



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

DANIELA VANTIL AGRIZZI

**ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DE NASCENTES NO ASSENTAMENTO
PARAÍSO, ALEGRE, ES**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES
AGOSTO – 2012

DANIELA VANTIL AGRIZZI

**ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DE NASCENTES NO ASSENTAMENTO
PARAÍSO, ALEGRE, ES**

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 Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio
Coorientadores: Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia
Prof. Dr. Sidney Sara Zanetti

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

AGOSTO – 2012

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

A279i Agrizzi, Daniela Vantil, 1982-
Índice de qualidade da água de nascentes no assentamento Paraíso,
Alegre, ES / Daniela Vantil Agrizzi. – 2012.
88 f. : il.

Orientador: Roberto Avelino Cecílio.
Coorientadores: Giovanni de Oliveira Garcia, Sidney Sára Zanetti.
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal
do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Água - Poluição. 2. Análise multivariada. 3. Análise por agrupamento. 4.
Conservação da natureza – Espírito Santo (Estado). I. Cecílio, Roberto
Avelino II. Garcia, Giovanni de Oliveira. III. Zanetti, Sidney Sara. IV.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V.
Título.

CDU: 630

**ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DE NASCENTES NO ASSENTAMENTO
PARAÍSO, ALEGRE, ES**

Daniela Vantil Agrizzi

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 Ciências Florestais.

Aprovada em 17 de Agosto de 2012.



Prof. Dr. Atanásio Alves do Amaral
lves – Campus de Alegre
Membro Externo



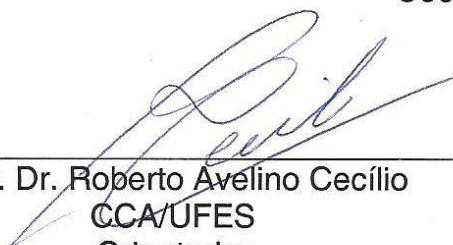
Prof. Dr. Henrique Machado Dias
CCA/UFES
Membro Externo



Prof. Dr. Sidney Sára Zanetti
CCA/UFES
Coorientador



Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia
CCA/UFES
Coorientador



Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio
CCA/UFES
Orientador

*“Se soubesse que o mundo se acabaria
amanhã, eu ainda hoje plantaria uma árvore.”*

Martín Luther King

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu bom Deus, pelas alegrias que tem proporcionado à minha vida, sendo essa conquista uma das mais importantes.

Aos meus pais, Roseni e Eumário, por terem me ensinado a percorrer os caminhos da vida, me apoiando sempre em todas as decisões.

Ao meu marido, Fabiano, meu “professor-orientador-particular”, por ter me apoiado, incentivado, confiado, cobrado nos momentos necessários, mas principalmente pelo companheirismo e pelo carinho que recebo diariamente.

À minha família e amigos que sempre me acompanham e encorajam nos momentos de dificuldade.

Ao programa de Pós - Graduação em Ciências Florestais por oferecer a oportunidade de estudar e crescer como profissional e como pessoa.

Ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, por conceder a licença para eu cursar o mestrado e acreditar no meu projeto de pesquisa. Aos meus colegas de trabalho pelo incentivo.

Ao meu orientador, Prof. Roberto Avelino Cecílio e aos meus coorientadores Prof. Giovanni de Oliveira Garcia e Prof. Sidney Sara Zanetti, pelos preciosos ensinamentos ao longo dessa jornada.

Ao Prof. Atanásio Alves do Amaral, por ajudar cedendo o laboratório do IFES para que eu pudesse realizar as pesquisas, pelas contribuições na elaboração projeto e na participação da banca examinadora.

Ao Prof. Henrique Machado Dias pela contribuição valiosa ao participar da banca examinadora.

Aos servidores da UFES que me ajudaram nos laboratórios: Marcelo (Física dos Solos), Alexandro e Luiz (Lafarsol) e principalmente a Elziane (Bromatologia); lembrando também do Prof. Alexandre (Microbiologia) do Ifes.

Ao Prof. Adair Regazzi pela contribuição nas análises estatísticas.

Aos amigos corajosos que se dispuseram em me ajudar com as coletas e trabalhos laboratoriais: Ana Paula, Ígor, Larissa, Arieli, Eduardo, Ramires e Fabiano.

Ao Jabson, pela imensa ajuda com as coletas e vontade em resolver os problemas da reforma agrária.

Aos amigos que fiz durante essa pós-graduação: Arieli, Lucas, Huezer, Benvindo, Danilo, Maycon, Ígor, Kenny, Marcelo; e das antigas: Marcos, Beth e Fabrícia, que me acompanharam trazendo muitos momentos felizes e inesquecíveis.

A todos o meu mais profundo **Muito Obrigada!**

SUMÁRIO

	Página
SUMÁRIO	vii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. QUALIDADE DA ÁGUA	4
3.1.1. Parâmetros Microbiológicos de Qualidade da Água	4
3.1.1.1. Coliformes totais	4
3.1.1.2. Coliformes termotolerantes	5
3.1.2. Parâmetros Físicos e Químicos de Qualidade da Água	6
3.1.2.1. Potencial hidrogeniônico	6
3.1.2.2. Alcalinidade	6
3.1.2.3. Oxigênio dissolvido	7
3.1.2.4. Demanda bioquímica de oxigênio	8
3.1.2.5. Nitrogênio	8
3.1.2.6. Fósforo.....	9
3.1.2.7. Ferro	10
3.1.2.8. Cálcio.....	11
3.1.2.9. Magnésio	11
3.1.2.10. Temperatura	12
3.1.2.11. Turbidez.....	12
3.1.2.12. Condutividade elétrica	13
3.1.2.13. Série de sólidos	14
3.2. PADRÕES NORMATIVOS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	14
3.3. RELAÇÕES ENTRE QUALIDADE DA ÁGUA E USO DA TERRA.....	15
3.4. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA	16
3.5. QUALIDADE DA ÁGUA EM NASCENTES	19
4. MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1. ÁREA EM ESTUDO	21
4.2. SELEÇÃO DAS NASCENTES.....	22
4.3. COLETA E ANÁLISES DA ÁGUA.....	28
4.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	30
4.4.1. Caracterização Microbiológica e Físico-Química	31
4.4.2. Cálculo da Qualidade da Água	32
4.4.3. Análise de Componentes Principais	33
4.4.4. Análise de Agrupamento	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1. CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA.....	38
5.1.1. Coliformes Totais	38
5.1.2. Coliformes Termotolerantes	39
5.1.3. pH e Alcalinidade	41
5.1.4. Temperatura	44
5.1.5. Oxigênio Dissolvido	45
5.1.6. Nitrogênio Total e Fósforo Total	47

5.1.7. Ferro	50
5.1.8. Turbidez, DBO e Condutividade Elétrica	51
5.1.9. Série de Sólidos, Cálcio e Magnésio	54
5.2. CONFORMIDADE COM OS PADRÕES NORMATIVOS.....	58
5.3. CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA	61
5.4. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS.....	62
5.5. ANÁLISE DE AGRUPAMENTO	65
6. CONCLUSÃO	69
7. REFERÊNCIAS	70
APÊNDICE	77

RESUMO

AGRIZZI, Daniela Vantil. **Índice de qualidade da água de nascentes no assentamento Paraíso, Alegre, ES.** 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Orientador: Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio. Coorientadores: Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia e Prof. Dr. Sidney Sara Zanetti.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água de nascentes no assentamento Paraíso, localizado no município de Alegre, ES. A pecuária leiteira é a principal atividade econômica desenvolvida na região e, em 2006, o INCRA, junto aos assentados, iniciou um trabalho de recomposição das APP's das nascentes que resultou atualmente em diferentes tratamentos ao redor dos olhos d'água, de acordo com os cuidados e expectativas de cada produtor. Das 25 nascentes existentes, oito foram selecionadas: N1, em meio à floresta remanescente de Mata Atlântica; N2, N3, N4, N5, N6 e N7 estão em recuperação, sendo que as nascentes estão cercadas, porém, variando no tamanho da área cercada, na topografia, no estágio de recuperação alcançado e no tipo de vegetação existente; e a N8, sem cerca e com acesso livre dos animais de criação. Três amostras de água foram coletadas em cada nascente entre novembro/2011 e março/2012 e analisados 17 parâmetros: coliformes totais e termotolerantes, pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total, fósforo total, ferro, cálcio, magnésio, temperatura, turbidez, condutividade elétrica (CE) e sólidos suspensos, dissolvidos e totais. Os resultados foram comparados com os padrões normativos da legislação para potabilidade e para qualidade ambiental da água, tendo-se calculado o Índice de Qualidade de Água seguindo metodologia adaptada da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), na qual foram retirados os parâmetros pH e OD, por terem sido considerados não importantes para o cálculo de qualidade para essas nascentes. Técnicas de análise estatística multivariada foram utilizadas para facilitar a interpretação do grande número de parâmetros, por meio da análise de componentes principais (ACP) e análise de agrupamento (AA). A partir da ACP, selecionaram-se dois componentes que explicaram 67,60% da variância total dos dados, e os parâmetros que mais explicam as variações entre as nascentes são: coliformes termotolerantes e totais, DBO, CE, alcalinidade, turbidez, sólidos suspensos totais e temperatura. Na AA três grupos foram formados, distinguindo-se o grupo I, formado pelas nascentes cercadas, o grupo II, composto pela N1, e o grupo III, composto pela N8. O grupo I apresentou a melhor qualidade de água e o grupo III a pior, revelando a importância da proteção de nascentes. A qualidade da água em meio à floresta foi pouco inferior às do grupo I por ter tido mais contato com contaminantes microbiológicos (excrementos de animais silvestres) e por ter recebido maior aporte de matéria orgânica e sedimentos que aquelas protegidas pelo adensamento de gramíneas forrageiras.

Palavras-chave: poluição hídrica, análise estatística multivariada, análise de componentes principais, análise de agrupamento, área de preservação permanente.

ABSTRACT

AGRIZZI, Daniela Vantil. **Index water quality of springs in the *Paraíso* settlement, Alegre, ES.** 2012. Dissertation (Master's degree on Forest Science) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Adviser: Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio. Co-adviser: Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia e Prof. Dr. Sidney Sara Zanetti.

The objective of this study was to evaluate the water quality of springs in the *Paraíso* settlement, located in city of Alegre, ES. The dairy production is the main economic activity developed in the region and in 2006, the National Institute of Colonization and Land Reform (INCRA), joined the settlers, started a project of reconstruction of Mandatory Preservation Areas (APP'S) of the springs which resulted in different treatments around the springs, according to the treatment and expectations of each producer. Out of 25 existing springs, eight were selected: N1, in an Atlantic Forest remnant; N2, N3, N4, N5, N6, N7 are in recovery, being that the springs are fenced, however, ranging in size of the fenced area, in topography, recovery stages reached and type of existing vegetation; and the N8 wasn't fenced and access the farm animals had free access. Three samples of water were collected in each spring between November/2011 and March/2012 and 17 parameters were analyzed: total and thermotolerant coliforms, pH, alkalinity, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), total nitrogen, total phosphorus, iron, calcium, magnesium, temperature, turbidity, electrical conductivity (EC) and dissolved suspended total solid. The results were compared to the normative standards of legislation for environmental quality and portability of water and was calculated the Water Quality Index following the method adapted from a Environmental Company of São Paulo (CETESB), in which the parameters pH and DO were taken out because they weren't consider important for the quality calculation of these springs. Multivariate statistical analysis technique was utilized to facilitate the interpretation of the large number of parameters thru the Principal Component Analysis (PCA) and Cluster Analysis (CA). Based on the ACP, two components were selected which explained 67.60% of total variance of the data and the parameters best explains the variation between the springs are: total and thermotolerant coliforms, BOD, EC, alkalinity, the turbidity, suspended total solids and temperature. In the CA, three groups were formed, distinguishing group I, formed by the fenced springs, group II, consisting N1 and group III consisting N8. Group I presented the best water quality and group III the worst, revealing the importance of the protection of springs. The water quality in the forest was slightly lower than group I to have had more contact with microbiological contaminants (excrement of wild animals) and to have received greater input of organic matter and sediments than those protected by the density of forage grasses.

Keywords: water pollution, multivariate statistical analysis, principal component analysis, permanent conservation area.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de fundamental importância para a manutenção da vida na terra. Sua presença abundante no planeta criou condições favoráveis para o desenvolvimento e evolução dos seres vivos.

De certa forma, a própria sobrevivência desses seres vivos e, também, o funcionamento adequado dos ecossistemas, das comunidades e das economias estão condicionados não só a existência de água em quantidade suficiente, como também em qualidade adequada ao uso (ANA, 2011).

Historicamente, as pesquisas com qualidade da água receberam bem menos investimento, apoio científico e atenção da população do que estudos com quantidade volumétrica (ANA, 2011). Todavia, a qualidade é tão importante quanto a quantidade. Poucas são as regiões do mundo que ainda não enfrentam problemas com perda de fontes potenciais de água devido a problemas com decadência dessa característica (MORAES; JORDÃO, 2002).

No campo, as atividades agrossilvipastoris podem impactar negativamente os recursos hídricos por meio do uso inadequado dos solos, da exploração desordenada dos recursos naturais, do desmatamento e do uso indiscriminado de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos (PINTO, 2003).

Como forma de proteger os recursos ambientais, notadamente os hídricos, em 1965 o Governo Brasileiro instituiu as Áreas de Preservação Permanente (APP's), por meio do Código Florestal estabelecido pela LEI Nº 4.771, que define as porções do território que deverão possuir cobertura com vegetação nativa (BRASIL, 1965), atualmente revogada pela LEI Nº 12.651, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa (BRASIL, 2012), também conhecida como Novo Código Florestal.

Outras políticas também foram criadas no intuito de preservar os mananciais, como exemplo a Política Nacional dos Recursos Hídricos, que conferiu a água como um recurso natural limitado e dotado de valor econômico, LEI Nº 9.433 (BRASIL, 1997). Limitado, porque, apesar de possuir a capacidade de se recompor, principalmente pelas chuvas, a sua disponibilidade é dependente da quantidade existente e da qualidade apresentada. Desse modo, essa Lei contribuiu para a diminuição do desperdício que vinha

acontecendo, dos poucos investimentos recebidos e da sua baixa valorização econômica (SETTI et al., 2000).

Mas é o Código Florestal, o instrumento que relaciona a proteção do solo com a conservação dos recursos hídricos. Porém, desde a sua criação, em função da disputa pelo solo produtivo ou pelo espaço de crescimento das cidades, as APP's não foram totalmente respeitadas, sendo insatisfatórios os resultados alcançados.

Diante da necessidade de reverter esse quadro, os órgãos ambientais vêm tratando de forma mais rigorosa o cumprimento da legislação ambiental, sendo que a recomposição das nascentes passou a ter destaque na adequação da propriedade rural.

A nascente é o local onde o lençol freático aflora na superfície do solo, apresentando perenidade e dando o início de um curso d'água. É considerada Patrimônio Natural. Suas APP's são definidas como a área ao entorno das nascentes e dos chamados "olhos d'água" perenes, num raio de 50 m, qualquer que seja a topografia (BRASIL, 2012). Nos casos em que essas áreas estejam desprovidas da vegetação nativa, passa a ser necessário reflorestá-las.

A recuperação de uma APP de nascente, em geral, ocorre de forma gradativa e lenta. A ação é muito particular, pois cada produtor se depara com dificuldades, cuidados e expectativas individuais, além das adversidades do clima, de pragas, das diferentes exigências de cada espécie, entre outros, o que remete a distintos caminhos para alcançar os mesmos resultados.

Em 2006, o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) iniciou no assentamento Paraíso, em Alegre, ES, o projeto de recuperação de nascentes chamado Ninhos D'água. Foram fornecidos os insumos necessários para que os assentados conduzissem os trabalhos de cercamento e plantio, resultando, atualmente, em diversas situações. Entretanto, existe a necessidade de se conhecer a real influência dos diferentes tratamentos recebidos pelas áreas no entorno das nascentes na qualidade de suas águas.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho foi avaliar a qualidade da água em nascentes do assentamento Paraíso, para o período chuvoso, em resposta aos diferentes tratamentos recebidos pelas áreas de seus entornos. Os objetivos específicos consistem em:

- Caracterizar microbiologicamente e físico-quimicamente a água das nascentes;
- Confrontar os resultados obtidos com legislação vigente, para qualidade de água;
- Calcular o Índice de Qualidade de Água proposto pela CETESB e validá-lo para as nascentes estudadas;
- Utilizar técnicas de estatística multivariada (análise de componentes principais e análise de agrupamento) para verificar o comportamento das nascentes.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. QUALIDADE DA ÁGUA

Por ser um solvente universal, a água, líquido incolor, inodoro, insípido e transparente, não é encontrada na natureza em seu estado de absoluta pureza (VON SPERLING, 2005). Ainda que em baixas proporções, praticamente todos os elementos químicos podem ser encontrados em águas naturais, sendo em geral sólidos dissolvidos ionizados, gases, compostos orgânicos e matéria em suspensão, incluindo microrganismos e material coloidal (SETTI et al., 2000; TUCCI, 2009). Portanto, a qualidade da água é definida pelas características químicas, físicas e biológicas que a mesma apresenta, sendo que a variação dessas características define suas diferentes finalidades, como irrigação, uso doméstico, recreação, entre outros (MERTEN; MINELLA, 2002).

A qualidade da água, seja superficial ou subterrânea, é reflexo dos fatores naturais e antrópicos desenvolvidos na bacia hidrográfica (VON SPERLING, 2005). Conhecê-la, permite compreender os processos ambientais ocorrentes nessa bacia, sendo uma informação essencial para o planejamento de sua ocupação e para o controle dos impactos (PARRON et al., 2011), além de controlar a própria qualidade, a fim de satisfazer os múltiplos usos desejados (VON SPERLING, 2005).

3.1.1. Parâmetros Microbiológicos de Qualidade da Água

3.1.1.1. Coliformes totais

Os coliformes totais (COL_{totais}) são enterobactérias, bacilos Gram-negativos, não esporulantes, oxidase-negativas, anaeróbicas facultativas em meio de cultura contendo sais biliares e móveis (GOMES, 2012). São capazes de fermentar a lactose produzindo gás, no período de 24 a 48 horas, a 35°C. Nesse grupo de bactérias encontram-se bactérias originárias do trato gastrointestinal de humanos e de outros animais endotérmicos, como a

Escherichia coli, e também bactérias não entéricas, como dos gêneros *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Serratia*, dentre outras (BRASIL, 2004; SILVA et al., 2010; ESTEVES, 2011), provenientes do solo, de vegetais ou outras fontes.

Essa análise é importante para verificar a presença de organismos vivos na água, não necessariamente patogênicos, sendo apenas um teste presuntivo para esses. Portanto sua presença é tolerada para amostras procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada, desde que verificada a ausência de *Escherichia coli* e/ou, coliformes termotolerantes. Mas, no caso de sistemas de tratamento de água, onde já houve uma desinfecção completa da água, a presença de coliforme total é um indício de contaminação externa durante a sua distribuição (BRASIL, 2004).

3.1.1.2. Coliformes termotolerantes

As bactérias coliformes termotolerantes (COL_{termo}) são um subgrupo dos coliformes totais, caracterizados por fermentar lactose em 24 horas, sob temperatura de 44,5 a 45,5 °C, produzindo gás. Possuem como principal representante a *Escherichia coli*, que é de origem exclusivamente fecal (humanos, mamíferos e aves) (CETESB, 2009; SILVA et al., 2010; ESTEVES, 2011; GOMES, 2012). Mas, embora o grupo dos coliformes termotolerantes inclua outros gêneros de origem não fecal (*Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*) e a determinação de *Escherichia coli* seja o melhor método, o seu uso é aceitável e muito utilizado para avaliação da qualidade microbiológica da água, sendo recomendado pela legislação brasileira, para águas superficiais destinadas ao abastecimento, recreação, irrigação e piscicultura (CETESB, 2009).

Um corpo d'água receptor de dejetos fecais pode conter diversos agentes transmissores de doenças, disseminados por agentes poluidores eventualmente portadores de microrganismos patogênicos. Mas esse fato não gera impacto significativo na biota aquática, apenas prejudica o uso da água para abastecimento, recreação e irrigação (VON SPERLING, 2007).

3.1.2. Parâmetros Físicos e Químicos de Qualidade da Água

3.1.2.1 Potencial hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico (pH) se refere ao logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio existente em uma solução, expressa em moles por litro. Varia de 0 a 14, indicando acidez ($\text{pH} < 7$), neutralidade ($\text{pH} = 7$) ou alcalinidade ($\text{pH} > 7$) (CHAPMAN; KIMSTACK, 1992; LIMA, 2008; TUCCI, 2009).

A água na natureza normalmente apresenta pH entre 4 e 9 (APHA, 2005), e sua variação quando ocorre de forma natural pode ser devido à dissolução de rochas; ou por influência do solo (ácido ou básico) que, por exemplo, na presença de carbonatos e bicarbonatos, eleva o seu valor; ou por absorção de gases da atmosfera, já que o CO_2 dissolvido é a principal fonte de acidez da água formando o ácido carbônico (VON SPERLING, 2007; ESTEVES, 2011); ou por oxidação de matéria orgânica que também contribui com o aumento da acidez devido à liberação de CO_2 (SILVA; OLIVEIRA, 2001); ou, ainda, devido à fotossíntese, pelo fato de retirar o gás carbônico do aquífero, principalmente quando há grande quantidade de algas (ESTEVES, 2011). Porém, quando a alteração é de origem antropogênica, o motivo pode ser por despejos domésticos ou por despejos industriais que contribuem com aporte de matéria orgânica e de produtos químicos. Valores muito afastados da neutralidade interferem na vida aquática (VON SPERLING, 2007).

Em sistemas de tratamento o pH final da água deve ser mantido entre 6,0 e 9,5, porque quando ácidas, as águas são corrosivas e prejudicam o sistema de distribuição, enquanto que as alcalinas são incrustantes (BRASIL, 2004; CETESB, 2009).

3.1.2.2. Alcalinidade

A alcalinidade (Alc) da água corresponde à sua capacidade de neutralizar ácidos, resultante da soma de todas as bases tituláveis, ou seja, sua

capacidade de tamponação. A alcalinidade é devida principalmente à presença de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

Assim como o pH, a alcalinidade também afeta a atividade biológica em ambientes naturais, pois condiciona os processos físico-químicos em um corpo d'água. Em águas para abastecimento seu conhecimento permite a interpretação e o controle de processos de tratamento, auxiliando na dosagem de agentes flocculantes e indicando a capacidade incrustante da água (PARRON et al., 2011).

3.1.2.3. Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é um índice expressivo de qualidade sanitária dos aquíferos (TUCCI, 2009), consistindo na quantidade de gás oxigênio contida na água. Pode ser expresso em partes por milhão (ppm) a uma dada temperatura e pressão atmosférica específica, podendo ser indicativo da capacidade da água em sustentar organismos aquáticos aeróbicos (MACÊDO, 2001).

A pequena disponibilidade de gás O_2 na água, comparando com a quantidade presente na atmosfera, se deve à baixa solubilidade dessa molécula, que é apolar, em meio aquoso, o qual é polar. Seu aporte nos corpos hídricos ocorre principalmente como resultado da fotossíntese e da dissolução do ar atmosférico na água, que varia de acordo com a pressão atmosférica, com a temperatura e com a salinidade, sendo o primeiro diretamente proporcional e os dois últimos inversamente proporcionais (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO, 2005). A aeração de um corpo d'água também depende de suas características hidráulicas, como velocidade do escoamento ou quantidade de cascatas em seu percurso (CETESB, 2009). Portanto, sua variação em meio aquático ocorre diariamente e sazonalmente.

Por outro lado, as perdas de O_2 da água se devem ao próprio retorno para a atmosfera, ou ainda pela respiração dos organismos aquáticos; pela nitrificação e oxidação química abiótica como, por exemplo, do ferro (II) e manganês (II) (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO, 2005); e principalmente pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), sendo esse o principal indicador

de poluição das águas por despejos orgânicos (VON SPERLING, 2007). Lima (2008) afirma que o aumento na concentração de sólidos totais dissolvidos também diminui a capacidade de conter oxigênio dissolvido.

No caso de ambientes eutrofizados, que é uma resposta do enriquecimento do corpo hídrico por nutrientes, ocorre aumento considerável de plantas e algas que levam à supersaturação de oxigênio. Entretanto, durante a noite, a fotossíntese cessa, permanecendo somente a respiração dos organismos, o que diminui consideravelmente a concentração de OD, podendo levar a mortandade de peixes (ANA, 2012).

3.1.2.4. Demanda bioquímica de oxigênio

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é um parâmetro para determinar de forma indireta a quantidade de matéria orgânica presente na água (VON SPERLING, 2007; PARRON et al., 2011). Sua quantificação se dá por meio da determinação da quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbica para uma forma mais estável, durante um determinado período de tempo, a uma temperatura de incubação específica (CETESB, 2009).

A determinação da DBO é importante para o controle de poluição, para a regulamentação da qualidade de efluentes e também para avaliação da capacidade de depuração de corpos d'água receptores de dejetos (BRAGA et al. 2005; SILVA; OLIVEIRA, 2001). Altos teores de matéria orgânica podem eliminar por completo o oxigênio da água, provocando o desaparecimento de peixes e demais espécies aquáticas (CHAPMAN; KIMSTACK, 1992; CETESB, 2009).

3.1.2.5. Nitrogênio

Em ecossistemas aquáticos o nitrogênio (N) pode estar presente nas formas orgânica e inorgânica. O N orgânico se apresenta nos organismos vivos, senescentes ou mortos (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton, peixes, macrófitas, etc.) e também como compostos lixiviados (aminoácidos,

peptídeos, entre outros). Já o N inorgânico se apresenta dissolvido na forma de nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O) e nitrogênio molecular (N_2) (ESTEVES, 2011).

Abundante elemento químico na atmosfera, sua incorporação ao meio aquático ocorre por fixação biológica (transformação do N_2 em N biológico), por chuvas, por tempestades ou por meio do aporte da forma orgânica e inorgânica por ecossistemas adjacentes como efluentes domésticos, industriais (ESTEVES, 2011), excrementos de animais e fertilizantes (VON SPERLING, 2007) que podem ser carregados pelo deflúvio ou lixiviação.

A amônia livre, o nitrito e o nitrato, em altas concentrações, são tóxicos aos organismos. A amônia afeta diretamente os peixes. O nitrito, por ser instável na presença de oxigênio, normalmente é encontrado em baixas quantidades na água. O nitrato está associado a doenças como a metemoglobinemia em seres humanos, que ocorre quando o nitrato presente na água substitui o oxigênio transportado pelas hemoglobinas. Nos processos bioquímicos de nitrificação e nitratação, são consumidas consideráveis quantidades de OD da água, podendo influenciar no metabolismo das comunidades biológicas. (VON SPERLING, 2007; CETESB, 2009).

O nitrogênio é um dos principais causadores da eutrofização das águas, como já descrito anteriormente, podendo acarretar a diminuição de oxigênio dissolvido e mortalidade de peixes. No caso de consumo humano dessa água eutrofizada, percebem-se alterações no odor e sabor, podendo também existir toxinas liberadas por certas algas (MERTEN; MINELLA, 2002), prejudicando o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática (IGAM, 2012).

Para avaliação da qualidade da água a CETESB adota a utilização da concentração de N total que é soma do nitrogênio kjeldahl (N orgânico + N amoniacal), nitrito e nitrato (APHA, 2005).

3.1.2.6. Fósforo

Assim como o nitrogênio, o fósforo (P) é um importante nutriente para os processos biológicos dos organismos vivos, sendo o seu excesso nos

mananciais um dos principais, causadores de eutrofização (ANA, 2012). Em regiões de climas tropicais a sua disponibilidade é baixa, de modo a caracterizar como o nutriente mais importante para o crescimento das plantas aquáticas (BRASIL, 2006). Nutriente limitante do crescimento de algas é, portanto, um controlador da produtividade primária de um corpo d'água (CHAPMAN; KIMSTACK, 1992).

O fósforo pode se apresentar na água na forma orgânica, ou inorgânica, podendo estar dissolvido na água ou adsorvido em partículas de solo. O fósforo orgânico pode estar presente nas estruturas dos organismos vivos ou mortos, em fezes ou em compostos dissolvidos como nucleotídeos, coloides orgânicos e ésteres de fosfato; já o fósforo inorgânico está presente no ortofosfato e em outros fosfatos. A determinação do fósforo total (P-total) se dá convertendo-se todas as formas de fósforo, em ortofosfato (ESTEVES, 2011).

As origens naturais do fósforo na água ocorrem por dissolução dos compostos do solo, por decomposição da matéria orgânica ou por decomposição celular dos microrganismos. As origens antropogênicas são representadas por despejos domésticos, despejos industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. Apesar de o fósforo em si não comprometer o abastecimento público, ele é um importante indicador de qualidade da água (VON SPERLING, 2007).

Em ambientes frágeis com sistemas agrícolas implantados, o fósforo proveniente de fertilizantes, pode ser carregado para os mananciais e adsorvido em sedimentos gerados em erosões hídricas (SILVA; PRUSKI, 1997).

3.1.2.7. Ferro

A presença de ferro (Fe) na água ocorre devido à dissolução de compostos do solo ou, de forma artificial, por despejos industriais. Na ausência de oxigênio, como exemplo em águas subterrâneas ou fundo de lagoas, o ferro se apresenta em sua forma reduzida solúvel (Fe^{2+}), mas quando em contato com o ar, o mesmo se oxida (Fe^{3+}) tornando-se insolúvel e precipitando (VON SPERLING, 2005).

Em águas subterrâneas sua presença principal é na forma de carbonato ferroso, devido à dissolução do minério em gás carbônico. Em águas superficiais, a concentração de ferro pode aumentar em épocas de chuvas, devido ao carreamento de solos (CETESB, 2009).

O Ferro não é tóxico para o consumo humano, sendo que a sua restrição no abastecimento público ocorre porque em certas concentrações, confere cor e sabor à água, podendo provocar manchas em objetos domésticos. Outro problema ocorre quando há o depósito em canalizações e o depósito de ferrobactérias, contaminando a rede de abastecimento (VON SPERLING, 2005; CETESB, 2009). As ferrobactérias, comumente do gênero *Chrenotrix* e *Gallionella*, utilizam o ferro como nutriente (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

2.1.2.8. Cálcio

O cálcio (Ca) é um dos principais cátions contido na maioria das águas naturais, pois praticamente todas as rochas são fontes de Ca. Nas regiões formadas por rochas calcárias a oferta é maior ainda (LIMA, 2008).

Cálcio e magnésio são os principais íons causadores da dureza na água, que dificulta a produção de espuma pelo sabão devido à presença de cátions metálicos divalentes, que reagem com sabão formando precipitados e com alguns ânions presentes na água formando crostas. Em canalizações com água quente formam incrustações, sendo este o seu principal inconveniente (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

O consumo humano de cálcio não apresenta riscos fisiológicos, pelo contrário, é considerado, pelo Código de Águas Minerais, um dos compostos químicos que confere às águas minerais ação medicamentosa (BRASIL, 1945).

3.1.2.9. Magnésio

A principal fonte de magnésio (Mg) nas águas naturais são as rochas de origem, como, por exemplo, magnesita, dolomita, micas, piroxênios, entre

outras. Mas, também, podem ser provenientes de efluentes industriais, já que é muito usado em processos produtivos (LIMA, 2008).

A concentração de Mg é sempre menor que a de Ca. Em se tratando de potabilidade, à medida que a sua concentração vai aumentando, surge um sabor desagradável, além de efeito diurético e catártico, bem antes de se tornar tóxico (LIMA, 2008).

Assim como o cálcio, o magnésio também é considerado pelo Código das Águas como um dos componentes químicos que conferem às águas minerais ação medicamentosa (BRASIL, 1945).

3.1.2.10. Temperatura

Para Von Sperling (2005), a temperatura (Temp) é a medição da intensidade de calor, que pode ser transferido para água por radiação, condução e convecção, tanto da atmosfera quanto do solo. No corpo hídrico, pode variar naturalmente com a latitude, altitude, estação do ano, hora do dia, taxa de fluxo e profundidade ou artificialmente por despejos industriais e pela ação de indústrias termoelétricas (CHAPMAN; KIMSTACK, 1992; CETESB, 2009).

A temperatura é considerada uma característica importante porque influencia muitos outros parâmetros da água, como a densidade, viscosidade, solubilidade dos gases (como o O₂), nas reações químicas (que duplicam a velocidade para cada 10°C de aumento), nas reações bioquímicas das atividades microbianas, além de promover as condições de existência dos organismos e espécies aquáticas como bactérias, algas, peixes, etc. (TUCCI, 2009), que possuem limites de tolerância térmica e temperaturas ótimas para sobrevivência, reprodução, crescimento, migração, etc (CETESB, 2009).

3.1.2.11. Turbidez

Segundo Silva e Oliveira (2001, p 93) a turbidez (Turb) “é uma expressão da propriedade ótica que causa a dispersão e absorção da luz, ao invés de sua transmissão em linha reta através da água”. Está relacionada com

a existência de materiais em suspensão, como silte, argila, material orgânico e inorgânico finamente dividido, compostos orgânicos coloridos e solúveis, plâncton e outros organismos microscópicos. Não apresenta, necessariamente, correlação com a massa específica dessa matéria em suspensão na amostra, porque se trata de uma propriedade ótica (LIMA, 2008).

A turbidez é intensificada por despejos domésticos e industriais e também por erosões, que se intensificam em épocas de chuva e com o mau uso do solo (BRAGA et al., 2005; CETESB, 2009).

Em taxas elevadas, dificulta a fotossíntese de plantas enraizadas submersas e de algas, de forma a provocar desequilíbrio nas comunidades biológicas aquáticas. A água turva é esteticamente ruim afetando atividades recreacionais, industriais e domésticas, além de interferir na quantidade de coagulantes a serem adicionados nas estações de tratamento (CETESB, 2009). Também está relacionada com a garantia de qualidade microbiológica, por estar associada com presença de patógenos, servindo de abrigo, por exemplo, para enterovírus e cistos de *Giardia* spp. (BRASIL, 2004).

3.1.2.12. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica (CE) é a medida da capacidade de uma solução conduzir corrente elétrica, sendo dependente da concentração total, da mobilidade e valência dos íons e da temperatura (CHAPMAN; KIMSTACK, 1992; OLIVEIRA, 2001; CETESB, 2009; PARRON et al., 2011). Indiretamente indica poluição do corpo hídrico, apontando modificações na composição da água, entretanto, não informa quais componentes estão sendo modificados (CETESB, 2009).

Silva e Oliveira (2001) ressaltam que esta é uma importante variável para a prática de irrigação, para a aquicultura e para a prevenção de corrosão, quando há reutilização de águas.

3.1.2.13. Série de sólidos

Sólidos totais (ST) ou resíduos totais consistem na matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação de uma amostra de água durante um determinado tempo e temperatura. Podem ser classificados de acordo com o tamanho das partículas ao serem separados por filtração, como dissolvidos (SD), que são os coloides ou íons, e não dissolvidos ou suspensos (SS). Também podem ser classificados de acordo com a natureza das partículas ao serem separados por calcinação, como fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos (CETESB, 2009).

Os sólidos voláteis apenas representam uma informação preliminar da quantidade de compostos orgânicos, não devendo ser entendido como um quadro definitivo, pelo motivo de que cada composto orgânico possui uma temperatura diferente de volatilização e o método de determinação não abrange todos os compostos (CETESB, 2009).

Alguns parâmetros estão diretamente ligados à quantidade de sólidos na forma suspensa e/ou dissolvida, como por exemplo, nitrogênio, fósforo, matéria orgânica, turbidez, pH, condutividade elétrica, cor, sabor e odor. Sendo as fontes naturais ou antropogênicas as mesmas: por dissolução de compostos do solo, por decomposição da matéria orgânica, por despejos domésticos, industriais, excrementos de animais, fertilizantes, atividades de mineração e de garimpo, entre outras (VON SPERLING, 2007). A sua presença no corpo hídrico pode provocar danos à vida aquática, além de interferir nas características físicas e químicas da água. Pode ainda, provocar danos relacionados com assoreamento do curso d'água, resultando em dificuldades de navegação e problemas com enchentes.

3.2. PADRÕES NORMATIVOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

O Ministério da Saúde determina os níveis aceitáveis de cada parâmetro de qualidade da água para consumo objetivando preservar a saúde da população. Já o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, determina os níveis aceitáveis de cada

parâmetro na qualidade de água dos corpos hídricos objetivando a sua preservação ambiental.

A Portaria Nº 518/GM do Ministério da Saúde, de 25 de março de 2004 define água potável como a água para o consumo humano cujos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e não ofereçam risco à saúde (BRASIL, 2004).

A Resolução CONAMA Nº 357, de 17/03/2005, dentre outras providências, dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Classifica as águas doces, segundo seus usos preponderantes, nas classes especiais, 1, 2, 3 e 4, de forma que quanto maior é o número da classe, mais restritivo é o uso e pior é a qualidade. (BRASIL, 2005).

O enquadramento de um corpo d'água não se baseia em seu estado atual, mas em qual nível de qualidade ele deveria apresentar para atender as necessidades da comunidade, ou seja, expressa metas finais a serem alcançadas (BRASIL, 1986; BRASIL, 2005).

Esta Resolução CONAMA Nº 357, define todos os corpos hídricos de água doce como classe 2 enquanto não for aprovado o seu enquadramento. Nessa classe as águas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário (ex: natação, esqui aquático e mergulho), e à irrigação para agricultura ou outros tipos de lazer onde o público entra em contato direto com essa água (BRASIL, 2005).

3.3. RELAÇÕES ENTRE QUALIDADE DA ÁGUA E USO DA TERRA

A ocupação desordenada da terra pode acarretar inúmeros problemas relacionados à qualidade da água, ao interferir no ciclo hidrológico, de forma a aumentar o aporte de substâncias para o curso d'água.

Para Donadio et al. (2005), os recursos hídricos estão mais protegidos quando em meio a florestas não perturbadas, de forma que o monitoramento hidrológico dessas microbacias serve como referência na comparação com outras microbacias impactadas. Tal situação também foi confirmada em

estudos realizados por Vanzela et al. (2010), no qual alguns atributos da qualidade da água estavam melhores nas áreas ocupadas por matas e pastagens do que nas áreas habitadas, áreas agrícolas e matas degradadas.

A floresta, na conservação dos recursos hídricos, possui a função de interceptar a água da chuva, promovendo, uma ótima infiltração e pouco escoamento superficial, controlando assim as erosões (RIZZI, 1985). A forma de preparação e manejo do solo também influencia na infiltração, por interferir na propriedade e na condição de sua superfície (BRANDÃO et al., 2006). O reflexo do uso e manejo do solo na bacia hidrográfica também é confirmado por Merten e Minella (2002) que consideram que a atividade agropecuária possui um potencial altamente degradador.

Pinto et al. (2009) encontraram melhores níveis de qualidade da água em trechos da bacia onde havia mata nativa, mata em processo de regeneração e com matas ciliares, ao comparar com locais onde havia pecuária extensiva, de baixo nível tecnológico, que contribuíram com o aumento de coliformes termotolerantes e DBO. Em um estudo realizado por Ucker et al. (2009), mostrou que a ocupação urbana desordenada na área da bacia juntamente com a dinâmica de uso do solo também contribuíram substancialmente para a queda na qualidade da água.

3.4. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Atualmente, considera-se fundamental a utilização de Índices de Qualidade da Água (IQA), a fim de nortear ações a respeito da qualidade dos mananciais.

Modelos matemáticos de qualidade das águas podem revelar uma eficiente forma de avaliar os impactos do lançamento de cargas poluidoras e permitir que se façam monitoramentos, intervenções e controle ambiental (VON SPERLING, 2007).

Os IQA's buscam expressar, por meio de um único número os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de qualidade da água, calculando por intermédio de uma equação empírica (MCCLELLAND, 1974). Nos Estados Unidos, a *National Sanitation Foundation* (NSF) desenvolveu, em

1970, um IQA, nesse trabalho abreviado de IQA_{NSF} , que é hoje o mais conhecido e aceito mundialmente, sendo adaptado para diferentes regiões do globo (JONNALAGADA; MHERE, 2001).

No Brasil o IQA_{NSF} foi adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), IQA_{CETESB} , e objetiva o abastecimento público. Utiliza nove parâmetros de qualidade: coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, temperatura (afastamento do equilíbrio), turbidez, resíduo total e oxigênio dissolvido. O índice é calculado com a atribuição de pesos para cada parâmetro de acordo com a sua importância na conformação global de qualidade (Tabela 1), e o somatório desses pesos é igual a 1. Seu cálculo é realizado calculando um produtório ponderado dos resultados desses parâmetros (CETESB, 2012), por meio da seguinte equação:

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

em que:

IQA = Índice de Qualidade das Águas (número entre 0 e 100);

q_i = qualidade do i-ésimo parâmetro (número entre 0 e 100) ;

w_i = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro (número entre 0 e 1);

i = número do parâmetro (número variando de 1 a 9).

Tabela 1. Pesos correspondentes aos parâmetros de qualidade da água

Parâmetro	Peso
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	0,15
Ph	0,12
DBO (mg/L)	0,10
Nitrogênio Total (mg/L)	0,10
Fósforo Total (mg/L)	0,10
Δ Temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos Totais (mg/L)	0,08
OD (% de saturação)	0,17

Fonte: CETESB (2012).

A partir do resultado desses cálculos obtém-se um valor de IQA que permitirá enquadrar a água analisada em categorias para o consumo humano conforme a classificação apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação da qualidade da água de acordo com os resultados obtidos pelo Índice de Qualidade de Água (IQA) proposto pela CETESB

Classificação	Faixa de IQA
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Aceitável	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

FONTE: CETESB (2012)

No momento da escolha do índice deve ser observado qual é o objetivo de utilização da água em análise. Foram criados inúmeros tipos de IQA, que variam de acordo com cada tipo de uso da água, ou seja, o IQA deve ser usado para os fins aos quais ele foi criado, evitando-se, assim, que algum teor informativo seja perdido (BOLLMANN; MARQUES, 2000). Caso não exista um IQA específico para um determinado uso da água, ou a região de interesse possua clima diferente daquele para o qual foi criado, um novo índice específico deverá ser elaborado. Este será determinado por meio de estudos para encontrar os parâmetros que interferem com mais expressividade na qualidade daquela água, sendo atribuídos pesos (w_i) a eles, de acordo com a importância de cada um.

Como por exemplo, Andrade et al. (2005) elaborou um IQA para o Vale Trussu, localizado na zona semiárida do Ceará. Neste local, os parâmetros mais significativos são relacionados com a concentração salina, e os menos significativos relacionados com a composição orgânica, muito diferente dos parâmetros estabelecidos pela CETESB, que foram ajustados para regiões úmidas. Dentre os parâmetros estudados, foram selecionadas: Na, relação de adsorção de sódio (RAS), condutividade elétrica, cloreto, nitrato e pH, como as mais importantes para compor o IQA dessa região.

Já para os recursos hídricos de uma região do sul do estado do Espírito Santo, onde há predomínio de bacias cobertas com cafezal, pastagem e floresta, Souza (2011) propôs um IQA, em que a CE, sólidos dissolvidos, fósforo total, DBO, Ca, Mg e Na foram considerados parâmetros significativos, e os parâmetros orgânicos influenciaram mais na qualidade da água do que os parâmetros relacionados à salinidade.

3.5. QUALIDADE DA ÁGUA EM NASCENTES

Apesar da água das nascentes ser rotulada comumente como “pura” para o consumo, sua qualidade, na verdade, pode estar comprometida sem que o cidadão consumidor perceba.

A nascente é um afloramento do lençol freático, e as características da água subterrânea são influenciadas pela forma de utilização e ocupação do solo na bacia, além das alterações naturais que normalmente ocorrem como consequência da precipitação, da infiltração, do escoamento, entre outros (VON SPERLING, 2005).

As águas subterrâneas estão mais protegidas da poluição do que as águas da superfície, mas podem ser seriamente comprometidas porque a sua recuperação é mais lenta, além de existir substâncias que não se auto depuram, causando poluição cumulativa (SETTI et al., 2000).

No meio rural, onde os poços rasos e as nascentes são as principais fontes de abastecimento de água da família, fontes essas também susceptíveis à contaminação, a adoção de medidas visando à preservação, ou o tratamento das águas quando já comprometidas, são necessárias para diminuir os riscos à saúde dos seres humanos que a utilizam (AMARAL et al., 2003).

Poucos trabalhos foram encontrados na literatura que estudam a qualidade da água especificamente para nascentes.

Leonardo (2003) observou em um curso d'água que a qualidade da água foi melhor na nascente do que a sua jusante, devido ao aumento do efeito do uso e manejo do solo sobre os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água. Tal fato também foi confirmado por Barros et al. (2011), no qual as parâmetros avaliados foram perdendo qualidade da nascente para a foz.

Donadio et al. (2005) encontraram uma qualidade melhor em nascentes com vegetação natural remanescente do que nas de uso agrícola. Perceberam também que há uma variação na qualidade em função da sazonalidade em que foram coletadas as amostras, se o período é seco ou chuvoso.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. ÁREA EM ESTUDO

As nascentes estudadas fazem parte da sub-bacia hidrográfica do córrego Paraíso, contida na bacia do rio Itapemirim. Estão localizadas na área do assentamento Paraíso, interior do município de Alegre, região sul do estado do Espírito Santo (Figura 1).

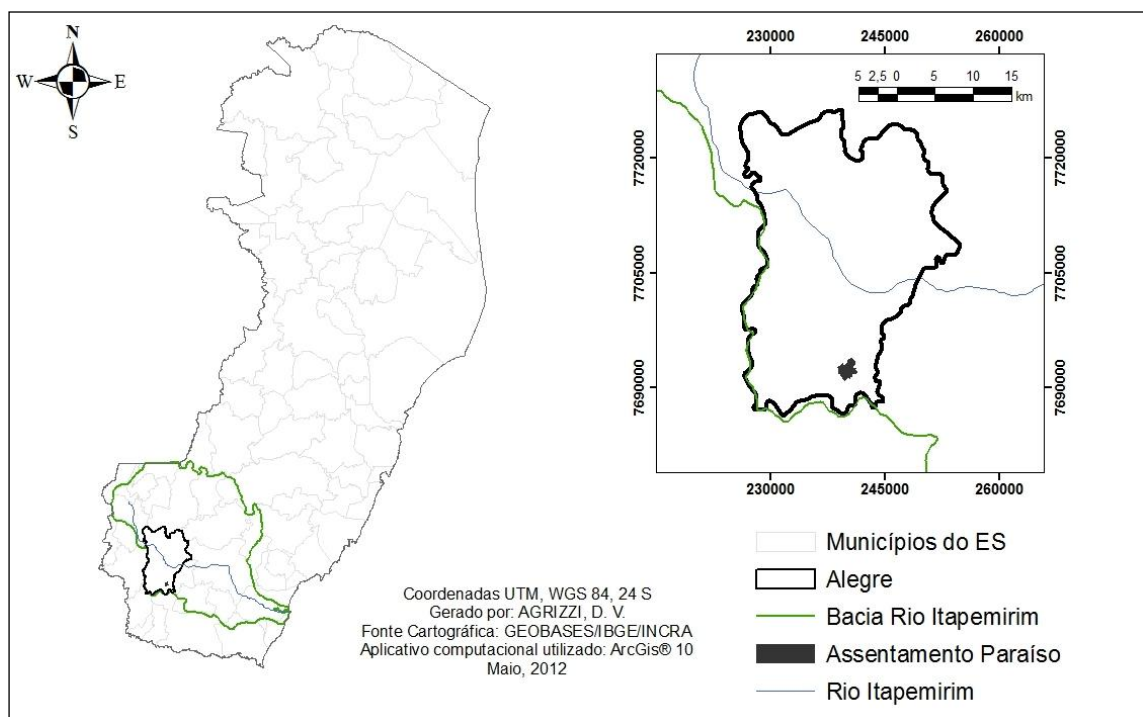


Figura 1. Localização do assentamento Paraíso no estado do Espírito Santo.

O Assentamento localiza-se entre as coordenadas geográficas $41^{\circ} 28' 53''$ e $41^{\circ} 30' 37''$ de longitude Oeste e $20^{\circ} 50' 14''$ e $20^{\circ} 51' 56''$ de latitude Sul com uma altitude variando entre 530 e 720 m, a uma distancia aproximada de 15 km da sede do Município. Foi criado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, INCRA, no ano de 2002. Aloja 40 famílias em 461,1 ha, sendo que 67,16 ha estão cobertos por Mata Atlântica, floresta primária Estacional Semidecidual. A pecuária leiteira é a principal atividade econômica desenvolvida no Assentamento.

A classificação climática internacional de Köppen para o município de Alegre é do tipo Cwa, ou seja, tropical quente úmido, onde o inverno apresenta-se frio e seco, sendo a temperatura média anual de 23,1°C e precipitação total anual média de 1341 mm. O período de seca ocorre nos meses de abril a setembro e o período chuvoso ocorre de outubro a março (LIMA et al., 2008).

O solo da área de estudo é o LVa 17, que são os Latossolos Vermelho-Amarelo distróficos com relevo ondulado + Cambissolo Háplico distrófico com relevo ondulado e fortemente ondulado, ambos com horizonte A moderado e textura argilosa (GEOBASES, 2012).

4.2. SELEÇÃO DAS NASCENTES

O Assentamento possui 25 nascentes e, deste total, foram selecionadas oito para constituir os tratamentos a serem estudados. A seleção levou em consideração a identificação de similaridade da cobertura vegetal existente no entorno das nascentes, sendo essas oito nascentes representativas a cada uma dessas variações (Figura 2). Além disso, a morosidade e a complexidade das análises laboratoriais dificultam a utilização de um número muito grande de amostras.

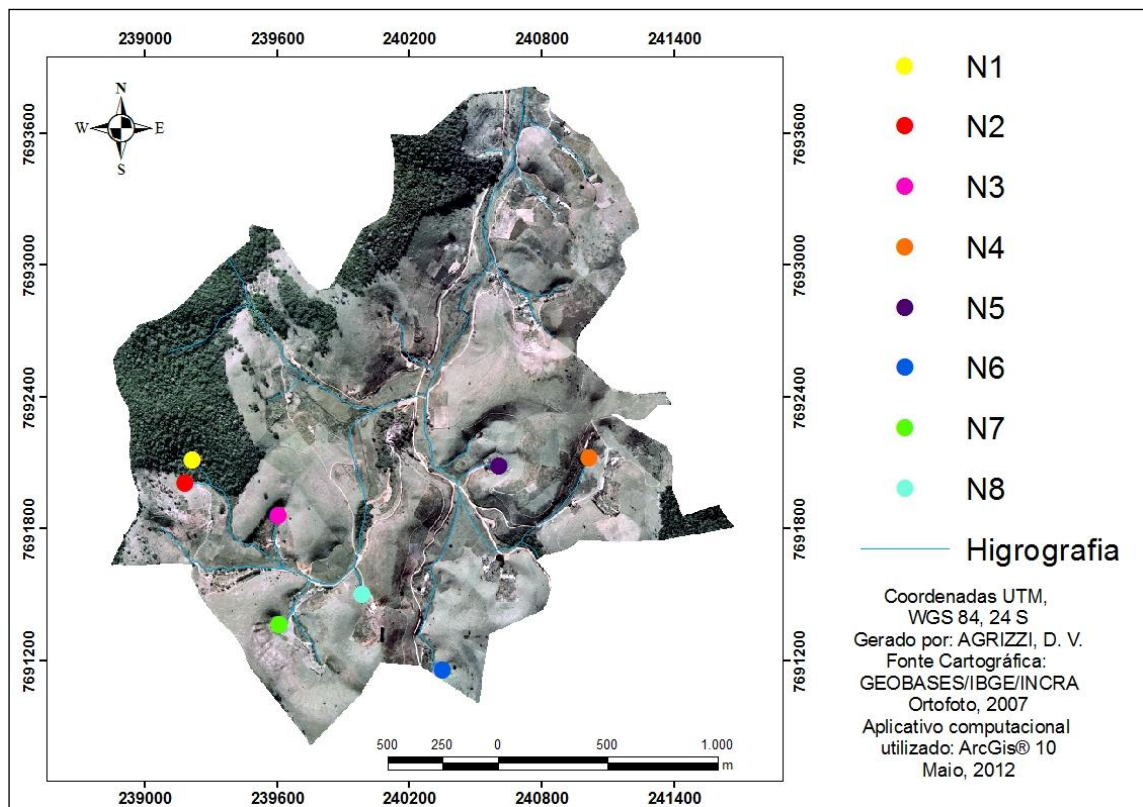


Figura 2: Localização das nascentes selecionadas para o estudo no assentamento Paraíso.

As características do entorno de cada nascente, representantes estas dos oito tratamentos existentes no assentamento, são descritas na Tabela 3 e podem ser visualizadas na Figura 3.

Tabela 3: Características da cobertura da terra das nascentes escolhidas para estudo

Nº Nascente	Variação da cobertura
N1	Toda a microbacia em meio à floresta remanescente de Mata Atlântica
N2	Nascente cercada, parte da APP em floresta primária e parte com gramíneas forrageiras. Parte da microbacia também em floresta primária e parte em pastagem.
N3	Nascente cercada, APP em estágio inicial de regeneração, microbacia em pastagem.
N4	Nascente cercada, APP em capoeira e brejo, microbacia em pastagem. Presença de um açude utilizado como bebedouro pelo rebanho, a montante da área cercada.
N5	Nascente cercada, APP em início de formação de capoeira, microbacia em pastagem.
N6	Nascente cercada, APP com presença de gramínea forrageira alta, microbacia em pastagem. Microbacia com inclinação elevada.
N7	Nascente cercada, presença de brejo, microbacia em pastagem, sendo parte dela degradada.
N8	Nascente/barragem não cercada, APP e microbacia em pastagem. Acesso livre de animais. Presença de curral a montante.

Os proprietários das nascentes N6 e N7 são os que possuem a maior quantidade de bovinos na propriedade e são também os que reservaram uma menor área para recuperar ao redor das nascentes, com relação à N2, N3, N4 e N5, que possuem áreas maiores preservadas e menor quantidade de gado.

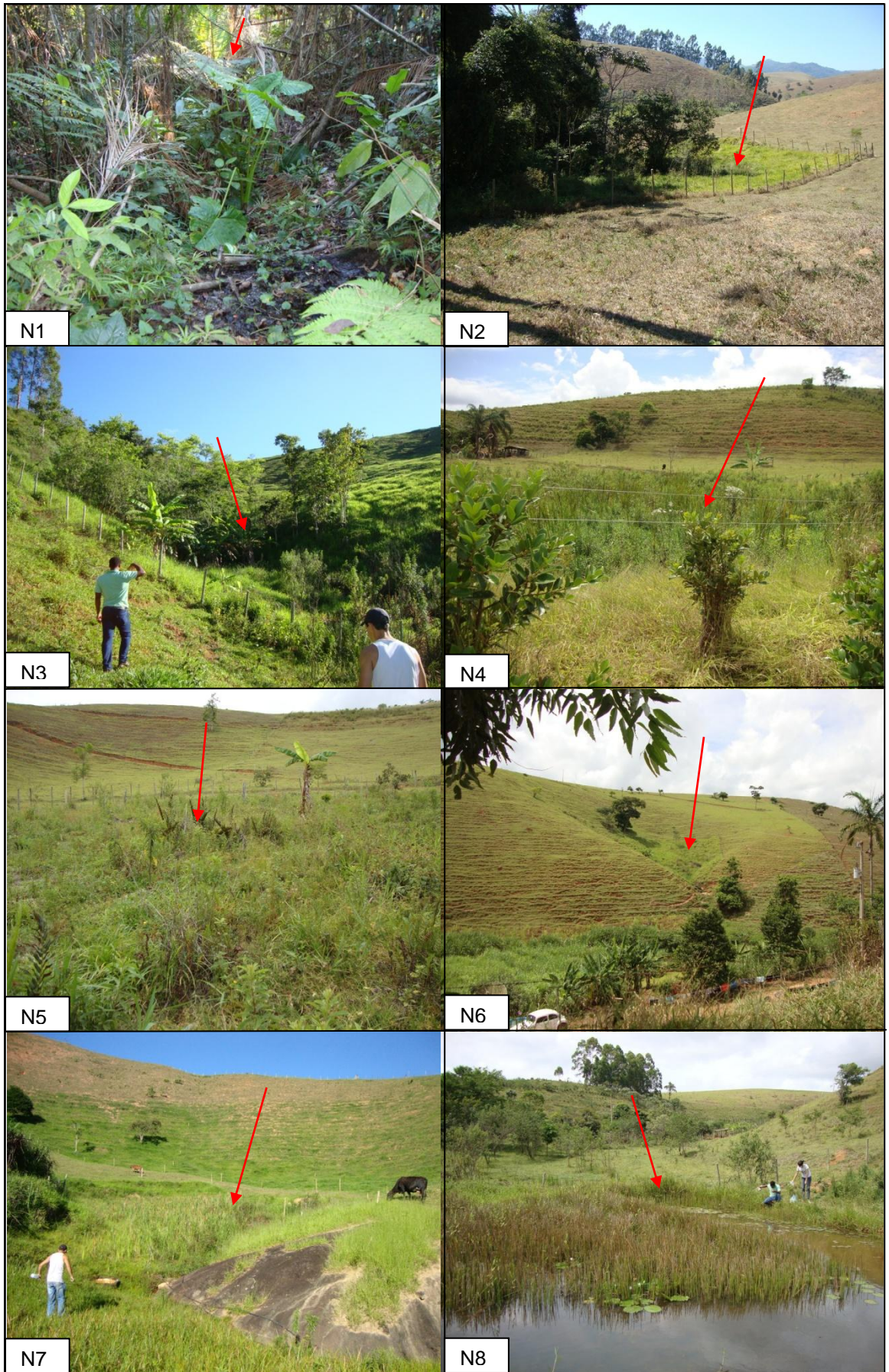


FIGURA 3. Identificação das nascentes selecionadas para o estudo.

Os pontos escolhidos para a retirada das amostras foram nos locais de surgimento da água subterrânea, ou seja, no “olho d’água” (Figura 4). Cada nascente possui a sua particularidade, variando na vazão, no escoamento pelo terreno e na forma de captação feita pelo proprietário; contudo, buscou-se obter uma padronização na coleta. Na N1, existe um poço natural e em seguida a água escoava em “filete”; na N3 e N5, para facilitar a captação da água para o abastecimento familiar, foram construídas caixas de alvenaria para acumular água no local de surgimento dessas; na N2 e N6, um buraco foi escavado próximo ao ponto de surgimento, também para facilitar a captação da água para o abastecimento familiar, sem alvenaria; na N4 e N7 a água aflora em meio ao brejo e as amostras foram coletadas no ponto de início do escoamento; já na N8 foi feita uma barragem para dessedentação dos animais e as amostras foram coletadas próximo ao local do afloramento. Apenas a N1 e N8 não são utilizadas para o abastecimento familiar.

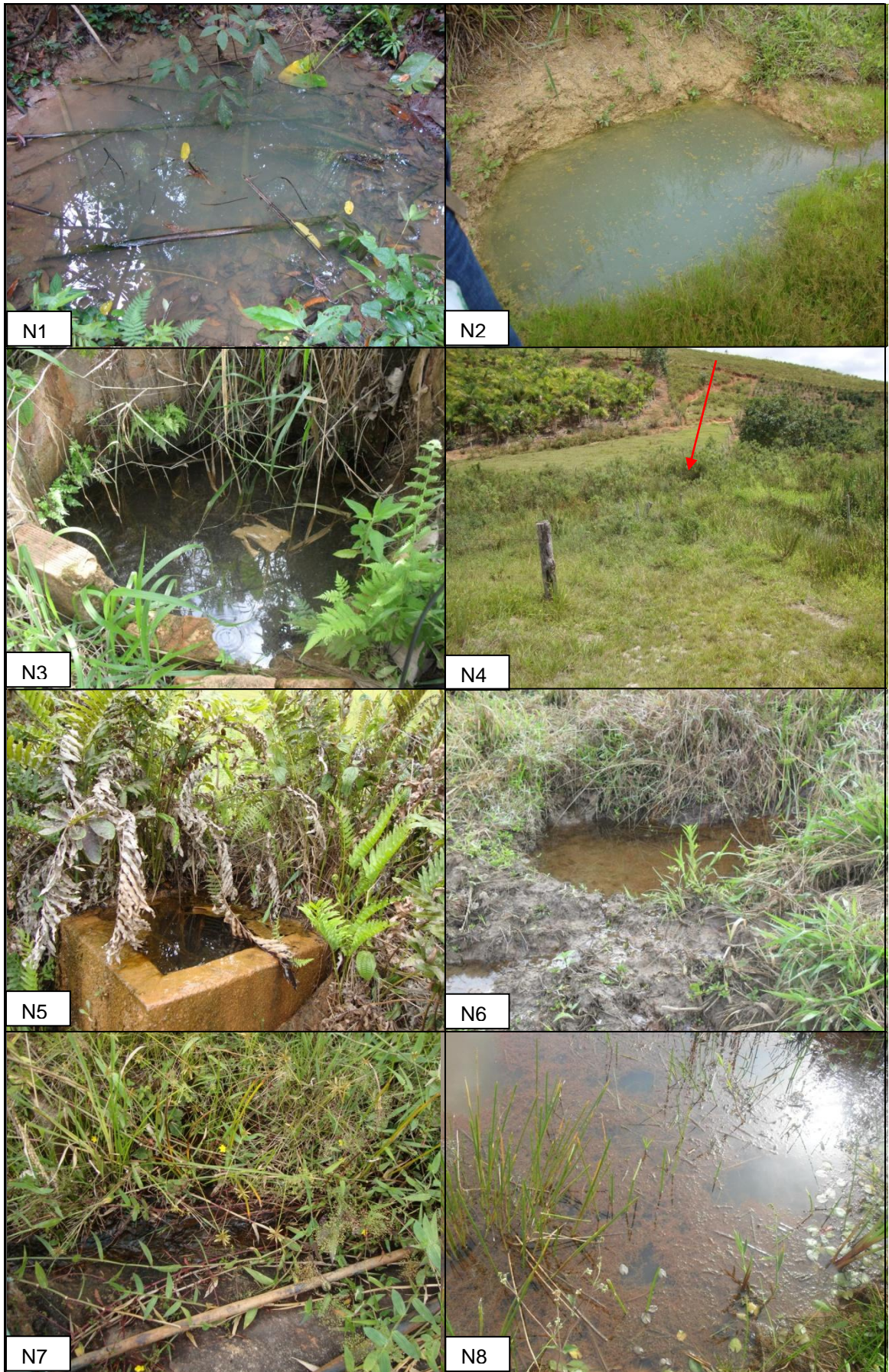


Figura 4. Indicação dos locais de coleta de água nas nascentes estudadas.

4.3. COLETA E ANÁLISES DA ÁGUA

As coletas de água abrangeram o período chuvoso e aconteceram nos meses de novembro/2011, janeiro/2012 e março/2012, com tripla repetição cada, sempre pela manhã e em dias sem chuva, porém com eventos de chuva na semana anterior.

Os procedimentos de amostragem seguiram as normas ABNT NBR 9898:1987. Os frascos possuíam material adequado para cada parâmetro em análise, havendo esterilização apenas para a análise microbiológica. Ao realizar as coletas, os frascos passaram por uma tríplice lavagem com a própria água para a ambientação, exceto o frasco de análise microbiológica. Em seguida, foram mergulhados com a boca para baixo para evitar a introdução de contaminantes superficiais e contra o fluxo de água. Espaços vazios foram deixados, dentro dos frascos, para permitir uma boa homogeneização antes do início das análises. Após, foram tampados imediatamente, identificados e acondicionados em caixa térmica com gelo, objetivando manter a temperatura interna em 4°C.

Parâmetros Analisados

Além dos parâmetros sugeridos pela CETESB (coliformes termotolerantes, oxigênio dissolvido, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, sólidos totais, temperatura, pH e DBO), foram também avaliados coliformes totais, alcalinidade, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos e sólidos suspensos, e os metais Ca, Mg e Fe, totalizando 17 parâmetros analisados.

Alguns parâmetros foram obtidos diretamente em campo: CE, OD e temperatura. O pH, coliformes totais e termotolerantes tiveram suas análises feitas imediatamente após a chegada ao laboratório. Os demais parâmetros precisaram ser submetidos às técnicas de preservação, de forma a aumentar o prazo para realização de suas análises laboratoriais. Essas técnicas seguiram a ABNT NBR 9898:1987, conforme descritas na Tabela 4, exceto para determinação de nitrogênio e fósforo, onde as amostras foram congeladas a

-20°C seguindo a metodologia de Parron et al. (2011).

Tabela 4: Técnicas utilizadas para preservação das amostras de água para análise da qualidade

Parâmetro	Tipo de frasco utilizado	Preservação	Prazo da análise
Alcalinidade	Polietileno	Refrigerado a 4 ° C	24 h
DBO	Polietileno	Refrigerado a 4 °C	7 dias
Ferro	Polietileno	2 mL HCl conc. /100 mL da amostra	180 dias
Turbidez	Polietileno	Refrigerado e mantido ao abrigo da luz	24 h
Série de sólidos	Polietileno	Refrigerado a 4 °C	7 dias
Mg	Polietileno	HNO ₃ conc. até pH<2	180 dias
Cálcio	Polietileno	Refrigerado a 4 °C	7 dias

Fonte: ABNT NBR 9898:1987.

Os equipamentos utilizados em campo foram: condutivímetro portátil, para medir a condutividade elétrica; oxímetro portátil, para medir o oxigênio dissolvido; e o termômetro para temperatura. Em laboratório, o pH foi medido com potenciômetro de bancada e a turbidez com um turbidímetro.

A determinação de coliformes totais, termotolerantes e nitrogênio total seguiu a metodologia descrita no “Standard methods for the examination of water and wastewater” (APHA, 2005).

A DBO foi determinada por titulação iodométrica, após incubação a 20° C, durante 5 dias, DBO₅, conforme ABNT NBR 12614:1992, sendo obtido pela diferença entre o oxigênio dissolvido da amostra no dia da incubação e o de 5 dias depois.

O fósforo total foi obtido segundo o método colorimétrico por redução com ácido ascórbico, conforme ABNT NBR 12772:1992.

A alcalinidade foi determinada pelo método titulométrico com H₂SO₄ 0,02N.

Com o método gravimétrico (ABNT NBR 10664:1989) obteve-se a série de sólidos. O sólido total (ST) foi obtido após evaporação de toda água até que o peso se tornasse constante, ou seja, após a evaporação em banho-maria o recipiente permaneceu na estufa com temperatura entre 103 a 105° C por aproximadamente uma hora, tempo esse considerado por Silva e Oliveira (2001) normalmente suficiente para águas residuárias domésticas. Já o sólido

suspenso (SS) foi obtido com a filtração da amostra, pesando-se o resíduo que permanece no filtro de fibra de vidro, porosidade 1,2 μm , também após secagem em estufa (103 a 105 °C)/1 h. O sólido dissolvido (SD) adquirido com a diferença entre ST e SS.

Os metais Ca, Mg e Fe foram medidos em espectrofotômetro de absorção atômica, conforme Tedesco et al. (1995).

4.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a análise dos resultados foi calculada a média dos dados obtidos nas três coletas, resultando, portanto, em um valor único médio para cada parâmetro de cada nascente.

De posse desses valores, além de calcular o índice de qualidade de água, foi possível realizar uma caracterização microbiológica e físico-química das nascentes, comparando-os com os padrões normativos para qualidade da água e ao correlacioná-los linearmente por meio do coeficiente de correlação de Pearson. A primeira análise permitiu verificar o comportamento individual de cada parâmetro, e a segunda, a relação entre pares de parâmetros e sua intensidade.

Entretanto, para uma análise conjunta e simultânea de todos os parâmetros foi necessário utilizar análise estatística multivariada, devido à complexidade dos dados coletados e da grande quantidade de parâmetros (que durante as análises estatísticas serão chamados de “variáveis”) que estão sendo analisadas, com o intuito de simplificar e facilitar a interpretação dos dados.

Dentre as técnicas de análise estatística multivariada existentes, foram empregadas a Análise de Componentes Principais (ACP), na qual se reduziu o número de parâmetros que explicaram a variabilidade da qualidade da água das nascentes, e a Análise de Agrupamento (AA), que permitiu verificar como elas tendem a se agrupam em função dos padrões similares de qualidade da água.

4.4.1. Caracterização Microbiológica e Físico-Química

Os padrões normativos utilizados para comparação foram a Portaria Nº 518, de 25/03/2004, do Ministério da Saúde, no intuito de inferir sobre a potabilidade das nascentes estudadas, tendo em vista que a água da maioria é usada no abastecimento das famílias sem um tratamento prévio ou desinfecção, e a Resolução CONAMA Nº 357, de 17/03/2005, para verificar as condições de preservação ambiental ao qual se encontram, conforme apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Padrões normativos para qualidade da água referentes aos parâmetros avaliados no estudo

Parâmetro	Portaria Nº 518	Resolução Nº 357
COL _{totais} (NMP ⁽¹⁾ /100 mL)	Ausência ⁽²⁾	*
COL _{termo} (NMP/100 mL)	Ausência ⁽³⁾	≤1.000 ^{(4) (5)}
pH	6,0 a 9,5	6,0 a 9,0
Alc (mg/L)	*	*
OD (mg/L)	*	≥5
DBO _{5,20} (mg/L) ⁽⁶⁾	*	≤5
Nitrato (mg/L)	≤10	≤10
Nitrito (mg/L)	≤1	≤1
N amoniacal (mg/L)	≤1,5	≤3,7 ⁽⁷⁾
P Total (mg/L)	*	≤0,1 ⁽⁸⁾ ou ≤0,03 ⁽⁹⁾ ou ≤0,05 ⁽¹⁰⁾
Fe (mg/L)	≤0,3	≤0,3
Ca (mg/L)	*	*
Mg (mg/L)	*	*
Temp (°C)	*	*
Turb (UNT) ⁽¹¹⁾	≤5	≤100
CE (µS/cm)	*	*
SD (mg/L)	≤1000	≤500
SS (mg/L)	*	*

Fonte: BRASIL (2004) e Brasil (2005).

Notas:

* Valor não especificado na referida norma;

⁽¹⁾ Número mais provável;

⁽²⁾ Sua presença é tolerada quando proveniente de poços, nascentes ou fontes sem tratamento desde que não esteja presente *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes;

⁽³⁾ Água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo proveniente de poços, minas e nascentes;

- (4) Para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA Nº 274 de 2000;
- (5) Esse valor não deverá ser excedido em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas no período de um ano, com frequência bimestral;
- (6) DBO 5 dias a 20° C;
- (7) Para $\text{pH} \leq 7,5$ (situação encontrada nesse trabalho);
- (8) Ambiente Lótico;
- (9) Ambiente Lêntico;
- (10) Ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias;
- (11) Unidade Nefelométrica de Turbidez;

A Portaria 518 considera nitrito e nitrato como substâncias químicas que representam risco à saúde, por isso é importante conhecer suas concentrações em água para consumo. Por outro lado, padronizar os parâmetros turbidez, amônia, pH, SD e Fe, é importante para conferir aceitação do consumo humano. Coliformes termotolerantes e coliformes totais são enquadrados como padrões microbiológicos e justificam sua verificação com o propósito de evitar doenças de veiculação hídrica.

Os resultados de nitrogênio total nesse estudo foram confrontados com os padrões de nitrito, nitrato e amônia, por não existir nas referidas normas padrões específicos para N Total.

Ao realizar a correlação de Pearson, a significância de seus coeficientes foi avaliada pelo teste T de Student, unicaudal, com 5% de probabilidade. Para Bollmann e Marques (2000), ao examinar a associação entre as variáveis é possível tentar determinar, de forma exploratória, a importância de cada uma no comportamento da variável dependente em estudo, nesse caso a qualidade da água, e ainda mostrar a tendência geral dos dados (ANDRADE et al., 2007). Sem necessariamente implicar relação de causa e efeito (COSTA NETO, 2002).

4.4.2. Cálculo da Qualidade da Água

A qualidade da água foi calculada utilizando-se o $\text{IQA}_{\text{CETESB}}$. Com base nas informações obtidas com a caracterização microbiológica e físico-química das nascentes, foi verificada a aplicabilidade desse índice na área em estudos.

Os parâmetros considerados não importantes para avaliar a qualidade da água nas nascentes estudadas foram eliminados do índice e os parâmetros

que permaneceram, tiveram os pesos corrigidos proporcionalmente, conforme descrito nas Equações 2 e 3.

$$w_{ia} = \frac{w_{ic}}{Z} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n w_{ia} = 1 \quad (3)$$

em que:

w_{ia} = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro no IQA_{adaptado};

w_{ic} = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro no IQA_{CETESB};

Z = somatório do w_{ic} que não foram eliminados;

n = número de parâmetros remanescentes no IQA_{adaptado}.

4.4.3. Análise de Componentes Principais

A ACP é uma técnica estatística que permite investigar um grande número de dados disponíveis. Consiste em transformar, sem significativa perda de informações, um conjunto original de variáveis em outro conjunto menor de variáveis estatísticas, chamadas de componentes principais (CP) (HAIR JUNIOR et al., 2005). Nesse estudo, o propósito foi reduzir o número de parâmetros (na estatística chamados de “variáveis”) necessários para explicar a variância da qualidade da água entre as nascentes.

As componentes principais são combinações lineares independentes em si, ou seja, ortogonais, onde nenhuma componente se correlaciona com as demais. São obtidas em ordem decrescente de máxima variância, de forma que a primeira componente explica o máximo de variabilidade total dos dados, a segunda explica o máximo de variabilidade total restante dos dados, a terceira explica o máximo de variabilidade total que ainda restou dos dados, e assim sucessivamente, até que o número de componentes seja no máximo igual ao número de variáveis (GUEDES et al., 2012).

Antes de realizar a ACP foi necessário padronizar os dados pelo fato de os parâmetros se encontrarem em diferentes unidades e escalas, prejudicando a comparação estatística entre eles. Assim os grupos de dados de cada parâmetro foram transformados de forma a obterem média zero e variância unitária. Para tanto, utilizou-se a Equação 4.

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{S_j} \quad (4)$$

em que:

Z_{ij} = valor observado normalizado da j -ésima variável da i -ésima nascente;

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

\bar{X}_j = média de X_j ;

S_j = desvio padrão da variável X_{ij} ;

i = número de nascentes;

j = número de variáveis.

Para o desenvolvimento da ACP, primeiramente foi calculada a matriz de correlações utilizando os dados já padronizados, obtendo assim a matriz [R].

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

$$r_{jj'} = \text{Côv}(Z_j, Z_{j'}) \quad (6)$$

em que:

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

- j = j' -ésima variável ($j'=1, 2, \dots, p$);
- Z_j = valor normalizado da j -ésima variável;
- $Z_{j'}$ = valor normalizado da j' -ésima variável.

Posteriormente é utilizado um sistema (Equação 7) para calcular os autovalores e respectivos autovetores da matriz R, que permitem descrever as equações lineares dos componentes principais.

$$(R - \lambda_i I) = 0 \quad (7)$$

em que:

- λ_i = autovalores da matriz R;
- I = matriz identidade de dimensão $j \times j$;

O critério para determinar o número de componentes a ser empregado foi o “critério de percentagem da variância”, onde se determina o quanto que as componentes sucessivas devem explicar na percentagem cumulativa da variância total, valendo da experiência do pesquisador (HAIR JUNIOR et al., 2005). O valor adotado foi de 65%.

De posse das componentes principais selecionadas, foi feita a escolha das variáveis mais importantes dentro de cada CP. E para isso, foi seguida a metodologia proposta por Hair Junior et al. (2005), que determina que devem ser escolhidas as variáveis que apresentarem correlação acima de 0,7 com a CP, ou seja uma “carga” acima de 0,7. Isso garante que a CP esteja explicando pelo menos 50% da variância total da referida variável, pelo fato de que a “carga” ao quadrado remete à quantia de variância total da variável explicada pela CP.

Com a ACP também foi possível interpretar geometricamente o comportamento das nascentes, ao representar em um gráfico os escores dos dois componentes principais, ou seja, aplicando os próprios valores amostrais na fórmula matemática das CP's selecionadas.

4.4.4. Análise de Agrupamento

A análise de agrupamento (AA) permite identificar grupos dentro de uma amostra de dados, identificando e agrupando os indivíduos mais similares entre si (homogêneos) e entre os grupos os mesmos se comportem de forma heterogênea. Tal análise não busca inferir estatisticamente a respeito de uma população, apenas é usada como uma técnica exploratória (HAIR JUNIOR et al., 2005).

Para efeito deste trabalho, as nascentes foram consideradas as unidades amostrais, e as características utilizadas para agrupá-las foram as variáveis (parâmetros) avaliadas, obtendo-se grupos de nascentes que se comportaram de forma semelhante.

Na AA também foram utilizados os dados padronizados, conforme Equação 2, e sua análise consistiu em duas etapas: primeiramente calculou-se a medida de similaridade, ou dissimilaridade, que é a matriz de proximidade entre os elementos e representa o grau de correspondência entre esses, considerando todas as características usadas na análise. Em seguida, definiu-se a técnica a ser utilizada para formar os agrupamentos (CRUZ et al., 2004).

A medida de similaridade utilizada foi a Distância Euclidiana, conforme descrita na Equação 8.

$$d_{ii'} = \sqrt{\sum_{j=1}^p (x_{ij} - x_{i'j})^2} \quad (8)$$

em que:

- $d_{ii'}$ = distância euclidiana entre duas nascentes i e i' ;
- x_{ij} = valor observado da j -ésima variável da i -ésima nascente;
- $x_{i'j}$ = valor observado da j -ésima variável da i' -ésima nascente;
- j = j -ésima variável ($j=1, 2, \dots, p$);
- p = número de variáveis analisadas.

A forma de agrupamento utilizado foi o Método de Tocher, que segundo Cruz et al.(2004), permite separar os indivíduos de uma só vez, por ser um método de agrupamento simultâneo. Consiste no seguinte procedimento: de posse do conjunto de distâncias euclidianas entre todas as nascentes, seleciona-se a maior distância, chamada de “ θ ”, dentre o conjunto de menores distâncias, de cada nascente. Esse valor θ passa a ser o limite de acréscimo, na média da distância intragrupo, para inclusão de um novo elemento no grupo.

Deste modo, o início da formação do primeiro grupo ocorre com duas nascentes que possuem a menor medida de dissimilaridade dentre todas as outras e que seja menor que θ . Em seguida, a próxima nascente a entrar nesse grupo deve gerar, ao ser incluída, uma medida de dissimilaridade, ente ela e o grupo, também menor que θ . Porém, todas as nascentes deverão ser testadas simultaneamente e escolhida àquela que gerou a menor medida de dissimilaridade intragrupo dentre todas. Na sequência, o mesmo procedimento é realizado para a inclusão de outra nascente e, assim sucessivamente, até que não seja possível incluir uma nova nascente, pelo fato de gerar uma medida de dissimilaridade maior que θ . Nesse momento, deve ser iniciada a formação de um novo grupo, seguindo o mesmo procedimento, observando sempre o mesmo valor de θ para que ocorra uma nova agregação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA

A matriz resultante da correlação de Pearson é apresentada no Apêndice e oferece suporte para a realização da caracterização microbiológica e físico-química das nascentes em estudo, acrescidos das considerações feitas na revisão de literatura e das comparações com os padrões normativos, conforme discutidos nos subitens a seguir.

5.1.1. Coliformes Totais

Os valores de coliformes totais encontrados nas nascentes podem ser visualizados na Figura 5.

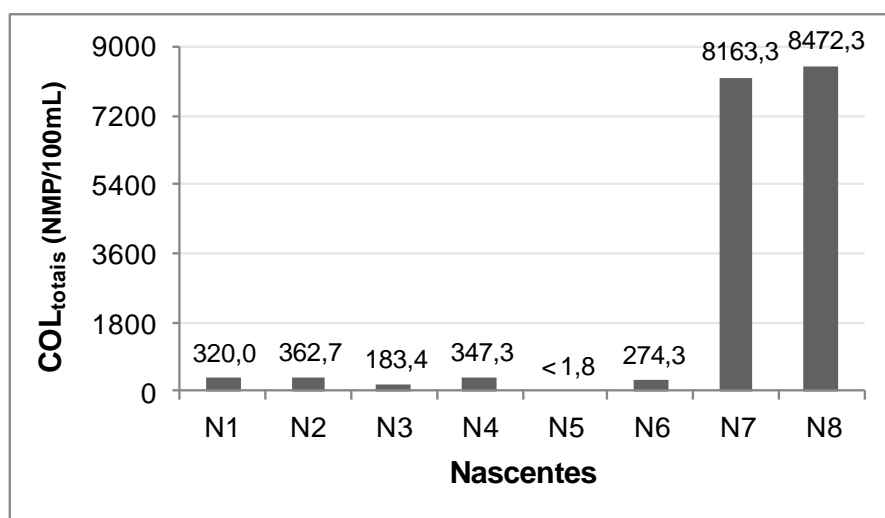


Figura 5: Valores de coliformes totais (COL_{totais}) quantificados nas amostras das nascentes em estudo.

Os menores valores de coliformes totais foram observados em N3 e N5, que são as nascentes que possuem caixa de alvenaria, indicando que essa estrutura oferece proteção, contribuindo para uma boa qualidade hídrica, uma vez que diminui o contato da água com fontes contaminantes como a camada superficial do solo e a matéria orgânica. Um estudo realizado por Kravitz et al. (1999) demonstrou que fontes de água protegidas com revestimento de

concreto, metal galvanizado ou tanque de plástico fechados, com um sistema de coleta também fechado, apresentaram melhor qualidade microbiológica do que fontes não protegidas; portanto, melhoram a qualidade higiênica nos sistemas rurais de abastecimento, locais estes onde a desinfecção não é viável, por razões técnicas e/ou, econômicas.

Os valores elevados e discrepantes de COL_{totais} para N7 e N8 em relação às demais nascentes, podem estar relacionados ao contato com fontes expressivamente contaminantes ou com mais de uma fonte contaminante, ocorrentes no momento das coletas ou próximo à ele, podendo ser por exemplo o solo, matéria orgânica ou até mesmo excrementos de animais. A probabilidade de ocorrência de um evento dessa natureza é maior em nascentes menos protegidas de animais ou de erosões.

Já a correlação positiva entre COL_{totais} e Fe podem estar associados à fatores não detectados nesse estudo. Lembrando que, um resultado estatisticamente significativo não necessariamente implica na relação de causa e efeito, tendo apenas uma tendência de variação conjunta (COSTA NETO, 2002).

A presença de coliformes totais em água de nascentes é considerada tolerável nos casos em que for detectada a ausência de *E. coli* e/ou coliformes termotolerantes. No caso das nascentes em estudo, a complementação da avaliação de coliformes totais é apresentada no subitem a seguir, onde é apresentada a análise de coliformes termotolerantes. Entretanto, deve-se buscar eliminar qualquer tipo de contaminação microbiológica, investigando a origem de sua ocorrência para tomar providências imediatas visando à correção e prevenção, até que em novas análises seja observada a sua completa eliminação (BRASIL, 2004).

5.1.2. Coliformes Termotolerantes

Os valores obtidos para coliformes termotolerantes estão demonstrados na Figura 6.

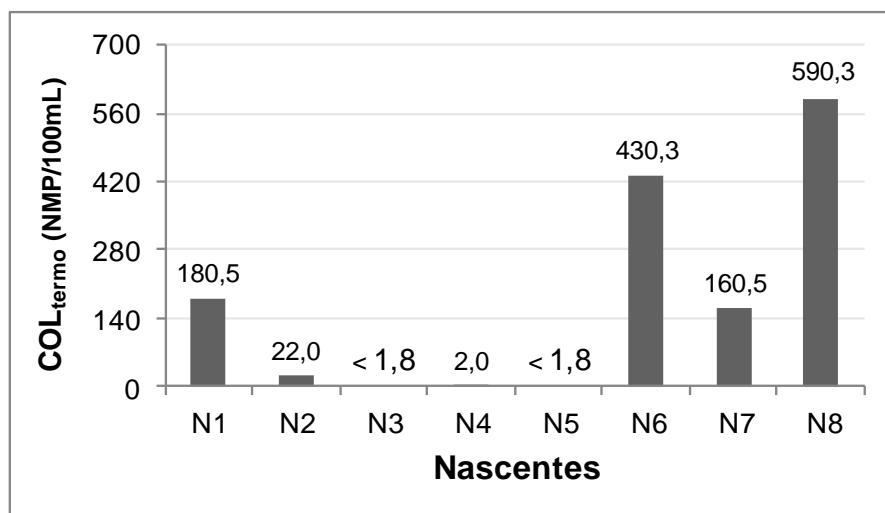


Figura 6: Valores de coliformes termotolerantes (COL_{termo}) quantificados nas amostras das nascentes em estudo.

O limite inferior de detecção de COL_{termo} pelo método utilizado foi de <1,8 NMP/100mL, considerado, nesse estudo, como ausência de coliformes termotolerantes em 100 mL. Deste modo, a N3 e a N5, se destacam novamente por serem as únicas em conformidade com essa Portaria, reforçando a proteção que uma caixa de alvenaria oferece em termos microbiológicos.

Por outro lado, os maiores valores encontrados foram para N8 e N6 respectivamente. O valor alto para N8 era esperado pelo fato de que os animais de criação (suínos e bovinos) têm acesso livre à água, adicionado à ocorrência de um agravante: a presença de um curral a sua montante. Já, no caso da N6, apesar de estar cercada, sua área é pequena e possui as laterais reduzidas em formato de triângulo, diminuindo a distância entre os animais e o olho d'água.

Ao comparar apenas as nascentes cercadas e que não possuem caixa de alvenaria, observa-se que os valores de COL_{termo} obtidos na N6 e na N7 são mais elevados do que os valores encontrados na N2 e na N4. Possivelmente, tal acontecimento pode ser explicado pelo fato de que há maior circulação de bovinos ao redor da N6 e da N7 do que nas outras duas, tendo em vista que foi observado durante o período de coletas que os proprietários dessas duas nascentes, possuem uma quantidade de bovinos, bem superior que os proprietários da N2 e da N4, favorecendo a uma maior facilidade de ingresso dos coliformes termotolerante à água. Essa verificação também foi apontada

pela correlação significativa positiva que COL_{termo} apresentou com DBO, indicando que existem fontes semelhantes de coliformes termotolerantes e matéria orgânica na água, nesse caso as fezes dos animais, já que as nascentes que apresentaram maior quantidade de COL_{termo} também apresentaram maior DBO.

Para N1, a presença de coliformes termotolerantes pode ser devida ao acesso de animais silvestres, visto que um poço natural se formou no local de afloramento da água, tornando o ambiente propício para a dessedentação de animais silvestres, como mamíferos e aves.

Primavesi et al. (2002) encontraram 7 NMP/100mL de COL_{termo} em nascente protegida por mata e 458 NMP/100mL de COL_{termo} em nascente protegida por uma faixa de mata ciliar de 50 m, em meio a sistema intensivo de produção de bovinos de leite, em São Carlos, SP, explicitando o fato de que o volume de animais circundantes ao redor da nascente, influencia na quantidade de coliformes termotolerantes presentes na água.

Em termos de potabilidade, a N3 e a N5 se portaram como aptas para o consumo, para os dias das coletas, porque ambas apresentaram valores mínimos de coliformes totais e termotolerantes. Entretanto esse resultado não implica que a água dessas nascentes estejam constantemente potáveis, uma vez que a qualidade microbiológica de um corpo hídrico é altamente sensível à variação do uso e manejo do solo na bacia, da sazonalidade, da própria forma de coleta, entre outros. A Resolução CONAMA 357 recomenda a desinfecção das águas destinadas ao abastecimento, mesmo quando classificadas como classe especial (BRASIL, 2005). Para os demais usos da classe 2, considerando esse parâmetro, todas as nascentes em estudo estão aptas, podendo serem utilizadas para irrigação de hortaliças, ou recreação, por exemplo, por apresentarem valores compatíveis com o padrão da referida resolução.

5.1.3. pH e Alcalinidade

Apesar de os valores de pH terem se apresentado ligeiramente ácidos para as nascentes, os mesmos se encontram dentro da faixa de 4 a 9, considerada normal para ambientes naturais, segundo Von Sperling (2007).

Entretanto, o mais comum é observar valores entre 6 e 8,5 (CHAPMAN; KIMSTACK, 1992) e em sistemas de abastecimento o pH é mantido entre 6 e 9,5 para não prejudicar o sistema de distribuição (CETESB, 2009).

Tais resultados, ligeiramente ácidos (Figura 7), ocorreram provavelmente por influência do solo (LVa 17), considerado pela Embrapa (1999) como fortemente ácido e pela origem subterrânea das águas, que as torna levemente mais ácidas que as águas superficiais (MORO, 1998). A montante das nascentes não há poluição por indústrias ou esgotos domésticos, que poderiam influenciar com a acidez da água.

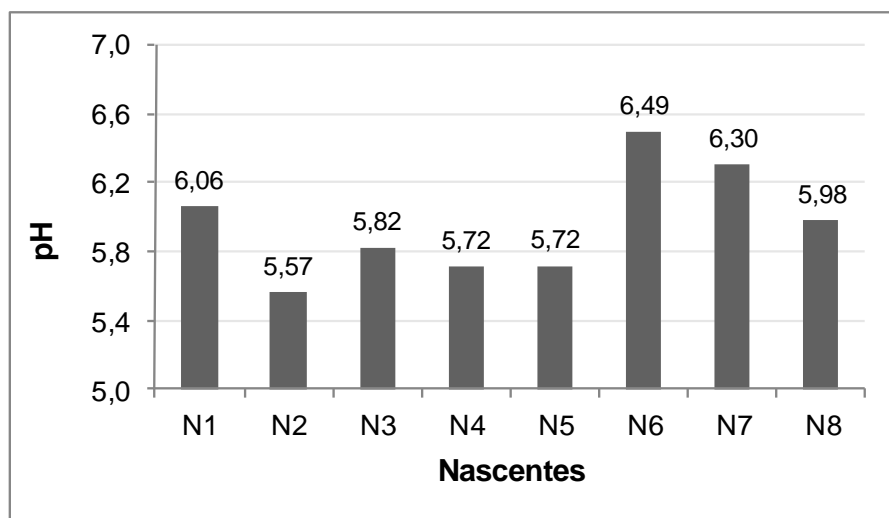


Figura 7: Valores de pH quantificados nas amostras das nascentes em estudo.

Os valores de pH encontrados por Primavesi et al. (2002), para águas de duas nascentes, foram de 5,4 e 5,6, estando a primeira em meio à mata e a segunda, em meio à um sistema intensivo de produção de bovinos de leite, protegida por uma faixa de mata ciliar de 50 m. Ambas estavam em Latossolo Vermelho. Também estudando duas nascentes em região de Latossolo, Donadio et al. (2005) encontraram, no período chuvoso, pH de 6,2 e 6,4 respectivamente. A primeira encontrava-se em meio à vegetação natural remanescente e a segunda em meio à agricultura (cana-de-açúcar) sem vegetação ciliar.

Com relação à alcalinidade, as nascentes estudadas apresentaram valores baixos (Figura 8), já que é considerada de baixa alcalinidade, a água que apresenta menor que 24 mg/L CaCO_3 (CHAPMAN; KIMSTACK, 1992).

Segundo Brasil (2006), a maioria das águas naturais apresentam alcalinidade entre 30 e 500 mg/L de CaCO_3 .

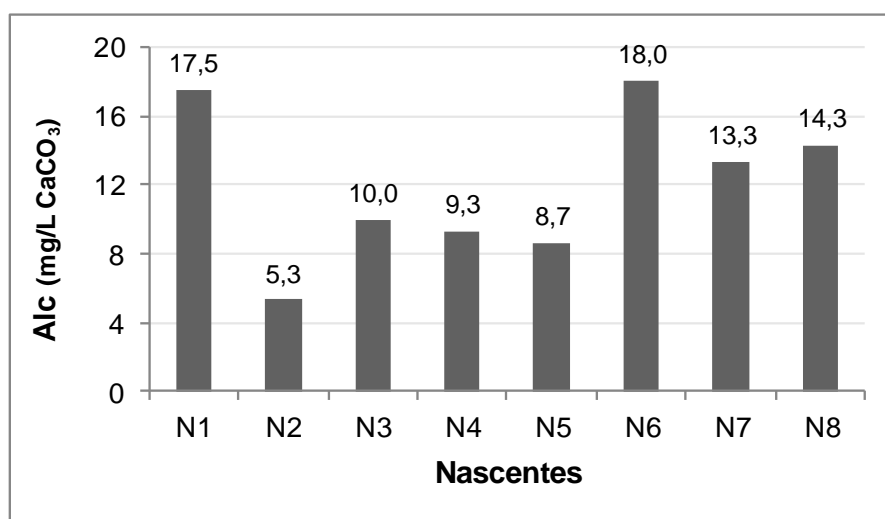


Figura 8: Valores de alcalinidade (Alc) quantificados nas amostras das nascentes em estudo.

Para os mesmos trabalhos citados anteriormente por Primavesi et al. (2002) e Donadio et al. (2005), os valores de alcalinidade encontrados nas respectivas nascentes citadas anteriormente, foram de 4,6 e 4,4 mg/ CaCO_3 e de 0,5 e 0,4 mg/ CaCO_3 .

A correlação entre alcalinidade e pH foi significativa e positiva, pois a água com alcalinidade baixa possui fraco poder de tamponamento, tornando-se muito susceptível a variações de pH. Assim, as nascentes com menores valores de alcalinidade apresentam também menor pH. Primavesi et al. (2002) também encontraram correlação positiva entre pH e alcalinidade, na microbacia do ribeirão do Canchim, em São Carlos.

A correlação da alcalinidade com o cálcio era esperada, pelo fato de que a maior parte dos compostos tamponantes, é constituída por cálcio, como o carbonato de cálcio e o bicarbonato de cálcio (CAVALCANTE; SÁ, 2010).

A ausência de correlação do pH com DBO e também coliformes, ratifica a não relação da acidez da água com fontes orgânicas, ocorrendo, como já explicitado anteriormente, por causas naturais. Por esse motivo, o parâmetro pH passa a ser considerado não importante para avaliação da qualidade da água nesse estudo.

Os resultados encontrados, tanto para pH quanto para alcalinidade, não implicam em problemas para o abastecimento. No caso do pH, os resultados não comprometem a saúde, por estar dentro da normalidade para águas naturais, com esses valores, não causam irritação na pele ou nos olhos (VON SPERLING, 2007). A alcalinidade baixa somente necessita de correção nos sistemas de tratamento de água, para não prejudicar as reações químicas que envolvem o próprio tratamento.

5.1.4. Temperatura

Nos aquíferos brasileiros, a temperatura da água encontra-se, em geral, na faixa de 20°C a 30°C, com exceção do sul do País, onde ela varia de 5°C a 15°C (BRASIL, 2006). Nesse estudo, as médias das temperaturas variaram de 20,8°C a 26°C, com amplitude de 5,2°C (Figura 13). Rodrigues et al. (2009) obtiveram resultados semelhantes de temperatura em nascentes na bacia hidrográfica do Córrego da Glória, SP. Eles encontraram a temperatura média de 24,3°C, no período avaliado, em uma nascente represada, cercada por mata em início de regeneração e a temperatura média de 22,7°C em uma nascente sem proteção no entorno, em meio à cultura de citrus e cana-de-açúcar, próximo à estrada rural. Em meio à mata protegida, uma terceira nascente apresentou temperatura média de 21°C.

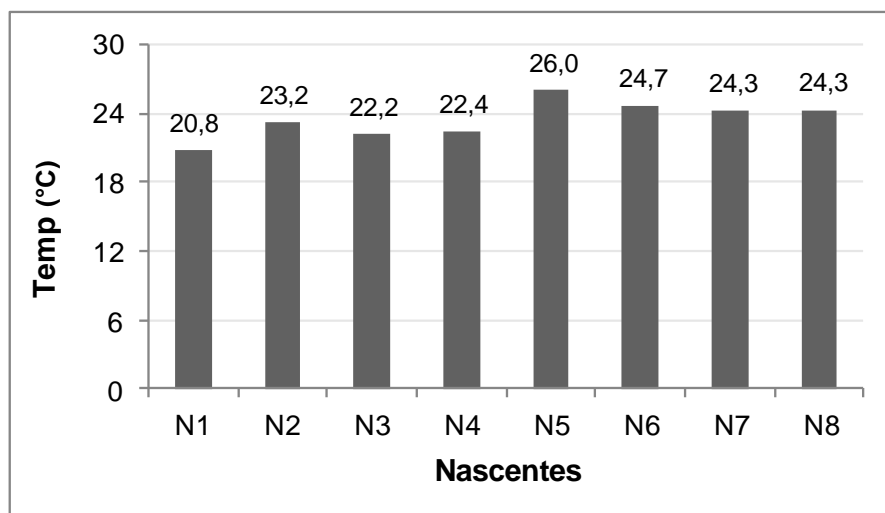


Figura 13: Temperaturas (Temp) quantificadas nas nascentes em estudo.

Nesse estudo, a diferença da temperatura nas nascentes ocorreu em função da variação no sombreamento da área das nascentes, sendo os valores mais elevados encontrados nos ambientes sem sombreamento de plantas (N5, N6, N7 e N8). Nos ambientes com sombreamento, os valores de temperatura foram menores, observando-se diminuição gradativa na sequência: N4 (região de capoeira), N3 (região com mata em início de regeneração) e N1 (região de mata preservada). Na N2, que se encontra em ambiente com sombreamento intermediário, o valor da temperatura também foi intermediário.

Conseqüentemente, as menores temperaturas foram encontradas em ambientes mais arborizados, respectivamente na N4, em meio à capoeira, na N3, no ambiente em estágio inicial de regeneração, e com a menor média a N1, em meio à floresta. A N2, por apresentar um ambiente intermediário de sombra, também apresentou um valor intermediário de temperatura.

Arcova e Cicco (1999) encontraram na região de Cunha, São Paulo, um maior aquecimento nas águas que não possuem matas ciliares. Sugimoto et al. (1997) confirmam que as matas ciliares influenciam fortemente nos ecossistemas aquáticos, por fornecer cobertura que controla a temperatura da água. Donadio et al. (2005) também encontrou temperaturas menores em nascentes com vegetação natural remanescente do que em nascentes em meio à agricultura.

Para o consumo humano, águas com temperatura elevada são normalmente rejeitadas e em certos casos passam por unidades de resfriamento para adequá-las ao abastecimento (BRASIL, 2006). Para as nascentes em estudo, a temperatura utilizada fica a critério do consumidor que a adéqua segundo sua necessidade, já que não implica em problemas para a saúde.

Para verificar se o aumento da temperatura da água das nascentes pouco sombreadas está alterando a dinâmica e afetando a sobrevivência de organismos e espécies aquáticas, estudos mais detalhados serão necessários.

5.1.5. Oxigênio Dissolvido

Considerando que a temperatura média das águas das nascentes, durante o período de estudo, foi de 23,5 °C, a uma altitude média de 589 m, a

concentração de saturação de OD para um corpo hídrico nessas condições é de 8,2 mg/L. Logo, a concentração normal aproximada desse corpo hídrico é de 7,0 mg/L conforme indicação de Von Sperling (2007) que sugere um valor de segurança de 85% do valor de saturação de oxigênio, quando o curso d'água apresenta poucos indícios de poluição. De acordo com essa informação, os valores de OD encontrados (Figura 9) para as nascentes em estudo foram baixos. Uma possível explicação é o fato de que as águas subterrâneas tem pouco contato com a atmosfera. Segundo Chapman e Kimstack (1992), quando a água infiltra no solo, apresentam valores normais de oxigênio dissolvido; entretanto, quando atinge o lençol freático, a possível existência de matéria orgânica rapidamente consome esse oxigênio, esgotando-o. Contudo, quando a quantidade de matéria orgânica não é alta no lençol, a água pode apresentar de 2 a 5 mg/L de OD.

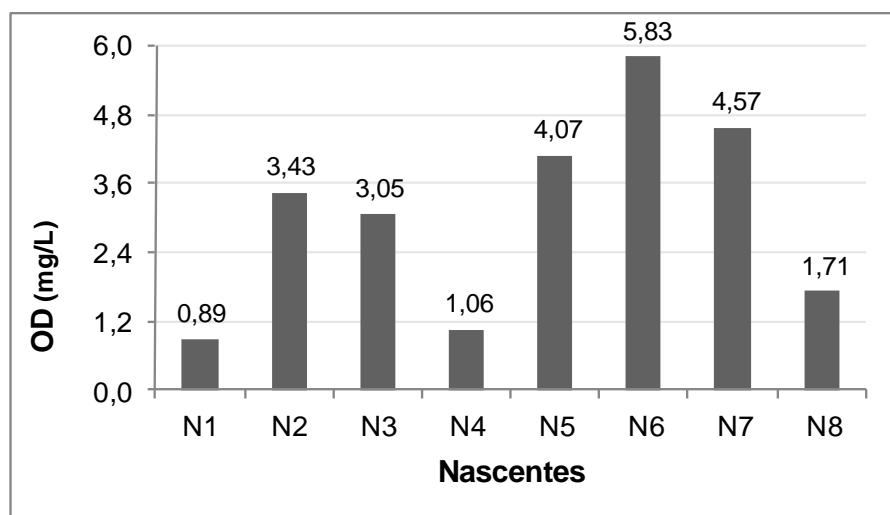


Figura 9: Valores de oxigênio dissolvido (OD) quantificados nas nascentes em estudo.

A diferença encontrada nos valores de OD entre as nascentes pode ter ocorrido devido à especificidade de cada olho d'água, de forma que não foi possível medir o OD exatamente sobre elas em todas as nascentes, mas sim no primeiro ponto de acúmulo de água. Por esse motivo, nos locais onde o terreno é mais inclinado, foram encontrados maiores valores de OD, tendo em vista que a água escoou superficialmente, movimentando-se e se oxigenando,

até o local da medição, o que corrobora com CETESB (2009). O maior valor de OD encontrado foi para a N6, que está localizada no terreno mais inclinado.

A correlação estatística entre OD e temperatura foi significativa e positiva, mas, nesse caso, pode não ter significado uma relação de causa e efeito, pelo fato de que a correlação entre esses dois parâmetros normalmente acontece de forma negativa, ou seja, quanto maior a temperatura da água, menor o seu OD (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO, 2005). Entretanto, algumas nascentes em estudo, apresentaram-se menos sombreadas e em terreno mais inclinado, o que pode ter acarretado em águas com temperaturas maiores e mais oxigenadas.

Portanto, no caso das nascentes em estudo, a inclinação do terreno (influenciando na oxigenação da água) e o sombreamento (influenciando da temperatura da água), podem ter influenciado nas nascentes menos sombreadas e em terrenos mais inclinados fossem encontradas águas com maiores temperaturas e mais oxigenadas,

Em uma nascente, no ponto onde é feita a medição do oxigênio dissolvido na água, não há tempo hábil para que aconteça a dinâmica que rege a interação entre o oxigênio da água e degradação da matéria orgânica, ou mesmo entre oxigênio e quantidade de sólidos dissolvidos. Isso pode explicar a inexistência de correlação entre SDT e OD, e também entre DBO e OD.

Os valores baixos de OD apresentados pelas nascentes não comprometem o uso de sua água, tendo em vista não inferir grau de poluição das mesmas. Deste modo, assim como o parâmetro pH, o parâmetro OD também não é importante para avaliar qualidade da água nesse estudo. Chapman e Kimstack (1992) corroboram considerando que a medição de OD em águas subterrâneas é um indicador limitado de poluição, não sendo útil para avaliar o uso da água para consumo.

5.1.6. Nitrogênio Total e Fósforo Total

Na ausência de contaminação a montante das nascentes, por esgotos domésticos, efluentes industriais e/ou fertilizantes (estes são poucos utilizados, devido ao baixo poder aquisitivo dos proprietários), as principais fontes de N e P para essas nascentes são: a decomposição da matéria orgânica (células e

excrementos), no caso do N e do P, e a decomposição de rochas, no caso do P (VON SPERLING, 2007).

Ao analisar o nitrogênio total (Figura 10), pode ser observado que a nascente N1, localizada em meio à floresta, apresentou menor valor em relação à média das demais nascentes. Donadio et al. (2005), quando avaliando uma nascente em meio à vegetação natural, no período chuvoso, encontrou valores próximos ao observado na N1, com 0,31 mg/L de N Total. Mas, na nascente em meio à agricultura (cana-de-açúcar) sem vegetação ciliar, o N total apresentou-se com valor de 0,10 mg/L, resultado esse bem abaixo do encontrado para as demais nascentes em estudo do assentamento Paraíso, onde excrementos de animais contribuem para o acréscimo desse nutriente no sistema. Foi observado que as maiores concentrações desse elemento ocorreram em nascentes onde há maior circulação de animais ao seu redor.

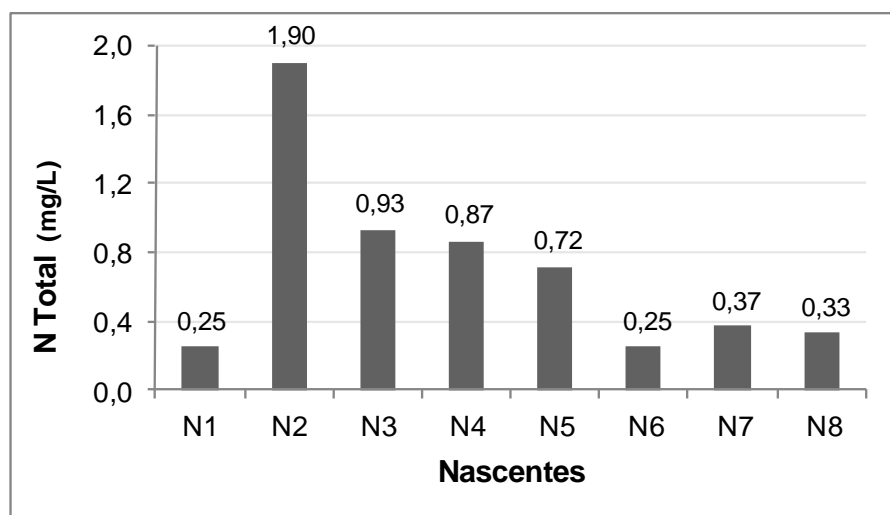


Figura 10: Valores de nitrogênio total (N Total) quantificados nas amostras das nascentes em estudo.

Analisando os resultados de fósforo (Figura 11), todas as nascentes apresentaram valores próximos e pouco acima da faixa considerada como normal por Brasil (2006), que afirma que a concentração normal de fósforo em águas naturais não poluídas situa-se na faixa de 0,01 mg/L a 0,05 mg/L. Em água muito pura, a concentração é extremamente baixa, com valor de 0,001 mg/L, e em águas salinas isoladas, pode chegar à elevada concentração de 200 mg/L (CHAPMAN; KIMSTACK, 1992). Provavelmente a fonte de fósforo na

água das nascentes seja também em função dos excrementos dos animais, que possui uma mobilidade no solo diferente do nitrogênio, isso pode explicar a não correlação entre ambos.

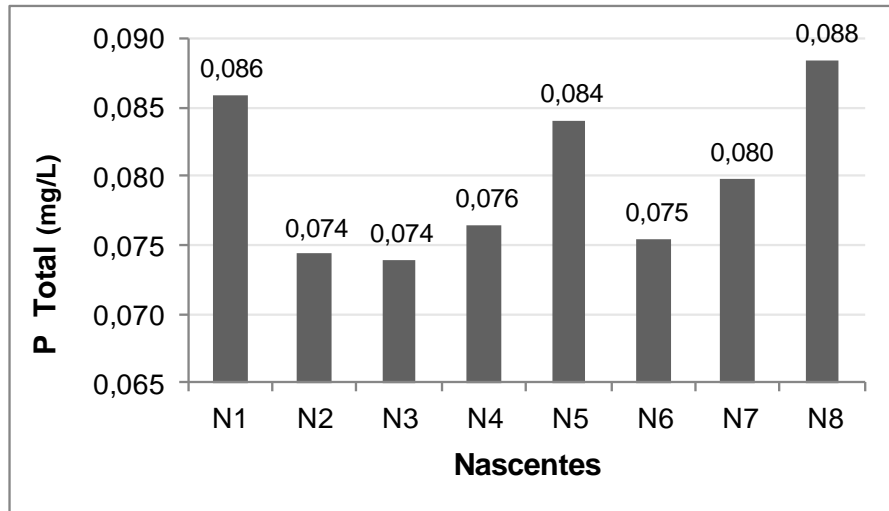


Figura 11: Valores de fósforo total (P Total) quantificados nas amostras das nascentes em estudo.

Primavesi et al. (2002) encontrou resultados bem abaixo dos encontrados nesse estudo, na nascente situada em meio à mata, o valor foi de 0,006 mg/L de P e na nascente em meio ao sistema intensivo de produção de bovinos de leite, protegida pelos 50 m de mata ciliar, obteve-se o valor de 0,013 mg/L, (considerando pelo próprio autor que PO_4 multiplicado por 0,326 fornece o valor de P).

Apesar de o fósforo estar normalmente associado com sólidos em suspensão e turbidez, por ser transportado adsorvido a essas partículas (ESTEVES, 2011), nesse estudo, a correlação entre esses parâmetros não foi significativa, com exceção do ferro. Entretanto, pode ser observado que a correlação entre os mesmos é mais acentuada que entre os demais parâmetros analisados.

Segundo Chapman e Kimstack (1992), o fósforo é raramente encontrado em altas concentrações em água doce, porque quando chega ao aquífero adsorvido às partículas de solo, é rapidamente capturado por plantas aquáticas. Mas nas nascentes, não houve tempo hábil para o desenvolvimento de tal processo.

Todavia, os resultados obtidos de P Total e N Total não comprometem as nascentes para o abastecimento, por apresentam-se em conformidade com os padrões normativos para potabilidade e qualidade ambiental, exceto para o P Total da N4 e N8, que será discutido no item 5.2, mais adiante. Mesmo assim, tais níveis de P Total, ocorrentes nessas duas nascentes, também não comprometem o abastecimento. Contudo, sua verificação permite indicar a existência de uma fonte poluidora, e o seu conhecimento permite acompanhar o crescimento de algas visando adotar medidas de combate à eutrofização (CHAPMAN; KIMSTACK, 1992). Porém, uma vez eutrofizada, a água não pode ser mais consumida devido à presença de algas que produzem toxinas.

5.1.7. Ferro

A N8 apresentou água com aproximadamente o triplo de ferro, em relação às demais nascentes. Os menores valores são observados na N2, N3 e N5, sendo as únicas em conformidade com o padrão recomendado para potabilidade e qualidade ambiental da água, conforme será discutido adiante (Figura 12).

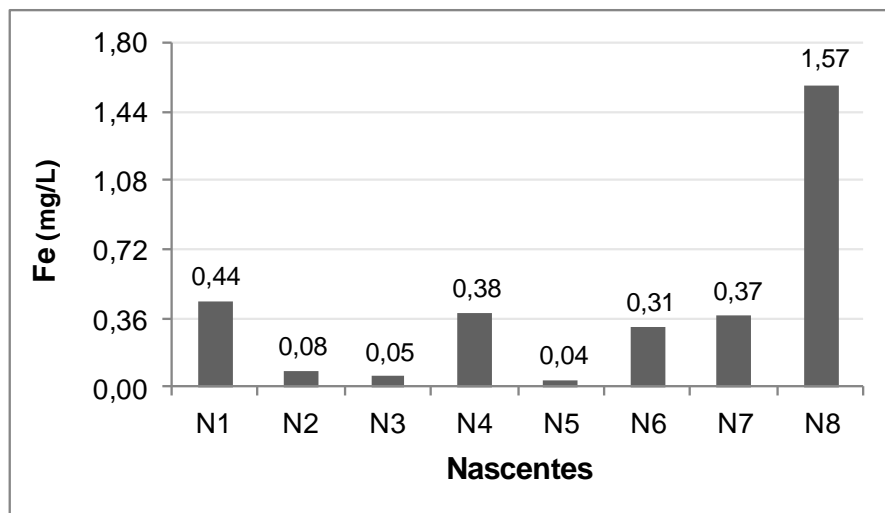


Figura 12: Valores de ferro (Fe) quantificados nas amostras das nascentes em estudo.

Em águas subterrâneas sem oxigenação, concentrações de ferro (Fe^{2+}) entre 1 e 10 mg/L são comum quando o pH está entre 6 e 8 (CHAPMAN; KIMSTACK, 1992).

Primavesi et al. (2002) encontrou uma concentração de Fe de 0,1 mg/L, em nascente situada em meio à mata, e de 0,5 mg/L, em nascente contornada por sistema intensivo de produção de bovinos de leite.

Souza (2011) obteve concentração de ferro em águas superficiais da bacia hidrográfica do Córrego Horizonte também em Alegre, ES, no período chuvoso, em microbacia em pastagem, em meio à floresta e em meio ao cafezal, de 1,19 mg/L, 0,65 mg/L e 0,42 mg/L, respectivamente. Tais valores correspondem com o atual estudo, no caso da microbacia em pastagem (N8) e da microbacia em floresta (N1).

O teor de Fe apresentou correlação significativa com SST, possivelmente devido ao estado oxidado que o íon assume no momento em que a água subterrânea atinge a superfície do terreno e entra em contato com a atmosfera, precipitando-se, conforme relatado por Von Sperling (2005), podendo também ocorrer pela ação das ferrobactérias que produzem mucilagem ao oxidar o ferro (RALPH; STEVENSON, 1995).

Para o abastecimento, os valores encontrados não comprometem seu consumo, em termos de toxicidade, mesmo no caso das nascentes que se apresentaram fora da conformidade com a norma. A água será prejudicada apenas pela estética, conferindo cor e sabor (VON SPERLING, 2005), manchas em roupas e objetos, podendo prejudicar quando em uso industrial (BRASIL, 2006).

5.1.8. Turbidez, DBO e Condutividade Elétrica

Segundo Brasil (2006), a turbidez natural da água varia de 3 a 500 UNT. Nesse estudo, os maiores valores de turbidez (Figura 14) foram encontrados na N1 e na N8, que apresentaram também os maiores valores de DBO (Figura 15). Entretanto, sua variação pode estar relacionada tanto com a quantidade de matéria orgânica presente na água, quanto pela quantidade de sólidos, pelo fato de ter se correlacionado significativamente com ambos os parâmetros.

Os menores resultados para as demais nascentes (N2, N3, N4, N5, N6 e N7) podem ser um indicativo da proteção oferecida pelo cercamento: este evita o pisoteio do gado no entorno do olho d'água e abranda a turbidez (proveniente dos solos e excrementos). Outra contribuição importante para diminuir os valores de turbidez é a proteção oferecida pelo adensamento das gramíneas forrageiras presentes ao redor dessas nascentes: protegem o corpo d'água de enxurradas, facilitando a sua infiltração e produzem menor quantidade de serapilheira ao comparar com a N1. A turbidez da N1 também é influenciada pelo aporte aéreo de matéria orgânica proveniente das árvores.

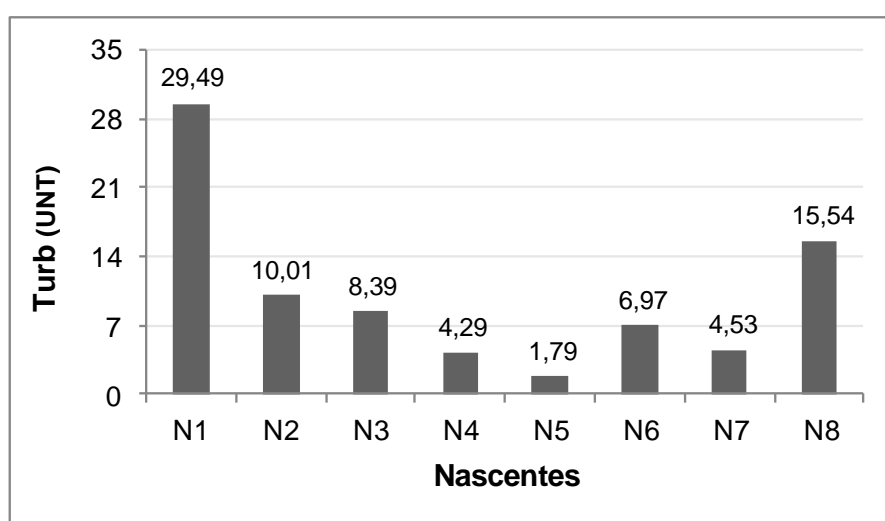


Figura 14: Valores de turbidez (Turb) quantificados nas amostras das nascentes em estudo.

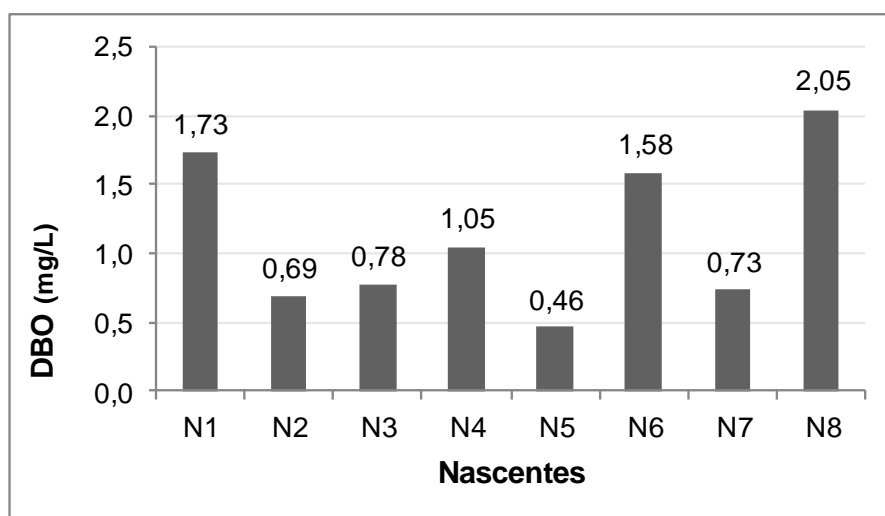


Figura 15: Valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) quantificados nas amostras das nascentes em estudo.

Rodrigues et al. (2009), Primavesi et al.(2002) e Donadio et al. (2005) mensuraram, em nascentes em meio à mata, turbidez de 2,0 UNT, de 0,4 UNT e de 4,5 UNT, respectivamente; valores esses bem abaixo do mensurado na N1 (29,5 UNT). Além da variação da dinâmica florestal, que existe entre um fragmento e outro, uma provável explicação para essa diferença expressiva pode ser devido à peculiaridade desta última: além da baixíssima vazão de escoamento, sua água é acumulada naturalmente formando uma poça, sendo esse um atrativo para dessedentação de animais, que podem culminar na movimentação do solo e no incremento de matéria orgânica.

Por outro lado, o valor obtido por Primavesi et al. (2002) em nascente em meio ao sistema intensivo de produção de bovinos de leite, com mata ciliar de 50 m, foi muito semelhante aos encontrados para as nascentes cercadas desse trabalho (N2, N3, N4, N5, N6 e N7), apresentando turbidez de 6,9 UNT.

Em nascente em meio à agricultura (citrus e cana-de-açúcar), sem proteção por mata ciliar, Rodrigues et al. (2009) obtiveram uma turbidez de 42 UNT, e em nascente represa com proteção de mata ciliar, uma turbidez de 6,1 UNT.

Donadio et al. (2005), no período chuvoso, encontrou na nascente em meio à agricultura (cana-de-açúcar) sem vegetação ciliar, turbidez de 14,9 NTU, valor próximo ao encontrado na N8, que também não possui vegetação ciliar.

Turbidez, DBO e CE (Figura 16) apresentaram correlações entre si e, conforme já esperado, isso se deve ao fato de a turbidez variar de acordo com a quantidade de matéria orgânica na água, que por sua vez influencia na condutividade elétrica.

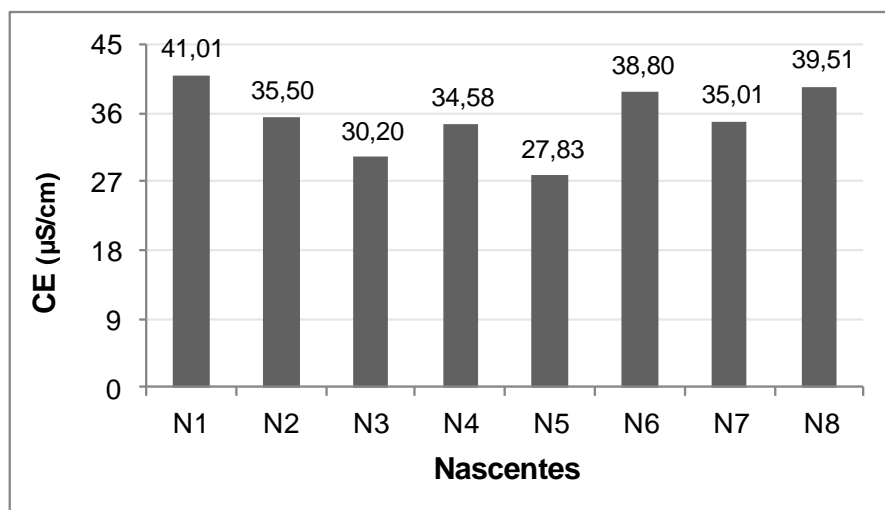


Figura 16: Valores de condutividade elétrica (CE) quantificados nas nascentes em estudo.

Em águas naturais, a DBO varia de 1 mg/L a 10 mg/L, e a CE varia de 10 a 100 $\mu\text{S/cm}$, podendo chegar a 1000 $\mu\text{S/cm}$ em águas altamente poluída (BRASIL, 2004).

Primavesi et al. (2002) mensurou na nascente em meio à mata, uma DBO de 0,3 mg/L e CE de 11,2 $\mu\text{S/cm}$, valores esses também bem abaixo ao mensurado na N1; entretanto, avaliando a nascente em meio ao sistema intensivo de produção de bovinos de leite, com mata ciliar de 50 m, encontrou uma DBO de 1,4 mg/L, semelhante aos valores encontrados para as nascentes cercadas desse trabalho (N2, N3, N4, N5, N6 e N7), porém a CE foi bem inferior, no valor de 6,1 μS .

Para os três parâmetros, os menores resultados foram exibidos pela N5, nascente essa que aliou a proteção pelo cercamento, pelas gramíneas forrageiras e pela existência da caixa de alvenaria.

5.1.9. Série de Sólidos, Cálcio e Magnésio

A nascente que apresentou o maior resultado para sólidos totais (Figura 16) foi a N1, com quase o dobro dos valores encontrados nas demais nascentes, exceto para a N6, que é influenciado pela inclinação elevada do terreno (maior probabilidade de sofrer erosões). Assim como no parâmetro turbidez, o adensamento das forrageiras ao redor da nascente também pode

ser o motivo da diferença entre os sólidos presentes nas nascentes. Para Reis (2006), as gramíneas favorecem a infiltração da água da chuva e contribui com a retenção das partículas de solos e demais substâncias carregadas junto com o solo, dificultando o transporte desses sedimentos até o manancial. Tal fato não acontece na N1, nessa nascente é a serapilheira que exerce a função de favorecer a infiltração da água da chuva, entretanto as partículas sólidas soltas podem ser revolvidas por animais que eventualmente chegam até o corpo d'água para sua dessedentação. As partículas de sólido também podem ser provenientes da parte aérea das árvores, ou também devido a outros fenômenos não contemplados nesse estudo, relacionados à dinâmica florestal.

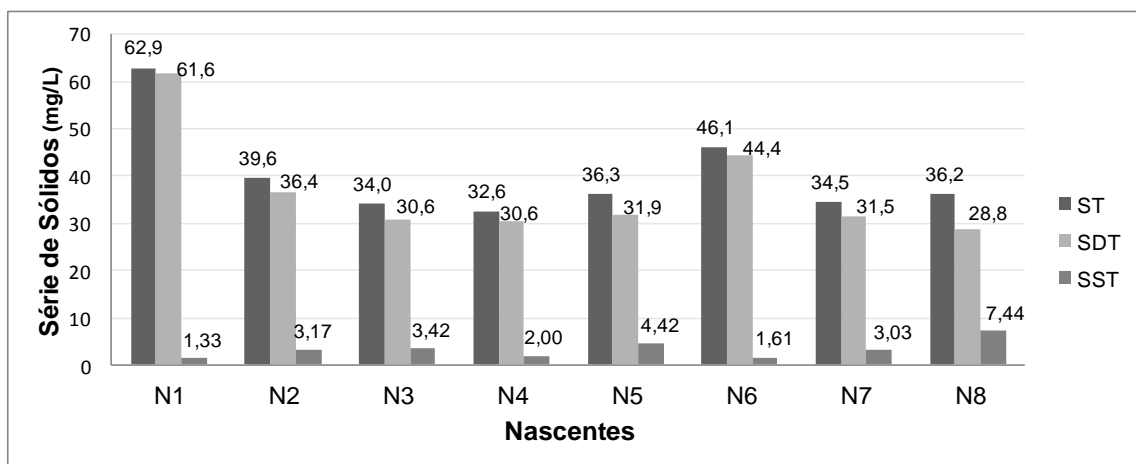


Figura 16: Valores de sólidos totais (ST), sólidos dissolvidos totais (SDT) e sólidos suspensos totais (SST) quantificados nas amostras das nascentes em estudo.

De modo geral, os estudos mostram que a concentração de sólidos no manancial aumenta quando é maior a exposição de partículas de solo da superfície da bacia. Como exemplo os trabalhos de Toledo e Nicolella (2002), Vanzela et al. (2010) e Fernandes et al. (2011) que apontaram que áreas agricultadas sem manejo conservacionista, matas em regeneração, áreas habitadas entre outros são potenciais fontes de sedimentos.

Primavesi et al. (2002), assim como no parâmetro turbidez, encontraram valores de sólidos totais maiores na nascente em meio à pastagem, porém com 50 m de APP, do que na nascente em meio à floresta, com 20,5 mg/L e 28,6 mg/L, respectivamente, sendo o inverso do encontrado

nesse estudo, provavelmente devido ao comportamento peculiar da N1, já discutida anteriormente.

Em todos os casos, os sólidos dissolvidos apresentaram-se bem superiores aos sólidos suspensos, situação essa também verificada por Primavesi et al. (2002) em seu estudo com nascentes. Tal comportamento é reflexo das características de água subterrânea que uma nascente possui, que em sua maioria não possui sólidos em suspensão (FEITOSA; MANUEL FILHO, 2000).

Muito embora haja associação entre os parâmetros sólidos totais e turbidez, nem sempre eles são absolutamente equivalentes (BRASIL, 2006). Mas, para esse estudo, onde a proporção de sólidos dissolvidos foi bem maior do que a de sólidos suspensos, a alta correlação entre os mesmos era esperada, e também foi encontrado por Andrade et al. (2007), pelo fato de que os materiais dissolvidos conferem à água maior reflexão e refração da luz. Assim quanto mais sólidos dissolvidos na água, maior será a turbidez. O mesmo acontece também com cálcio e magnésio (Figuras 17 e 18), que também se correlacionaram altamente com ambos os parâmetros nesse estudo. Gonçalves et al. (2005), estudando a microbacia Arroio Lino, percebeu que o cálcio e o magnésio, que são nutrientes constituintes do solo, aumentaram no aquífero à medida que aumentavam também as erosões ocorrentes nesse local. Nesse estudo, os autores observaram que os valores de cálcio e magnésio aumentaram da nascente para a foz, de forma que o cálcio variou de 2,7 mg/L a 4,9 mg/L e o magnésio de 1,4 mg/L a 2,5 mg/L.

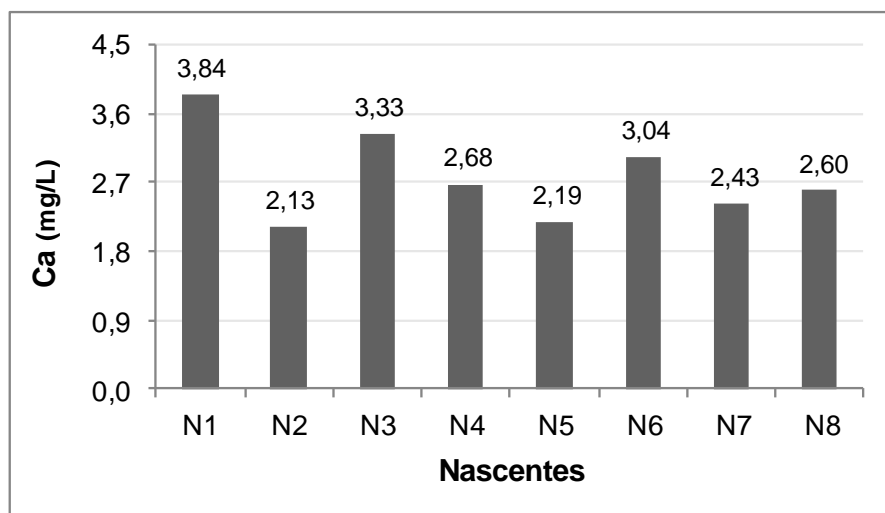


Figura 17: Valores de cálcio (Ca) quantificados nas amostras das nascentes em estudo.

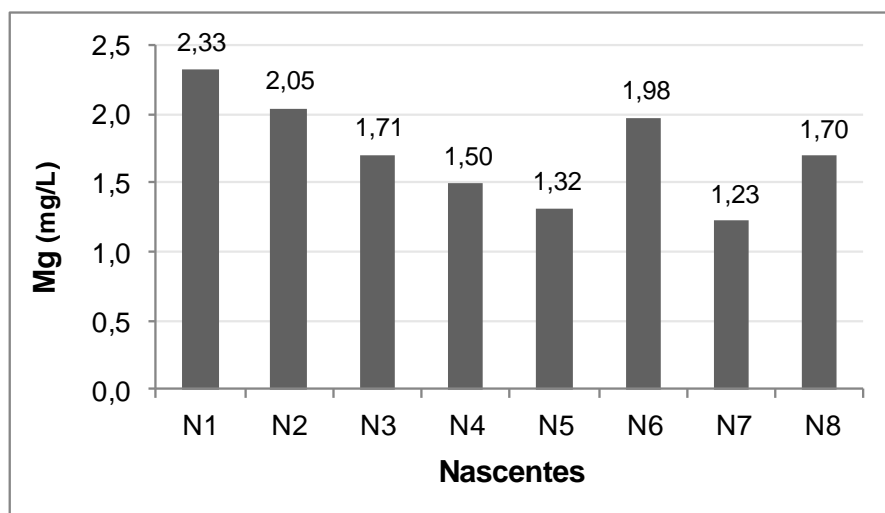


Figura 18: Valores de magnésio (Mg) quantificados nas amostras das nascentes em estudo.

Souza (2011) obteve, em três microbacias localizadas em área de pastagem, cafezal e floresta respectivamente, no município de Alegre, em período chuvoso, os seguintes valores de cálcio e magnésio: 8,18 mg/L e 4,48 mg/L na área de pastagem, 5,89 mg/L e 2,37 mg/L na área do cafezal e 3,85 mg/L e 1,42 mg/L na área da floresta, todos considerados baixos pelo autor. Apesar de as amostras não terem sido coletadas em nascentes, tais valores condizem com os observados nesse estudo, por terem sido desenvolvidos no mesmo Município.

5.2. CONFORMIDADE COM OS PADRÕES NORMATIVOS

Ao comparar os resultados com os padrões normativos da Portaria Nº 518, de 25/03/2004, e a classe 2 da Resolução CONAMA Nº 357, de 17/03/2005, nenhuma nascente se enquadrou dentro dos valores estabelecidos (Tabela 6). Entretanto, algumas considerações precisam ser feitas e são descritas a seguir.

Tabela 6. Comparação entre os valores médios dos parâmetros analisados nas oito nascentes em estudo e os valores determinados pela legislação em vigor

Parâmetros	Nascentes								Normas	
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	Portaria Nº 518	Resolução Nº 357
COL _{totais} (NMP/100mL)	320,0	362,7	183,4	347,3	<1,8 ⁽¹⁾	274,3	8163,3	8472,3	Ausência	-
COL _{termo} (NMP/100mL)	180,5	22,0	<1,8 ⁽¹⁾	2,0	<1,8 ⁽¹⁾	430,3	160,5	590,3	Ausência	≤1.000
pH	6,06	5,57	5,82	5,72	5,72	6,49	6,30	5,98	6,0 a 9,5	6,0 a 9,0
Alc (mg/L CaCO ₃)	17,5	5,3	10,0	9,3	8,7	18,0	13,3	14,3	-	-
OD (%)	10,06	38,68	34,32	11,89	45,59	65,21	51,44	19,26	-	-
OD (mg/L)	0,89	3,43	3,05	1,06	4,07	5,83	4,57	1,71	-	≥5
DBO (mg/L)	1,73	0,69	0,78	1,05	0,46	1,58	0,73	2,05	-	≤5
N Total (mg/L)	0,25	1,90	0,93	0,87	0,72	0,25	0,37	0,33	≤10, ≤1 e ≤1,5 ⁽²⁾	≤10, ≤1 e ≤3,7 ⁽²⁾
P Total (mg/L)	0,09	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	-	≤0,1 ⁽³⁾ e ≤0,05 ⁽⁴⁾
Fe (mg/L)	0,44	0,08	0,05	0,38	0,04	0,31	0,37	1,57	≤0,3	≤0,3
Ca (mg/L)	3,84	2,13	3,33	2,68	2,19	3,04	2,43	2,60	-	-
Mg (mg/L)	2,33	2,05	1,71	1,50	1,32	1,98	1,23	1,70	-	-
Temp (°C)	20,8	23,2	22,2	22,4	26,0	24,7	24,3	24,3	-	-
Turb (UNT)	29,49	10,01	8,39	4,29	1,79	6,97	4,53	15,54	≤5	≤100
CE (µS/cm)	41,01	35,50	30,20	34,58	27,83	38,80	35,01	39,51	-	-
ST (mg/L)	62,9	39,6	34,0	32,6	36,3	46,1	34,5	36,2	-	-
SD (mg/L)	61,6	36,4	30,6	30,6	31,9	44,4	31,5	28,8	≤1000	≤500
SS (mg/L)	1,33	3,17	3,42	2,00	4,42	1,61	3,03	7,44	-	-

Notas:

⁽¹⁾ Para o cálculo estatístico foi considerado o valor médio;

⁽²⁾ Valores para nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal, respectivamente;

⁽³⁾ Para ambiente lótico (N1, N2, N3, N5, N6, N7);

⁽⁴⁾ Para ambiente intermediário (N4 e N8).

Com relação à Portaria 518, a água da nascente N5 foi a que melhor se apresentou em termos de potabilidade para o período em estudo, tendo em vista que o único parâmetro que não se enquadrou na legislação foi o pH. Entretanto, como já discutido anteriormente, valores de pH pouco abaixo de seis não implicam em comprometimento à saúde.

A segunda melhor água de nascente, em termos de potabilidade, foi a da N3, em que, além do pH, os parâmetros COL_{totais} e turbidez também não se enquadraram na norma. Contudo, esses resultados não são agravantes, pelo fato de que é tolerável a presença de COL_{totais} na água quando detectado a ausência de COL_{termo} (desde que se busque a sua eliminação assim que possível) e no caso da turbidez alta sua interferência será apenas na estética da água.

O destaque, visando o abastecimento, para ambas as nascentes são as caixas de alvenaria, que protegem o olho d'água, além do próprio isolamento que evita o contato com os animais. A diferença entre elas está na vegetação existente na APP; a N3, que se encontra em estágio inicial de regeneração, apresentou maior turbidez e COL_{totais} do que a N5, que está em início de formação de capoeira.

De modo geral, todas as nascentes podem ser consideradas aptas para o consumo desde que haja uma desinfecção prévia. Tendo em vista que os valores apresentados pelos parâmetros pH, Fe e Turb, não conferem risco à saúde de quem as consomem, tendo em vista que esses parâmetros estão relacionados à estética da água ou à normas referentes ao sistema de abastecimento.

Para o enquadramento da classe 2, conforme a Resolução 357, os parâmetros que apresentaram não conformidade, em algumas nascentes, com essa norma foram o pH, o OD, o Fe e, em alguns casos, o P Total, sendo esse último o único que pode realmente indicar poluição, nesse estudo. Já que, o OD e o pH baixo, para essas nascentes não são indicativos de problemas ambientais e o Fe, está relacionado às características do solo da região.

As nascentes que estão em não conformidade com o P Total (que nesse trabalho apresentou indícios de estar relacionado com excrementos de animais) são a N4 e a N8. Essas duas nascentes, apresentam características

de ambientes intermediários (do lótico ao lântico) e os valores apresentados de P Total podem levar futuramente a uma eutrofização.

Para ambas as normas, os valores encontrados de nitrogênio total estão muito abaixo da soma de nitrito, nitrato e amônia exigidos, já que N Total é a soma desses elementos mais o nitrogênio orgânico. Portanto, esse parâmetro foi considerado em conformidade para todas as nascentes.

5.3. CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

O resultado do cálculo do IQA_{CETESB} e a classificação quanto à qualidade da água, para todas as nascentes estão esboçados na Figura 19. Os melhores índices foram alcançados por N5 e N3, e os piores por N1 e N8. Lembrando que o IQA tem como determinante principal o abastecimento público e desta forma não remete necessariamente qualidade em nível de ecossistemas.

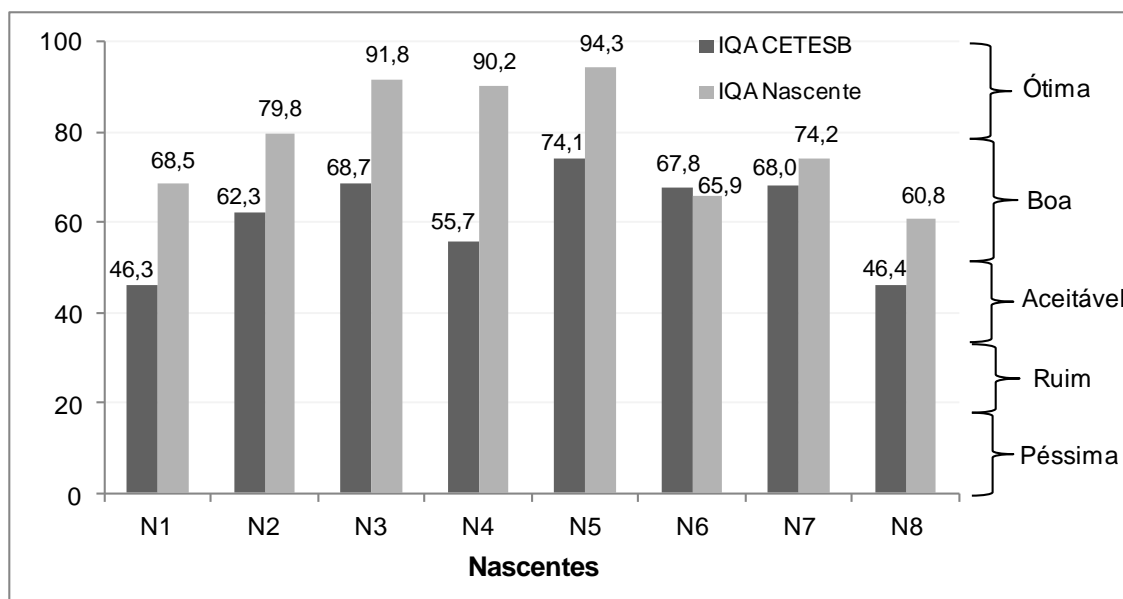


Figura 19: Comparação entre os valores de IQA obtidos pelo critério da CETESB (IQA_{CETESB}) e pelo o critério alternativo proposto para as nascentes desse estudo ($IQA_{NASCENTE}$).

No entanto, o IQA_{CETESB} pode ter resultado em índices mascarados para os locais em estudo. Porque os parâmetros pH e OD, que foram anteriormente considerados inapropriados para determinar a qualidade das referidas nascentes, são variáveis constituintes da equação desse IQA_{CETESB} , e

conferem, juntos, 29% do peso desse índice, proporção essa bastante elevada para dois parâmetros titulados como inadequados. Águas pouco oxigenadas e com pH ligeiramente ácido tiveram conceituações ruins, inadequadamente.

Assim, no intuito de minimizar esses “desvios”, um novo cálculo foi realizado sem os parâmetros pH e OD, nomeado como $IQA_{NASCENTE}$, que pode ser visualizado também na Figura 19. Os novos pesos dos parâmetros foram expostos na Tabela 7, em numeração aproximada.

Tabela 7. Novos pesos correspondentes aos parâmetros de qualidade da água de nascentes

Parâmetro	Peso
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	0,21
DBO (mg/L)	0,14
Nitrogênio Total (mg/L)	0,14
Fósforo Total (mg/L)	0,14
Δ Temperatura (°C)	0,14
Turbidez (UNT)	0,115
Sólidos Totais (mg/L)	0,115

Ao comparar ambos os índices, observa-se que as nascentes obtiveram melhores notas pelo método $IQA_{NASCENTE}$, exceto para a N6, cuja nota decaiu. Tal fato remete ao mascaramento atribuído pelo valor alto de OD, que em N6 é maior do que nas demais nascentes, resultando em um índice alto quando calculado com o IQA_{CETESB} . Para as demais nascentes, os valores existentes de pH e OD estavam abaixando o índice.

No novo cálculo, a N5 e N3 continuam com os melhores resultados e os piores resultados passam a ser da N6 e N8, corroborando com as discussões realizadas anteriormente durante a caracterização microbiológica e físico-química. A N1, nascente em meio à floresta, deixa de ter o pior índice.

5.4. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

A análise de componentes principais foi realizada com apenas 16 variáveis. A variável representada pelo parâmetro ST foi excluído da análise por apresentar alta dependência linear com a SDT, no valor de 0,99. Para Hair Junior et al. (2005), as variáveis independentes altamente correlacionadas com

outras variáveis independentes devem ser excluídas para evitar problemas na interpretação do significado dos componentes e na aplicabilidade geral do modelo.

Realizando a análise de componentes principais, duas componentes foram suficientes para explicar 67,60% da variância total dos dados. Conforme pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8: Variância e correlação entre variáveis e componentes principais 1, 2 e 3 (CP1, CP2 e CP3). Foram selecionadas apenas a CP1 e a CP2

Variáveis (Parâmetros)	CP1	CP2	CP3
C Totais	-0,286	<u>0,797</u>	0,108
C Termo	<u>-0,737</u>	0,560	-0,107
pH	-0,584	0,225	-0,759
Alcal	<u>-0,877</u>	0,079	-0,449
OD	0,326	0,245	-0,817
DBO	<u>-0,931</u>	0,144	0,129
N Total	0,690	-0,335	0,400
P Total	-0,546	0,444	0,358
Fe	-0,634	0,628	0,404
Ca	-0,667	-0,554	-0,104
Mg	-0,571	-0,632	0,126
Temp	0,360	<u>0,740</u>	-0,358
Turb	<u>-0,801</u>	-0,377	0,361
CE	<u>-0,873</u>	-0,051	0,033
SD	-0,644	-0,633	-0,180
SS	0,021	<u>0,789</u>	0,500
Variância (autovalor)	6,605	4,211	2,505
Variância (%)	41,28	26,32	15,66
Variância acumulada (%)	41,28	67,60	83,26

Dos 16 parâmetros analisados, oito foram selecionados como importantes para explicar a variância da qualidade da água para as nascentes no período estudado, parâmetros esses que apresentaram correlação acima de 0,7 com as CP1 e a CP2, apresentados em destaque na Tabela 8. Portanto, na primeira componente, que contribuiu com 41,28% da variância, foram selecionadas coliformes termotolerantes, DBO, condutividade elétrica, alcalinidade e turbidez e, na segunda componente, que contribuiu com 26,32% da variância, foram selecionadas coliformes totais, SST e temperatura. Tais parâmetros expressam que a maior importância conferida à proteção da

qualidade da água das nascentes estudadas está relacionada com fatores microbiológicos e físicos (aporte de sedimentos, como erosão e matéria orgânica).

Os parâmetros descartados são relacionados às características do solo e de aporte de nutrientes químicos, os quais foram pH, OD, Ca, Mg, Fe, N Total, P Total e SDT, pelo fato de seus resultados não variarem expressivamente entre as nascentes.

No estudo realizado por Donadio et al. (2005), no qual avaliaram a influência de remanescentes de vegetação ciliar e de atividade agrícola (cana-de-açúcar) na qualidade das águas de nascentes pertencentes à bacia hidrográfica do Córrego Rico, municípios de Taquaritinga e de Guariba, SP, os parâmetros que mais explicaram as diferenças em função do uso do solo e da sazonalidade foram: cor, turbidez, alcalinidade e nitrogênio total. Mesmo sendo analisados parâmetros distintos entre os trabalhos, pode se verificar semelhança nos resultados, pois os parâmetros selecionados estão também relacionados com a proteção física da água das nascentes, exceto para o parâmetro N total, que se apresentou como importante, tendo em vista o uso de fertilizantes no local.

A disposição espacial das nascentes é ilustrada na figura 20, elaborada por meio da dispersão dos escores das duas primeiras componentes principais. Em tal disposição, as nascentes mais próximas apresentam resultados mais semelhantes entre si, tendendo a formar grupos. Uma melhor interpretação desse resultado é apresentada no próximo item, juntamente com a interpretação da análise de agrupamento.

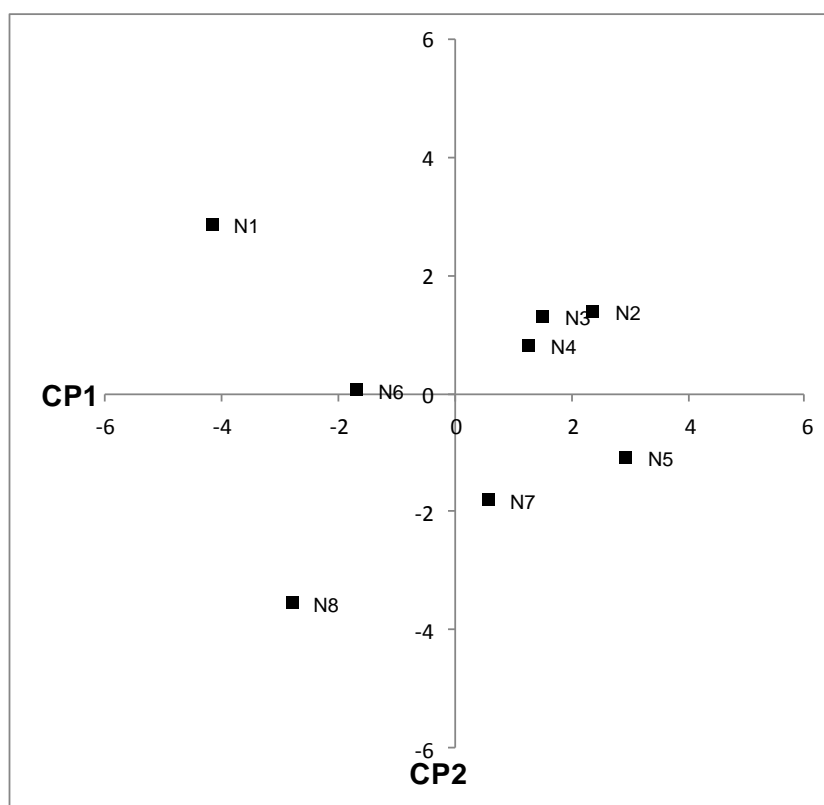


Figura 20: Dispersão dos escores das nascentes utilizando as duas primeiras componentes principais.

5.5. ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

Na tabela 9 é apresentado o resultado da análise de agrupamento pelo método de Tocher, calculada a partir dos dados de todos os parâmetros obtidos para o período estudado.

Tabela 9: Grupos de nascentes estabelecidos pela análise de agrupamento

Grupos	Nascentes	Distância Média
I	N2, N3, N4, N5, N6 e N7	4,47
II	N1	-
III	N8	-

O método separou as nascentes em três grupos. Esses grupos revelam semelhanças nas propriedades de suas águas e, conseqüentemente, no tratamento auferido às suas áreas de recarga e de entorno.

O primeiro grupo, com distância euclidiana média de 4,47, possui como característica em comum o isolamento das nascentes pelo cercamento e o

trabalho iniciado na tentativa de recuperar o seu entorno, manifestando similaridade entre essas diversas propostas de recuperação.

Já a N1 e a N8 mantiveram-se isoladas, não se agrupando com qualquer outra nascente, revelando a peculiaridade da água de uma nascente que surge em meio à floresta (N1) e também o comportamento distinto de uma nascente que não possui qualquer proteção (N8).

A distância entre os grupos é expressa na Tabela 10.

Tabela 10: Distâncias médias intergrupos obtidas na análise de agrupamento

Grupo	II	III
I	7,26	6,57
II	-	7,37

Ao retornar nos escores dos dois componentes principais da ACP (Figura 20), que explicam 67,60% da variação da qualidade da água das nascentes, é possível visualizar e confirmar o agrupamento obtido pelo método de Tocher (Figura 21).

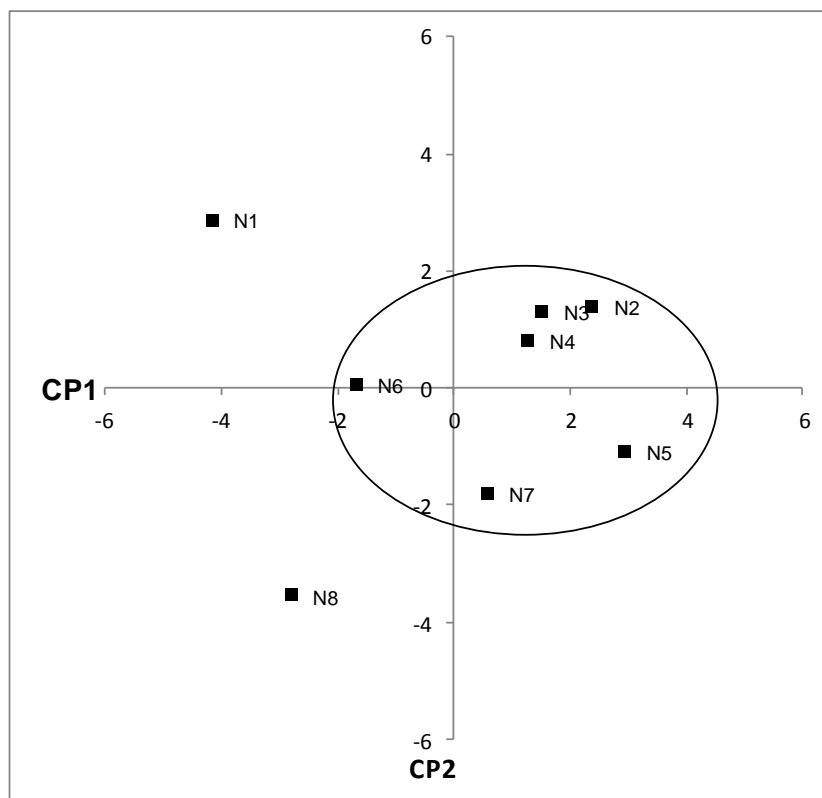


Figura 21: Dispersão dos escores das nascentes utilizando as duas primeiras componentes principais, com a demarcação do agrupamento obtido pelo método de Tocher.

Correlacionando Índice de Qualidade com Análise de Agrupamento

De modo geral, o Grupo I da AA apresentou melhores resultados de qualidade de água do que a N1. Esta, por sua vez, apresentou resultado melhor do que a N8.

O pior índice foi pertencente à N8, o que já era esperado, pelo fato de possuir o pior tratamento, no que tange à proteção de um corpo hídrico. Entretanto, não era esperado encontrar uma qualidade inferior para a N1, com relação aos elementos do Grupo I. Porém, tal fato pode ser explicado pelos apontamentos obtidos com a ACP, que mostraram que a grande influência que diferencia a qualidade da água entre as nascentes em estudo foi o aporte de matéria orgânica e solo, provenientes da serapilheira e de erosão e, ainda, o aporte de microrganismos advindos do contato direto dos animais com a água. Tal fato se apresentou com mais intensidade na N1 do que em alguns

elementos do grupo I, que estão protegidas pelo isolamento de animais e o adensamento das forrageiras em seu entorno.

Donadio et al. (2005) encontrou melhor qualidade em nascentes com vegetação natural remanescente do que em nascentes em meio ao uso agrícola, pelo fato de que não existia qualquer proteção no entorno do olho d'água dessa última.

Os benefícios provenientes da estrutura de alvenaria presente na N3 e N5 se mostraram eficazes, pois estas apresentaram qualidade de água superior às demais.

6. CONCLUSÃO

Os resultados conduziram às seguintes conclusões:

- As nascentes que possuem um trabalho iniciado de recuperação do entorno, apresentaram semelhanças na qualidade de suas águas (grupo I);
- O grupo I apresentou melhor qualidade de água, visando o abastecimento, do que a nascente em meio à floresta, que por sua vez apresentou qualidade melhor do que a nascente sem qualquer proteção;
- Em todas as avaliações realizadas, as nascentes N3 e N5, se apresentaram com a melhor qualidade de água, por possuírem uma caixa de alvenaria que capta a água direto do afloramento;
- Após desinfecção prévia, todas as nascentes estão aptas para o consumo;
- Os parâmetros que mais explicaram as diferenças entre as nascentes foram: coliformes termotolerantes e totais, DBO, condutividade elétrica, alcalinidade, turbidez, sólidos suspensos totais e temperatura.
- O Índice de Qualidade de Água da CETESB não se apresentou como um bom índice para avaliar a qualidade da água, para consumo, das nascentes em estudo. Foi adaptado outro índice sem os parâmetros pH e OD, considerados inapropriados para a referida ocasião.

7. REFERÊNCIAS

AMARAL, L. A. do; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista Saúde Pública**, São Paulo. v. 37, n. 4, p 510-514, 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos / Agência Nacional das Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente**. Brasília: ANA, 2011. 154 p.

_____. **Portal da Qualidade das Águas**: Indicadores de qualidade – Índice de Qualidade das Águas. Disponível em: <pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx#_ftn7>. Acesso em: 07 jun 2012.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for de examination of water and wastewater**. 21 th. ed. Washington, DC: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environmental Federation, 2005. 1368 p.

ANDRADE, E. M. de; ARAÚJO, L. de F. P.; ROSA, M. F.; DISNEY, W.; ALVES, A. B. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 683-690, set./dez. 2007.

ANDRADE, E. M. de; PALÁCIO, H. A. Q.; CRISÓSTOMO, L. A.; SOUZA, I. H.; TEIXEIRA, A. S. Índice de qualidade de água, uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará. **Revista de Ciência Agrônômica**, Ceará, v. 36, n. 2, p. 135-142, mai./ago. 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 Florestalis**, Piracicaba, n.56, p. 125-134, dez. 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. 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.

_____. **NBR 12772**: Água – Determinação de fósforo – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 9 p.

BARROS, R. V. G.; SOUZA, H. M. de L.; SOUZA, C. A. de. Determinação do índice de qualidade da água (IQA) na sub-bacia do córrego André em Mirassol D'oeste, Mato Grosso, **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 138 - 153, jul. / set. 2011.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BOLMANN, H. A.; MARQUES, D. M. Bases para a estruturação de indicadores de qualidade de águas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 5, n.1, p. 37-60, jan./mar. 2000.

BRANDÃO, V. dos S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA D. D. da. **Infiltração da água no solo**. 3. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 120 p.

BRAGA, B.; HOSPAHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. Ed. São Paulo.: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Decreto-Lei nº 7.841 de 8 de ago. de 1945. Código de Águas Minerais. **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 ago. 1945. Seção 1.4.2.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa: altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006 revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 maio. 2012. Seção 1. p. 1-16.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de set. de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 set. 1965. Seção 1. p. 9529.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de jan. 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 mar. de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dez. de 1989. **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 09 jan. 1997. Seção 1, p. 470-474.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de mar. de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 mar. 2004. Seção 1, p. 266-270.

BRASIL. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p. (Série B. Textos Básicos de Saúde).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 20, de 18 de jun. de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>> Acesso em: 01 jul. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de mar. 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 [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 mar. 2005. Seção 1, p 58 - 63.

CAVALCANTE, D. de H.; SÁ, M. V. do C. e. Efeito da fotossíntese na alcalinidade da água de cultivo da tilápia do Nilo. **Revista Ciência Agrônômica**. Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 62-72, jan./mar., 2010.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. IQA. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%A1guas-superficiais/108-%C3%ADndices-de-qualidade-das-%C3%A1guas>> Acesso em: 13 jun. 2012.

_____. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**. Apêndice A. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas de amostragem. São Paulo: CETESB. 2009. (Série Relatórios).

CHAPMAN, D.; KIMSTACK, V. The selection of water quality variables. CHAPMAN D. (Ed.) In: **Water quality assessment**. London: Chapman & Hall Ltd., 1992. p. 51-117.

COSTA NETO, P. L. de O. **Estatística**. 2. ed. São Paulo: Editora Blücher, 2002. 266 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J; CARNEIO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3 ed. Viçosa: UFV. 2004. 480 p.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2005. 1565 p.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. de. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 5, n. 1, p. 115 – 125, jan./abr., 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA - SPI, 1999. 412 p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 2011. 826 p.

FEITOSA, F.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 2. ed. Fortaleza: CPRM, 2000. 391p.

FERNANDES, M. M.; CEDDIA, M. B.; RAMOS, G. M.; GASPARG, A.; MOURA, M. R. Influência do uso do solo na qualidade de água da microbacia Glória, Macaé – RJ. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 2, p. 105-116, abr. / jun. 2011.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química Nova na Escola**, n. 22, p. 10-16, nov. 2005.

SISTEMA INTEGRADO DE BASES GEOESPACIAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO – GEOBASES. Disponível em: <<http://www.geobases.es.gov.br/portal>>. Acesso em: 1 jul. 2012.

GONÇALVES, C. S.; RHEINHEIMER, D. dos S.; PELLEGRINI, J. B. R.; KIRST, S. L. 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.

GOMES, M. M. L. A. Projeto no Ensino da (Micro)Biologia: Um guia do professor com sugestões de atividades para análise microbiológica da água. Disponível em: <http://www.casadasciencias.org/dmdocuments/Gui%C3%A3o%20de%20atividades%20em%20Microbiologia%20da%20%C3%81gua.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2012.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D. da; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T. de; SOARES, L. H. P. 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.

HAIR JUNIOR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. Tradução de Adonai Schlup Sant'Anna e Anselmo Chaves Neto. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593 p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. Projeto águas de Minas. Disponível em: <aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/animas_nwindow/param_quimicos.htm>. Acesso em: 06 jun. 2012.

JONNALAGADDA, S.B.; MHERE, G. Water Quality of the Odzi river in the eastern highlands of Zimbabwe. **Water Research**, v. 35, n. 10, p. 2371-2376, 2001.

KRAVITZ, J. D.; NYAPHISI, M.; MANDEL, R.; PETERSEN, E. Quantitative bacterial examination of domestic water supplies in Lesotho Highlands: water quality, sanitation and village health. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 77, n. 10, p. 829-836, 1999.

LEONARDO, H. C. L. **Indicadores de qualidade de solo e água para a avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do Rio Passo Cue, região oeste do Estado do Paraná**. 2003. 121 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

LIMA, J. S. de S.; SILVA, S. de A.; OLIVEIRA, R. B. de; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C. Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre – ES. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p 327 – 332, abr./jun. 2008.

LIMA, W. de P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: USP, 2008. 245 p.

MACÊDO, J. A. B. de. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. Rio de Janeiro: Impresso Brasil, 2001. 302 p.

MCCLELLAND, N.I. **Water Quality Index Application in the Kansas River Basin**, Prepared for U.S. EPA-Region VII, 1974.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 33-38, out/dez, 2002.

MORAES, D. S. de L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, São Paulo. v. 36, n.3, p 270-274, 2002.

MORO, R. S. **Interpretações peleoecológicas do quaternário através da análise de diatomáceas (Bacillariophyta) nos sedimentos da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, PR**. 1998. 141 p. Tese (Doutorado em Biociências) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. de F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 67 p. (Documentos / Embrapa Florestas, INSS 1980-3958; 219).

PINTO, D. B. F.; SILVA, A. M. da; MELLO, C. R. de; COELHO, G. Qualidade da água do ribeirão Lavrinha na região Alto Rio Grande – MG, Brasil. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1145 – 1152, jul. / ago. 2009.

PINTO, L. V. A. **Caracterização física da sub-bacia do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG, e propostas de recuperação de suas nascentes**. 2003. 165 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

PRIMAVESI, O.; FREITAS, A. R. de; PRIMAVESI, A.C.; OLIVEIRA, H.T. de. Water quality of Canchim's creek watershed in São Paulo, SP, Brazil, occupied by beef and dairy cattle activities. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 209-17, 2002.

RALPH, D. E; SETEVENSON, J. M. The role of bacteria in well clogging. **Water Resources**, v.29, n.1, p. 365-369. 1995.

REGAZZI, A. J. **Curso de análise multivariada aplicada**. [2012] não publicado.

REIS, J. T. **Influencia do uso e ocupação da terra no ecossistema aquático da sub-bacia hidrográfico do Arroio Cadena, em Santa Maria – RS**. 2006. 110 p. Dissertação (Mestrado em Geomática). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

RIZZI, N. E. Função da floresta na manutenção da qualidade da água para uso humano. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 15, n. 12, p. 54–65, 1985.

RODRIGUES, F. M.; PISSARRA, T. C. T.; CAMPOS, S. Condições hidrológicas de uma bacia hidrográfica com diferentes usos do solo na região de Taquaritinga, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 2, p. 158-169, abr. / jun. 2009.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. de M.; PEREIRA, I. de C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 207 p.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA; SRH; ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 1997. 252 p.

SILVA, J. N. **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil: Cachoeiro de Itapemirim**. Folha SF. 24-V-A-V. Estado do Espírito Santo. Escala 1:100.000. Brasília: DNPM/CPRM. 176 p. 2 mapas. 1993.

SILVA, N. da; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. de A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S. dos; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4. ed. São Paulo, SP: Varela , 2010.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. de. **Manual de análises físico – químicas de águas de abastecimento e residuárias**. Campina Grande, PB: O Autor, 2001. 266 p.

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

SUGIMOTO, S.; NAKAMURA, F.; ITO, A. Heat budget and statistical analysis of the relationship between stream temperature and riparian Forest in the Toikanbetsu river basin, Northern Japan. **Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 2, n. 2, p. 103-7, 1997.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.

TOLEDO, L. G. de.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 1, p. 181–186, 2002.

TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH. 2009. 943 p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4).

UCKER, F. E.; FOLETTTO, C.; KEMERICH, P. D. da C. Índice de qualidade da água em bacia-escola urbana na cidade da Santa Maria – RS. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 660 – 670. set./dez. 2009.

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

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007. 588 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.7).

_____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005. 452 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.1).

APÉNDICE

Matriz de correlações dos parâmetros de qualidade da água proveniente das oito nascentes estudadas no assentamento Paraíso, ES

Parâmetros	COL _{total}	COL _{termo}	pH	Alc	OD	DBO	N Total	P Total	Fe	Ca	Mg	Temp	Turb	CE	ST	SDT	SST
COL _{total}	1,00																
COL _{termo}	0,57	1,00															
pH	0,35	0,62	1,00														
Alc	0,25	<u>0,70</u>	<u>0,87</u>	1,00													
OD	0,00	0,08	0,47	0,05	1,00												
DBO	0,30	<u>0,84</u>	0,46	<u>0,76</u>	-0,36	1,00											
N Total	-0,38	-0,60	<u>-0,77</u>	<u>-0,89</u>	-0,02	-0,58	1,00										
P Total	0,47	0,47	0,09	0,40	-0,40	0,50	-0,56	1,00									
Fe	<u>0,72</u>	<u>0,82</u>	0,21	0,41	-0,39	<u>0,78</u>	-0,45	<u>0,66</u>	1,00								
Ca	-0,27	0,13	0,36	<u>0,65</u>	-0,35	0,51	-0,47	0,08	0,03	1,00							
Mg	-0,40	0,21	0,06	0,33	-0,25	0,53	0,09	-0,02	0,03	0,59	1,00						
Temp	0,28	0,24	0,16	-0,11	<u>0,67</u>	-0,25	-0,10	0,14	0,06	<u>-0,71</u>	-0,59	1,00					
Turb	0,01	0,32	0,11	0,50	-0,58	<u>0,67</u>	-0,26	0,49	0,37	<u>0,69</u>	<u>0,78</u>	<u>-0,66</u>	1,00				
CE	0,29	<u>0,69</u>	0,50	<u>0,68</u>	-0,26	<u>0,86</u>	-0,38	0,31	0,59	0,42	<u>0,64</u>	-0,37	<u>0,70</u>	1,00			
ST	-0,29	0,20	0,33	0,61	-0,20	0,51	-0,33	0,32	0,00	<u>0,68</u>	<u>0,80</u>	-0,47	<u>0,83</u>	<u>0,63</u>	1,00		
SDT	-0,37	0,11	0,34	0,58	-0,17	0,43	-0,30	0,19	-0,12	<u>0,69</u>	<u>0,79</u>	-0,51	<u>0,77</u>	0,59	<u>0,99</u>	1,00	
SST	0,61	0,43	-0,24	-0,18	-0,11	0,17	-0,01	0,52	<u>0,67</u>	-0,44	-0,35	0,47	-0,09	-0,12	-0,47	-0,60	1,00

Em destaque, correlação significativa em nível de 5% de probabilidade.