilidade em fornecer alguns equipamentos necessários a realização desta pesquisa.

Ao proprietário Sr. Vanaide Curti do Nascimento que permitiu as coletas de água, na microbacia da área de cafeeicultura, na sua propriedade.

Ao Laboratório de Recursos Hídricos da UFES/Jerônimo Monteiro e ao Laboratório de Ecologia Aquática Produção de Plâncton do IFES/Alegre, em especial aos técnicos laboratoristas Alexandro José de Almeida e Luciano Bestete Oliveira que auxiliaram nas análises laboratoriais.

Aos graduandos PIBIC: Rômulo Lírio Paz, Diego Pires Guio e Cecília Neves Catrinck que acompanharam as coletas em campo.

Aos colegas do laboratório de Geoprocessamento pelos momentos de descontração, em especial, a Natália Gomes de Souza Mendes.

Às amigas Mariana Duarte Silva Fonseca e Denise Ransolin Soranso pelo companheirismo e amizade nessa árdua caminhada durante o mestrado.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

OBRIGADA!

RESUMO

PASTRO, Milena Scaramussa. **Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas vegetais**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro – ES. Orientador: Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio. Coorientador: Prof. Dr. Sidney Sara Zanetti.

A água é um bem essencial à vida no planeta e por isto, estudos sobre o comportamento de sua qualidade são de suma importância. Deste modo, o objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade da água em microbacias hidrográficas sob diferentes usos do solo. Para tanto, foram selecionadas quatro microbacias com diferentes usos do solo : pastagem (água superficial da nascente, ambiente lântico e ambiente lótico); regeneração florestal em estágio primário (água subterrânea); floresta (água subterrânea e superficial em ambiente lântico); e cafezal (água subterrânea e água superficial em ambiente lântico e nascente). As coletas ocorreram bimestralmente, entre fevereiro de 2014 e dezembro de 2014, sendo analisados: coliformes totais e termotolerantes; oxigênio dissolvido (OD); nitrogênio total (Nt); PO_4^{3-} ; turbidez; temperatura; pH; Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); condutividade elétrica (CE); sólidos totais (ST); sólidos dissolvidos (SD); sólidos suspensos (SS); e os metais cálcio, magnésio e ferro. Realizou-se a análise descritiva de cada variável nos períodos seco e chuvoso, sendo os valores confrontados com os padrões normativos da legislação brasileira, tendo-se calculado os Índices de Qualidade da Água (IQAs) em cada ponto de coleta. Para auxiliar na interpretação do grande número de variáveis, utilizou-se técnicas de análise estatística multivariada, por meio da análise de agrupamento (AA) e análise de componentes principais (ACP). Todos os pontos de coleta apresentaram algum tipo de inconformidade com as normativas para consumo humano. Os maiores índices de qualidade da água (IQA) foram encontrados na microbacia da área de floresta, seguidas das microbacias da área de café e pastagem. Na AA, foram formados quatro grupos distintos, no período chuvoso: grupo 1 formado pelas nascentes e águas subterrâneas; grupo 2 formados pelos ambientes lânticos da área de café e da floresta; grupo 3 formado pelo ambiente lântico da pastagem; e o grupo 4 formado pelo ambiente lótico da pastagem. No período seco, foram formados três grupos: grupo 1 formado pela nascente da área de café, água subterrânea da

microbacia da área de floresta, ambientes lênticos das microbacias de cafeeicultura e floresta; grupo 2 formado pelo ambiente lêntico da microbacia da área de pastagem; e o grupo 3 formado pela nascente e ambiente lótico da microbacia da área de pastagem. A diferença entre os ambientes foi o principal fator de influencia na segregação dos grupos. A partir da ACP foram selecionadas 4 componentes principais que explicaram 73,09% da variância total dos dados. As variáveis selecionadas foram: a CE, a turbidez, o Mg, o Fe, o SD, o Nt, a DBO, o pH e os coliformes termotolerantes, e, portanto, estando relacionadas aos sais dissolvidos, à poluição por matéria orgânica e ao pH.

Palavras-chave: Recursos hídricos, análise de agrupamento, componentes principais, manejo de bacias hidrográficas.

ABSTRACT

PASTRO, Milena Scaramussa. **Water quality in watersheds with different land uses**. 2015. Dissertation (Master's degree on Forest Science) – Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro – ES. Adviser: Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio. Co-adviser: Prof. Dr. Sidney Sara Zanetti.

Water is a resource essential for life on the planet and therefore, studies on the behavior of their quality are of paramount importance. Thus, the aim of this study is to evaluate the water quality in watersheds under different land uses. To this end, four watersheds were selected with different land uses: pasture (surface water source, lentic environment and lotic); Forest regeneration in primary stage (groundwater); forest (ground and surface water in lentic environment); and coffee plantation (groundwater and surface water in lentic and spring environment). The samples were collected every two months, between February 2014 and December 2014 were analyzed: total and fecal coliforms; dissolved oxygen (DO); total nitrogen (Nt); PO_4^{3-} ; turbidity; temperature; pH; Biochemical Oxygen Demand (BOD); Electrical conductivity (EC); total solids (TS); dissolved solids (DS); suspended solids (SS); metals and calcium, magnesium and iron. We conducted a descriptive analysis of each variable in the dry and rainy seasons, with the results compared with the normative standards of the Brazilian legislation, having calculated the Water Quality Index (SEQUI) at each collection point. To assist in the interpretation of the large number of variables, we used multivariate statistical analysis by cluster analysis (AA) and principal component analysis (PCA). All collection points had some type of non-compliance with regulations for humans. Os major water quality indices consumption (IQA) were found in the watershed forest area, followed by the watersheds of the coffee area and pasture. In AA, four groups were formed during the rainy season: group 1 formed by springs and groundwater; group 2 formed by lentic the breakfast area and the forest; group 3 formed by lentic environment pasture; and group 4 formed by lotic pasture. In the dry period, three groups were formed: group 1 formed by spring breakfast area, groundwater forest area of the watershed, lentic environments of the watersheds of cafeeicultura and forest; group 2 formed by lentic environment of the pasture area of the watershed; and group 3 formed by the source and lotic the pasture area of the watershed. The difference between the

environments was the main factor of influence on the segregation of groups. From the ACP were selected 4 main components explained 73.09% of the total variance of the data. The selected variables were: the EC, turbidity, Mg, Fe, SD, Nt, BOD, pH, fecal coliform, and therefore being related to dissolved salts, pollution by organic matter and pH.

Keywords: Water resources, cluster analysis, principal components, watershed management.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA ÁGUA	13
2.1.1 Variáveis Físicas	13
2.1.2 Variáveis Químicas	14
2.1.3 Variáveis Microbiológicas	18
2.2 RELAÇÃO ENTRE PROCESSOS HIDROLÓGICOS, QUALIDADE DA ÁGUA E USOS DO SOLO	19
2.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA	21
2.4 DISPOSITIVOS LEGAIS	25
2.4.1 Constituição Federal.....	25
2.4.2 Código das Águas.....	25
2.4.3. Política Nacional das Águas	26
2.4.4 Resolução CONAMA nº 357/05: Classificação dos corpos de água superficiais	26
2.4.5 Resolução CONAMA nº 396/08: Classificação dos corpos de água subterrâneos	27
2.4.6 Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/11: Potabilidade de água	28
3 MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1 ÁREA DE ESTUDO	30
3.1.1 Sub bacia do Córrego Horizonte	30
3.1.2. Microbacias selecionadas	31
3.1.3 Análise de solo das microbacias	35
3.2 VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA ÁGUA MEDIDAS	37
3.3 COLETAS E ANÁLISE DE ÁGUA	37
3.4 ANÁLISE DOS DADOS.....	39
3.4.1 Análise estatística descritiva	40
3.4.2 Comparação com padrões normativos	40
3.4.3 Cálculo do IQA-CETESB	41
3.4.4. Análise de Agrupamento (AA).....	42
3.4.5 Análise de Componentes principais (ACP).....	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1 ANÁLISE DESCRITIVA	46
4.2 CONFORMIDADE COM OS PADRÕES NORMATIVOS	63
4.3 IQA-CETESB	67
4.4 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO	69
4.5 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS	71
5 CONCLUSÃO	74
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

1 INTRODUÇÃO

Estudos referentes a água são de extrema importância, pois esta é um recurso natural essencial a vida, porém limitado. O planeta Terra possui aproximadamente 34.650 quilômetros cúbicos de água doce, todavia, apesar da aparente abundância, este total representa apenas 2,5% da água presente no planeta (SHIKLOMANOV, 1998). O mesmo autor enfatiza que, desses quilômetros cúbicos mencionados anteriormente, 69,6% encontram-se congelados nas geleiras e calotas polares, 30% é representada por águas subterrâneas e 0,4% é representada por água atmosférica e de superfície.

Os conflitos referentes à água tem se tornado cada vez mais eminentes em todo o globo. China, sudeste da Ásia, África, excluindo poucos países, e até mesmo a Europa tem sentido a crise no suprimento e no gerenciamento da água à medida que os lençóis subterrâneos baixam de nível.

Os intensos e prolongados períodos de seca, inclusive no Brasil, a diminuição da vazão de rios e o desaparecimento de nascentes causam a falsa ideia de que a água está acabando. Porém, o volume de água existente a milênios é a mesma dos dias atuais. As causas reais do intenso processo de degradação da água estão relacionados, principalmente: a má distribuição do recurso; a oferta incompatível com a demanda; e a degradação da qualidade da água. Por isso, estudos relacionados à qualidade da água vão ao encontro do ideal da sustentabilidade, no qual, a água deverá ser assegurada às gerações futuras seguindo padrões de qualidade adequados aos seus usos múltiplos.

Segundo Von Sperling (2005), a qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e antrópicos. O escoamento superficial e a infiltração, por exemplo, são processos naturais que interferem na qualidade da água mesmo em microbacias completamente preservadas. Interferências diretas do homem, como despejo industrial e doméstico, uso indiscriminado de defensivos agrícolas e mau manejo do solo, também são responsáveis pela degradação dos recursos hídricos.

O Brasil, apesar do grande potencial hídrico que possui, também tem sentido a crise na disponibilidade da água, resultante das intensas pressões sobre os recursos naturais, sobretudo das florestas, em todo seu desenvolvimento histórico. As matas foram substituídas por extensas áreas agrícolas e de pastagem gerando

alterações no ciclo hidrológico, resultando em modificações na disponibilidade dos recursos hídricos.

Neste sentido, a falta de cobertura do solo influencia na proteção contra o choque das gotas de chuva, podendo levar ao selamento superficial (TUCCI; CLARKE, 1997). Este fato favorece tanto o aumento do escoamento superficial, propiciando a produção de sedimentos para os corpos hídricos, quanto a diminuição da infiltração de água no solo, reduzindo a recarga dos aquíferos e, conseqüentemente, diminuindo a disponibilidade quantitativa e qualitativa de água nas bacias hidrográficas (VALENTE; GOMES, 2004). Logo, a remoção das florestas afetam substancialmente a qualidade da água e, portanto, são componentes fundamentais nos ecossistemas de rios, lagos e represas (TUNDISI; TUNDISI, 2010). Desse modo, intervenções no regime natural podem afetar drasticamente a qualidade da água de uma bacia. Portanto, os diferentes usos e ocupações do solo interferem de maneiras distintas na qualidade da água e o conhecimento desses efeitos torna-se muito importante na gestão de recursos hídricos. Muitos estudos estão sendo feitos neste sentido, porém, o Brasil possui grande biodiversidade, nos quais, áreas próximas podem ter situações completamente distintas, ou responderem às intervenções ambientais de forma diferentes. Este fato, reafirma a importância de mais estudos serem feitos na busca por entender os efeitos das modificações antrópicas, sobretudo, na qualidade da água.

Diante do exposto, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar a qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas vegetais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água pode ser representada por indicadores e variáveis que possibilitou interpretar suas características físicas, químicas e biológicas (VON SPERLING, 2007).

2.1.1 Variáveis Físicas

Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência sofrida por um feixe de luz ao atravessar a água (VON SPERLING, 2005). Segundo CETESB (2009) a atenuação do feixe dá-se por absorção e espalhamento da luz em contato com o sólidos em suspensão, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca. Neste sentido, a mesma pode estar relacionada a causas naturais, como partículas de rocha, argila, silte, algas e microorganismos, bem como causas antropogênicas, através de despejos domésticos, industriais e erosão (VON SPERLING, 2005). Estudando a qualidade da água no rio Jucu-ES, Piccolo et al. (1999) verificou que a turbidez foi a variável mais indicada para determinação indireta da quantidade de sólidos em suspensão da água. Franco e Hernandez (2009), analisando cinco amostras de água coletadas ao longo da microbacia do Coqueiro-SP, observou valores de turbidez mais elevados no período chuvoso, resultante do processo erosivo presente na região, e uma tendência a ambientes lênticos reterem sedimentos e, conseqüentemente, aumentar os valores de turbidez, interferindo na qualidade da água.

Sólidos

Os sólidos podem ser classificados de acordo com: a) tamanho e estado: caracterizados pelos sólidos totais, sólidos suspensos e sólidos dissolvidos; b) pelas

características químicas: caracterizados pelos sólidos voláteis e sólidos fixos; c) sedimentabilidade: representado pelos sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos em suspensão não sedimentáveis (VON SPERLING, 2005).

Sólidos totais nas águas podem ser entendidos como toda matéria que, após evaporação, secagem ou calcinação, a uma dada temperatura por um período específico, permanecem como resíduo (CETESB, 2009). Sólidos suspensos são todos os resíduos que, após filtração, ficam retidos no filtro. Os sólidos dissolvidos são difíceis de serem medidos, por isso em testes laboratoriais eles normalmente obtidos através da diferença entre sólidos totais e sólidos suspensos.

A presença dos sólidos podem causar danos aos peixes, podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo do rio (CETESB, 2009) e podem alterar características químicas e físicas da água. Nitrogênio, fósforo, matéria orgânica, turbidez, pH, condutividade elétrica são algumas variáveis ligadas a presença de sólidos dissolvidos e suspensos. A presença de sólidos em elevadas proporções podem conferir cor e sabor desagradáveis na água e também podem ser indicadores de processos erosivos.

Temperatura da água

Segundo Von Sperling (2007), a temperatura pode ser definida como a intensidade de calor medida em um corpo hídrico. Fatores como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade do manancial podem promover a variação da intensidade de calor durante um período (CETESB, 2009). Pinto et al. (2012) destacam a importância das matas ciliares na regularização da temperatura da água.

2.1.2 Variáveis químicas

Potencial hidrogeniônico (pH)

Representa a concentração de íons hidrogênio H^+ em uma solução indicando a condição ácida, neutra ou básica da água (VON SPERLING, 2005). Segundo o mesmo autor, as variações no pH podem ter origem natural, através de dissolução de rochas, oxidação da matéria orgânica, fotossíntese, bem como de origem

antrópica, através dos despejos domésticos e industriais. O pH pode favorecer a precipitação de elementos químicos como metais pesados e exercer efeitos sobre a solubilidade dos nutrientes (CETESB, 2009). Valores elevados de pH podem ser resultantes do aumento da proliferação de algas, valores afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática e também indicar presença de efluentes industriais (VON SPERLING, 2007).

Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio presente na água é de extrema importância para os organismos aeróbios. Podem provir de fontes naturais, através da dissolução do oxigênio atmosférico e produção pelos organismos fotossintéticos, ou de fontes antropogênicas, pela introdução de aeração artificial e produção de organismos fotossintéticos em ambientes eutrofizados (VON SPERLING, 2005). Por outro lado, as principais perdas estão no consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como, por exemplo, o ferro e o manganês (ESTEVEZ, 1998).

A solubilidade do oxigênio varia com a altitude e a temperatura. Valores de OD superiores a concentração da saturação ($9,2 \text{ mg L}^{-1}$ ao nível do mar) são indicativos da presença de algas, enquanto valores de OD muito inferiores à saturação são indicativos de matéria orgânica (VON SPERLING, 2007). Agrizzi (2012) observou menores concentrações de OD em locais com presença de animais bovinos, normalmente encontrados em pastagens, onde as bactérias tendem a gastar o oxigênio para degradar os excrementos produzidos por tais animais.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Expressa "a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável" (CETESB, 2009). Em testes para análises, normalmente considera-se a DBO como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo (5 dias), numa temperatura de incubação específica ($20 \text{ }^{\circ}\text{C}$), sendo por isso frequentemente referido como $\text{DBO}_{5,20}$. Segundo Von Sperling (2007), em termos práticos, a DBO é a quantificação indireta da potencialidade da geração de um impacto, e não a medição direta do impacto em si. Em águas não poluídas a DBO

alcança $2 \text{ mg L}^{-1} \text{ O}_2$ e em águas que recebem despejos orgânicos os valores de DBO podem atingir valores de 10 mg L^{-1} ou mais (CHAPMAN e KIMSTACH, 1992). Portanto, a demanda bioquímica de oxigênio elevada indica baixa qualidade da água.

Nitrogênio

Diversas são as fontes de nitrogênio nas águas naturais. As formas predominantes do nitrogênio no meio aquático são: nitrogênio molecular (N_2); nitrogênio orgânico; amônia livre (NH_3); íon amônio (NH_4^+); íon nitrito (NO_2^-); e íon nitrato (NO_3^-), sendo este último associado a doenças como a metahemoglobinemia (SPERLING, 2005). O processo de nitrificação (conversão da amônia em nitrito e depois em nitrato) leva ao consumo de oxigênio (ESTEVES, 1998). Além disso, o nitrogênio é um elemento fundamental no crescimento de algas, podendo contribuir para a evolução do processo de eutrofização de lagos (VON SPERLING, 2007).

Em um curso d'água a forma dominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o grau de poluição, como apresentado no Quadro 1:

Quadro 1 – Formas predominantes de nitrogênio segundo condições distintas

Condição	Formas do nitrogênio
Poluição recente em um curso d'água	N orgânico; NH_3
Estágio intermediário da poluição	N orgânico; NH_3 ; NO_2^- ; NO_3^-
Poluição remota em um curso d'água	NO_3^-

Fonte: SPERLING (2005).

As formas de amônia encontradas em solução (NH_3 e NH_4^+) podem ser influenciadas pelo pH e a temperatura. Em relação ao pH com valores maiores que 11 praticamente toda a amônia estará na forma de NH_3 ; com $\text{pH} < 8$ praticamente toda a amônia estará na forma de NH_4^+ . Em relação a temperatura: a proporção de NH_3 a 25°C é o dobro da amônia total a 15°C (VON SPERLING, 2005). Estas informações tornam-se importantes para a manutenção da vida aquática pois a amônia livre é altamente tóxica para os peixes (ESTEVES, 1998).

Fósforo

O fósforo pode se apresentar em diferentes formas nas águas: ortofosfato (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4), os polifosfatos (moléculas mais complexas); e fósforo orgânico (VON SPERLING, 2005). Em corpos hídricos, todas as formas de

fosfatos são importantes, contudo, os ortofosfatos assumem maior relevância por serem a forma assimilada pelos vegetais aquáticos (ESTEVES, 1998).

As fontes podem ser de origem natural ou antropogênica. A primeira refere-se a dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica, composição celular de microorganismos, já a segunda está relacionada a despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes (VON SPERLING, 2007). O fosfato pode alcançar os mananciais pelo escoamento superficial, preferencialmente adsorvido às argilas, em regiões onde os argisolos são frequentes (ESTEVES, 1998).

Assim como o nitrogênio, o fósforo é um elemento essencial no crescimento de algas e em concentrações elevadas pode causar a eutrofização de lagos e represas (CETESB, 2009). Sharpley e Halvorson (1994), realizando estudos em bacias hidrográficas nos Estados Unidos, encontraram relação direta entre o aumento do fósforo perdido pelo escoamento superficial com a diminuição das florestas e o aumento das áreas agrícolas.

Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica representa a capacidade da água em conduzir corrente elétrica (VON SPERLING, 2005), sendo dependente da temperatura e das concentrações iônicas (CETESB, 2009). Assim, a condutividade elétrica aumenta de acordo a medida que mais sólidos dissolvidos são acrescentados a água (CETESB, 2009). Segundo Lima (2004), condutividade elétrica pode fornecer informações sobre a magnitude da concentração iônica, diferenças geoquímicas nos afluentes de um rio principal ou de um lago e variações diárias. O mesmo autor comenta que o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, o ferro, o nitrato, o cloreto, o sulfato, o silicato, o carbonato e os bicarbonatos são os principais íons associados as alterações da condutividade elétrica.

Ferro, cálcio e magnésio

O ferro está presente numa grande quantidade de solos na sua forma insolúvel, Fe^{3+} , porém, em águas com ausência ou baixo nível de oxigênio dissolvido, como em águas subterrâneas, ele pode se apresentar na forma reduzida, Fe^{2+} (SPERLING, 2005). Em grandes concentrações, podem conferir cor e sabor à água. Em águas superficiais, normalmente o ferro encontra-se em maiores

concentrações nos períodos chuvosos devido ao processo de erosão (CETESB, 2009).

O cálcio é um dos principais cátions encontrados em águas naturais, pois assim como para o magnésio, grande parte das rochas são fontes deste elemento. Os teores de magnésio geralmente são inferiores aos de cálcio, pois os minerais fornecedores do primeiro são mais estáveis que o do segundo. Também podem ser resultado de processos erosivos, nos quais partículas de solo e fertilizantes são arrastados para a calha de rios, elevando a concentração dos mesmos no manancial (CETESB, 2014).

Franco;Hernandes (2009) confirmam em seus estudos que elevadas taxas de ferro, cálcio e magnésio nas áreas estudadas foram oriundos do solo. Os autores também destacam o risco dos alto valores de ferro na obstrução de sistemas de irrigação.

2.1.3 Variáveis microbiológicas

Coliformes Totais e Termotolerantes

Coliformes totais são bactérias gram-negativas, aeróbias ou anaeróbias facultativas, capazes de fermentar a lactose a $35,0 \pm 0,5$ °C em 24-48 horas, com produção de ácido, gás e aldeído. Muitos gêneros e espécies pertencem a este grupo, sua presença pode se dar em água e solos não contaminados motivo pelo qual também são conhecidos como coliformes ambientais (VON SPERLING, 2005). Desse modo, os coliformes totais não devem ser usados como indicadores de contaminação fecal, mas devem estar ausentes no abastecimento de água potável (BRASIL, 2011).

Coliformes termotolerantes são bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, capazes de fermentar a lactose nas temperaturas de 44 °C a 45 °C, com a produção de ácido, gases e aldeído (CONAMA, 2005). Podem estar presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, mas também em solos, plantas e em outras matrizes com ausência de contaminação fecal. São pertencentes a este grupo principalmente a *Escherichia coli*, e, em menor escala, os gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* (VON SPERLING, 2005). Destes representantes, apenas o

primeiro é de origem fecal. Portanto, testes para análise de coliformes termotolerantes não garantem contaminação de origem fecal como teste específico para *E. coli*, mas sua detecção é aceitável e largamente utilizada como um indicativo a presença de coliformes fecais, em avaliação de qualidade da água (CETESB, 2009).

A presença de animais próximo aos mananciais podem elevar os alto valores de coliformes totais e termotolerantes (AGRIZZI, 2012; BERTOSSI et al., 2013), ocasionando a diminuição do qualidade da água, principalmente quando o destino é o abastecimento humana.

Existem inúmeras técnicas para detecção de coliformes em uma amostra (GREGHI, 2005; ROMPRÉ et al., 2002). Contudo, a técnica dos tubos múltiplos é tradicionalmente utilizada e amplamente aplicada no Brasil e no mundo (BRUZANELLO et al., 2008; EATON et al., 2005; GREGHI, 2005; TERRA et al., 2008).

2.2 RELAÇÃO ENTRE PROCESSOS HIDROLÓGICOS, QUALIDADE DA ÁGUA E USOS DO SOLO

O ciclo hidrológico é caracterizado pelo movimento que a água executa no globo terrestre (VALENTE; GOMES, 2004). A água evaporada da superfície terrestre chega a atmosfera, condensa-se, formando as gotas de água, que por gravidade caem na forma de precipitação (TUCCI e CLARKE, 1997). A cobertura florestal exerce um papel importante na redistribuição da água das chuvas, promovendo o amortecimento, direcionamento e retenção das gotas antes de atingir o solo, beneficiando os processos de infiltração e desfavorecendo o escoamento superficial (COSTENARO et al., 2009), responsáveis principalmente pelo abastecimento dos lençóis subterrâneos e carreamento de sedimentos para calha de rios, respectivamente.

Ao atingir o solo, a água pode ser captadas pelas raízes dos vegetais que utilizarão em seu metabolismo. Grande número de espécies vegetais, de clima tropical, chegam a perder mais que seu próprio peso em água, em certas condições (PIMENTEL, 2004), estando o processo de transpiração vegetal envolvido em tais

perdas. Neste sentido, dada a necessidade hídrica de cada vegetal e a importância da evapotranspiração no ciclo hidrológico, Castro e Lopes (2001) destacam a possibilidade de o reflorestamento no entorno de nascentes diminuir o volume das mesmas, sendo uma das causas o aumento da evapotranspiração das espécies vegetais implantadas, sobretudo em período de estiagem.

A água pode infiltrar-se no solo e atingir os lençóis subterrâneos. Centurion et al. (2001), estudando diferentes tipos de agroecossistemas em Latossolo Vermelho verificou que, diferindo da mata, em todos os sistemas de manejo do solo houve tendência a formação de camada compactada em diferentes profundidades do solo principalmente por conta do pisoteio dos animais e dos maquinários agrícolas. Estudos como este, demonstram que diferentes usos do solo, interferem na capacidade de infiltração de água do solo e conseqüentemente no abastecimento dos lençóis subterrâneos.

A água também pode escoar superficialmente e atingir os mananciais. Neste percurso, podem ser carregados sedimento, compostos químicos, matéria orgânica e defensivos agrícolas, resultando na degradação dos cursos d' água (PRUSKI, 2011). Fernandes et al. (2014), estudando perda de solo em duas sub bacias no município de Macaé, RJ, encontraram menor aporte de sedimentos na microbacia com maior cobertura florestal. Franco et al. (2002), compararam perdas de solo em um sistema agroflorestal e em um sistema agrícola convencional, e constataram que o primeiro pode ser uma alternativa para diminuição da poluição dos recursos hídricos.

Partindo do pressuposto que os processos que ocorrem no ciclo hidrológico estão ligados entre si, intervenções no regime natural do ambiente podem afetar a qualidade da água de uma bacia. Desse modo, a qualidade da água é influenciada pelo uso e ocupação do solo (BATALHA et al., 2014; LIMA; PEREIRA et al., 2012; PERAZZOLI et al., 2013, ZAKIA, 1996)

Pinto et al. (2012) analisou os impactos de diferentes usos do solo sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas da água de cinco nascentes situadas em mata ciliar, pastagem, cultivo de café, residências e policultivos. Neste estudo, constatou-se que a presença de vegetação ciliar na nascente em meio a mata auxiliou na proteção quali-quantitativa de seus recursos hídricos. A nascente com pastagem apresentou-se a mais degradada em decorrência do avançado estágio de erosão. Na nascente com café, a presença de atividade agropecuária com emprego de defensivos agrícola afetaram os níveis de algumas variáveis, reduzindo a

qualidade da água desta nascente. Na nascente próximas de residências, os fatores de comprometimento da qualidade da água foram a ausência de mata ciliar e a presença de casas com fossas negras ao seu entorno, que são fossas onde o esgoto fica em contato direto com o solo. Já a nascente em policultivo apresentou a maioria dos impactos negativos, porém sem comprometimento da qualidade da água.

Vanzela et al. (2010) com o objetivo de verificar a influência do uso e ocupação dos solos sobre os recursos hídricos do córrego Três Barras, município de Marinópolis, SP, encontrou pior qualidade da água em áreas agricultadas, matas degradadas e áreas habitadas, e melhores para áreas ocupadas por matas e pastagem (em menor intensidade).

Arcova e Cicco (1999), estudando 4 microbacias na região de Cunha, SP, observaram que a qualidade da água foi mais elevada nas microbacias de floresta que nas microbacias de agricultura, sendo os valores de turbidez, temperatura e cor aparente maiores em relação às de uso agrícola. Donadio et al. (2005), estudando 4 nascentes localizadas na bacia hidrográfica do Córrego Rico, nos municípios de Taquaritinga e de Guariba - SP, constataram que nas nascentes com vegetação natural remanescente a qualidade da água mostrou-se melhor que nas nascentes com uso agrícola, sendo as variáveis cor, turbidez, alcalinidade e nitrogênio total as que mais explicaram as diferenças na qualidade da água entre os usos do solo estudado.

2.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

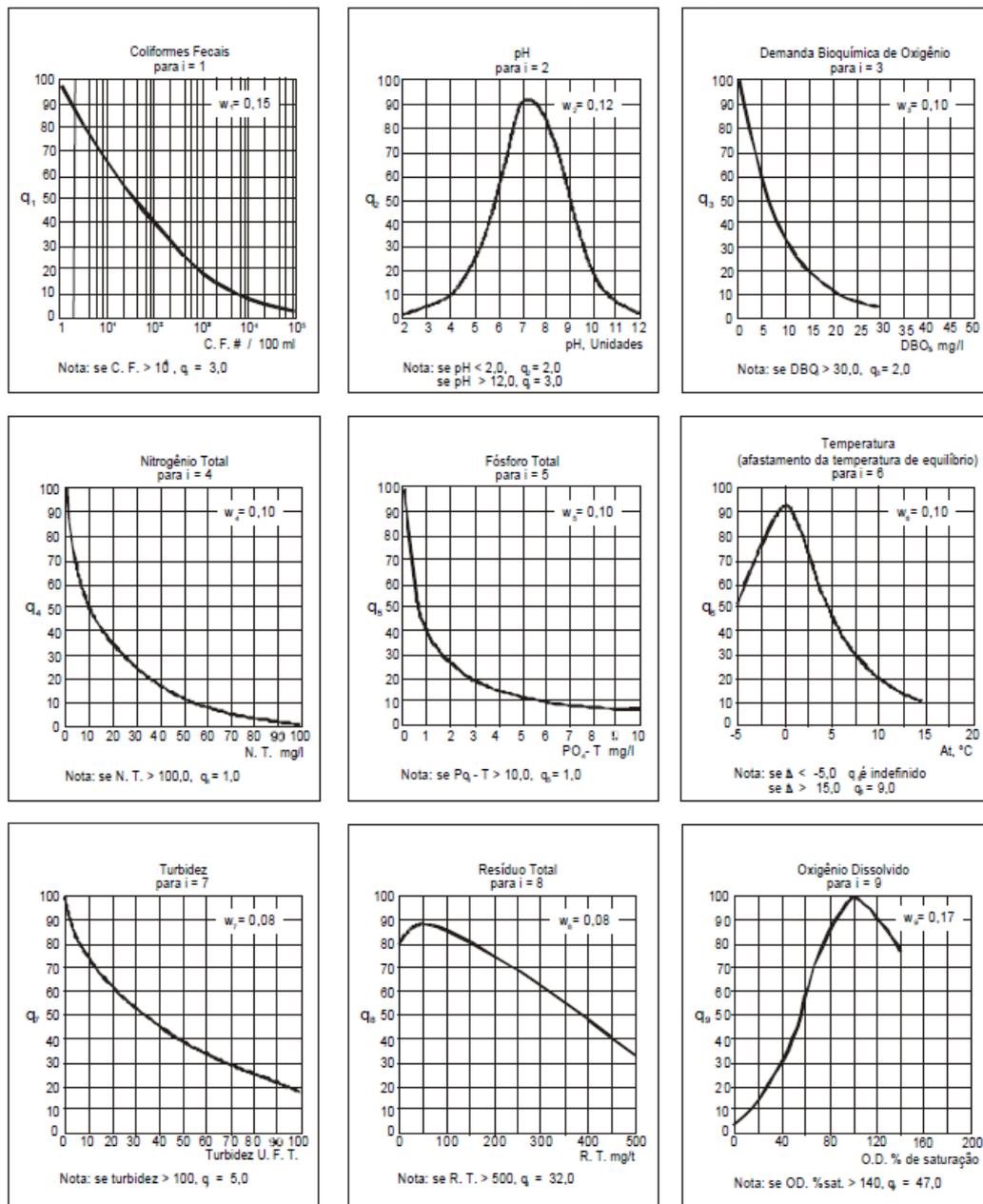
Mediante os processos de degradação nas bacias hidrográficas, os índices e indicadores foram produtos de uma necessidade técnica de englobar, de forma sistêmica, um conjunto elevado de informações em um único valor e, deste modo, tornar mais acessível ao público a compreensão das informações coletadas (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003; AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2014; VON SPERLING, 2005).

Neste contexto, em 1970 foi criado, nos Estados Unidos pela *National Sanitation Foundation*, o Índice de Qualidade da Água (IQA-NSF). A criação do IQA

baseou-se numa pesquisa entre especialistas na área de qualidade da água que indicaram 9 variáveis a serem consideradas: coliformes termotolerantes, oxigênio dissolvido, fósforo total, turbidez, sólidos totais, temperatura, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO e nitrato.

Em 1975, tal índice foi adaptado pela Companhia Ambiental do estado de São Paulo (CETESB) e a partir daí, tem sido o principal índice de qualidade da água utilizado no Brasil (ANA, 2014; CETESB, 2014). A modificação da CETESB substituiu o nitrato pelo nitrogênio total de forma a adaptar o índice às condições brasileiras. A cada variável foi atribuído um peso específico e traçadas curvas médias de avaliação da qualidade da água (Figura 1).

Figura 1 – Curva de qualidade elaborados pelo NSF para o cálculo do q_i



Fonte: ANA, 2014

O IQA é o produtório entre das notas obtidas de cada variável (q_i) elevado ao seu respectivo peso (w_i). A classificação da água bruta é obtida de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação da qualidade da água de acordo com os resultados obtidos pelo Índice de qualidade (IQA) proposto pelo NSF e CETESB

Faixa de IQA-NSF	Faixa de IQA-CETESB	Classe
91 - 100	80 - 100	Ótima
71 - 90	52 - 79	Boa
51 - 70	37 - 51	Razoável
26 - 50	20 - 36	Ruim
0 - 25	0 - 19	Péssima

Fonte: ANA (2014); Von Sperling (2007).

Estados como Minas Gerais, Mato Grosso e Rio de Janeiro, utilizam a faixa de IQA-NSF, já Espírito Santo, São Paulo, Bahia e Mato Grosso do Sul utilizam a faixa de IQA-CETESB (ANA, 2014).

Mesmo largamente utilizado, o IQA possui limitações quando desconsidera variáveis importantes na avaliação da qualidade da água, como: metais pesados, compostos orgânicos, substâncias que afetam propriedades organolépticas, células de cianobactérias (CETESB, 2014; VON SPERLING, 2007). Desse modo, foram criados diversos índices com objetivos distintos (VON SPERLING, 2007), como:

- a) Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público (IAP): nos quais são considerados as nove variáveis do IQA; variáveis que indicam a presença de substâncias tóxicas e grupo de variáveis que afetam a qualidade organoléptica;
- b) Índice do Estado Trófico (IET): classifica os corpos hídricos em diferentes graus de trofia;
- c) Índices de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas (IVA): avalia a qualidade das águas para fins de proteção de fauna e flora, fornecendo informações tanto em termos ecotoxicológicos, como sobre o grau de trofia.

Neste sentido, Andrade et al. (2005) estudando o rio Trussu em Iguatu, CE elaborou um índice de qualidade da água utilizando a Análise de Componentes Principais. Neste estudo, os autores encontraram sódio, razão de adsorção de sódio (RAS), condutividade elétrica, cloreto, nitrato e pH como variáveis que explicaram melhor a variação total dos dados. Bertossi et al. (2013), estudando três microbacias no município de Alegre, ES, considerou 18 variáveis de qualidade da água dentre eles os presentes no IQA-CETESB e, aplicando a mesma metodologia de Andrade

et al. (2005), constatou que as variáveis que mais explicaram a variância total dos dados diferiram das nove variáveis propostas no IQA-CETESB.

2.4 DISPOSITIVOS LEGAIS

2.4.1 Constituição Federal

A Constituição federal de 1988 revoga o artigo 8º do Código das Águas de 1934 e determina que todas as águas são de domínio público (BRASIL, 1988). Deste modo, o artigo 20 designa que são de controle da União:

- III- os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais;
- IX - os recursos minerais, inclusive os do subsolo.

O artigo 26 inclui entre os bens dos Estados: "as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União" (BRASIL 1988).

Esta ação, permitiu que os Estados e a União pudessem criar seus próprios sistemas de gestão.

2.4.2 Código das Águas

O Código das Águas foi criado pelo decreto 24.643 de 10 de julho de 1934 (BRASIL, 1934). Apesar das muitas modificações realizadas até os dias de hoje, foi considerado a base legal para outras normas subsequentes referentes aos recursos hídricos. Este foi dividido em 2 partes, das quais: a primeira, tratava-se das águas e aspectos gerais bem como de seu domínio e a segunda referiu-se sobre o aproveitamento do potencial da energia hidráulica e regulamentação da indústria

hidroelétrica. O contexto da criação do Código de 1934 foi a mudança do modelo econômico agrário para o industrial na década de 1930 que fez aumentar a demanda por energia elétrica.

2.4.3. Política Nacional de Recursos Hídricos

Em 8 de janeiro de 1997 foi publicada a Lei nº 9433, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH). Dentre os objetivos da PNRH destaca-se:

- I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Prevê como instrumento no capítulo IV, inciso II o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água.

2.4.4 Resolução CONAMA nº 357/05: Classificação dos corpos de água superficiais de acordo com o uso

Em 17 de março de 2005, o Conselho Nacional do Meio Ambiente criou a resolução nº 357 (BRASIL, 2005), que dispôs sobre a classificação dos corpos de água superficiais e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências. Desse modo o documento categoriza as águas em: água doce; água salobra; e água salgada. Estas são classificadas segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

Destacando as águas doces, tem-se:

- I - classe especial: águas destinadas:
 - a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
 - b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
 - c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
- II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
 - b) à proteção das comunidades aquáticas;
 - c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho
 - d) a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
 - e) a proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
- III - classe 2: águas que podem ser destinadas:
- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
 - b) a proteção das comunidades aquáticas;
 - c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
 - d) a 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; e
 - e) a aquicultura e a atividade de pesca.
- IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:
- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
 - b) a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
 - c) a pesca amadora;
 - d) a recreação de contato secundário; e
 - e) a dessedentação de animais.
- V - classe 4: águas que podem ser destinadas:
- a) a navegação; e
 - b) a harmonia paisagística.

A resolução também estabelece limites as variáveis de qualidade da água em cada classe de uso.

2.4.5 Resolução CONAMA nº 396/08: Classificação dos corpos de água subterrâneos

Em 3 de abril de 2008, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA cria a resolução nº 396/08 (BRASIL, 2008) que em seu artigo 3º, dispôs sobre a classificação das águas subterrâneas em seis classes, segundo os seus usos preponderantes:

- I – Classe Especial: águas dos aquíferos destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral;
- II - Classe 1: águas dos aquíferos sem alteração de sua qualidade, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes;
- III - Classe 2: águas dos aquíferos sem alteração de sua qualidade, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante;
- IV – Classe 3: águas dos aquíferos com alteração de sua qualidade, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante;

V – Classe 4: águas dos aquíferos com alteração de sua qualidade, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo;

VI – Classe 5: águas dos aquíferos que possam estar com alteração de sua qualidade, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

O documento traz em anexo uma lista de variáveis com maior probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas, seus respectivos Valores Máximos Permitidos (VMP) para cada um dos usos considerados como preponderantes e os limites de quantificação praticáveis (LQP), considerados como aceitáveis para aplicação desta Resolução.

2.4.6 Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/11: Potabilidade de água

Em 12 de dezembro de 2011 o Ministério da Saúde publica a portaria nº 2914 sendo a quinta versão da norma brasileira de qualidade de água para consumo. Esta portaria dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, regulamentando 87 substâncias químicas (BRASIL, 2011).

O capítulo I trata das disposições gerais enfatizando no artigo 3º que "toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente, seja captação superficial ou subterrânea, com ou sem rede de canalização, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água" (BRASIL, 2011, p. 2).

O capítulo II trata de algumas definições e o capítulo III esclarece as competências atribuídas à União, Estados e municípios, bem como estabelece medidas para serem tomadas num possível surto de doenças diarréicas agudas ou doenças com transmissão via fecal-oral. Incentiva, ainda, a ampliação de capacitação técnica e atualização técnica a profissionais do ramo.

O capítulo IV trata das exigências aplicáveis aos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano.

O capítulo V faz referência aos padrões de potabilidade propriamente ditos, aos quais os limites das variáveis regulamentados encontram-se anexados no documento.

O capítulo VI trata dos planos de amostragem e aponta requisitos que devem ser seguidos: a) distribuição uniforme das coletas ao longo do período; e b) representatividade dos pontos de coleta no sistema de distribuição (reservatórios e rede), combinando critérios de abrangência espacial e pontos estratégicos (BRASIL, 2011).

As penalidades estão previstas no capítulo VII cabendo ao Ministério da Saúde, e às Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal dos Municípios, ou órgãos equivalentes, assegurar o cumprimento desta Portaria

3 MATERIAL E MÉTODOS

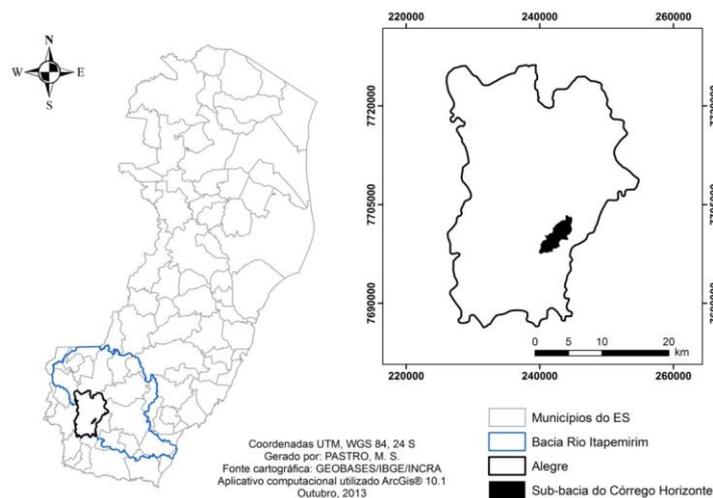
3.1 ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Sub bacia do Córrego Horizonte

A área de estudo está inserida na Sub-bacia do Córrego Horizonte, localizada no município de Alegre-ES, sul do Estado do Espírito Santo, sendo pertencente à Bacia do Rio Itapemirim (Figura 2).

Segundo a classificação internacional de Köppen, o clima da região é do tipo “Cwa”, tropical quente úmido, com inverno frio e seco. A temperatura média de 23,1° C e precipitação anual média de 1.341 mm (LIMA et al., 2008). Quanto ao regime de chuvas, Lima et al. (2008) constataram, mediante o estudo da variabilidade temporal de uma série histórica de 63 anos de dados de precipitação para o município de Alegre, que existem duas estações bem definidas, seca e chuvosa, com a maior precipitação média de 242,2 mm em dezembro, e o menor valor médio de 26,7 mm em junho.

Figura 2 – Localização da Sub-bacia do Córrego Horizonte no município de Alegre-ES.

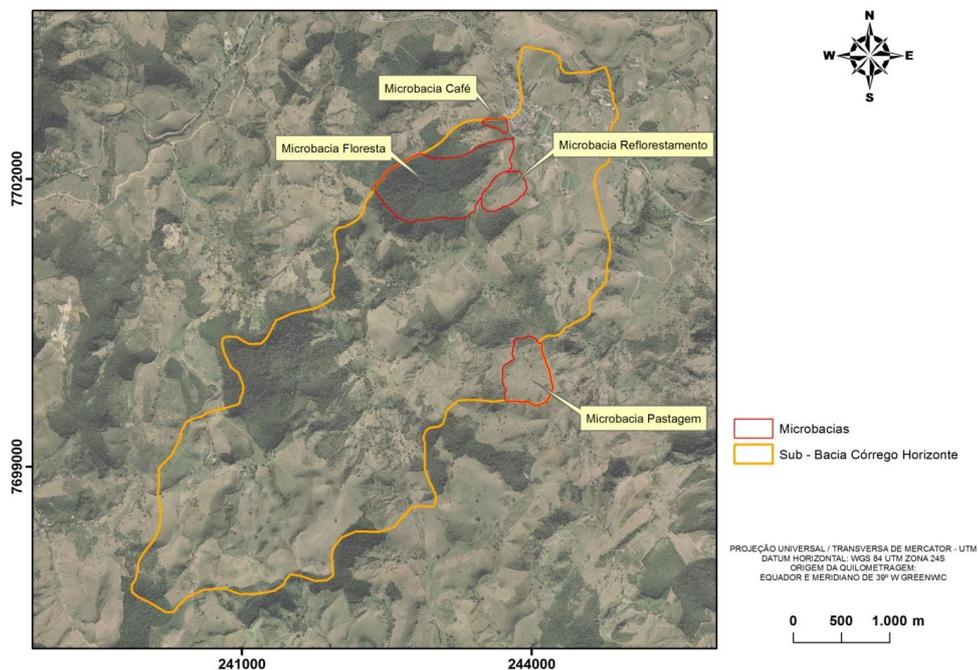


Fonte: o autor.

3.1.2. Microbacias selecionadas

Os estudos transcorreram em quatro microbacias que foram selecionadas, principalmente, por possuírem características representativas da bacia a que pertencem e por estarem próximas, portanto, sujeitas a condições climáticas semelhantes (Figura 3). As mesmas diferem entre si, sobretudo, pelos usos do solo: pastagem, reflorestamento, floresta, cafeeicultura.

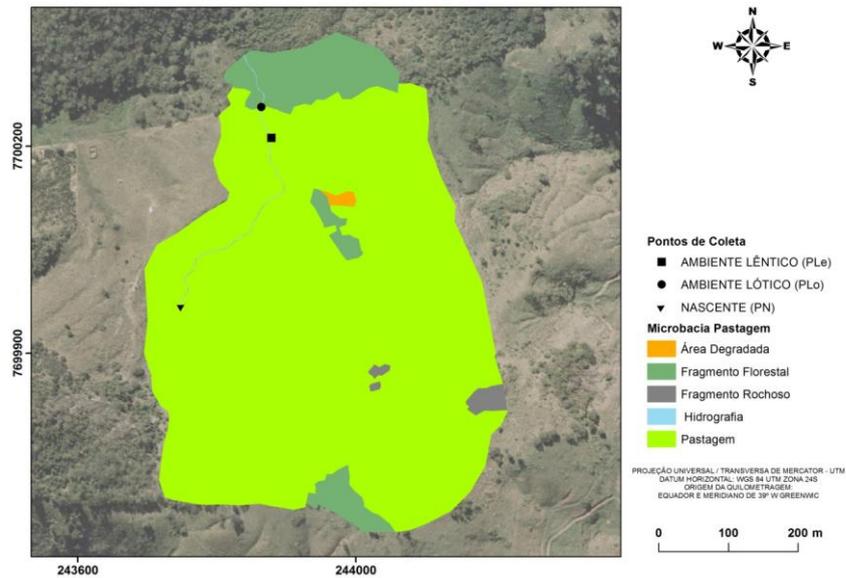
Figura 3 – Área de estudo representada pelas microbacias selecionadas



Fonte: o autor

A microbacia em área de pastagem é utilizada para pastejo contínuo de bovinos, onde não se usa nenhum tipo de insumo agrícola. O tipo de pastejo adotado é o extensivo, sendo realizadas operações anuais de eliminação de ervas daninhas (vegetação espontânea) por meio de roçagem. A microbacia possui 27,5 ha, no qual, 89,5% do uso do solo é destinado a pastagem (Figura 4). Na microbacia de pastagem foram coletadas amostras de água da nascente (PN), ambiente lântico (PLe) e ambiente lótico (PLo) (Figura 8).

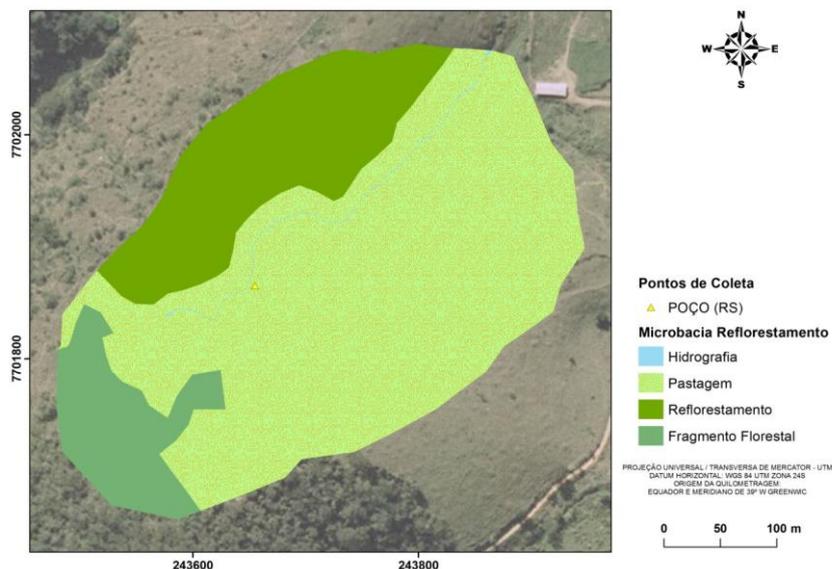
Figura 4 – Uso do solo na microbacia em área de pastagem



Fonte: o autor.

A microbacia em área de regeneração, até 2011, era coberta por pastagem com presença de bovinos, caprinos e ovinos, onde não era utilizado nenhum tipo de insumo agrícola (SOUZA, 2011). Atualmente, parte dela foi destinada a reflorestamento. Esta microbacia possui 13,3 ha, no qual 32,2% é coberto por vegetação arbórea (Figura 5). Na microbacia de regeneração foi possível apenas coletar água subterrânea (RS) (Figura 8).

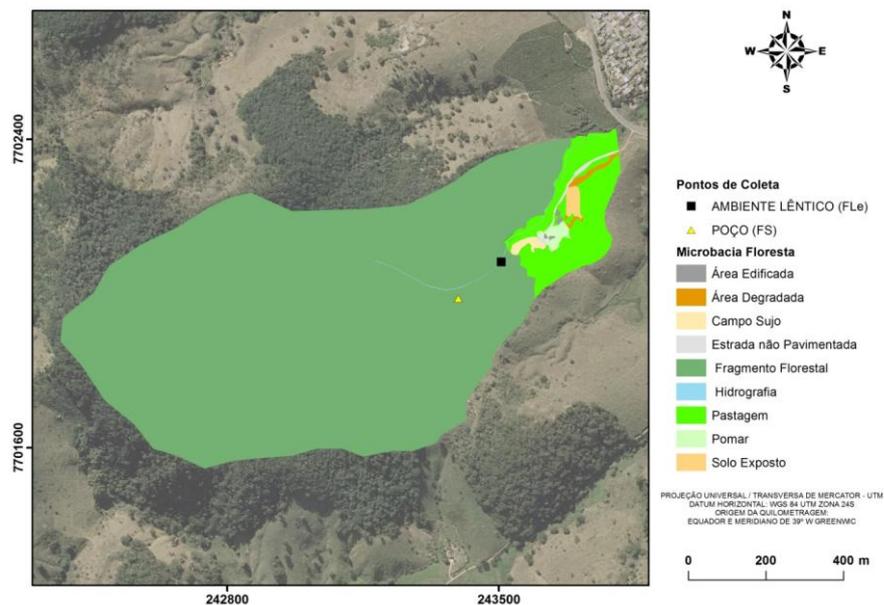
Figura 5 – Uso do solo na microbacia em área de reflorestamento



Fonte: o autor.

A microbacia em área de floresta é uma área de regeneração natural há 50 anos, classificada como Floresta Estacional Semi-decidual, onde anteriormente parte desta era reservada ao cultivo do café (SOUZA, 2011). Esta possui 75,1 ha, sendo 91,2% da área com presença floresta (Figura 6). Na microbacia de floresta foram coletadas amostras de água subterrânea (FS) e ambiente lântico (FLe) (Figura 8).

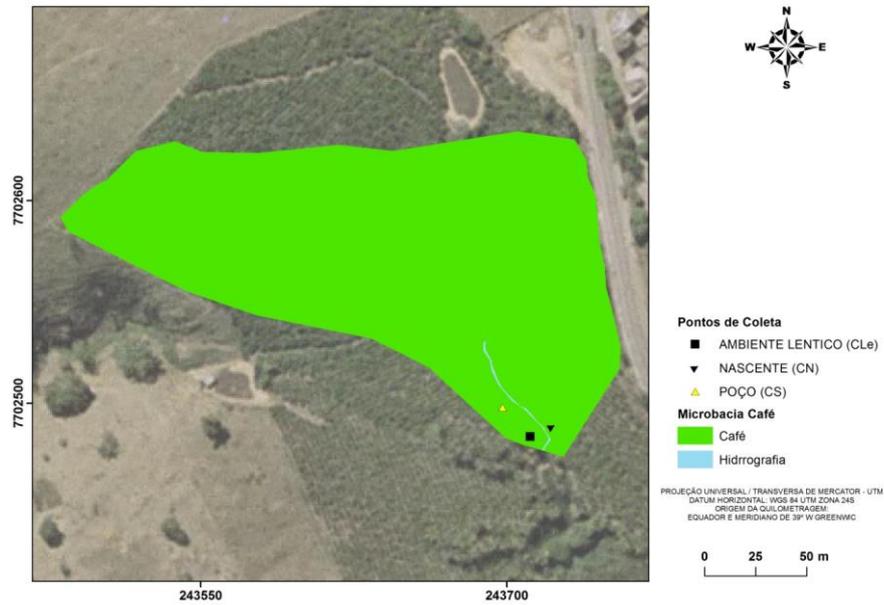
Figura 6 – Uso do solo na microbacia em área de floresta



Fonte: o autor.

A cafeicultura praticada na microbacia em área de café ocorre a cerca de 14 anos, sendo utilizado anteriormente com pastagem (SOUZA, 2011). O cultivo nesta última microbacia é feito em curvas de nível. No primeiro semestre de 2013 foi aplicada uma adubação fosfatada, sendo que depois disto nada mais foi adicionado. A microbacia possui 2,5 ha, sendo totalmente utilizada com cafeicultura (Figura 7). Na microbacia de Café foram coletadas amostras de água subterrânea (CS), ambiente lântico (CLe) e nascente (CN) (Figura 8).

Figura 7 – Uso do solo na microbacia em área de café



Fonte: o autor.

Figura 8 – Pontos de coleta de água nas microbacias estudadas.



Nota: A: pastagem nascente; B: pastagem ambiente léntico; C: pastagem ambiente lótico; D: reflorestamento água subterrânea; E: floresta água subterrânea; F: floresta ambiente léntico; G: café água subterrânea; H: café ambiente léntico; I: café nascente. Fonte: o autor.

3.1.3 Análise de solo das microbacias

A análise de solo foi realizada com o objetivo de caracterização dos ambientes de estudo. Desse modo, a mesma foi realizada em pontos representativos de cada área. As amostras foram coletadas em cinco pontos distribuídos dentro de cada microbacia e em duas profundidades diferentes: 0-20 cm e 20-40 cm.

A análise granulométrica está representada na Tabela 2, com as respectivas classes texturais de cada microbacia, de acordo com Santos et al. (2013). Para caracterização química (Tabela 3), foram efetuadas análises de: pH, P, K, Na, Ca, Mg, e Al; acidez potencial (H+Al), Fe, Cu, Zn, seguindo a metodologia da EMBRAPA (1997). Com base nesses dados, foram calculados: soma de bases (SB); saturação de bases (V); capacidade de troca catiônica efetiva (t).

Tabela 2 – Análise granulométrica do solo das microbacias estudadas

Microbacia	Prof.	Argila	Silte	Areia	Classe textural (SANTOS et al., 2013)
	Cm	%	%	%	
Pastagem	0 - 20	37,86	10,30	51,84	Franco-argilo-arenosa
	20 - 40	39,04	10,95	50,01	Franco-argilo-arenosa
Reflorestamento	0 - 20	39,54	8,55	51,91	Franco-argilo-arenosa
	20 - 40	51,57	9,60	38,83	Argiloso
Floresta	0 - 20	31,09	8,54	60,37	Franco-argilo-arenosa
	20 - 40	30,83	8,57	60,60	Franco-argilo-arenosa
Cafeicultura	0 - 20	28,21	6,36	65,43	Franco-argilo-arenosa
	20 - 40	40,76	7,32	51,92	Franco-argilo-arenosa

Fonte: o autor.

Tabela 3 – Caracterização química do solo das microbacias estudadas.

Microbacias	Prof.	PH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	MO	S.B.	V	t	Fe	Cu	Zn
	cm	H ₂ O	cmol/dm ³	g/Kg	cmol/dm ³	%		mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³						
Pastagem	0 - 20	6,45	4,20	63	9,50	3,75	1,86	0	3,58	18,40	5,82	61,33	5,82	48,95	0,38	3,24
	20 - 40	6,7	3,46	32	16,00	4,03	1,73	0	2,83	11,96	5,91	66,86	5,91	47,50	0,41	2,30
Reflorestamento	0 - 20	5,80	0,55	48	6,00	0,82	1,03	0,05	3,83	17,07	2,00	34,30	2,05	59,20	0,41	1,94
	20 - 40	5,90	0,16	31	5,00	0,86	0,89	0,05	3,00	10,30	1,85	38,21	1,90	39,60	0,32	0,94
Floresta	0 - 20	5,65	0,96	67	4,50	1,69	0,95	0,05	3,58	17,21	2,84	43,86	2,89	43,10	0,52	3,05
	20 - 40	5,70	0,63	44	6,00	1,23	0,74	0,05	3,00	10,11	2,10	41,93	2,15	49,20	0,58	3,63
Cafeicultura	0 - 20	6,00	0,71	35	4,00	1,61	0,63	0	2,83	11,63	2,34	45,28	2,34	35,60	0,29	2,46
	20 - 40	5,90	1,49	24	4,00	1,35	0,56	0	2,50	6,77	1,99	44,37	1,99	43	0,21	1,70

Fonte: o autor.

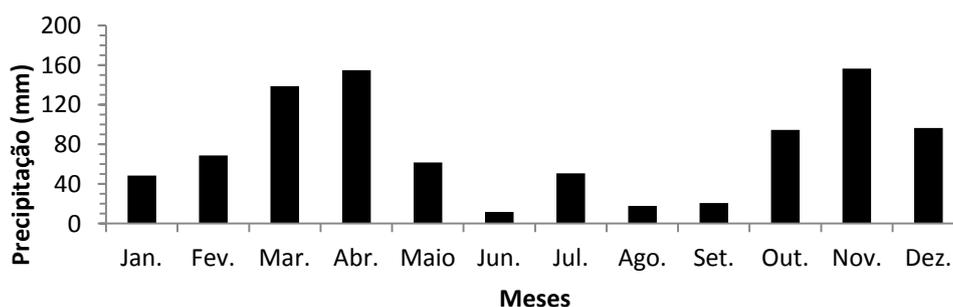
3.2 VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA ÁGUA MEDIDAS

Foram analisadas as variáveis que compõe o Índice de qualidade da água (IQA) adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (coliformes termotolerantes, oxigênio dissolvido, nitrogênio total, PO_4^{3-} , turbidez, sólidos totais, temperatura, pH e Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO). Foram também analisados coliformes totais, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos, sólidos suspensos e os minerais Ca, Mg e Fe, totalizando 16 variáveis. Tais variáveis foram acrescentadas às análises pela representatividade encontrada em estudos semelhantes, conduzidos por Bertossi et al. (2013).

3.3 COLETAS E ANÁLISE DE ÁGUA

As coletas de água foram realizadas bimestralmente, de fevereiro de 2014 a dezembro de 2014 permitindo acompanhar a tendência da qualidade da água durante o ano, sobretudo nos períodos seco e chuvoso. A Figura 9 apresenta o regime de chuvas durante o período de coleta, sendo possível constatar que o ano de 2014 choveu, aproximadamente, 30% menos que a média. As coletas foram executadas sempre com um período de estiagem de pelo menos três dias, afim de minimizar a influência da precipitação no ponto de coleta.

Figura 9 – Precipitação acumulada mensal no período de coleta de água das microbacias



Fonte: INMET (2015).

Para as coletas foram utilizados frascos de polietileno de 1 litro, com esterilização apenas para a análise microbiológica (coliformes totais e termotolerantes). Para as demais análises foi realizada a ambientação com uma tríplice lavagem com a própria água do local amostrado.

Os métodos de amostragem de águas superficiais seguiram a NBR 9898 (ABNT, 1987), em que os frascos foram mergulhados com a boca para baixo e contra o fluxo, de modo à encher o recipiente quase por completo. Os espaços vazios deixados nos frascos serviram para a homogeneização no momento do início das análises. Para preservar as amostras, estas foram condicionadas em caixas de isopor com gelo, do momento da coleta até a chegada ao laboratório.

O método de amostragem de águas subterrâneas seguiu as normas descritas pela CETESB (1988), no qual foi feito o esgotamento da água parada no dia anterior ao da coleta.

A temperatura e oxigênio dissolvido (OD) foram obtidos diretamente no campo com sonda. O pH, coliformes totais e termotolerantes tiveram suas análises realizadas imediatamente após a chegada ao laboratório. Algumas variáveis foram analisados por meio de equipamentos específicos, com obtenção dos resultados logo após a leitura, como descritos no Quadro 2.

Quadro 2 – Variáveis de qualidade da água medidos com sonda

Variáveis	Equipamentos
Temperatura e OD	Oxímetro portátil (Hanna, HI 9146)
pH	Potenciômetro de bancada (Marconi, PA 200)
CE	Condutivímetro de bancada (Hanna, HI 2300)
Turbidez	Turbidímetro de bancada (Hanna, HI 98703)
Ca, Mg, Fe	Equipamento multiparâmetros (Hanna, HI 83200)
PO ₄ ³⁻ e N total	Equipamento multiparâmetros (Hanna, HI 83214)

OD: Oxigênio dissolvido; pH: potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica.

O fotômetro multiparâmetros Hanna 83214, de acordo com suas especificações técnicas, detecta todas as formas orgânicas e inorgânicas de nitrogênio presentes na amostra, utilizando o método do ácido cromotrópico.

As determinações de coliformes totais e termotolerantes seguiram a metodologia do número mais provável (NMP), também conhecida como técnica dos tubos múltiplos, conforme descrita no “Standard methods for the examination of water and wastewater” (EATON et al., 2005).

A DBO foi determinada por titulação iodométrica, conforme NBR 12614 (ABNT, 1992). Deste modo, foi realizada a medição do OD no mesmo dia da coleta e, em seguida, a amostra foi incubada a 20 °C durante 5 dias, para que uma nova medição do OD ocorresse. A DBO foi obtida pela diferença entre o oxigênio dissolvido da amostra no dia da incubação e o de 5 dias depois.

A série de sólidos foi obtida pelo método gravimétrico, conforme NBR 10664 (ABNT, 1989). Para o sólido total (ST), a amostra foi mantida em estufa com temperatura de ± 103 °C por aproximadamente 1 hora, sendo em seguida pesada. Esse procedimento foi repetido até ocorrer a evaporação de toda a água e a massa se tornasse aproximadamente constante. O valor dos sólidos suspensos (SS) foi obtido com a filtração da amostra, pesando-se o resíduo encontrado no filtro, também após secagem em estufa a ± 103 °C. O sólido dissolvido (SD) foi obtido por diferença entre ST e SS.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Realizou-se uma análise descritiva de cada variável estudada em todos os pontos de coleta, sendo os valores confrontados com os padrões normativos referentes à qualidade da água. Também foram calculados índices de qualidade da água (IQA-CETESB).

A fim de verificar como os pontos de coleta tendem a se agrupar, em função dos padrões similares de qualidade da água, foi efetuada a análise de agrupamento. Com o objetivo de realizar uma análise conjunta de todos os dados obtidos para todas as variáveis de todas as coletas, foi utilizada a análise de componentes principais visando reduzir o número de variáveis e indicar àquelas que melhor explicam a variância total dos dados.

3.4.1 Análise estatística descritiva

Nesta análise, para cada variável foram calculadas duas médias, sendo uma para o período seco e outra para o período chuvoso, representadas em tabelas para apreciação e análise do comportamento de cada uma das variáveis em todos os pontos de coleta.

3.4.2 Comparação com padrões normativos

Os valores encontrados para as variáveis analisadas foram confrontados com as seguintes normativas: Portaria nº 2914/11 do Ministério da Saúde; Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357/05 (classe 1, 2, 3 e 4), que trata das águas superficiais e seus respectivos fins e Resolução CONAMA nº 396/08, que trata dos valores máximos permitidos em cada uso para as variáveis de qualidade da água subterrânea. Os limites permitidos para este trabalho estão apresentados na Tabela 4 e 5.

Tabela 4 – Padrões normativos referentes as variáveis avaliadas

Variável	¹Portaria nº 2914	²Resolução nº 357			
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
ST (mg/L)	*	*	*	*	*
SS (mg/L)	*	*	*	*	*
SD (mg/L)	≤ 1000	≤ 500	≤ 500	≤ 500	*
CE (µS/cm)	*	*	*	*	*
Turbidez (uT)	≤ 5	≤ 40	≤ 100	≤ 100	*
Temperatura (°C)	*	*	*	*	*
Mg (mg/L)	*	*	*	*	*
Ca (mg/L)	*	*	*	*	*
Fe (mg/L)	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 5	*
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	*	*	*	*	*
N total (mg/L)	*	*	*	*	*
DBO _{5,20} (mg/L)	*	≤ 3	≤ 5	≤ 10	*
OD (mg/L)	*	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 2
pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Col totais (NMP/100ml)	*	*	*	*	*
Col Termotolerantes (NMP/100ml)	Ausente	≤ 200	≤ 1000	≤ 2500; ≤ 1000; ≤ 4000	*

ST: sólidos totais; SS: sólidos suspensos; SD: sólidos dissolvidos; CE: condutividade elétrica; Mg: magnésio; Ca: cálcio; Fe: ferro; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; OD: oxigênio dissolvido.

Nota: (*) Não especificado na normativa. Coliformes termotolerantes (classe 3): ≤ 2500 (contato secundário); ≤ 1000 (dessedentação de animais); ≤ 4000 (demais usos).

Fonte: Brasil (2005; 2011)

Tabela 5 – Padrões normativos para água subterrânea referentes às variáveis analisadas

Variável	Resolução 396/08			
	Consumo humano	Dessedentação de animais	Irrigação	Recreação
SD (mg/L)	1000	*	*	*
Fe (mg/L)	0,3	*	5,0	0,3
Col Termot (NMP/100 ml)	ausente	200	*	1000

SD: sólidos dissolvidos; Fe: ferro.

Nota: (*) Não especificado na normativa.

Fonte: Brasil (2008).

3.4.3 Cálculo do IQA-CETESB

Para o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) foi utilizada a Equação 1. Os pesos estabelecidos a cada variável do IQA foram atribuídos conforme a Tabela 6, sendo a classificação dos corpos d'água realizada utilizando a faixa atribuída ao Estado onde as áreas em estudo estão inseridas (Tabela 7)

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

Em que:

IQA: Índice de Qualidade das Águas. Valor entre 0 e 100;

q_i : qualidade da i -ésima variável. Valor entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i : peso correspondente a i -ésima variável fixada em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um valor entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2)$$

Tabela 6 – Pesos referentes a cada variável do IQA

Variável	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
pH	0,12
DBO	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totais	0,08

Fonte: CETESB (2014).

Tabela 7 – Faixa de IQA utilizada no Estado do Espírito Santo

Faixa de IQA-CETESB	Classe
80 - 100	Ótima
52 - 79	Boa
37 - 51	Razoável
20 - 36	Ruim
0 - 19	Péssima

Fonte: ANA (2014).

3.4.4. Análise de Agrupamento (AA)

A análise de agrupamento tem por finalidade reunir unidades amostrais com o máximo de homogeneidade dentro dos grupos e o máximo de heterogeneidade entre os grupos (HAIR JR, 2009).

Neste trabalho, foi utilizado o programa computacional Statistica 8.0 para obtenção dos resultados referentes a AA. Para isso o processamento da referida análise foi dividida em três etapas: a) padronização; b) escolha do coeficiente de semelhança; c) escolha da estratégia de agrupamento.

Foram utilizadas todas as variáveis medidas neste trabalho, afim de explorar ao máximo os dados obtidos, e o número de observações foi representado pela média das 6 coletas nos oito locais.

Inicialmente, foi necessário a padronização dos dados, realizada de acordo com a Equação 3. A padronização se faz necessária para eliminar o efeito de escala. Desse modo, após a padronização, as variáveis passam a ter média igual a zero e variância igual a um.

$$X_{sij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{S_i} \quad (3)$$

Em que:

X_{sij} = observação da variável j-ésima e i-ésima normalizada;

x_{ij} = valor observado da j-ésima e i-ésima variável;

\bar{x}_i = média da variável X_{ij} ;

S_i = desvio padrão da variável X_{ij} ;

i = número de variáveis;

j = número de pontos de coleta.

Em seguida, foi feita a escolha do coeficiente de semelhança que se deu pela distância euclidiana (Equação 4).

$$d_{ii'} = \sqrt{\sum_{j=1}^p (x_{ij} - x_{i'j})^2} \quad (4)$$

Sendo:

d_{ii} : distância euclidiana entre os pontos de coleta;

x_{ij} : valor observado da j-ésima variável do i-ésimo ponto de coleta;

$x_{i'j}$: valor observado da j-ésima variável do i'-ésimo ponto de coleta;

j : j-ésima variável ($j=1,2,3,\dots,p$)

p : número de variáveis analisadas

Para os métodos de agrupamento, estes são divididos em dois grupos: não hierárquico, produzindo um número fixo de agrupamentos e o hierárquico que formam grupos por junções sucessivas de grupos, sendo este último muito utilizado em estudos de qualidade da água (GUEDES et al., 2012) e portanto também utilizado neste trabalho. A técnica de agrupamento utilizada foi o método de Ward que forma grupos de dados buscando minimizar a soma das diferenças entre os elementos de cada grupo e o valor médio do grupo, reduzindo o desvio padrão entre os dados de cada grupo formado. A escolha do coeficiente de semelhança e a estratégia de agrupamento foram influenciadas por outras pesquisas envolvendo

qualidade da água (BERTOSSO et al., 2013; GUEDES et al., 2011; FERNANDES et al., 2010).

Após a execução das referidas etapas, foi possível a montagem do gráfico bidimensional, conhecido como dendrograma, identificando os conglomerados resultantes da análise.

3.4.5. Análise de Componentes principais (ACP)

No presente estudo, o número de variáveis escolhidas, o número de coletas realizadas e os pontos de coletas resultaram em aproximadamente 800 dados e, portanto, um número grande de correlações entre eles a serem entendidos. A análise de componentes principais é uma técnica estatística multivariada que transforma um volume grande de dados em um conjunto menor de variáveis não correlacionadas, contendo a maior parte das informações contidas no conjunto original. A redução das variáveis de qualidade da água, reduz o número de análises laboratoriais e leva, conseqüentemente, a economia de tempo e recursos.

As componentes principais (CP) obedecem ao princípio da ortogonalidade sendo, portanto, independentes entre si. Assim, a primeira componente explica o máximo de variabilidade total dos dados, a segunda explica o máximo de variabilidade total restante não correlacionados com a primeira e assim sucessivamente, até que o número de componentes seja igual ao número de variáveis (GUEDES et al., 2012; PALACIO, 2004). Cada CP possui certa representatividade na variância total, indicada pelo autovalor (variância). Desse modo, quanto maior o autovalor de uma CP maior é sua capacidade de resumir variáveis.

Neste trabalho, a análise de componentes principais foi realizada com 15 variáveis, sendo a variável sólido suspenso excluída do conjunto de dados por apresentar alta correlação com a variável sólido dissolvido. A alta correlação entre variáveis independentes provoca distorções na interpretação dos resultados e na aplicabilidade do modelo (HAIR JUNIOR et al., 2005)

Os resultados referentes à ACP foram obtidos por meio do programa computacional Statistica 8.0. Para a aplicação da ACP, os dados foram

padronizados através da Equação 3. Em seguida foi montada a matriz de correlação, obtendo assim a matriz R.

$$R = \begin{vmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1j} \\ r_{12} & 1 & \dots & r_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{1j} & r_{2j} & \dots & 1 \end{vmatrix} \quad (5)$$

$$r_{jj'} = \text{Côv}(Z_j; Z_{j'})$$

Sendo:

j = j -ésima variável ($j=1,2,3,\dots,p$)

j' = j' -ésima variável ($j'=1,2,3,\dots,p$)

Z_j = variável normalizada da j -ésima variável

$Z_{j'}$ = variável normalizada da j' -ésima variável

Posteriormente foi utilizada a Equação 6 para encontrar os autovalores, capazes de indicar o quanto cada componente explicam a variância total.

$$(R - \lambda_i \cdot I) = 0 \quad (6)$$

Sendo:

λ_i : autovalores da matriz R

I: matriz identidade de dimensão $j \times j$

Para a escolha das componentes principais foram selecionadas apenas aquelas com autovalor maior que 1, fundamentando-se no fato de que a CP deve possuir variância maior que uma simples variável padronizada (KAISER, 1958 apud NORUSIS, 1990; HAIR et al. 2005).

Após terem sido selecionadas as componentes principais, dentro destas, foram escolhidas as variáveis que apresentaram coeficiente de correlação maior ou igual a 0,7. Segundo Hair et al. (2005), ao se utilizar esse critério, há garantia de que a componente principal explicará pelo menos 50% da variância total da variável em questão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DESCRITIVA

Nesta análise descritiva cabe analisar o histórico da microbacia de reflorestamento. Em 2011, esta era coberta por pastagem e, no monitoramento feito por Bertossi et al. (2013), foi possível a coleta de água subterrânea e também superficial, no período seco e chuvoso. Contudo, no presente trabalho não foi encontrada água superficial na área, mas apenas água subterrânea e em somente duas coletas (fevereiro e abril).

Valente e Gomes (2004) alertam sobre o cuidado com plantios de determinadas espécies próximos a olhos d'água e lençóis subterrâneos rasos, pois estas espécies podem causar efeitos negativos na quantidade de água disponível em um manancial. Castro e Lopes (2001) são mais enfáticos e afirmam que o plantio de espécies vegetais pode reduzir o volume de água das nascentes quando: a evapotranspiração for maior que a precipitação anual, com efeito mais notável em alguns meses da estação seca; em solos profundos, a intensa regeneração das árvores aumenta significativamente tanto a interceptação da chuva pelas copas como o consumo da água armazenada no solo, diminuindo a recarga do lençol freático; e espécies freatófitas lenhosas ou herbáceas extraem água de forma intensa.

Na referida área, o plantio de espécies arbóreas mitigou os efeitos do escoamento superficial, contudo, reduziu o abastecimento da nascente, devido à maior evapotranspiração. Além disso, o ano de 2014 foi marcado pela ocorrência de chuva abaixo da média. Desse modo, provavelmente a demanda hídrica das espécies plantadas, somada à baixa precipitação, resultaram na redução da água disponível para coleta neste estudo.

O resultado das análises de cada variável, nos períodos seco e chuvoso, em todos os pontos de coleta, estão apresentados a seguir:

Os valores de turbidez variaram de 0,37 UNT a 227,23 UNT no período chuvoso, e 0,19 UNT a 340,67 UNT no período seco, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Média dos valores de Turbidez determinada nas microbacias nos períodos seco e chuvoso

Pontos de Coleta	Chuvoso	Seco
PN	5,64	1,00
Ple	55,33	208,57
Plo	12,00	20,02
RS	168,00	-
FS	5,47	1,71
Fle	59,07	27,70
CS	227,23	340,67
Cle	17,13	6,64
CN	0,37	0,19

PN: Pastagem (Nascente); Ple: Pastagem (ambiente lêntico); Plo: Pastagem (ambiente lótico); RS: Reflorestamento (água subterrânea); FS: Floresta (água subterrânea); Fle: Floresta (ambiente lêntico); CS: Café (água subterrânea); Cle: Café (ambiente lêntico); CN: Café (Nascente).

Fonte: o autor.

Os valores de turbidez mantiveram-se baixos, e dentro do limite exigido pela Resolução CONAMA nº 357 para classe 2 e 3 (BRASIL, 2005), com exceção dos pontos Ple (período seco), RS e CS, que apresentaram valores menor igual 100 UNT.

Os resultados possibilitaram observar uma tendência dos valores de turbidez serem maiores no período chuvoso, na maioria dos pontos de coleta de água, conforme observado também por Franco e Hernandez (2009). Isso pode ter ocorrido provavelmente pelo fato da chuva carrear sedimentos para dentro dos mananciais, elevando a turbidez.

Na microbacia na área de pastagem observa-se, em ambos os períodos, a incidência de valores de turbidez menores na nascente, maiores no ambiente lêntico e intermediários no ambiente lótico. Isto deve-se ao fato de que ambientes lóticos caracterizam-se por serem águas moventes (BRASIL, 2005), facilitando o carreamento dos sedimentos, num processo contínuo de renovação da água, diferindo do ambiente lêntico que, por referir-se a ambiente de água parada ou muito lenta (BRASIL, 2005), torna-se mais propício ao acúmulo de sedimentos e valores elevados de turbidez.

Na microbacia de café, foram encontrados valores menores na nascente e maiores no ambiente lântico, assim como valores inferiores de turbidez nas amostras de água subterrânea e mais altos no ambiente lântico na microbacia de floresta. Essas diferenças entre nascente/água subterrânea e os pontos de coleta subsequentes demonstram a influência do ambiente ou das diferentes coberturas vegetais interferindo na qualidade da água.

Entre as áreas estudadas, os menores valores de turbidez ocorreram na microbacia cujo o uso do solo é caracterizado por floresta. Semelhante a isso, outros trabalhos também salientam a importância das florestas na diminuição do aporte de sedimentos para a calha de rios e consequente diminuição da turbidez (DONANDIO et al., 2005; FERNANDES et al., 2014; TURCCI e CLARKE, 1997).

Os maiores valores de turbidez foram encontrados na água subterrânea da microbacia de reflorestamento e do café. No primeiro caso, o poço encontra-se numa profundidade rasa (aproximadamente 1,5 metros), tornando-a mais semelhante as águas de escoamento subsuperficial, fato que provavelmente influenciou a qualidade da água, uma vez que o solo tem função filtrante, retendo os sedimentos para as camadas mais profundas (AMARAL et al., 2003). No segundo caso, a discrepância dos dados da água subterrânea com relação aos outros ambientes, na mesma microbacia, vão de encontro ao proposto pela literatura, que pressupõe que as águas subterrâneas estão mais bem protegidas. Souza (2011) encontrou valores bem diferentes para turbidez neste mesmo ponto, sendo para o período seco e chuvoso iguais a 79,00 UNT e 39,25 UNT, respectivamente. Estes fatos levam a possibilidade deste poço possuir alguma inconformidade.

Os resultados das análises da série de sólidos encontram-se nas Tabela 9, 10 e 11.

Tabela 9 – Média dos valores de Sólidos totais determinados nas microbacias nos períodos seco e chuvoso

Pontos de Coleta	Chuvoso	Seco
PN	146,00	130,33
Ple	250,00	436,33
Plo	225,67	263,00
RS	862,50	-
FS	122,67	118,33
Fle	161,67	106,33
CS	1184,67	1146,67
Cle	151,00	118,67
CN	106,00	107,00

PN: Pastagem (Nascente); Ple: Pastagem (ambiente lêntico); Plo: Pastagem (ambiente lótico); RS: Reflorestamento (água subterrânea); FS: Floresta (água subterrânea); Fle: Floresta (ambiente lêntico); CS: Café (água subterrânea); Cle: Café (ambiente lêntico); CN: Café (Nascente).

Fonte: o autor.

Tabela 10 – Média dos valores de Sólidos suspensos determinados nos períodos seco e chuvoso

Pontos de Coleta	Chuvoso	Seco
PN	25,57	7,00
Ple	54,33	207,00
Plo	30,33	44,00
RS	717,10	-
FS	15,30	12,33
Fle	65,37	38,00
CS	1046,67	903,67
Cle	19,60	13,67
CN	19,07	6,00

PN: Pastagem (Nascente); Ple: Pastagem (ambiente lêntico); Plo: Pastagem (ambiente lótico); RS: Reflorestamento (água subterrânea); FS: Floresta (água subterrânea); Fle: Floresta (ambiente lêntico); CS: Café (água subterrânea); Cle: Café (ambiente lêntico); CN: Café (Nascente).

Fonte: o autor.

Tabela 11 – Média dos valores de Sólidos dissolvidos determinados nas microbacias nos períodos seco e chuvoso

Pontos de Coleta	Chuvoso	Seco
PN	120,43	123,33
Ple	195,67	229,33
Plo	195,33	219,00
RS	145,40	-
FS	107,37	106,00
Fle	96,30	68,33
CS	138,00	243,00
Cle	131,40	105,00
CN	86,93	101,00

PN: Pastagem (Nascente); Ple: Pastagem (ambiente lêntico); Plo: Pastagem (ambiente lótico); RS: Reflorestamento (água subterrânea); FS: Floresta (água subterrânea); Fle: Floresta (ambiente lêntico); CS: Café (água subterrânea); Cle: Café (ambiente lêntico); CN: Café (Nascente).

Fonte: o autor.

Com relação à Tabela 9, nota-se que, na área de pastagem, os sólidos totais foram maiores no período seco. Isso pode ter ocorrido pelo fato de que, em períodos com menos chuvas, a vazão das nascentes e cursos d'água diminuem (VALENTE e GOMES, 2004), podendo resultar na concentração dos sedimentos.

As microbacias de floresta e café, nos pontos da água subterrânea no primeiro e nascente no segundo, e ambiente lântico, demonstraram certa estabilidade durante os dois períodos. A vegetação presente pode ter exercido influência na diminuição do escoamento superficial nas áreas em períodos chuvosos, favorecendo as variações pequenas de ST durante o ano. Assim como na análise de turbidez, o poço raso, utilizado para coleta de água subterrânea na microbacia de reflorestamento, pode ter influenciado os altos valores de sólidos totais.

Na Tabela 10 são apresentados os resultados dos sólidos suspensos para todos os pontos. Comparando-se estes com o gráfico relacionado à turbidez, observa-se forte relação entre eles. Piccolo et al. (1999), analisando a correlação entre as variáveis turbidez e sólidos em suspensão, concluiu que a primeira é a variável mais indicada para a determinação indireta da segunda, nas áreas estudadas.

Souza (2011), realizando estudos sobre qualidade da água na mesma microbacia de café, encontrou no ponto de coleta de água subterrânea valores de sólidos suspensos iguais a $48,3 \text{ mg L}^{-1}$ e $110,00 \text{ mg L}^{-1}$ e sólidos dissolvidos iguais a 177 mg L^{-1} e 56 mg L^{-1} , para período seco e chuvoso, respectivamente. Tais valores encontram-se muito abaixo dos determinados neste trabalho. A ocorrência deste fato, também nas análises de turbidez, indicam a possibilidade do poço ter alguma inconformidade em termos estruturais, podendo levar a subestimação ou superestimação dos resultados das análises no referido ponto de coleta.

Na série de sólidos adotada neste trabalho, apenas limites de sólidos dissolvidos estão previsto em lei. Desse modo, de acordo com a Resolução CONAMA nº357, para as classes 1, 2 e 3, e Resolução CONAMA nº 396, os valores de SD mantiveram-se baixos em todos os pontos (BRASIL 2005; 2008).

Considerando todas as áreas estudadas, a temperatura variou de $25,70 \text{ °C}$ a $28,73 \text{ °C}$ no período chuvoso e de $22,40 \text{ °C}$ a $25,80 \text{ °C}$ no período seco (Tabela 12)

Tabela 12 – Média dos valores de Temperatura determinada nas microbacias nos períodos seco e chuvoso

Pontos de Coleta	Chuvoso	Seco
PN	26,20	25,00
Ple	25,83	23,23
Plo	25,70	22,40
RS	26,35	-
FS	26,70	25,27
Fle	28,73	25,13
CS	27,73	25,80
Cle	27,33	25,53
CN	26,37	24,97

PN: Pastagem (Nascente); Ple: Pastagem (ambiente lântico); Plo: Pastagem (ambiente lótico); RS: Reflorestamento (água subterrânea); FS: Floresta (água subterrânea); Fle: Floresta (ambiente lântico); CS: Café (água subterrânea); Cle: Café (ambiente lântico); CN: Café (Nascente).

Fonte: o autor.

Todos os pontos apresentaram tendência a menores valores no período seco, provavelmente influenciado pelas menores temperaturas ambientais, por se tratar do período de inverno.

No presente estudo, observam-se temperatura médias iguais a: 25,6 °C na nascente de pastagem; 25,9 °C na água subterrânea de floresta e 25,67 °C na nascente do café. Pinto et al. (2012), estudando nascentes em Inconfidentes-MG, encontraram valores médios de temperatura iguais a 19 °C, 22 °C e 22 °C para nascentes em meio a floresta, pastagem e café. A diferença nas médias entre os trabalhos pode ter ocorrido devido a diferença de altitude das regiões, conferindo às amostras do trabalho de Pinto et al. (2012), temperaturas menores devido a maior altitude da área de estudo.

Nos pontos analisados, o Plo foi o que apresentou menores temperaturas. Normalmente, pontos de coleta em pastos ficam expostos ao sol, porém, este ponto em específico, está localizado bem próximo de um fragmento florestal (figura 4) sendo que a sombra das árvores provavelmente foi o que mais refletiu em seus menores valores de temperatura, em relação aos outros locais. A influência da cobertura florestal na diminuição da temperatura também foi constatado por outros autores (AGRIZZI, 2012; DONADIO et al., 2005; PINTO et al., 2012).

Dentre as áreas estudadas, o pH alcançou valores de 5,45 a 6,89, e de 5,93 a 7,11, nos períodos chuvoso e seco, respectivamente (Tabela 13). Analisando cada ponto individualmente observa-se uma pequena variação durante o ano.

Tabela 13 – Média dos valores de pH determinados nas microbacias nos períodos seco e chuvoso.

Pontos de Coleta	Chuvoso	Seco
PN	5,70	5,93
Ple	6,46	6,54
Plo	6,86	7,07
RS	5,45	-
FS	5,75	5,94
Fle	6,89	7,11
CS	6,16	6,42
Cle	6,52	6,70
CN	5,92	5,98

PN: Pastagem (Nascente); Ple: Pastagem (ambiente lântico); Plo: Pastagem (ambiente lótico); RS: Reflorestamento (água subterrânea); FS: Floresta (água subterrânea); Fle: Floresta (ambiente lântico); CS: Café (água subterrânea); Cle: Café (ambiente lântico); CN: Café (Nascente).

Fonte: o autor.

Alguns pontos, com nascente e água subterrânea apresentaram pH baixos, de acordo com as Resoluções CONAMA nº 357 e nº 396 (BRASIL, 2005; 2008), que prevê pH na faixa de 6 a 9. Os demais pontos mantiveram-se dentro dos padrões ótimos.

Semelhante à faixa de valores observados nas águas subterrâneas do presente trabalho, Menezes et al. (2013), analisando água em poços localizados no município de Alegre, encontrou valores de pH variando de 5,0 a 6,9.

Considerando a faixa ótima para pH, Bertossi et al. (2013) encontrou valores de pH para água superficial, semelhantes ao presente estudo, em microbacia de floresta iguais a 6,65 e 7,05, e em microbacia de café iguais a 6,94 e 7,05, em períodos de estiagem e chuva, respectivamente.

Agrizzi (2012), estudando nascentes num assentamento, no município de Alegre, em período chuvoso, encontrou pH igual a 5,98 em nascente com pastagem, sem cercamento e com acesso livre dos animais, semelhante à situação do ponto PN, cuja determinação do pH resultou em um valor próximo ao encontrado pelo referido autor.

Nas áreas em estudo, os coliformes totais variaram de 11,73 NMP L⁻¹ a 39.833,33 NMP L⁻¹ no período chuvoso e 1,87 NMP L⁻¹ a 41.133,33 NMP L⁻¹ no período de estiagem (Tabela 14).

Tabela 14 – Média dos valores de Coliformes totais determinados nas microbacias nos períodos seco e chuvoso.

Pontos de Coleta	Chuvoso	Seco
PN	3920,00	38166,67
Ple	23766,67	13640,00
Plo	39833,33	41133,33
RS	112,50	-
FS	11,73	1,87
Fle	6133,33	1840,00
CS	17,20	7,07
Cle	4840,00	4173,33
CN	1166,67	200,00

PN: Pastagem (Nascente); Ple: Pastagem (ambiente lântico); Plo: Pastagem (ambiente lótico); RS: Reflorestamento (água subterrânea); FS: Floresta (água subterrânea); Fle: Floresta (ambiente lântico); CS: Café (água subterrânea); Cle: Café (ambiente lântico); CN: Café (Nascente).
Fonte: o autor.

Observou-se que, em todos os pontos, com exceção ao PN e Plo, a concentração de coliformes totais foi maior no período chuvoso. Esta disposição dos dados foi resultante principalmente do escoamento superficial que arrastou a matéria orgânica para dentro dos mananciais.

Notou-se os alto valores da referida variável na microbacia de pastagem, decorrente da presença de bovinos. Durante a 3^a, 4^a e 5^a coleta foi observada a presença destes animais muito próximo a nascente, o que pode explicar o pico de concentração neste ponto no período seco. Agrizzi (2012) também observou elevados valores de coliformes totais em nascentes com presença de bovinos.

Todavia, a presença de coliformes totais não garante a contaminação fecal, desse modo, a determinação de coliformes termotolerantes complementa a análise anterior (Tabela 15), dando mais confiabilidade na determinação da presença de microrganismos de origem fecal (CETESB, 2009).

Tabela 15 – Média dos valores de Coliformes termotolerantes determinados nas microbacias nos períodos seco e chuvoso.

Pontos de Coleta	Chuvoso	Seco
PN	740,00	7.313,33
Ple	9.620,00	10.200,00
Plo	3.866,67	2.506,67
RS	102,55	-
FS	11,73	1,87
Fle	5.866,67	1.333,33
CS	14,20	9,33
Cle	3540,00	1193,33
CN	733,33	200,00

PN: Pastagem (Nascente); Ple: Pastagem (ambiente lântico); Plo: Pastagem (ambiente lótico); RS: Reflorestamento (água subterrânea); FS: Floresta (água subterrânea); Fle: Floresta (ambiente lântico); CS: Café (água subterrânea); Cle: Café (ambiente lântico); CN: Café (Nascente).

Fonte: o autor.

De acordo com as análises, notou-se os expressivos valores desta variável na microbacia de pastagem, acompanhando a tendência de coliformes totais. Os alto valores de coliformes termotolerantes, encontrados na microbacia no período seco, pode ter sido pelo fato de que, com a diminuição das chuvas, a lâmina d'água dos mananciais também diminuíram, possibilitando a passagem dos bovinos no próprio curso d'água ou muito próximo a ele, elevando portanto os valores de coliformes termotolerantes.

Diferente do presente estudo, Pereira et al. (2012), analisando qualidade da água entre zona de uso agropecuário e zona de conservação de vida selvagem, verificou que a primeira apresentou valores mais elevados em relação a segunda devido a presença de animais, como bois, na zona agropecuária. Destacando o expressivo valor de coliformes termotolerantes no ponto Fle, os alto valores de coliformes termotolerantes encontrados neste estudo, na microbacia de floresta em relação a da cafeeicultura, provavelmente foi resultado da presença de animais que vivem na mata.

Nas áreas em estudo, o oxigênio dissolvido variou de 1,80 mg L⁻¹ a 4,35 mg L⁻¹ no período chuvoso e de 1,55 mg L⁻¹ a 4,87 mg L⁻¹ no período de estiagem (Tabela 16).

Tabela 16 – Média dos valores de Oxigênio dissolvido determinado nas microbacias nos períodos seco e chuvoso.

Pontos de Coleta	Chuvoso	Seco
PN	3,39	3,01
Ple	1,80	1,55
Plo	3,10	2,79
RS	3,66	-
FS	3,31	3,28
Fle	4,35	4,87
CS	3,50	3,93
Cle	3,17	3,56
CN	2,76	3,32

PN: Pastagem (Nascente); Ple: Pastagem (ambiente lântico); Plo: Pastagem (ambiente lótico); RS: Reflorestamento (água subterrânea); FS: Floresta (água subterrânea); Fle: Floresta (ambiente lântico); CS: Café (água subterrânea); Cle: Café (ambiente lântico); CN: Café (Nascente).

Fonte: o autor.

Dentro de cada microbacia, os valores de OD das nascentes e água subterrânea foram menores que nos pontos subsequentes. Tais valores já eram esperados, uma vez que estas águas vem do interior do solo e possuem menos contato com o oxigênio (AGRIZZI, 2012).

Porém, notou-se que, mesmo sendo mais baixos, os valores das nascentes e água subterrânea estão próximos dos pontos de coletas consecutivos. Nestes casos, à maneira como essas águas foram coletadas podem ter favorecido a aeração, por exemplo: os canos instalados nas nascentes, para facilitar as coletas, acabavam produzindo certo turbilhamento na transferência da água para o recipiente, elevando também os valores de OD. No caso das águas subterrâneas, o poço era muito estreito, logo foi necessário utilizar um recipiente de dimensões adequadas para conseguir coletar a água, que em seguida era transferida para um outro recipiente.

Na microbacia de pastagem, notou-se maiores valores de Plo em relação ao ponto Ple. Nestes pontos, a velocidade da água mais intensa no ambiente lótico, pode ter favorecido a aeração. Arcova e Cicco (1999), observaram elevação nos valores de OD nos locais de maior declividade. Segundo os autores, a diferença na elevação do terreno propiciou o aumento na velocidade da água e a turbulência em alguns trechos, aumentando transferência do oxigênio atmosférico para a água por processo de difusão. Portanto, esta tendência já era esperada entre os dois pontos.

Na microbacia de floresta observou-se elevação de OD no ponto Fle, provavelmente devido ao aumento contínuo de nutrientes onde as coletas do

referido ponto foram realizadas. Ambientes eutrofizados propiciam a proliferação de plantas e algas, elevando os níveis de OD, sobretudo, no período diurno, devido a fotossíntese realizada por elas durante o dia (ANA, 2014). As amostras coletadas nesse ponto destacavam-se das outras por possuírem uma cor esverdeada, reafirmando a hipótese da presença de algas e vegetais na água. Outras análises devem ser feitas para confirmarem a eutrofização nesse ambiente, porém já pode ser notada essa tendência. Pereira et al. (2012) também encontrou maior presença de OD em amostras de água coletadas em área com mata ciliar, comparadas a áreas com uso agropecuário.

A faixa ideal para valores de OD é $\geq 5 \text{ mg L}^{-1}$, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 para classe 2 (BRASIL, 2005). Desse modo, todos os pontos apresentaram valores baixos de OD, sendo que a maioria dos pontos atendeu a classe 4 da mesma resolução. A presença de coliformes em todos os pontos de coleta pode ter influenciado os resultados, uma vez que os microrganismos utilizam o oxigênio para degradar a matéria orgânica. A bacia de pastagem, por exemplo, apresentou os maiores índices de coliformes e os menores de OD. Neste sentido, a alta concentração de coliformes encontrada na microbacia de floresta deveria manter o OD com valores mais baixos que o encontrado, contudo, a presença de vegetais e algas, como mencionado, pode ter elevado os valores em relação aos demais pontos.

Nas áreas em estudo, a DBO variou de $1,06 \text{ mg L}^{-1}$ a $7,51 \text{ mg L}^{-1}$ no período chuvoso e de $1,48 \text{ mg L}^{-1}$ a $6,72 \text{ mg L}^{-1}$ no período de estiagem (Tabela 17).

Tabela 17 – Média dos valores de DBO determinados nas microbacias nos períodos seco e chuvoso

Pontos de Coleta	Chuvoso	Seco
PN	1,55	1,48
Ple	3,96	5,71
Plo	1,68	2,88
RS	4,18	-
FS	3,34	2,52
Fle	7,51	6,72
CS	3,78	1,61
Cle	1,06	1,84
CN	2,32	1,92

PN: Pastagem (Nascente); Ple: Pastagem (ambiente lêntico); Plo: Pastagem (ambiente lótico); RS: Reflorestamento (água subterrânea); FS: Floresta (água subterrânea); Fle: Floresta (ambiente lêntico); CS: Café (água subterrânea); Cle: Café (ambiente lêntico); CN: Café (Nascente).

Fonte: o autor.

Na microbacia de pastagem observa-se que os valores de DBO são mais elevados no período seco, indo ao encontro das análises de Souza (2011) realizando um monitoramento de uma microbacia de pastagem na mesma sub-bacia (Córrego Horizonte) do presente estudo. Neste caso, a concentração dos sedimentos no período de estiagem, inclusive de matéria orgânica, através das fezes bovinas, pode ter elevado a DBO.

De acordo com as concentrações encontradas, apenas os pontos PN, Cle, Plo (período chuvoso) e CN (período seco) apresentaram valores de DBO inferiores a 2 mg/L, indicando água não poluída, com relação a esta variável.

Os altos valores localizados no ambiente lântico da floresta podem ser resultado da alta concentração de coliformes, como da decomposição das folhas e frutos que caem das árvores na água, como também observado por Bertossi et al. (2013), fato este ausente nos outros pontos.

Observa-se diferença das concentrações de DBO entre as nascentes ou água subterrânea e os pontos de coleta subsequentes a elas. Contudo, os valores de DBO encontrados na nascente e no ambiente lântico na microbacia do café, apresentaram oscilações menos expressivas. Isto pode ser entendido pelo fato de que áreas agrícolas normalmente são ambientes administrados, a fim de proporcionar condições mais adequadas às culturas, como por exemplo o controle dos nutrientes do solo.

Nas áreas em estudo, o nitrogênio total variou de 0,17 mg L⁻¹ a 2,88 mg L⁻¹ no período chuvoso e de 0,07 mg L⁻¹ a 4,6 mg L⁻¹ no período de estiagem (Tabela 18).

Tabela 18 – Média dos valores de Nitrogênio total determinado nas microbacias nos períodos seco e chuvoso

Pontos de Coleta	Chuvoso	Seco
PN	0,23	0,43
Ple	0,64	2,23
Plo	0,28	0,07
RS	1,13	-
FS	0,17	0,57
Fle	2,88	1,77
CS	1,89	4,60
Cle	0,33	0,07
CN	0,48	1,07

PN: Pastagem (Nascente); Ple: Pastagem (ambiente lântico); Plo: Pastagem (ambiente lótico); RS: Reflorestamento (água subterrânea); FS: Floresta (água subterrânea); Fle: Floresta (ambiente lântico); CS: Café (água subterrânea); Cle: Café (ambiente lântico); CN: Café (Nascente).

Fonte: o autor.

Na microbacia de pastagem houve uma oscilação na concentração de N total ao longo do curso d'água. Os maiores valores no ponto Ple resultou das características do ambiente lântico em concentrar sedimentos e elementos presentes na água. Este fato também pode ser observado no ambiente lântico, na microbacia de floresta. Na microbacia de café, apesar da nascente ter apresentado maior concentração de N total, os valores nos ambientes foram próximos.

Desconsiderando a discrepância dos valores do ponto CS, também observada em outras variáveis, as microbacias de pastagem e floresta detém os maiores valores de nitrogênio total. Nestes locais, a presença de bovinos na primeira e animais silvestres na segunda pode ter elevado os níveis de N total. Agrizzi (2012), estudando nascentes no período chuvoso, no município de Alegre, observou que os maiores valores de N total ocorreram em locais onde havia maior circulação de animais.

Nas áreas em estudo, o PO_4^{3-} variou de 0,17 mg L⁻¹ a 0,59 mg L⁻¹ no período chuvoso, e de 0,11 mg L⁻¹ a 1,21 mg L⁻¹ no período de estiagem (Tabela 19).

Tabela 19 – Média dos valores de Fosfato determinado nas microbacias nos períodos seco e chuvoso

Pontos de Coleta	Chuvoso	Seco
PN	0,59	0,35
Ple	0,17	1,21
Plo	0,30	0,11
RS	0,33	-
FS	0,35	0,24
Fle	0,40	0,53
CS	0,32	0,30
Cle	0,27	0,30
CN	0,39	0,48

PN: Pastagem (Nascente); Ple: Pastagem (ambiente lântico); Plo: Pastagem (ambiente lótico); RS: Reflorestamento (água subterrânea); FS: Floresta (água subterrânea); Fle: Floresta (ambiente lântico); CS: Café (água subterrânea); Cle: Café (ambiente lântico); CN: Café (Nascente).

Fonte: o autor.

A análise dos teores de fosfato pode ser relacionada com a variável OD, conforme Esteves (1998). Segundo este autor, o íon fosfato pode ser liberado para a coluna d'água em condições de baixas concentrações de oxigênio ou anaerobiose. Esta relação torna-se mais evidente no ponto Ple, onde notou-se elevado valor de PO_4^{3-} em relação aos outros locais de coleta e, concomitante a isto, os menores valores de OD para o referido ponto.

A concentração de fósforo variou pouco entre as microbacias, com exceção do ponto Ple, como mencionado.

Souza (2011), estudando as mesmas microbacias de floresta e café encontrou valores para água superficial iguais 0,13 e 0,08 mg L⁻¹ na primeira e iguais 0,11 e 0,03 mg L⁻¹ na segunda, nos períodos seco e chuvoso respectivamente. Na água subterrânea sob floresta, o mesmo autor encontrou 0,15 e 0,03 mg L⁻¹ de P total nos períodos seco e chuvoso.

Analisando os resultados de Souza (2011), quando a microbacia de reflorestamento ainda era coberta por pastagem, foi possível notar diferenças dos resultados entre os diferentes usos na respectiva área. Quando esta era pastagem, a concentração de P total foi de 0,07 mg L⁻¹ em época de chuva, valor este abaixo do encontrado na média das amostras coletas para essa área neste estudo. A elevação nos valores de P total pode ser referente à presença da floresta, que favorece a presença de matéria orgânica através de folhas, galhos e frutos, como também observado por Souza (2011).

Nas áreas em estudo, o condutividade elétrica variou de 118,8 µS a 342,33 µS no período chuvoso e de 111,37 µS a 405,33 µS no período de estiagem (Tabela 20).

Tabela 20 – Média dos valores de Condutividade elétrica determinada nas microbacias nos períodos seco e chuvoso

Pontos de Coleta	Chuvoso	Seco
PN	172,33	175,70
Ple	342,33	396,33
Plo	331,30	405,33
RS	136,40	-
FS	181,20	191,33
Fle	118,80	111,37
CS	214,10	228,40
Cle	223,43	192,47
CN	138,17	144,27

PN: Pastagem (Nascente); Ple: Pastagem (ambiente lântico); Plo: Pastagem (ambiente lótico); RS: Reflorestamento (água subterrânea); FS: Floresta (água subterrânea); Fle: Floresta (ambiente lântico); CS: Café (água subterrânea); Cle: Café (ambiente lântico); CN: Café (Nascente).

Fonte: o autor.

Dentre os pontos estudados, observa-se uma tendência dos valores de CE serem maiores nos períodos secos que nos chuvosos. Esta disposição também foi constatada por Franco; Hernandez (2009) realizando estudos sobre a qualidade da

água para irrigação. Os autores associaram a falta da precipitação e o aumento da evapotranspiração, como as possíveis causas da elevação da CE, ou seja, menos água eleva a concentração de sais e, conseqüentemente, aumenta os valores de condutividade elétrica.

A análise entre as microbacias mostrou valores de condutividade elétrica mais expressivos, em ordem decrescente, nas microbacia de pastagem, café e floresta. Esta análise tornou possível relacionar resultados desta com os resultados dos sólidos dissolvidos. Em ambas as análises, observa-se semelhança na disposição dos dados entre o período chuvoso e seco, admitindo a influência do SD em relação ao CE.

Os valores de ferro mantiveram-se entre 0 a 2,98 mg.L⁻¹ no período chuvoso e de 0,02 a 2,15 mg.L⁻¹ no período seco (Tabela 21)

Tabela 21 – Média dos valores de ferro determinados nas microbacias nos períodos seco e chuvoso

Pontos de Coleta	Chuvoso	Seco
PN	0,19	0,05
Ple	2,91	2,15
Plo	1,43	1,76
RS	2,42	-
FS	0,12	0,03
Fle	2,98	1,32
CS	2,39	1,63
Cle	2,14	0,72
CN	0,02	0

PN: Pastagem (Nascente); Ple: Pastagem (ambiente lêntico); Plo: Pastagem (ambiente lótico); RS: Reflorestamento (água subterrânea); FS: Floresta (água subterrânea); Fle: Floresta (ambiente lêntico); CS: Café (água subterrânea); Cle: Café (ambiente lêntico); CN: Café (Nascente).

Fonte: o autor.

De acordo com as Resoluções CONAMA nº 357/05 de classe 1, 2 e 3 e nº 396/08 (BRASIL, 2005; 2008), os valores de Fe se apresentaram altos na maioria dos pontos de coleta. Apenas os pontos PN, FS e CN se enquadraram nos limites estabelecidos. Os solos da região são caracterizados por serem ricos em ferro, logo, este fato, pode ter influenciado os alto valores de ferro encontrados nas amostras de água. Amaral et al. (2014) também observaram os teores de ferro do solo influenciando os valores do referido elemento nas amostras de água.

Os resultados dos pontos analisados mostraram uma disposição dos valores de ferro em serem mais expressivos em épocas chuvosas, como constatado em

outros estudos (FRANCO e HERNADEZ, 2009; MENEZES et al., 2009). Como este elemento é facilmente encontrado nos solos da região, como já mencionado, o ferro presente nas amostras pode ter sido proveniente do processo de erosão. Isto é reforçado pelos baixíssimos valores de ferro encontrados nas nascentes e água subterrânea da floresta, onde os efeitos da erosão exercem menos influência que nos outros pontos.

A alta taxa de ferro na água subterrânea do café reforça a possibilidade do poço estar alterado. Quanto ao elevado valor de ferro na água subterrânea da microbacia de reflorestamento, pode também ser explicada pelo ferro presente no solo, pois as amostras desse ponto, no momento da coleta, vinham com muitos sedimentos oriundos do fundo do poço, além do poço ser pouco profundo.

Os resultados das análises de cálcio e magnésio nos pontos de coletas estudados estão demonstrados nas Tabelas 22 e 23.

Tabela 22 – Média dos valores de cálcio determinados nas microbacias nos períodos seco e chuvoso

Pontos de Coleta	Chuvoso	Seco
PN	0	0
Ple	6,67	20,00
Plo	6,67	13,33
RS	0	-
FS	0	0
Fle	13,33	16,67
CS	0	0
Cle	6,67	0
CN	0	0

PN: Pastagem (Nascente); Ple: Pastagem (ambiente lêntico); Plo: Pastagem (ambiente lótico); RS: Reflorestamento (água subterrânea); FS: Floresta (água subterrânea); Fle: Floresta (ambiente lêntico); CS: Café (água subterrânea); Cle: Café (ambiente lêntico); CN: Café (Nascente).

Fonte: o autor.

Tabela 23 – Média dos valores de magnésio determinados nas microbacias nos períodos seco e chuvoso

Pontos de Coleta	Chuvoso	Seco
PN	3,33	6,67
Ple	20,00	28,33
Plo	8,33	15,00
RS	7,50	-
FS	1,67	3,33
Fle	3,33	6,67
CS	21,67	10,00
Cle	6,67	3,33
CN	5,00	5,00

PN: Pastagem (Nascente); Ple: Pastagem (ambiente lântico); Plo: Pastagem (ambiente lótico); RS: Reflorestamento (água subterrânea); FS: Floresta (água subterrânea); Fle: Floresta (ambiente lântico); CS: Café (água subterrânea); Cle: Café (ambiente lântico); CN: Café (Nascente).

Fonte: o autor.

Os resultados das análises mostraram que os valores de cálcio e magnésio apresentaram disposição crescente da nascente ou água subterrânea no sentido da foz, corroborando com os estudos de Gonçalves et al. (2005) que também observaram esta tendência. Este fato demonstra que as concentrações destas variáveis podem estar relacionadas ao uso e ocupação do solo em cada microbacia, principalmente no que diz respeito à erosão (VANZELA et al., 2010).

Em muitos casos, as concentrações de metais podem ser inferiores ao limite de detecção de aparelhos utilizados em laboratórios de qualidade da água (LIMA, 2004), como observado com as concentrações de cálcio. Contudo, nos pontos de coleta onde se detectou a presença desta variável, nota-se uma propensão a maiores valores no período seco. O ponto Cle foi uma exceção dentre os demais, com valores consideráveis no período chuvoso e ausente no período seco.

As análises de magnésio resultaram em valores mais elevados nas microbacias de pastagem e café, corroborando com os estudos de Pereira et al. (2012), que observou este mesmo comportamento nas amostras de água obtidas entre áreas com uso agropecuário e destinadas à conservação da vida selvagem.

4.2 CONFORMIDADE COM OS PADRÕES NORMATIVOS

A partir desta etapa dos resultados, o ponto CS (café água subterrânea) foi desconsiderado por apresentar um quadro de inconformidade de ordem estrutural do poço, levando a resultados que podem não caracterizar a água subterrânea na referida microbacia.

Os resultados referentes aos padrões normativos encontram-se nos Apêndices A e B.

Em todos os pontos de coleta, referentes à água superficial, houve algum tipo de inconformidade com os padrões de potabilidade da água presentes na Resolução 2914/11 (BRASIL, 2011).

Os resultados apontaram que, para os sólidos dissolvidos, todos os pontos de coleta se mantiveram dentro dos padrões estabelecidos: para potabilidade da água, de acordo com a Resolução nº 2914/11 (BRASIL, 2011); para águas superficiais de Classe 1, 2 ou 3, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005); e para águas subterrâneas, segundo a Resolução CONAMA nº 396/08 (BRASIL, 2008).

Os valores da turbidez nas microbacias de pastagem, floresta e café, nas nascentes (PN e CN) e na água subterrânea (FS), mantiveram-se dentro dos padrões de potabilidade (≤ 5 uT) ou próximos dele, de acordo com a Portaria nº 2914/11 (BRASIL, 2011), diferindo dos pontos subsequentes a eles ao longo do curso d'água (Ple e Plo, Fle e Cle), que extrapolaram os limites previstos. Isto evidencia o efeito destas coberturas de solo sobre a qualidade da água, na área de estudo. As amostras de água subterrânea, na área de reflorestamento, mantiveram-se acima dos valores máximos permitidos na Portaria nº 2914/11 (BRASIL, 2011). Contudo, esse resultado pode ter sido influenciado pela pouca profundidade do poço, como já mencionado.

A mesma tendência da turbidez foi observada para o ferro. Nas microbacias de pastagem, floresta e café, os teores nas nascentes e na água subterrânea mantiveram-se $\leq 0,3$ mg L⁻¹, ou próximo deste valor, e os pontos subsequentes estiveram acima dos limites para potabilidade de água (BRASIL, 2008, 2011).

Em todos os pontos, foi constatada presença de coliformes totais e termotolerantes, estando estes em desconformidade com a legislação, que exige ausência dos mesmos para fins de consumo humano. Todavia, ressalta-se que a

técnica utilizada para determinação destas variáveis dispõe de uma faixa mínima de valor para água subterrânea ($< 1,8$ NMP/100 ml), portanto, neste trabalho, será considerado que, amostras dentro deste limite, tendem a ausência de coliformes. A microbacia de pastagem apresentou valores mais distantes dos exigidos, seguidos pela floresta, café e reflorestamento, sendo esta última com apenas 2 coletas no período chuvoso, retiradas somente do poço. A resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005) e a resolução CONAMA nº 396/08 (BRASIL, 2008) estabelecem valores limites maiores para coliformes termotolerantes, quando a água não é utilizada para abastecimento humano. As amostras de água subterrânea e das microbacias de reflorestamento e de floresta (período chuvoso), por exemplo, excederam os limites para água potável, contudo mostraram-se aptas a outros usos: dessedentação de animais (com valores ≤ 200 NMP L⁻¹) e recreação (com valores ≤ 1000 NMP L⁻¹).

De acordo com a resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), que trata das águas superficiais, o ambiente lântico da floresta (FLe) e da pastagem (PLe) em período seco, estiveram acima dos limites propostos para DBO na classe 2, porém dentro do valor proposto para classe 3. Os demais pontos, incluindo as águas subterrâneas, mantiveram valores dentro da faixa permitida (≤ 5 mg L⁻¹). Menezes et al. (2009) encontrou porcentagem maior de inconformidades legais em relação à DBO, para os lagos, rios e represas e menor para as nascentes e águas subterrâneas, pois ambientes relacionados ao primeiro grupo estão mais expostos ao aporte de matéria orgânica e consequente diminuição do oxigênio.

Em relação aos valores de pH, as três normativas impõem a faixa de pH entre 6 e 9 como ideal para consumo humano. Desse modo, as análises mostraram que todos os pontos das nascentes e água subterrâneas estavam fora dos padrões normativos, mantendo valores abaixo de 6. Os demais pontos atenderam a faixa de pH exigida por lei. Menezes et al. (2013), analisando 20 poços no município de Alegre, constatou que 18,33% deles apresentaram pH abaixo do limite mínimo estabelecido pela portaria 2.914/11.

Os valores de OD estiveram baixos, enquadrando as amostras da maioria dos pontos na classe 4, com exceção do ponto FLe, que manteve os valores de OD dentro dos padrões para classe 3, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005). Concentrações de oxigênio dissolvido muito baixas podem estar

relacionados a intensos processos de eutrofização (PIVELE e KATO, 2005), como já mencionado.

Em relação ao pH, os valores que ficaram fora dos limites propostos não representam risco à saúde, por estarem dentro da normalidade para águas naturais (pH 4 a 9, de acordo com EATON et al., 2005). Quanto ao OD, valores encontrados nas águas subterrâneas e nascentes tendem a ser menores por estas águas virem do interior do solo, onde o oxigênio normalmente está em menor concentração, como já mencionado. Chapman e Kimstack (1992) consideram que medições de OD não são bons indicadores de poluição para águas subterrâneas. Agrizzi (2012) desconsiderou o pH e o OD no cálculo do IQA, em seus estudos com águas subterrâneas, por motivos semelhantes aos expostos.

Recomendações

Considerando que, nas bacias estudadas, os valores de coliformes termotolerantes são menores que 1,8 NMP 100 mL⁻¹; que os valores de pH estão entre 4 e 9, não sendo prejudiciais à qualidade das águas naturais; e que valores de OD baixos em águas subterrâneas e nascentes são características naturais dessas águas; pode-se classificar essas águas, com base na Resolução CONAMA nº357/05 (BRASIL, 2005) e destinar a seus usos da seguinte forma:

- Nos pontos PN (período chuvoso) e CN (período seco), a água tem qualidade compatível com a Classe 2, destinada a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, como natação, esqui aquático e mergulho; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e) à aquicultura e à atividade de pesca;
- No ponto CN (período chuvoso), a água tem qualidade compatível com a Classe 3, destinada: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) a pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e) à dessedentação de animais;

- Nos pontos PN (período seco), Ple, PLo, Fle, Cle, a água tem qualidade compatível com a Classe 4, destinadas à navegação e harmonia paisagística;
- Para o ponto localizado na área de reflorestamento (RS), observou-se que, de acordo com a Resolução 396/08 (BRASIL, 2008), os usos da água permitidos neste local, estão relacionados a dessedentação de animais e irrigação;
- Para o ponto localizado na área de floresta (FS) foi possível constatar que os usos da água permitidos, de acordo com a Resolução 396/08 (BRASIL, 2008), são: para dessedentação de animais e irrigação. No período seco, considerando as considerações iniciais feitas, a água atende os padrões de potabilidade da Resolução 2914/11 (BRASIL, 2011). Os usos permitidos para este local, no referido período, estão relacionados a consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação (BRASIL, 2008);
- No caso das águas estudadas, recomenda-se que sejam utilizadas para abastecimento humano somente após passarem por um tratamento, como filtração e/ou fervura.

Muitas variáveis consideradas no presente trabalho não possuem padrões e limites preestabelecidos nas normativas, quanto aos limites permitidos, tornando evidente a necessidade de aprimoramento da legislação brasileira ainda necessita de ser aprimorada. O Brasil é um país continental, com grande biodiversidade e áreas próximas podem ter situações completamente distintas. Por isso, as variáveis a serem selecionadas, para a análise da qualidade da água de um recurso hídrico, devem ser escolhidas em função dos usos preponderantes, das características hidrogeológicas, hidrogeoquímicas, das fontes de poluição e outros critérios técnicos definidos pelo órgão competente, como proposto no artigo 12 da resolução nº 396 para águas subterrâneas (BRASIL, 2008). Desse modo, em prol da melhoria da qualidade de vida da população, é crucial que a legislação brasileira inclua uma gama maior de variáveis com limites a serem seguidos.

4.3 IQA-CETESB

Os Índices de qualidade da água nas áreas de estudo variaram de 70,19 a 30,36, sendo enquadrados portanto, nas classes boa a ruim, como mostra a Tabela 24.

Tabela 24 – Valores de IQA obtidos pelo método da CETESB nos pontos de coletadas nas microbacias estudadas

Microbacia	Ponto de coleta	Período	IQA	Classe	
Pastagem	Nascente	Seco	49,60	RAZOÁVEL	
		Chuvoso	55,08	BOA	
	Lêntico	Seco	30,36	RUIM	
		Chuvoso	41,86	RAZOÁVEL	
Reflorestamento	Lótico	Seco	52,82	BOA	
		Chuvoso	54,43	BOA	
	Subterrânea	Chuvoso	42,70	RAZOÁVEL	
		Seco	70,19	BOA	
Floresta	Subterrânea	Chuvoso	53,36	BOA	
		Lêntico	Seco	62,40	BOA
		Chuvoso	57,77	BOA	
Café	Nascente	Seco	59,68	BOA	
		Chuvoso	56,67	BOA	
	Lêntico	Seco	58,38	BOA	
		Chuvoso	54,33	BOA	

Fonte: o autor.

Dentre as áreas estudadas, a microbacia com floresta foi a que apresentou os IQA's mais elevados, seguida do café e pastagem. Semelhante a isto, Pinto et al. (2012), estudando nascentes com diversos usos do solo, também constatou esta sequência de qualidade entre usos floresta, café e pastagem.

O ponto de coleta na microbacia de reflorestamento foi classificado como qualidade razoável. Nos estudos de Bertossi et al. (2013), quando esta área ainda era pastagem, a água subterrânea, no período chuvoso, foi classificada como boa. Apesar das coletas na referida microbacia não terem sido realizadas no mesmo poço, considera-se a comparação válida. A degradação da qualidade da água pode ter se dado, principalmente, pelo fato de que, com a redução da disponibilidade hídrica já comentada, os sedimentos ficaram mais concentrados elevando principalmente os valores de turbidez e sólidos neste ponto.

Aparentemente, a situação anterior com pastagem, manteve melhor IQA que em área de reflorestamento. Contudo, são consideráveis as funções benéficas da floresta, sobretudo na qualidade das águas, o que leva a concluir que, neste caso, o fator preponderante foi o manejo executado na área e não a diferença de o uso do solo. A profundidade do poço nesta microbacia também pode ter influenciado no IQA, como também observado por Scalize et al. (2014) que também constatou qualidade inferior em poços rasos.

Apesar da boa classificação dos IQA's, na maioria dos pontos de coleta, a análise de comparação dos dados com os padrões normativos revelou que todos os locais de coleta apresentaram algum tipo de inconformidade com a legislação, principalmente referente a utilização destas para consumo humano.

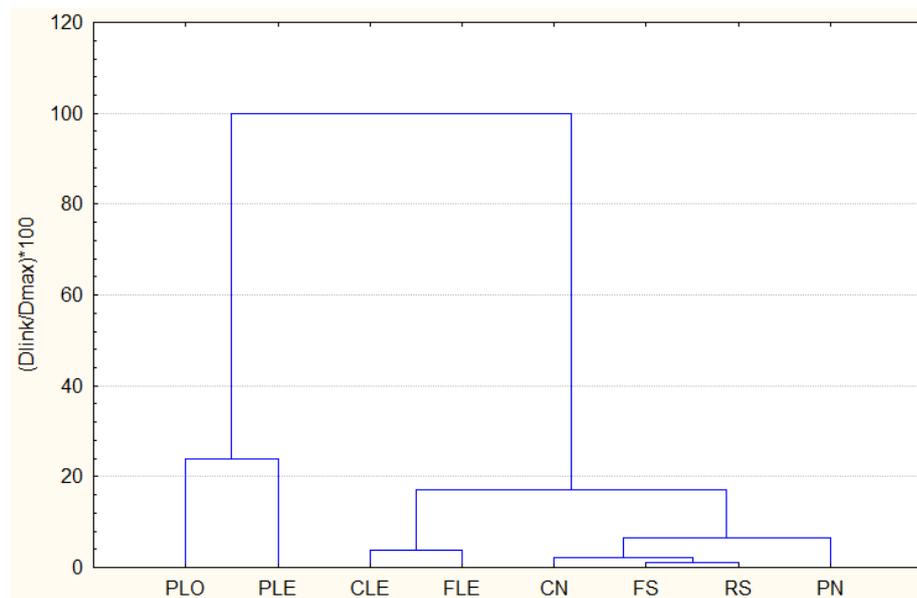
Dentre as variáveis analisadas, os valores de coliformes termotolerantes, variável utilizada no cálculo do IQA, se destacam por estarem extremamente elevados em quase todos os pontos. Considerando que os coliformes devem estar ausentes em águas utilizadas no consumo humano, apenas a água subterrânea apresentou uma tendência a ausência no período seco. O OD, em todos os locais de coleta de água superficial, apresentou valores muito inferiores ao exigido em lei. O ferro não é considerado no cálculo do IQA, porém, esta variável merece destaque por apresentar valores acima do permitido para potabilidade da água e água de classe 1 e 2, com exceção apenas para as nascentes da pastagem e café e água subterrânea da floresta. Desse modo, propõe-se a inclusão do ferro no cálculo do IQA nas próximas pesquisas, nos locais de estudo.

Os resultados mostram que, apesar da importância do IQA na junção de informações para transmiti-las de modo mais simplificado ao público, este pode subestimar ou superestimar a qualidade da água, como constatado por Barros et al. (2012). Por isso, a avaliação das variáveis de forma individual torna-se muito importante, para a análise do comportamento das variáveis envolvidas.

4.4 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

Nas figuras 10, estão apresentados os resultados da análise de agrupamento pelo método de Ward, calculada a partir de todas as variáveis avaliadas, obtidas para o período chuvoso.

Figura 10 – Análise de agrupamento das microbacias estudadas no período chuvoso



Fonte: o autor.

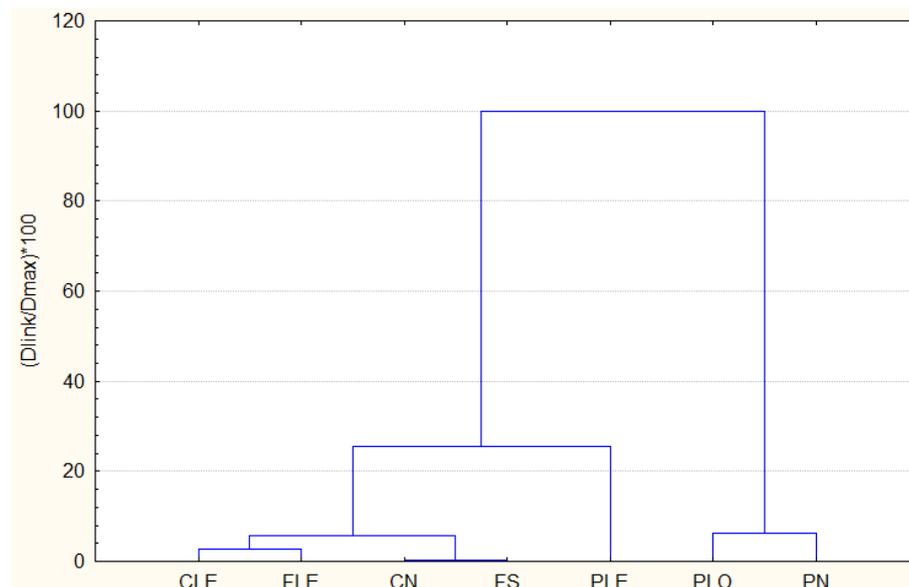
Para o período chuvoso, a escolha do ponto de corte, para identificação dos grupos, foi na distância de 10%. Desse modo, observou-se a separação dos pontos de coleta em quatro grupos distintos: grupo 1 formado pelas nascentes (CN e PN) e águas subterrâneas (FS e RS); grupo 2 formados pelos ambientes lânticos do café (CLE) e da floresta (FLE); grupo 3 formado pelo ambientes lântico da pastagem (PLE) e o grupo 4 formado pelo ambiente lótico da pastagem (PLO).

A Análise de Agrupamento deixou evidente o fato de algumas variáveis terem sido determinantes na formação dos grupos. Analisando os resultados da determinação de coliformes totais (Tabela 14), observou-se certa relação na distinção e formação dos grupos, onde: o grupo 1 apresentou os menores valores, sobretudo, nas águas subterrâneas, seguidos do grupo 2, com valores intermediários, e os grupos 3 e 4 com valores bem elevados.

Acompanhando as formações dos grupos, foi possível observar que em um dado momento (à distância de 23% aproximadamente) houve o agrupamento entre PLO e PLE. A junção destes pontos foi inesperada, pois estes ambientes possuem características distintas. Este fato pode ser explicado pela localização do PLO na microbacia da pastagem. O ambiente lótico da pastagem localiza-se muito próximo ao ambiente lêntico, a aproximadamente 40 metros após o PLE, possuindo também, ainda que moventes, velocidade da água muito reduzida, conferindo a este ponto características semelhantes a ambiente lêntico.

No período seco (Figura 11), a escolha do ponto de corte foi na distância de 10%, onde foi possível observar a formação de três grupos distintos: grupo 1 formado pela nascente do café (CN), água subterrânea da área de floresta (FS), ambientes lênticos da área de cafeeicultura (CLE) e floresta (FLE); grupo 2 formado pelo ambiente lêntico da área de pastagem (PLE); e o grupo 3 formado pela nascente e ambiente lótico da pastagem.

Figura 11 – Análise de agrupamento das microbacias estudadas no período seco



Fonte: o autor.

Os resultados de coliformes totais também foram determinantes na formação dos grupos na AA, no período seco. Analisando os agrupamentos, de acordo com as menores distâncias, nota-se que as concentrações de coliformes totais (Tabela 14) foram menores no grupo 1, seguidas do grupo 2 e valores muito elevados no grupo 3.

Em ambos os períodos, a formação dos grupos se deu, principalmente, pelas concentrações das características físico-químicas e quanto ao tipo de recurso hídrico estudado (nascente, água subterrânea, ambiente lântico e ambiente lótico), de forma semelhante, Bertossi et al. (2013), estudando a qualidade das águas da água na sub bacia do Córrego Horizonte sob diferentes usos dos solo, também observou a influência desses fatores na formação dos grupos.

4.5 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Foram selecionadas quatro componentes principais que explicaram 73,09% da variância total dos dados (Tabela 25).

Tabela 25 – Variância e correlação entre variáveis das componentes principais selecionadas

Variável	CP1	CP2	CP3	CP4
OD	-0,318739	-0,695040	-0,284891	-0,089034
T	-0,192953	-0,611500	0,129608	0,365765
pH	0,415011	-0,174570	-0,769452	-0,130427
CE	0,736005	0,486364	-0,65147	-0,225166
Turb	0,767026	-0,324277	0,473794	0,034032
Ca	0,636734	-0,324885	-0,333589	-0,349618
Mg	0,901230	0,211102	0,040924	-0,010003
Fe	0,701977	-0,159824	-0,184777	0,237670
PO ₄ ³⁻	0,201176	-0,010133	-0,059218	0,688425
Nt	0,479563	-0,742991	0,032152	-0,006921
DBO _{20,5}	0,511196	-0,760770	0,052694	-0,021925
CTerm	0,398077	0,307521	-0,262498	0,711960
ST	0,617649	-0,115168	0,618111	-0,018734
SD	0,750256	0,449375	0,152605	-0,142905
CT	0,306906	0,362696	-0,407415	0,039554
Autovalor	4,88	2,98	1,71	1,39
Autovalor(%)	32,54	19,85	11,42	9,29
Acumulado	32,54	52,38	63,81	73,09

CP: Componente principal.

Fonte: o autor.

A técnica estatística promoveu a redução do número das variáveis, por meio da seleção dos pesos maiores que 0,7 dentro das quatro componentes selecionadas. Desse modo, as nove variáveis que mais sofreram variação durante o período de estudo, nas áreas estudadas foram: CP1- CE, turbidez, Mg, Fe e SD; na

CP2 - Nt e DBO; na CP3 - pH e na CP4 - coliformes termotolerantes. Analisando-se o resultado das componentes, foi possível observar que as variáveis mais expressivas estavam relacionadas aos sais dissolvidos (na CP1), à poluição por matéria orgânica (na CP2 e CP4), causados principalmente pelo aporte de sedimentos, e ao pH (na CP3).

Semelhante ao presente estudo, Rocha et al. (2013) estudando as alterações limnológicas de um manancial em Juiz de Fora, utilizou quatro componentes principais que explicaram 71% da variância total. Os determinantes das variáveis nas CP estavam relacionadas ao transporte e lixiviação de materiais, redução da cobertura florestal com exposição do solo e manejo inadequado.

Bertossi et al. (2013) estudando microbacias de floresta, café e pastagem, cujo a primeira e a segunda são as mesma áreas analisadas neste estudo e a terceira, através de plantio de mudas, foi transformada na área de reflorestamento desta pesquisa, utilizou a ACP e selecionou duas componentes que explicaram 91,2% da variância total, sendo as variáveis mais significativas: condutividade elétrica, sólidos dissolvidos, cálcio, magnésio, sódio, fósforo total e DBO.

Comparando os resultados de Bertossi et al. (2013) com o presente estudo, observa-se que quatro variáveis foram selecionadas em ambas as pesquisas. As diferenças encontradas na seleção das variáveis significativas podem ter sido devido: a mudança da cobertura vegetal de pastagem, nos estudos de para reflorestamento no presente estudo; a inclusão do local onde encontra-se a microbacia de pastagem desta pesquisa que não foi estudada pelo Bertossi et al. (2013); e o maior número de coletas do presente trabalho distribuídas durante todo ano, que proporcionaram um volume maior de dados, motivo pelo qual os resultados obtidos são considerados mais consistentes.

Os supostos benefícios do uso da ACP tem incentivado sua aplicação em estudos de qualidade da água, como uma técnica exploratória, útil na redução do número de dados, uma vez que análises de água normalmente utilizam muitas variáveis de qualidade da água. Porém, os resultados oriundos da ACP são gerados por critérios matemáticos, relacionados à variação das variáveis num determinado conjunto de dados estudado. Logo, a referida análise, por vezes, pode não ser suficiente para exprimir o conjunto de variáveis que, de fato, representem a qualidade da água de um manancial. Neste sentido, a ACP torna-se dependente do

suporte teórico do pesquisador, principalmente no que diz respeito ao conhecimento das variáveis em análise (HAIR et al., 2009).

Estudos específicos sobre formulação de novos índices de qualidade de água tem utilizado a ACP para seleção das variáveis que compõem tal índice (ANDRADE et al., 2005; BERTOSI et al., 2013; PALACIO, 2004). Para o presente estudo, a formulação de mais um índice de qualidade da água não se mostrou vantajosa pela ACP não garantir que, de fato, as variáveis selecionadas são as que melhor representam a qualidade da água, como já discutido.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho possibilitaram as seguintes conclusões:

- De acordo com os valores de IQA os maiores índices de qualidade da água foram encontrados na microbacia da área de floresta, seguidas das microbacias da área de café e pastagem.
- As microbacias de floresta e café obtiveram melhores IQA's no período seco e a microbacia de pastagem no período chuvoso;
- Todos os pontos de coleta apresentaram algum tipo de inconformidade com as normativas, logo, a análise de cada variável de qualidade da água deve ser considerada para obtenção de resultados mais seguros relacionados a qualidade de um manancial;
- A análise de agrupamento possibilitou a formação de quatro grupos distintos, no período chuvoso, e três grupos no período seco. A diferença entre os ambientes foi o principal fator de influencia na segregação dos grupos.
- Na ACP foram selecionadas 9 variáveis mais representativas para explicar a variância da qualidade da água nas áreas estudadas: CE, turbidez, Mg, Fe, SD, Nt e DBO, pH, coliformes termotolerantes, estando portanto, relacionadas aos sais dissolvidos, poluição orgânica e pH.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. **Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (IQA)**. Disponível em:

<<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>> Acesso em: 3 dez. 2014.

AGRIZZI, D. V. **Índice de qualidade de nascentes no assentamento Paraíso, Alegre, ES**. 2012. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 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). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 81-97, 2003.

AMARAL, A. A.; PIRES, S. C.; FERRARI, J. R. Qualidade da água e do sedimento de fundo de alguns córregos do município de Castelo, estado do Espírito Santo. **Revista Agroambiente On-line**, v. 8, n. 2, p. 194-203, 2014.

AMARAL, L. A.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; FERREIRA, L. A.; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 37, n. 4, ago. 2003.

ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A.Q.; CRISÓSTOMO, L. A et al. Índice de qualidade de água, uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 2, p. 135-142, 2005.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de afluente líquidos e corpos receptores - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 22 p.

_____. **NBR 10664**: Água – Determinação de resíduos (sólidos) – Método gravimétrico – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1989. 7 p.

_____. **NBR 12614**: Água – Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) – Método de incubação (20 °C, cinco dias) – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 5 p.

BARROS, J. C.; BARRETO, F. M. S.; LIMA, M. V. Aplicação do Índice de Qualidade das Águas (IQA-CETESB) no açude Gavião para determinação futura do Índice de Qualidade das Águas Brutas para fins de Abastecimento Público (IAP). In: VII CONGRESSO NORTE NORDESTE DE TECNOLOGIA E INOVAÇÃO: AÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA O DESENVOLVIMENTO REGIONAL, Palmas, 2012. **Anais...** Palmas: CONNEPI, 2012. p. 1-8.

- BATALHA, S. S. A.; MARTORANO, L.G.; BIASE, A. G et al. Condições físico-químicas e biológicas em águas superficiais do Rio Tapajós e a conservação de Floresta Nacional na Amazônia, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 9, n. 4, p. 647-663, 2014.
- BERTOSSI, A. P. A.; CECÍLIO, R. A.; NEVES, M. A et al. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas do solo no sul do Espírito Santo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n.1, p. 107-117, 2013.
- BERTOSSI, A. P. A.; MENEZES, J. P. C.; CECÍLIO, R. A et al. Seleção e agrupamento de indicadores da qualidade de águas utilizando Estatística Multivariada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2025-2036, 2013.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 05 jan. 1988. p. 1.
- BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Diário Oficial da União**, Rio de Janeiro, RJ, 20 jul. 1934. Seção 1, p. 14738.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 09 jan. 1997, p. 470
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 39, 12 dez. 2011.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, nº 053, 17 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, nº 066, 07 abr. 2008. Seção 1, p. 64-68.
- BRUZANELLO, E. B. et al. Determinação de Coliformes Totais e Termotolerantes na Água do Lago Municipal de Cascavel, Paraná. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 59-60, 2008.
- CASTRO, P. S.; LOPES, J. D. S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa: Centro de Produções Técnicas, 2001. 84 p. (Série Saneamento e Meio - Ambiente, n. 296).

CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.2, p.254-258, 2001.

CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. The selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. (Ed.). **Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. Great Britain: UNESCO/WHO/UNEP, 1992. p. 51-119.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **IQA – Índice de qualidade das águas**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guasSuperficiais/42-%C3%8Dndice-de-Qualidade-das%C3%81guas-%28iqa%29>>. Acesso em: 03 dez. 2014.

_____. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente 2009. 43 p.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 115-125, 2005.

EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E. W.; GREENBERG, A. E. (Eds.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington, DC: APHA/AWWA/WEF, 2005.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998. 575 p.

FERNANDES, F. B. P ANDRADE, E. M.; FONTENELE, S. B et al. Análise de agrupamento como suporte à gestão qualitativa da água subterrânea no semiárido cearense. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista- RR, v. 4, n. 2, p. 86-95, 2010.

FERNANDES, M. M.; CARVALHO, D. S.; CEDDIA, M. B et al. Valoração ambiental do efeito externo da erosão em duas sub-bacias com diferentes percentuais de mata atlântica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 411-420, 2014.

FRANCO, F. S.; COUTO, L.; CARVALHO, A. F et al. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 751-760, 2002.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 772-780, 2009.

GONÇALVES, C. S. et al. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola em Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 391-399, 2005.

GREGHI, S. Q. **Avaliação da eficiência de métodos rápidos usados para detecção de Coliformes totais e coliformes fecais em amostras de água, em comparação com a técnica de fermentação em tubos múltiplos**. 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e nutrição). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2005.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.; ELESBON, A. A. A et al. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 5, p. 558-563, 2012.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.; RIBEIRO, C. B. M et al. Avaliação da qualidade da água do médio rio pomba (MG) utilizando análise de agrupamento. In: XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2011, Maceio. **Anais...** Maceio: ABRH, 2011. p. 1-14.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L et al. **Análise Multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593 p.

HAIR, J. F. et al. **Análise Multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 679 p.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA E ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - INCAPER. **Dados meteorológicos médios para o município de ALEGRE-ES, obtidos na estação meteorológica automática do INMET**. Disponível em: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=alegre_bol> Acesso em: 28.jan.2015.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178 p.

LIMA, A. M. **Limnologia e qualidade ambiental de um corpo lêntico receptor de efluentes tratados da indústria de petróleo**. 2004. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.

LIMA, J. S. S. et al. Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre, ES. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 327-332, 2008.

LIMA, W. P de.; ZAKIA, M. J. B. Monitoramento de bacias hidrográficas em áreas Florestadas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 10, n. 29, p. 11-21, 1996.

LINSLEY, R. K.; FRANZINI, J. B. **Engenharia de recursos hídricos**. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1978, 798 p.

MENEZES, J. M.; PRADO, R. B.; SILVA JÚNIOR, G. C et al. Qualidade da água e sua relação espacial com as fontes de contaminação antrópicas e naturais: bacia hidrográfica do rio são domingos - RJ. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.4, p.687-698, 2009.

MENEZES, J. P.C.; BERTOSSI, A. P. A.; SANTOS, A. R et al. Qualidade da água subterrânea para consumo humano e uso agrícola no sul do estado do Espírito Santo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET**, Santa Maria, v. 17, n. 17, p. 3318-3326, 2013.

NORUSIS, M. J. **SPSS Base System User's Guide**. Chicago: SPSS Inc, 1990. 520p.

PALACIO, H. A. Q. **Índice de qualidade das águas na parte baixa da bacia hidrográfica do rio Trussu, Ceará**. 2004. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

PEREIRA, P. S.; FERNANDES, L. A. C.; OLIVEIRA, J. L. M et al. Avaliação da integridade ecológica de rios em áreas do zoneamento ecológico econômico do complexo hidrográfico Guapiaçu-Macacu, RJ, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 7, n. 1, p. 157-168, 2012.

PICCOLO, M. A. M.; PINTO, C. A.; TEIXEIRA, E. C. Correlação entre sólidos em suspensão, cor e turbidez para água captada no rio Jucu, ES. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: XX CBESA, p.1341-1347.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica, RJ: Edur, 2004.

PINTO, L. V. A.; ROMA, T. N.; BALIEIRO, K. R. C. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 495-505, 2012.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição**: aspectos físico-químicos. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 285 p.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D. **Escoamento superficial**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2011. 87 p.

ROCHA, C. H. B.; FREITAS, F. A.; SILVA, T. M. Alterações em variáveis limnológicas de manancial de Juiz de Fora devido ao uso da terra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.4, p.431-436, 2013.

ROMPRÉ, A. et al. Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches. **Journal of Microbiological Methods**, [S.l.], v. 49, n. 1, p. 31-54, 2002.

SANTOS, R. D.; LEMOS, C. R.; SANTOS, H. G.; KER, C. J.; ANJOS, C. H. L.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013b. 100 p.

SCALIZE, P. S.; **BARROS, E. F. S.; SOARES, L. A** et al. Avaliação da qualidade da água para abastecimento no assentamento de reforma agrária Canudos, Estado de Goiás. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 9, n. 4, p. 696-707, 2014.

SHARPLEY, A. N.; HALVORSON, A. D. The management of soil phosphorus availability and its impact on surface water quality. In: LAL, R.; STEWART, B. A. **Soil process and water quality: advances in soil science**. Boca Raton: Lewis publishers, 1994. 398 p.

SHIKLOMANOV, I. A. **World water resources: a new appraisal and assessment for the 21st century**. Paris: UNESCO, 1998. 37 p.

SOUZA, A. P. A. B. **Índice de qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas vegetais, no sul do estado do Espírito Santo**. 2011. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

TERRA, V. R et al. Avaliação microbiológica das águas superficiais do rio Jucu Braço Sul, ES, Brasil. **Natureza on line**, Santa Tereza, v. 6, n. 1, p. 48-52, 2008.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impactos das mudanças da cobertura florestal no escoamento: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 135-152, 1997.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do código Florestal no recursos Hídricos. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 67-75, 2010.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de Nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrológicas de cabeceiras**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2004. 210 p.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B.T.; FRANCO, R. A. M et al. influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 55-64, 2010.

VILLIERS, M. **Água: Como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a maior crise do século XXI**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2002. 457 p.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 1. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 588 p.

VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade da água e ao tratamento de esgotos**. e. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452 p.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Classificação das águas, conforme os valores das variáveis encontrados no período seco e chuvoso de acordo com as normativas Portaria do Ministério da Saúde e CONAMA

Parâmetros	PN		Ple		Plo		Fle		Cle		CN		Portaria nº 2914	Resolução nº 357				
	Chuva	Seco	Chuva	Seco	Chuva	Seco	Chuva	Seco	Chuva	Seco	Chuva	Seco		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	
SS (mg/L)	25,57	7	54,33	207	30,33	44	65,37	38	19,6	13,67	19,07	6	*	*	*	*	*	
SD (mg/L)	120,43	123,33	195,6	229,3	195,33	219	96,3	68,33	131,4	105	86,93	101	≤ 1000	≤ 500	≤ 500	≤ 500	*	
CE (µS/cm)	172,33	175,7	342,3	396,3	331,3	405,33	118,8	111,37	223,43	192,47	138,17	144,27	*	*	*	*	*	
Turbidez (uT)	5,64	1	55,33	208,5	12	20,02	59,07	27,7	17,13	6,64	0,37	0,19	≤ 5	≤ 40	≤ 100	≤ 100	*	
Temperatura (°C)	26,2	25	25,83	23,23	25,7	22,4	28,73	25,13	27,33	25,53	26,37	24,97	*	*	*	*	*	
Mg (mg/L)	3,33	6,67	20	28,33	8,33	15	3,33	6,67	6,67	3,33	5	5	*	*	*	*	*	
Ca (mg/L)	0	0	6,67	20	6,67	13,33	13,33	16,67	6,67	0	0	0	*	*	*	*	*	
Fe (mg/L)	0,19	0,05	2,91	2,15	1,43	1,76	2,98	1,32	2,14	0,72	0,02	0	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 5	*	
PO ₄ (mg/L)	0,59	0,35	0,17	1,21	0,3	0,11	0,4	0,53	0,27	0,3	0,39	0,48	*	*	*	*	*	
N total (mg/L)	0,23	0,43	0,64	2,23	0,28	0,07	2,88	1,77	0,33	0,07	0,48	1,07	*	*	*	*	*	
DBO _{5,20} (mg/L)	1,55	1,48	3,96	5,71	1,68	2,88	7,51	6,72	1,06	1,84	2,32	1,92	*	≤ 3	≤ 5	≤ 10	*	
OD (mg/L)	3,39	3,01	1,8	1,55	3,1	2,79	4,35	4,87	3,17	3,56	2,76	3,32	*	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 2	
pH	5,7	5,93	6,46	6,54	6,86	7,07	6,89	7,11	6,52	6,7	5,92	5,98	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	
Col totais (NMP/100ml)	3920	36880	23766	13400	39833	2566,67	6133,3	1140	4840	1380	1166,6	200	Ausente	*	*	*	*	
Col Termot (NMP/100ml)	740	8500	9620	10440	3866,67	41073,33	5866,6	2033,3	3540	3986,6	733,33	200	Ausente	≤ 200	≤ 1000	≤ 2500;	*	
							7	3		7						≤ 1000;	≤ 4000	

PN: Pastagem (Nascente); Ple: Pastagem (ambiente lêntico); Plo: Pastagem (ambiente lótico); Fle: Floresta (ambiente lêntico); CS: Café (água subterrânea); Cle: Café (ambiente lêntico); CN: Café (Nascente). ST: sólidos totais; SS: sólidos suspensos; SD: sólidos dissolvidos; CE: condutividade elétrica; Mg: magnésio; Ca: cálcio; Fe: ferro; N total: nitrogênio total; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; OD: oxigênio dissolvido.

Nota: (*) Não especificado na normativa

APÊNDICE B – Indicação do uso da água, conforme os valores das variáveis da água subterrânea encontrados no período seco e chuvoso, de acordo com as normativas Portaria do Ministério da Saúde e CONAMA

Parâmetros	RS		FS		Resolução 2914	Resolução 396/08			
	Chuva	Seco	Chuva	Seco		Consumo Humano	Dessedentação de animais	Irrigação	Recreação
SS (mg/L)	717,1	-	15,37	12,33	*	*	*	*	*
SD (mg/L)	145,4	-	107,37	106	≤ 1000	1000	*	*	*
CE (μS/cm)	136,4	-	181,2	191,33	*	*	*	*	*
Turbidez (UNT)	168	-	5,47	1,71	≤ 5	*	*	*	*
Temperatura (°C)	26,35	-	26,7	25,13	*	*	*	*	*
Mg (mg/L)	7,5	-	1,67	3,33	*	*	*	*	*
Ca (mg/L)	0	-	0	0	*	*	*	*	*
Fe (mg/L)	2,42	-	0,12	0,03	≤ 0,3	0,3	*	5	0,3
PO ₄ (mg/L)	0,33	-	0,35	0,24	*	*	*	*	*
N total (mg/L)	1,13	-	0,17	0,57	*	*	*	*	*
DBO _{5,20} (mg/L)	4,18	-	3,34	2,52	*	*	*	*	*
OD (mg/L)	3,66	-	3,31	3,28	*	*	*	*	*
pH	5,45	-	5,75	5,94	6-9	*	*	*	*
Col totais (NMP/100ml)	112,5	-	11,73	1,87	ausente	*	*	*	*
Col Termot (NMP/100ml)	102,55	-	11,73	1,87	ausente	ausente	200	*	1000

RS: Reflorestamento (água subterrânea); FS: Floresta (água subterrânea). ST: sólidos totais; SS: sólidos suspensos; SD: sólidos dissolvidos; CE: condutividade elétrica; Mg: magnésio; Ca: cálcio; Fe: ferro; N total: nitrogênio total; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; OD: oxigênio dissolvido.

Nota: (*) Não especificado na normativa