

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Raul Todeschini

**QUALIDADE DA ÁGUA EM NASCENTES DA BACIA DO VACACAÍ-  
MIRIM COM DIFERENTES USOS E COBERTURAS DO SOLO**

Santa Maria, RS.  
2016



**Raul Todeschini**

**QUALIDADE DA ÁGUA EM NASCENTES DA BACIA DO VACACAÍ-MIRIM COM  
DIFERENTES USOS E COBERTURAS DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jussara Cabral Cruz

Santa Maria, RS.  
2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Todeschini, Raul  
Qualidade da água em nascentes da bacia do Vacacaí-  
mirim com diferentes usos e coberturas do solo / Raul  
Todeschini.- 2016.  
159 p.; 30 cm

Orientadora: Jussara Cabral Cruz  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil, RS, 2016

1. Nascentes 2. Uso e Cobertura do Solo 3. Qualidade  
da Água I. Cruz, Jussara Cabral II. Título.

---

©2016

Todos os direitos autorais reservados a Raul Todeschini. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

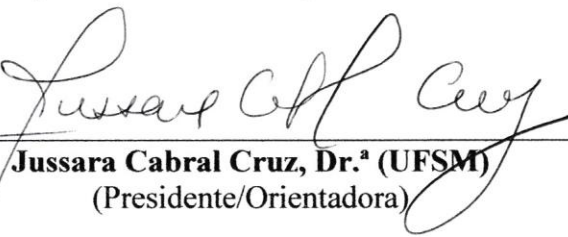
E-mail: todeschini.raul@gmail.com

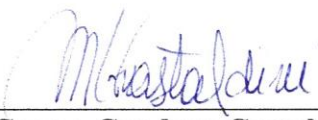
**Raul Todeschini**


**QUALIDADE DA ÁGUA EM NASCENTES DA BACIA DO VACACAÍ-MIRIM COM  
DIFERENTES USOS E COBERTURAS DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**.

**Aprovado em 17 de agosto de 2016:**

  
\_\_\_\_\_  
**Jussara Cabral Cruz, Dr.<sup>a</sup> (UFSM)**  
(Presidente/Orientadora)

  
\_\_\_\_\_  
**Maria do Carmo Cauduro Gastaldini, Dr.<sup>a</sup> (UFSM)**

  
\_\_\_\_\_  
**Alexandre Swarowsky, Dr. (UNIFRA)**

Santa Maria, RS.  
2016



## RESUMO

### QUALIDADE DA ÁGUA EM NASCENTES DA BACIA DO VACACAÍ-MIRIM COM DIFERENTES USOS E COBERTURAS DO SOLO

AUTOR: Raul Todeschini  
ORIENTADORA: Jussara Cabral Cruz

Diversos fatores podem alterar as características qualitativas dos recursos hídricos em áreas de bacias hidrográficas. Tais alterações são decorrentes de processos naturais, assim como de atividades antrópicas (agricultura, pecuária, retirada da mata ciliar), as quais interferem nas condições originais de uso e cobertura do solo. Em áreas de nascentes, devido a essas práticas, a qualidade das águas pode ser degradada. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência dos diferentes usos e coberturas do solo nas características físicas, químicas e biológicas das águas de nascentes localizadas na microbacia hidrográfica do Arroio Manoel Alves, no município de Itaara, RS. Para tanto, monitoraram-se seis nascentes (N1, N2, N3, N4, N5 e N6) e o respectivo exutório (CC), sob diferentes usos e coberturas do solo (área agrícola, edificações, eucalipto, gramínea, mata nativa, recurso hídrico e vias de acesso). O estudo desenvolveu-se entre janeiro de 2015 e janeiro de 2016, com coletas de água quinzenais e análise dos parâmetros qualitativos temperatura, turbidez, pH, CE, OD, DBO<sub>5,20</sub>, coliformes totais, *Escherichia coli*, ST, SD, SS, PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>. Instalaram-se dois pluviômetros para a quantificação da precipitação pluviométrica na microbacia, a qual correspondeu ao total anual de 2267,2 mm. As vazões foram monitoradas em frequências horárias alcançando valores máximos de 5,67 L.s<sup>-1</sup>, para a N1, N2, N3, N4 e N6, de 14,17 L.s<sup>-1</sup> para a N5 e de 255,5 L.s<sup>-1</sup> para a CC. As curvas de permanência e as classes de enquadramento da Resolução 357/2005 do CONAMA, revelaram que a N5 e a CC superaram a classe 4 para a variável turbidez. Para a DBO<sub>5,20</sub>, todas as áreas excederam os limites da classe 4. Em relação a *E. coli*, a N6 permaneceu como classe 4 em maior parte do tempo. Para os SD, a N1, N2, N3, N4 e N6 classificaram-se nas classes 1, 2 e 3 em todo o período analisado. O IQA obteve padrões “médio” nas nascentes N3, N4 e N6, e “bom”, para N1, N2, N5 e CC. A AF formou três componentes para a N1, designados como fator clima, intemperismo e poluição difusa. A N2 resultou em três componentes, explicados pelos fatores intemperismo, clima e poluição difusa. A N3 foi explicada pelos fatores superficial, ambiente e microbiológico. A N4 obteve três componentes, caracterizados pelos fatores lixiviação, poluição difusa e decomposição. Para a N5 os três componentes formados foram descritos pelos fatores decomposição, intemperismo e microbiológico. Na N6, os componentes classificaram-se pelos fatores superficial, ambiente e microbiológico. Para a CC, formaram-se três componentes, explicados pelos fatores poluição difusa, intemperismo e clima. De modo geral, as metodologias utilizadas para avaliação e análise da influência dos usos e coberturas do solo na qualidade das águas das áreas monitoradas demonstraram-se satisfatórias, onde a N3 teve interferência da atividade pecuária, a N6 de efluentes de residências rurais e, a N1 e N2, indicaram resultados da proteção florestal na qualidade das águas. A N5 expressou influência de fatores externos na qualidade das águas, a N4, caracterizou-se pelas baixas concentrações de pH e OD e, o exutório, demonstrou influência das vazões, dos afluentes e dos usos e coberturas do solo da microbacia.

**Palavras-chave:** Nascentes. Uso e Cobertura do Solo. Qualidade da Água.





## ABSTRACT

### WATER QUALITY IN SPRINGS OF VACACAÍ-MIRIM WATERSHED WITH DIFFERENT USES AND COVERAGE OF THE SOIL

AUTHOR: Raul Todeschini  
ADVISER: Jussara Cabral Cruz

Several factors can modify the qualitative features of water resources in watershed areas. Such changes are due to natural processes and from human activities such as agriculture, livestock and removal of riparian vegetation which interfere in the original conditions of use and soil cover. Because of these practices in springs areas the water quality may be degraded. In such context, this study aimed to evaluate the influence of different uses and soil covers on the physical, chemical and biological features in the water of springs located in the Arroio Manoel Alves watershed, Itaara town, RS. Therefore, six springs (N1, N2, N3, N4, N5 and N6) as its pipeline (CC), were monitored under different land uses and covers (agriculture, buildings, eucalyptus, grass, native forest, water resource and access roads). The study was developed between January 2015 and January 2016, with a bi-weekly water sampling and analysis of the following qualitative parameters: temperature, turbidity, pH, EC, OD, BOD<sub>5,20</sub>, total coliforms, *Escherichia coli*, TS, DS, SS, PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> and Cl<sup>-</sup>. There were installed two rain gauges to quantify the rainfall in the watershed, which corresponded to the annual total of 2267,2 mm. The flow rates were hourly monitored reaching maximum values of 5,67 L.s<sup>-1</sup>, the N1, N2, N3, N4 and N6, 14,17 L.s<sup>-1</sup> to N5 and 255,5 L.s<sup>-1</sup> to CC. The retention curves and the resolution of the framework classes 357/2005 CONAMA revealed that the N5 and the CC overcame class 4 for variable turbidity. For BOD<sub>5,20</sub>, all areas exceeded the limits of class 4 for the major part of the period. For *E. coli*, N6 remained in class 4 at most of the time. For the DS parameter, the N1, N2, N3, N4 and N6 did not fit in classes 1, 2 and 3 in the analyzed period. WQI got "average" standards in the springs N3, N4 and N6, and "good" standards for N1, N2, N5 and CC. FA formed three components in N1, designated as climate, weathering and diffuse pollution factors. The N2 showed three components, explained by weathering, climate and pollution diffuse factors. The N3 was explained by the superficial, environment and microbiological factors. The N4 obtained the three components, characterized by leaching, diffuse pollution and decay factors. For N5 three components formed were described by decomposition, weathering and microbiological factors. In N6, the components were classified by superficial, environment and microbiological factors. For CC, formed three components, explained by diffuse pollution, weathering and climate factors. In general, the methodologies used for evaluation and analysis of the influence by use and soil covers on water quality of monitored areas shown to be satisfactory, where the N3 had livestock activity interference, the N6 of rural household's effluents and, N1 and N2, indicated results of forest protection on water quality. The N5 expressed influence of external factors on water quality, the N4, characterized by low concentrations of pH and DO, and the pipeline, demonstrated influence by the flow rates, the tributaries and by the land use and soil covers of the watershed.

**Keywords:** Springs. Use and Soil Cover. Water Quality.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo da importância da cobertura vegetal para a qualidade da água.....	25
Figura 2 – Exemplo distribuição espacial das culturas e estruturas rurais nas situações errada (A) e adequada (B) em função da nascente.....	33
Figura 3 – Fluxograma representativo das atividades desenvolvidas no projeto Saúde da Água e desta pesquisa. ....	48
Figura 4 – Localização da área da microbacia hidrográfica do Arroio Manoel Alves. ....	50
Figura 5 – Localização das nascentes da microbacia em estudo. ....	51
Figura 6 – Mapa temático de uso e cobertura do solo da microbacia de estudo. ....	52
Figura 7 – Figura ilustrativa dos equipamentos utilizados para monitorar as vazões. ....	59
Figura 8 – Pluviômetro utilizado no estudo localizado próximo à Calha Champagnat. ....	60
Figura 9 – Recipientes âmbaros de 1,0 L utilizados para armazenamento das amostras. ....	61
Figura 10 – Procedimento de coleta das amostras de água das áreas monitoradas. ....	62
Figura 11 – Acondicionamento das amostras em caixa de isopor com gelo. ....	63
Figura 12 – Representação esquemática do fluviograma e respectiva curva de permanência. ....	64
Figura 13 – Intermitência das vazões na nascente N4.....	75
Figura 14 – Somas dos volumes mensais e média mensal do ano de 2015 registrados na microbacia de estudo; Média mensal de longo período e médias, máximas e mínimas mensais da série de 17 anos (1991 a 2007). ....	76
Figura 15 – Precipitação (mm) e vazão ( $L.s^{-1}$ ) na nascente N1.....	77
Figura 16 – Precipitação (mm) e vazão ( $L.s^{-1}$ ) na nascente N2.....	78
Figura 17 – Precipitação (mm) e vazão ( $L.s^{-1}$ ) na nascente N3.....	78
Figura 18 – Precipitação (mm) e vazão ( $L.s^{-1}$ ) na nascente N4.....	79
Figura 19 – Precipitação (mm) e vazão ( $L.s^{-1}$ ) na nascente N5.....	79
Figura 20 – Precipitação (mm) e vazão ( $L.s^{-1}$ ) na nascente N6.....	80
Figura 21 – Precipitação (mm) e vazão ( $L.s^{-1}$ ) na Calha Champagnat.....	80
Figura 22 – Variação da temperatura ( $^{\circ}C$ ) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016. ....	84
Figura 23 – Médias de temperatura ( $^{\circ}C$ ) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat.....	86
Figura 24 – Variação da turbidez (UNT) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016. ....	87
Figura 25 – Médias das concentrações (UNT) e das cargas específicas ( $UNT.dia^{-1}.ha^{-1}$ ) de turbidez da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat.....	87
Figura 26 – Curva de permanência das concentrações de turbidez (UNT) para as áreas de estudo e limites de concentração conforme as classes de enquadramento dos corpos hídricos, segundo Resolução 357/2005 do CONAMA. ....	89
Figura 27 – Variação do pH da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016, bem como os limites máximo e mínimo de enquadramento estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA para as classes 1, 2 e 3.....	90
Figura 28 – Médias das concentrações de pH da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat, bem como os limites máximo e mínimo de enquadramento estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA para as classes 1, 2 e 3.....	90

Figura 29 – Variação da condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016.....	92
Figura 30 – Médias da condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat. ....	92
Figura 31 – Variação do oxigênio dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016, bem como os limites de enquadramento estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA para as classes 1, 2, 3 e 4.....	94
Figura 32 – Médias das concentrações de oxigênio dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat, bem como os limites de enquadramento estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA para as classes 1, 2, 3 e 4. ....	94
Figura 33 – Médias das concentrações ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) e das cargas específicas de $\text{DBO}_{5,20}$ ( $\text{g}\cdot\text{dia}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat. ....	97
Figura 34 – Curva de permanência das concentrações de $\text{DBO}_{5,20}$ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) para as áreas de estudo e limites de concentração conforme as classes de enquadramento dos corpos hídricos, segundo Resolução 357/2005 do CONAMA. ....	99
Figura 35 – Variação dos coliformes totais (NMP/100 mL) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016.....	100
Figura 36 – Médias das concentrações (NMP/100 mL) e das cargas específicas (NMP/100mL.dia <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup> ) de coliformes totais da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat. ....	100
Figura 37 – Variação da <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL) da água das nascentes N1, N2, N3, N4 e N5 e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016. ....	102
Figura 38 – Variação da <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL) da água da nascente N6 para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016.....	102
Figura 39 – Médias das concentrações (NMP/100 mL) e das cargas específicas (NMP/100 mL.dia <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup> ) de <i>Escherichia coli</i> da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat. ....	103
Figura 40 – Curvas de permanência das concentrações de <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL) para as áreas de estudo e limites de concentração conforme as classes de enquadramento dos corpos hídricos, segundo Resolução 357/2005 do CONAMA.....	105
Figura 41 – Variação dos sólidos totais ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) das águas das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016.....	106
Figura 42 – Médias das concentrações ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) e das cargas específicas ( $\text{g}\cdot\text{dia}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de sólidos totais da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat. ....	106
Figura 43 – Variação dos sólidos em suspensão ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) das águas das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016.....	108
Figura 44 – Médias das concentrações ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) e das cargas específicas de sólidos em suspensão ( $\text{g}\cdot\text{dia}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat.....	108

Figura 45 – Variação dos sólidos dissolvidos ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) das águas das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016. ....	109
Figura 46 – Médias das concentrações ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e das cargas específicas ( $\text{g.dia}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ ) de sólidos dissolvidos da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat.....	110
Figura 47 – Curvas de permanência das concentrações de sólidos dissolvidos ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) para as áreas de estudo e limites de concentração conforme as classes de enquadramento dos corpos hídricos, segundo Resolução 357/2005 do CONAMA. ....	111
Figura 48 – Médias das concentrações ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e das cargas específicas ( $\text{g.dia}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ ) de nitrato da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat. ....	112
Figura 49 – Curvas de permanência das concentrações de nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) para as áreas de estudo e limites de concentração conforme as classes de enquadramento dos corpos hídricos, segundo Resolução 357/2005 do CONAMA.....	113
Figura 50 – Médias das concentrações ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e das cargas específicas ( $\text{g.dia}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ ) de cloreto da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat. ....	114
Figura 51 – Médias das concentrações ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e das cargas específicas ( $\text{g.dia}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ ) de sulfato da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat. ....	115
Figura 52 – Distribuição do $\text{IQA}_{\text{NSF}}$ das áreas monitoradas ao longo do período de análise.....	116
Figura 53 – Grupos formados pelas componentes principais resultantes da Análise Fatorial e suas respectivas variáveis para a nascente N1. ....	129
Figura 54 – Grupos formados pelas componentes principais resultantes da Análise Fatorial e suas respectivas variáveis para a nascente N2. ....	131
Figura 55 – Grupos formados pelas componentes principais resultantes da Análise Fatorial e suas respectivas variáveis para a nascente N3. ....	134
Figura 56 – Grupos formados pelas componentes principais resultantes da Análise Fatorial e suas respectivas variáveis para a nascente N4. ....	136
Figura 57 – Grupos formados pelas componentes principais resultantes da Análise Fatorial e suas respectivas variáveis para a nascente N5. ....	138
Figura 58 – Grupos formados pelas componentes principais resultantes da Análise Fatorial e suas respectivas variáveis para a nascente N6. ....	140
Figura 59 – Grupos formados pelas componentes principais resultantes da Análise Fatorial e suas respectivas variáveis para o exutório (CC). ....	142



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padrões de qualidade para águas doces, conforme Resolução CONAMA 357/2005.....	27
Tabela 2 – Solubilidade/Saturação do OD na água em função da temperatura. ....	39
Tabela 3 – Distribuição das classes temáticas de uso e cobertura do solo da área de captação da nascente N1, imagem da nascente e da área de captação. ....	54
Tabela 4 – Distribuição das classes temáticas de uso e cobertura do solo da área de captação da nascente N2, imagem da nascente e da área de captação. ....	54
Tabela 5 – Distribuição das classes temáticas de uso e cobertura do solo da nascente N3, imagem da nascente e da área de captação. ....	55
Tabela 6 – Distribuição das classes temáticas de uso e cobertura do solo da área de captação da nascente N4, imagem da nascente e da área de captação. ....	56
Tabela 7 – Distribuição das classes temáticas de uso e cobertura do solo da área de captação da nascente N5, imagem da nascente e da área de captação. ....	57
Tabela 8 – Distribuição das classes temáticas de uso e cobertura do solo da área de captação da nascente N6, imagem da nascente e da área de captação. ....	57
Tabela 9 – Distribuição das classes temáticas de uso e cobertura do solo da microbacia em estudo e imagem do exutório, localizado na Calha Champagnat.....	58
Tabela 10 – Variáveis de análise da água, metodologia analítica, limite de detecção e locais das análises.....	63
Tabela 11 – Peso das variáveis utilizadas no cálculo do índice de qualidade da água. ....	66
Tabela 12 – Classificação da qualidade da água para os índices propostos pela NSF.....	67
Tabela 13 – Intervalos do teste <i>Kaiser Meyer Olkin</i> (KMO) para avaliação da aplicação do modelo de Análise Fatorial. ....	69
Tabela 14 – Caracterização dos usos e coberturas do solo em função da área de captação e das classes temáticas identificadas na microbacia em estudo. ....	72
Tabela 15 – Distribuição temporal das precipitações mensais (mm) registradas nos pluviômetros instalados na microbacia de estudo e da série de 17 anos (1991-2007).....	74
Tabela 16 – Cargas específicas médias das variáveis monitoradas nas áreas de estudo.....	82
Tabela 17 – Valores médios para as coletas com e sem precipitação nas áreas monitoradas. ....	83
Tabela 18 – Índices da Qualidade das Águas médio e as respectivas classificações das áreas monitoradas.....	116
Tabela 19 – Matriz de Correlação (coeficientes de correlação de Pearson) entre as variáveis químicas, físicas e biológicas analisadas na nascente N1.....	119
Tabela 20 – Matriz de Correlação (coeficientes de correlação de Pearson) entre as variáveis químicas, físicas e biológicas analisadas na nascente N2.....	119
Tabela 21 – Matriz de Correlação (coeficientes de correlação de Pearson) entre as variáveis químicas, físicas e biológicas analisadas na nascente N3.....	120
Tabela 22 – Matriz de Correlação (coeficientes de correlação de Pearson) entre as variáveis químicas, físicas e biológicas analisadas na nascente N4.....	121
Tabela 23 – Matriz de Correlação (coeficientes de correlação de Pearson) entre as variáveis químicas, físicas e biológicas analisadas na nascente N5.....	121
Tabela 24 – Matriz de Correlação (coeficientes de correlação de Pearson) entre as variáveis químicas, físicas e biológicas analisadas na nascente N6.....	122
Tabela 25 – Matriz de Correlação (coeficientes de correlação de Pearson) entre as variáveis químicas, físicas e biológicas analisadas na Calha Champagnat.....	123

Tabela 26 – Índice KMO e significância dos dados para a nascente N1.....	124
Tabela 27 – Matriz anti-imagem das variáveis químicas, físicas e biológicas para a nascente N1.....	125
Tabela 28 – Componentes principais extraídos pela AF, autovalores, variância unitária e variância total acumulada da amostra de dados analisados na nascente N1.....	127
Tabela 29 – Cargas fatoriais dos componentes principais rotacionados pelo método <i>Varimax</i> , comunalidades associadas, autovalores e variância unitária, na nascente N1.....	127
Tabela 30 – Componentes principais extraídos pela AF, autovalores, variância unitária e variância total acumulada da amostra de dados analisados na nascente N2.....	129
Tabela 31 – Cargas fatoriais dos componentes principais rotacionados pelo método <i>Varimax</i> , comunalidades associadas, autovalores e variância unitária, na nascente N2.....	130
Tabela 32 – Componentes principais extraídos pela AF, autovalores, variância unitária e variância total acumulada da amostra de dados analisados na nascente N3.....	131
Tabela 33 – Cargas fatoriais dos componentes principais rotacionados pelo método <i>Varimax</i> , comunalidades associadas, autovalores e variância unitária, na nascente N3.....	132
Tabela 34 – Componentes principais extraídos pela AF, autovalores, variância unitária e variância total acumulada da amostra de dados analisados na nascente N4.....	134
Tabela 35 – Cargas fatoriais dos componentes principais rotacionados pelo método <i>Varimax</i> , comunalidades associadas, autovalores e variância unitária, na nascente N4.....	135
Tabela 36 – Componentes principais extraídos pela AF, autovalores, variância unitária e variância total acumulada da amostra de dados analisados na nascente N5.....	136
Tabela 37 – Cargas fatoriais dos componentes principais rotacionados pelo método <i>Varimax</i> , comunalidades associadas, autovalores e variância unitária, na nascente N5.....	137
Tabela 38 – Componentes principais extraídos pela AF, autovalores, variância unitária e variância total acumulada da amostra de dados analisados na nascente N6.....	138
Tabela 39 – Cargas fatoriais dos componentes principais rotacionados pelo método <i>Varimax</i> , comunalidades associadas, autovalores e variância unitária, na nascente N6.....	139
Tabela 40 – Componentes principais extraídos pela AF, autovalores, variância unitária e variância total acumulada da amostra de dados analisados na Calha Champagnat.....	140
Tabela 41 – Cargas fatoriais dos componentes principais rotacionados pelo método <i>Varimax</i> , comunalidades associadas, autovalores e variância unitária, na Calha Champagnat.....	141
Tabela 42 – Síntese da caracterização da qualidade da água para as áreas monitoradas em função da análise fatorial.....	144



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	19
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	21
3.1	OBJETIVO GERAL .....	21
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
<b>4</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	23
4.1	QUALIDADE DA ÁGUA .....	23
4.2	USO E COBERTURA DO SOLO .....	24
4.3	MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	26
4.4	CURVAS DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES E DE QUALIDADE .....	30
4.5	QUALIDADE DA ÁGUA EM NASCENTES .....	31
4.6	PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA .....	36
4.6.1	Temperatura .....	36
4.6.2	Turbidez .....	37
4.6.3	Potencial hidrogeniônico (pH) .....	37
4.6.4	Condutividade elétrica (CE) .....	38
4.6.5	Oxigênio Dissolvido (OD) .....	38
4.6.6	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) .....	40
4.6.7	Coliformes Totais e <i>Escherichia coli</i> .....	40
4.6.8	Sólidos Totais, em Suspensão e Dissolvidos .....	41
4.6.9	Ânions (fosfato, nitrito, nitrato, sulfato e cloreto) .....	42
4.7	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA .....	43
4.8	ANÁLISE MULTIVARIADA .....	44
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	47
5.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	48
5.1.1	Microbacia hidrográfica do Arroio Manoel Alves .....	48
5.1.2	Áreas investigadas .....	50
5.2	FLUVIOMETRIA .....	58
5.3	PLUVIOMETRIA .....	60
5.4	PROCEDIMENTO AMOSTRAL .....	61
5.5	PROCEDIMENTO LABORATORIAL .....	63
5.6	CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES E DE QUALIDADE .....	64
5.7	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA .....	66
5.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	68
5.8.1	Padronização dos dados .....	68
5.8.2	Matriz de Correlação, Teste de Adequacidade KMO e Matriz Anti-Imagem .....	68
5.8.3	Análise multivariada .....	69
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	71
6.1	DADOS HIDROLÓGICOS .....	74
6.2	PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS .....	81
6.2.1	Temperatura .....	84
6.2.2	Turbidez .....	86
6.2.3	Potencial hidrogeniônico (pH) .....	89
6.2.4	Condutividade elétrica (CE) .....	91

<b>6.2.5</b>	<b>Oxigênio dissolvido (OD)</b> .....	93
<b>6.2.6</b>	<b>Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)</b> .....	96
<b>6.2.7</b>	<b>Coliformes Totais e <i>Escherichia coli</i></b> .....	99
<b>6.2.8</b>	<b>Sólidos Totais, em Suspensão e Dissolvidos</b> .....	105
<b>6.2.9</b>	<b>Ânions (fosfato, nitrito, nitrato, sulfato e cloreto)</b> .....	111
<b>6.3</b>	<b>ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA</b> .....	115
<b>6.4</b>	<b>ANÁLISE DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO</b> .....	118
<b>6.5</b>	<b>TESTE DE ADEQUACIDADE KMO</b> .....	124
<b>6.6</b>	<b>ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS</b> .....	126
<b>6.6.1</b>	<b>Nascente N1</b> .....	126
<b>6.6.2</b>	<b>Nascente N2</b> .....	129
<b>6.6.3</b>	<b>Nascente N3</b> .....	131
<b>6.6.4</b>	<b>Nascente N4</b> .....	134
<b>6.6.5</b>	<b>Nascente N5</b> .....	136
<b>6.6.6</b>	<b>Nascente N6</b> .....	138
<b>6.6.7</b>	<b>Calha Champagnat</b> .....	140
<b>6.7</b>	<b>SÍNTESE COMPARATIVA ENTRE AS ÁREAS MONITORADAS</b> .....	142
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	145
<b>8</b>	<b>RECOMENDAÇÕES</b> .....	147
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	149
	<b>APÊNDICE</b> .....	159

## 1 INTRODUÇÃO

O município de Itaara, estado do Rio Grande do Sul, se caracteriza por abranger grandes áreas de mata nativa, representadas pelo bioma Mata Atlântica. Em razão da extensão de mata nativa, há evidências de a região contemplar um grande número de nascentes, as quais compõem os principais mananciais que abastecem a cidade, além de contribuir significativamente para a formação do Rio Vacacaí-Mirim. Itaara se caracteriza, também, por envolver boa parte da população em áreas rurais desenvolvendo atividades agrícolas e pecuárias como principal meio econômico (DISCONZI, 2014). Em virtude dessas práticas, muitas vezes próximas às nascentes, aliadas às técnicas inadequadas de uso do solo, da utilização de agrotóxicos e a retirada das matas ciliares, a qualidade e quantidade das águas dessas nascentes pode ser degradada.

Em se tratando das modificações no uso e cobertura do solo, essas, podem contribuir significativamente para as alterações dos processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais, especialmente em função da perda da cobertura florestal, resultando em prejuízos aos recursos hídricos e à biodiversidade (FERNANDES et al., 2012). Segundo Santos et al. (2011), áreas de mata nativa contribuem na manutenção das baixas vazões de uma bacia hidrográfica, aumentando a infiltração de água no solo, e, conseqüentemente, reduzindo o escoamento superficial e os processos erosivos. Nesse sentido, as Áreas de Preservação Permanente (APP's), exercem papel fundamental dentro de uma bacia hidrográfica, sendo responsáveis pela manutenção, preservação e conservação dos ecossistemas ali existentes.

Considerando as possíveis alterações resultantes das atividades mencionadas, torna-se imprescindível a realização de um plano de monitoramento da água que envolva as variáveis qualitativas e quantitativas ao longo do tempo. Cruz (2001) destaca que por intermédio do monitoramento das variáveis quantitativas é possível verificar a capacidade de diluição dos parâmetros qualitativos. Propiciam ainda, informações necessárias para a tomada de decisão, elaboração de planos de mitigação e gerenciamento deste recurso.

A Lei 9.433 de 1997 (BRASIL, 1997), chamada “Lei das águas” definiu a bacia hidrográfica como unidade de planejamento. Nesse sentido, o monitoramento das águas superficiais para avaliação da produção e qualidade da água dos mananciais deve ser realizado em escala de bacia hidrográfica. Isso indica que o monitoramento é o apoio técnico ideal para o planejamento de ações que resultem na proteção e melhoria do meio ambiente, constituindo-

se em um instrumento essencial para a verificação da eficiência das políticas e ações de recuperação aplicadas.

Nesse contexto, esta pesquisa visa contribuir para a avaliação da influência de diferentes usos e coberturas do solo, nas características qualitativas das águas de nascentes localizadas na microbacia hidrográfica do Arroio Manoel Alves, no município de Itaara, RS.

Dessa forma, o monitoramento ambiental justifica a necessidade e a importância do estudo dessas áreas, o que viabiliza a identificação das possíveis alterações físico-químicas e biológicas nessas águas, de acordo com a sazonalidade e da classificação da Resolução do CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).

Salienta-se que esta pesquisa é parte integrante do Projeto Saúde da Água, da Fundação MO'Ã, que teve patrocínio da PETROBRÁS. Tal projeto promoveu estudos, pesquisas e práticas conservacionistas que visam a melhoria da qualidade ambiental e consequentemente, dos aspectos quali-quantitativos dos recursos hídricos do município de Itaara, RS.

## 2 JUSTIFICATIVA

No Brasil, um dos maiores problemas relacionado à poluição dos recursos hídricos está associado à carência de saneamento, principalmente em função do lançamento de efluentes sem tratamento, destacando-se os de origem doméstica (ARAÚJO, 2013). Somam-se ao lançamento de efluentes, as atividades agrícolas e pecuárias, bem como a eliminação das vegetações ciliares.

Em se tratando de áreas rurais, a deficiência na coleta e tratamento de esgoto sanitário é ainda maior, onde grande parcela das residências faz o uso de tanques sépticos (COSTA e GUILHOTO, 2014), podendo ser fontes de contaminação dos lençóis freáticos e, conseqüentemente, dos cursos hídricos localizados em áreas de nascentes. Ressalta-se, ainda, o fato de que as comunidades rurais têm o seu abastecimento hídrico, geralmente, proveniente de águas de nascentes ou de poços subterrâneos.

Áreas de proteção ambiental, como as nascentes, são responsáveis por produzir as águas que darão origem aos cursos d'água e atenderão as demandas da sociedade e do meio ambiente. Nesse contexto, torna-se de grande relevância estudos que contribuam como forma de referência e apoio, no sentido de propor metodologias que permitam compreender os fatores e processos que influenciam na qualidade da água de cursos hídricos localizados em áreas de nascentes.

Além disso, tais estudos podem auxiliar na elaboração de um banco de dados que forneça informações adequadas para análise de decisões, planejamento de ações mitigadoras e de recuperação ambiental dessas áreas.



### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a influência dos diferentes usos e coberturas do solo nas características físicas, químicas e biológicas das águas de nascentes localizadas na microbacia hidrográfica do Arroio Manoel Alves, no município de Itaara, RS.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar as variáveis de qualidade da água em relação aos valores máximos permitidos pela legislação brasileira (Resolução 357, de 17 de março de 2005 do CONAMA) nas diferentes áreas de estudo;

- Avaliar se os diferentes usos e coberturas do solo da microbacia de estudo interferem nas características da água das nascentes e de seu exutório;

- Determinar o Índice de Qualidade das Águas nas áreas monitoradas, empregando as metodologias propostas pela NSF;

- Verificar os fatores que melhor descrevem a qualidade da água nas áreas observadas, utilizando o método da análise multivariada fatorial.





## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 QUALIDADE DA ÁGUA

A boa qualidade da água é de fundamental importância para o desenvolvimento econômico, social e sustentável dos ciclos do planeta (TUNDISI, 2003). No entanto, a ausência de gerenciamento e a crescente demanda por recursos hídricos, principalmente em função do crescimento populacional, das atividades agrícolas, pecuárias e industriais, tem ocasionado a degradação em termos qualitativos e quantitativos desses recursos (QEUIROZ et al., 2010).

O Brasil detém 13% de toda água doce disponível no planeta (ANA, 2013). Contudo, embora dotado de significativa disponibilidade hídrica comparada à maioria dos países, o Brasil apresenta expressiva desigualdade em relação à distribuição desse recurso natural. A região norte, com apenas 5% da população, dispõe de 80% de água, concentrada na região Hidrográfica Amazônica, enquanto que as demais regiões, as quais contam com 95% do contingente populacional do país, são contempladas com 20% da disponibilidade hídrica (RIGHES, 2009; ANA, 2013).

Considerada um solvente universal, a água disponível na natureza geralmente não se encontra em seu estado de absoluta pureza (VON SPERLING, 2005). Sua qualidade, seja superficial ou subterrânea, é resultado de fatores naturais e antrópicos, em razão do uso e ocupação do solo desenvolvidos nas bacias hidrográficas, onde a determinação da qualidade se dá por meio das características físicas, químicas e biológicas (TUCCI, 2009; BINOTTO, 2012). A variação dessas características estabelece suas múltiplas demandas, como o uso doméstico, agrícola, industrial, recreativo (MERTEN e MINELLA, 2002), além de servir de subsídio como forma de informação para o controle e conservação dos ecossistemas.

Nesse sentido, avaliação da qualidade da água proporciona o diagnóstico do estado de preservação dos sistemas ambientais (BINOTTO, 2012). Parron et al. (2011), destaca que a partir do conhecimento do comportamento e das condições dos aspectos quali-quantitativos dos recursos hídricos é possível compreender os processos ambientais ocorrentes nas bacias hidrográficas, constituindo-se, assim, em uma ferramenta essencial para o planejamento e gerenciamento dessas áreas em função das necessidades correspondentes.

Diante do exposto, algumas metodologias podem auxiliar nesses processos, como o monitoramento ambiental, incluindo levantamentos de campo, amostragens, análises laboratoriais, medição de vazões. A verificação da diluição de possíveis cargas poluidoras ao

longo do tempo e das séries de vazões, por meio da utilização das curvas de permanência de vazões e de qualidade das águas. Os índices de qualidade das águas (IQA's), que possibilitam a avaliação das alterações qualitativas das águas, e, ainda, a análise multivariada fatorial, com a finalidade de caracterizar os fatores que melhor descrevem as características qualitativas dos recursos hídricos.

#### 4.2 USO E COBERTURA DO SOLO

A qualidade da água dos cursos hídricos em áreas naturais é resultado de diversos fatores, como o clima, geologia, solos e vegetação (ARCOVA e CICCIO, 1999). Áreas alteradas por atividades antrópicas em decorrência da expansão da agricultura, urbanização, silvicultura, associadas às práticas inadequadas de uso do solo, contribuem essencialmente nas variações das características físicas, químicas e biológicas dessas águas (DONADIO et al., 2005; PINTO et al., 2012).

Além das alterações qualitativas dos recursos hídricos, as mudanças no uso do solo têm consequências em termos quantitativos. Pinto et al. (2004) destacam que o uso do solo pode influenciar no armazenamento de água subterrânea, no regime das nascentes e, também, dos cursos d' água. Ferreira et al. (2013) menciona que a água tem maior facilidade para escoar superficialmente em áreas onde o solo se encontra desprotegido, o que diminui a capacidade de retenção dessa água. Ademais, como consequência, a infiltração deixa de abastecer o lençol freático, podendo reduzir a vazão dos rios em época de estiagem. Outro resultado é o favorecimento ao assoreamento desses corpos d'água, processo que restringe a disponibilidade hídrica.

Conforme Donadio et al. (2005), os recursos hídricos estão mais protegidos quando encontrados em meio a florestas não perturbadas. Esses sistemas, quando comparados às áreas de uso agrícola, auxiliam no sentido de minimizar as perdas de solo e, conseqüentemente, o aporte de sedimentos e nutrientes aos cursos d'água, o que pode prejudicar os processos hidrológicos e gerar impactos à jusante (ARCOVA e CICCIO, 1999; FERREIRA et al., 2013; VALENTE, 2013).

Nesse sentido, as matas ciliares, como as Áreas de Preservação Permanente (APP's), exercem funções substanciais de proteção aos solos e aos recursos hídricos, sendo importantes na manutenção da qualidade da água, na regularização dos cursos d'água e na conservação da biodiversidade (RODRIGUES, 2004).

A legislação 12.651/2012 (BRASIL, 2012), a qual define o Novo Código Florestal Brasileiro, no artigo 3º, inciso II, estabelece as APP's como uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Segundo Neary et al. (2009), a melhor qualidade das fontes de água doce ocorre em ecossistemas florestais. Os sistemas radiculares sob florestas são mais extensos e relativamente profundos em relação às terras agrícolas, fazendo com que aumente a macroporosidade, e em consequência, a condutividade hidráulica e as taxas de infiltração (ALVARENGA et al., 2012). Além das funções ambientais mencionadas, funcionam como filtros, retendo agrotóxicos, poluentes e sedimentos que seriam transportados para os cursos d'água, os quais são prejudiciais em termos de quantidade e qualidade, e, conseqüentemente, em relação à fauna aquática e a população humana (SILVA et al., 2012).

Essa propriedade da cobertura vegetal filtrar e reter sedimentos e nutrientes pode ser observada na Figura 1. Notam-se diferentes aspectos de coloração na água produzida por três diferentes coberturas de solo, o que pode ser um indicativo de qualidade da água. No primeiro caso, percebe-se que a cobertura vegetal produziu água de coloração natural quando comparada aos outros dois exemplos. Isso, possivelmente, e, em termos de escala, se deve ao fato da cobertura vegetal reduzir a velocidade de escoamento da água na superfície do solo, contribuindo para a retenção das partículas, favorecendo, assim, a maior infiltração da água no mesmo (FERREIRA et al., 2013).

Figura 1 – Exemplo da importância da cobertura vegetal para a qualidade da água.



Diversos estudos relacionando a qualidade da água em microbacias sob diferentes usos e coberturas do solo têm sido realizados (DONADIO et al., 2005; JARDIM, 2010; VANZELA et al., 2010; AGRIZZI, 2012; PINTO et al., 2012; PONTES et al., 2012; VALENTE, 2013; MARMONTEL e RODRIGUES, 2015).

Vanzela et al. (2010), avaliando a influência do uso e ocupação dos solos sobre os recursos hídricos do Córrego Três Barras, município de Marinópolis, SP, concluíram que as áreas ocupadas por matas e pastagens favoreceram o aumento da vazão específica, provavelmente, em decorrência da maior cobertura, estabilidade e infiltração de água no solo promoverem a redução do escoamento superficial, o que contribuiu, ainda, para a melhora na qualidade da água na sub-bacia analisada. Observaram, também, que as áreas habitadas, agricultadas e as matas degradadas reduziram, de maneira geral, a vazão específica e a qualidade de água devido à alteração na intensidade do escoamento superficial.

Pontes et al. (2012) analisaram o efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água num ciclo sazonal em diferentes pontos da micobacia do córrego Banguelo, sub-bacia do Ribeirão do Onça, MG. Os autores observaram que nas áreas urbanizadas ocorre a deterioração da qualidade da água do córrego, possivelmente em função do lançamento de efluente industrial, tendo origem em regiões próximas às nascentes. Porém, verificaram-se melhorias na qualidade da água nas áreas em que a vegetação ripária encontrou-se menos degradada, destacando a contribuição de espécies de macrófitas na depuração da água e de outras espécies terrestres na proteção contra erosão e aporte de sedimentos ao córrego.

Assim, para que se tenha um maior entendimento do que ocorre nos sistemas naturais, em termos de qualidade e quantidade dos recursos hídricos, é fundamental que ocorra a relação entre essas variáveis e o uso e cobertura do solo, de forma que se conheçam os aspectos conceituais envolvidos, assim como as interações estabelecidas entre cada sistema.

#### 4.3 MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

A bacia hidrográfica, em âmbito terrestre, é considerada o elemento fundamental de análise do ciclo hidrológico, englobando os processos de infiltração e escoamento superficial. Pode ser compreendida como uma área de captação natural dos fluxos de água provenientes da precipitação, direcionando o escoamento para um único ponto de saída, o exutório, ou, infiltrando no solo, dessa forma, reabastecendo os lençóis freáticos, dando origem às nascentes (TUCCI, 2009; BARRELLA et al., 2001). Considerada, também, um sistema

geomorfológico aberto, o qual recebe energia e matéria decorrentes de agentes climáticos, que serão perdidos, em parte, pelo deflúvio (HORN, 2012).

De acordo com Pires et al. (2002), as características de um corpo hídrico refletem as de sua bacia de drenagem, onde qualquer alteração que ocorrer sobre ela, resultará na qualidade final da água desse sistema (WALLING, 1980). Nesse sentido, fazem-se necessárias medidas relacionadas ao gerenciamento dessas áreas.

No Brasil, conforme a Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997, a qual institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, define a bacia hidrográfica como unidade territorial para fins de planejamento e gestão (BRASIL, 1997). A referida lei, fundamenta-se no fato de que a água, embora reconhecida como um recurso natural renovável, ela seja, também, um recurso de domínio público, tendo o objetivo de assegurar à atual e às futuras gerações a sua disponibilidade em padrões adequados aos respectivos usos, além da prevenção e da defesa contra eventos decorrentes de seu uso inadequado (BRASIL, 1997).

Um dos instrumentos utilizados para tal, o enquadramento, segundo a Resolução do CONAMA 357/2005, estabelece os padrões de qualidade da água de acordo com os seus determinados usos, dispondo as suas classificações e diretrizes ambientais (BRASIL, 2005). Dessa forma, os corpos d'água são classificados em: doces (salinidade  $\leq 0,05\text{‰}$ ), salobras (salinidade entre 0,05 e 30‰) e salinas (salinidade  $\geq 30\text{‰}$ ). As classificações são, também, divididas em 13 classes de qualidade conforme seus usos preponderantes, sendo elas: classe especial e classes 1 a 4, para as águas doces; classe especial e 1 a 3, para as águas salobras; e classe especial e 1 a 3, para as águas salinas. Para as classes 1, 2 e 3 das águas doces, recomenda-se tratamentos do tipo simplificado, convencional e convencional ou avançado, respectivamente, para o abastecimento e consumo humano. A classe especial exige tratamento de desinfecção, o qual consiste na remoção ou inativação de organismos potencialmente patogênicos.

Na Tabela 1 são mostrados os padrões de qualidade para águas doces de alguns parâmetros de qualidade da água.

Tabela 1 – Padrões de qualidade para águas doces, conforme Resolução CONAMA 357/2005. (Continua)

Parâmetros	Unidade	Padrões de qualidade				
		Classe Especial	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
<b>Turbidez</b>	UNT	-	$\leq 40$	$\leq 100$	$\leq 100$	-
<b>pH</b>	-	-	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9

(Conclusão)						
<b>Oxigênio Dissolvido</b>	mg.L <sup>-1</sup>	-	≥6	≥5	≥4	≥2
<b>Sólidos Dissolvidos Totais</b>	mg.L <sup>-1</sup>	-	≤500	≤500	≤500	-
<b>DBO</b>	mg.L <sup>-1</sup>	-	≤3	≤5	≤10	-
<b>Nitrato</b>	mg.L <sup>-1</sup>	-	≤10	≤10	≤10	-
<b>Nitrito</b>	mg.L <sup>-1</sup>	-	≤1	≤1	≤1	-
<b>Cloreto</b>	mg.L <sup>-1</sup>	-	≤250	≤250	≤250	-
<b>Sulfato</b>	mg.L <sup>-1</sup>	-	≤250	≤250	≤250	-
<b>Fósforo Total (Ambiente lêntico)</b>	mg.L <sup>-1</sup>	-	≤0,02	≤0,03	≤0,03	-
<b>Fósforo Total (Ambiente lótico)</b>	mg.L <sup>-1</sup>	-	≤0,10	≤0,10	≤0,15	-
<b><i>Escherichia coli</i></b>	NMP/100 mL	-	≤200	≤1000	≤4000	-

Fonte: Brasil (2005).

Nota: (-) limite não citado pela Resolução.

A Resolução CONAMA 357/2005, afirma, também, no artigo 42º, que enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras, classe 1. Exceção ocorre quando as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente (BRASIL, 2005).

Entende-se que a contaminação dos recursos hídricos é proveniente de fontes denominadas “difusas” e “pontuais”. A fonte difusa refere-se ao processo de carreamento, de forma esparsa, de todo material orgânico e/ou inorgânico encontrado na superfície do solo, os quais alcançam os mananciais em diversos pontos ao longo de sua extensão, como por exemplo em função do escoamento superficial em áreas urbanas e do uso de fertilizantes em áreas agrícolas (VON SPERLING, 2005). No caso das fontes pontuais, os poluentes atingem os sistemas hídricos de maneira concentrada no espaço, e tem sua descarga contínua e conhecida, como nas situações de despejos de efluentes industriais e de esgoto doméstico (VON SPERLING, 2005; TOMAZ, 2006).

Nessa ótica, quantificar o escoamento de um corpo hídrico é essencial na avaliação da sua qualidade, uma vez que possibilita a verificação da capacidade de diluição de potenciais

cargas de poluição difusas ou pontuais (SILVEIRA, 1997; CRUZ e TUCCI, 2008; LIBÂNIO, 2010). A indissociabilidade dos aspectos quali-quantitativos é fundamental para compreensão de possíveis impactos ambientais em uma bacia hidrográfica, em que uma mesma carga poluidora pode ser diluída em função da amplitude da variação das vazões (SILVEIRA et al., 2003).

Perry e Maghembe (1989) relatam que as bacias hidrográficas, dependendo do estado de conservação, apresentam certa vulnerabilidade em relação às perturbações naturais, cujas alterações manifestam-se na qualidade da água, fato que indica a integração das propriedades inerentes de cada bacia. Entretanto, quando em boas condições de proteção vegetal, o funcionamento hidrológico, que é relativamente estável e altamente complexo, suporta tais perturbações.

Conforme Arcova (1996), as alterações no regime hidrológico das bacias hidrográficas só podem ser avaliadas se precedidas de um registro das informações hidrológicas de um período suficientemente longo das mesmas, para que, dessa maneira, se quantifique a magnitude dessas mudanças.

Nesse sentido, o levantamento de informações, a partir do monitoramento ambiental, permite a quantificação das alterações hidrológicas, proporcionando, também, a avaliação das consequências das atividades humanas, como as alterações de uso e cobertura do solo exercidas sobre os ecossistemas das bacias hidrográficas (QUEIROZ et al., 2010). Dessa forma, as áreas de captação natural de água (bacias hidrográficas) apresentam-se como um território ideal para se determinar os possíveis impactos nos recursos hídricos.

Cruz (2001) aponta que o monitoramento de bacias hidrográficas envolve características quantitativas e qualitativas dos recursos hídricos. Segundo o autor, o comportamento hidrológico desses sistemas recebe interferência de diversos fatores, como a geomorfologia, o tipo e uso do solo, a distribuição temporal e intensidade das chuvas, a forma do canal, dentre outros.

Conforme o artigo 2º, inciso XXV, da Resolução CONAMA 357/2005, monitoramento é definido como a medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade da água, que pode ser contínuo ou periódico, utilizado para o acompanhamento da condição e controle de qualidade do corpo de água (BRASIL, 2005).

Segundo Câmara (2004), um plano de monitoramento da qualidade da água viabiliza ações e práticas apropriadas para o seu controle e manejo. Todavia, usualmente, essas práticas são concebidas a partir de resultados experimentais, em circunstâncias que proporcionem quantificar e analisar as consequências das medidas mitigadoras a serem adotadas.

Consoante com Lemos et al. (2010), o monitoramento da qualidade da água é um dos principais instrumentos para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos. O autor justifica que tal instrumento permite o acompanhamento dos processos de usos dos cursos hídricos, assim, sendo possível identificar os efeitos sobre as características qualitativas das águas, de maneira que contribua para ações de controle ambiental. Além disso, o monitoramento pode auxiliar em termos de saúde pública, principalmente no sentido de evitar agravantes em relação às águas utilizadas no abastecimento e consumo público (BARRETO et al., 2014).

Portanto, o monitoramento quali-quantitativo dos recursos hídricos demonstra-se de grande relevância no fornecimento de subsídios para planos e projetos de recuperação das perturbações resultantes de atividades antrópicas e/ou de processos naturais. Adicionalmente, essa intervenção demanda o conhecimento e entendimento dos processos ambientais, para que, então, se possam adquirir informações confiáveis pertencentes ao ambiente em questão (VALENTE, 2013).

#### 4.4 CURVAS DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES E DE QUALIDADE

Curvas de permanência, ou de duração de vazões, são definidas como a probabilidade de que a vazão média diária de um corpo hídrico seja excedida ou igualada ao longo do tempo, dentro do seu período amostral. Sua obtenção ocorre por meio da relação entre as vazões e as porcentagens do tempo usado no estudo. É considerado um instrumento fundamental na orientação de processos de gestão de recursos hídricos relativos ao enquadramento, à outorga e à cobrança pelo uso da água (CRUZ e TUCCI, 2008).

Na legislação brasileira o instrumento de enquadramento de corpos hídricos em classes segundo seu uso preponderante atende a necessidade de que a gestão de recursos hídricos considere a quantidade hídrica para avaliar a qualidade do corpo hídrico. Isso se torna possível, via estabelecimento de parâmetros de qualidade hídrica com base em uma vazão de referência (CRUZ e SILVEIRA, 2007; FORMIGONI et al., 2011). Nesse aspecto, a relação entre as curvas de permanência de vazões com parâmetros da qualidade da água podem ser bastante úteis.

Essa relação, curvas de permanência de vazões e qualidade da água, por meio de dados de monitoramento, permite observar o comportamento de determinada variável indicativa de qualidade ao longo do tempo (SILVEIRA et al., 2003). A partir destes dados e com outras informações sobre a bacia, pode-se ter ideia de como a qualidade da água responde a diferentes vazões e, assim, programar ações de controle de carga poluente em função do risco



de atendimento aos padrões de qualidade compatíveis com os usos da água (FORMIGONI et al., 2011).

Trata-se de uma distribuição de frequência acumulada para determinados parâmetros, onde é possível a avaliação da permanência das variáveis de qualidade da água em diferentes concentrações. Essa técnica permite, ainda, que a partir do tempo de permanência dos parâmetros, se identifique o grau de atendimento do enquadramento estabelecido para um curso hídrico (CRUZ e TUCCI, 2008; BURIN, 2011).

#### 4.5 QUALIDADE DA ÁGUA EM NASCENTES

O Novo Código Florestal em seu artigo 3º, inciso XVII (Lei nº 12.651/2012) (BRASIL, 2012), define nascente como sendo um afloramento natural do lençol freático na superfície do solo, resultante da infiltração da água da chuva, que apresenta perenidade, e dará início a um curso d'água. São encontradas nas encostas ou depressões dos terrenos, e, também, no nível de base, representado pelo curso d'água local. Podem ser perenes (de fluxo contínuo), temporárias (de fluxo apenas na estação chuvosa) e efêmeras (surgem durante as chuvas, permanecendo por apenas alguns dias ou horas) (CALHEIROS et al., 2009).

Diversos fatores podem alterar as características dessas águas em uma bacia hidrográfica, como por exemplo, a declividade, o tipo e o uso do solo, bem como os processos naturais de precipitação, infiltração, escoamento superficial, entre outros (VON SPERLING, 2005; CALHEIROS et al., 2009). Destacam-se, também, algumas práticas antrópicas responsáveis por essas alterações, dentre elas: a ocupação de áreas de recarga com manejo agropecuário inapropriado; a eliminação da vegetação nativa nas APP's em decorrência da agricultura, pastagens ou construção de domicílios; o despejo de efluentes domésticos, bem como a disposição de resíduos sólidos nas adjacências ou diretamente nos cursos d'água (PINTO et al., 2012).

Em áreas rurais, o abastecimento das comunidades, geralmente, é feito de águas provenientes de nascentes ou de poços rasos. Esses sistemas podem ser susceptíveis à contaminação por diversas formas, como citado anteriormente. Nesse sentido, a adoção de medidas de preservação ou de tratamento das águas é fundamental para a mitigação dos riscos à saúde das pessoas que fazem o seu uso, assim como a manutenção do bem-estar (AMARAL et al., 2003).

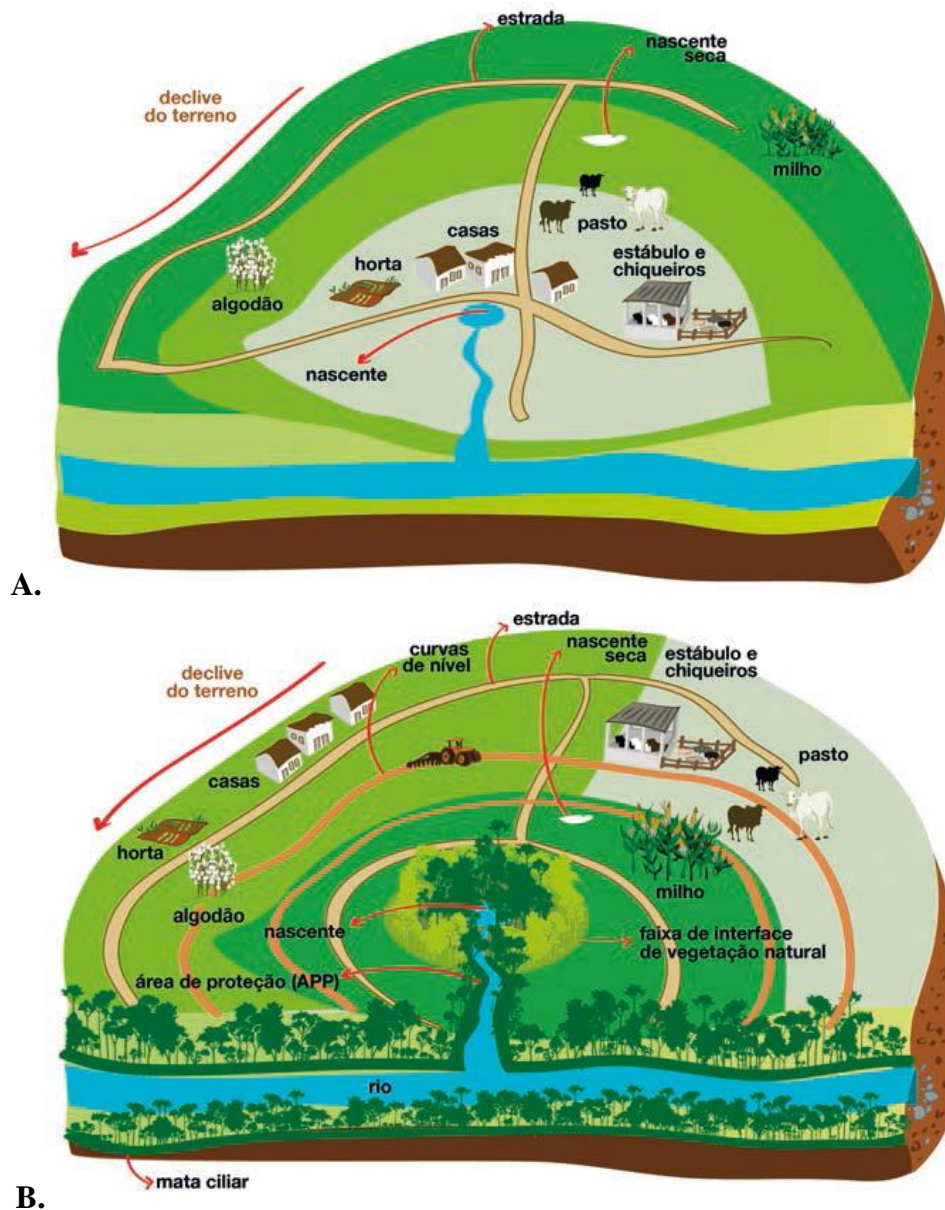
No que se refere às práticas de recuperação e preservação da qualidade e quantidade da água em nascentes deve-se considerar toda a área da bacia hidrográfica em questão. O

combate à erosão do solo por meio de estruturas físicas e barreiras vegetais de contenção, a minimização de contaminação química e biológica, a mitigação das perdas de água por evaporação e consumo das plantas, além da melhoria das características físicas do solo relacionadas à capacidade de infiltração da água da chuva, determinarão a maior disponibilidade hídrica nas nascentes ao longo dos anos, incluindo os períodos de estiagem (CALHEIROS et al., 2009).

Nesse contexto, para a recuperação e conservação das nascentes, a presença de árvores nas adjacências das mesmas, pode ser de grande importância. Essa prática, regulamentada pela alteração do Novo Código Florestal (Lei nº 12.727/2012), no artigo 4º, inciso IV, estabelece um raio mínimo de 50 metros de Áreas de Preservação Permanente (APP's) em seu entorno, qualquer que seja sua situação topográfica, tanto em zonas rurais, como em zonas urbanas.

Segundo Ferreira et al. (2013), alguns cuidados devem ser tomados em relação ao condicionamento das áreas próximas às nascentes, principalmente em propriedades rurais, esses, ilustrados conforme o exemplo da situação apresentada na Figura 2. De acordo com a situação inicial, na distribuição das áreas de cultivo, o proprietário de um sítio que cultivava o algodão, milho e pastagem, permite que os animais tenham o livre acesso à água, além de estabelecer a presença de chiqueiros, fossas e estábulos próximos à nascente. Essa distribuição, possivelmente, acarretará na contaminação da água, prejudicando os meios biótico, físico e antrópico ali dispostos (Figura 2A).

Figura 2 – Exemplo distribuição espacial das culturas e estruturas rurais nas situações errada (A) e adequada (B) em função da nascente.



Fonte: Ferreira et al. (2013).

Dessa forma, salientam-se os seguintes cuidados e modificações na área para que se recupere e mantenha a boa condição da nascente: isolamento da área de captação (presença de APP's adjacente à nascente e cercamento, a fim de evitar o acesso de animais, pessoas, veículos, etc), distribuição adequada dos diferentes usos do solo, eliminação das instalações rurais e redistribuição das estradas (FERREIRA et al., 2013) (Figura 2B).

Considerando as questões de recuperação e proteção ambiental, alguns programas vêm sendo desenvolvidos no Brasil, esses, por sua vez, baseados nos sistemas de Pagamentos por

Serviços Ambientais (PSA). Tal sistema tem princípio no modelo “provedor-recebedor”, onde aqueles que se beneficiam de algum serviço ambiental produzido em uma determinada área devem realizar pagamentos para o fornecedor desses serviços. Os pagamentos podem ser vistos como uma fonte adicional de renda pelos benefícios ambientais gerados (ANA, 2012).

A Agência Nacional de Águas – ANA propôs o Programa do Produtor de Água visando o estímulo às PSA's. O Programa objetiva a redução da erosão e assoreamento dos mananciais localizados em áreas rurais, possibilitando o apoio técnico e financeiro à execução de ações de conservação da água e do solo. Exemplo dessas ações são a recuperação e proteção de nascentes, o reflorestamento de APP's e reserva legal, o saneamento ambiental, a readequação de estradas vicinais, etc. (ANA, 2012).

Outro programa apoiado nas ações de Pagamento por Serviços Ambientais é o “Programa Nascentes”. Instituído pelo governo do Estado de São Paulo, a partir do Decreto nº 60.521/14, o Programa tem como principais objetivos a ampliação da proteção e conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade em áreas rurais e urbanas, por meio da proteção e recuperação de matas ciliares, nascentes e olhos d'água, além da proteção das áreas de recarga de aquífero, de forma a assegurar o uso múltiplo das águas, priorizando-se o abastecimento público (SÃO PAULO, 2014).

Em relação à qualidade da água em nascentes, alguns estudos têm sido produzidos, onde a qualidade é relacionada com diferentes usos do solo. Pinto et al. (2012) analisaram os impactos de diferentes usos e ocupações do solo na qualidade da água de cinco nascentes do município de Inconfidentes, MG, bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu. Observaram que, ao longo do período de amostragem, a nascente com presença de vegetação ciliar auxiliou na proteção quali-quantitativa de seus recursos hídricos, em comparação às demais nascentes, sendo as características cor, turbidez, coliformes totais e termotolerantes,  $DBO_{5,20}$ , fósforo total, nitrato e oxigênio dissolvido as que mais evidenciaram essas diferenças.

Donadio et al. (2005) avaliaram a qualidade da água de quatro nascentes em áreas de agricultura e de vegetação natural, durante período seco e chuvoso, na bacia hidrográfica do Córrego Rico, região Nordeste do Estado de São Paulo. De modo geral, as médias dos parâmetros obtidas para o período seco foram inferiores às obtidas para o chuvoso, fato revelado pelas variáveis cor, fósforo, nitrogênio e DBO. A presença de remanescentes de vegetação ciliar auxiliou na proteção das nascentes, onde a qualidade da água mostrou-se melhor que nas nascentes com uso agrícola, sendo as variáveis cor, turbidez, alcalinidade e nitrogênio total as que mais explicaram essas diferenças.

O estudo de Jardim (2010) avaliou a qualidade da água em dez nascentes, distribuídas em cinco microbacias, com diferentes usos e cobertura do solo, em período chuvoso e seco, localizadas no município de Ouro Branco, MG. Foi observado que, de forma geral, as nascentes com maior gradiente de mata nativa apresentaram melhores resultados de qualidade da água para os parâmetros pH, turbidez, sólidos totais e oxigênio dissolvido. Além dos melhores resultados referentes aos parâmetros qualitativos, o fato da existência de floresta ou mata nativa, influenciou na disponibilidade hídrica nas nascentes no período seco, isso em decorrência do abastecimento do lençol freático na época das chuvas. Nas adjacências das nascentes em que há a presença de erosão, bem como solo solto, notou-se aumento nos valores das variáveis turbidez e sólidos totais. Nesse contexto, o autor sugere um manejo adequado nessas áreas, voltado para a sustentabilidade e conservação dos recursos naturais.

Agrizzi (2012) analisou a qualidade da água em oito nascentes com variadas coberturas e ocupações do solo, na área da sub-bacia do córrego Paraíso, interior do município de Alegre, ES. Na área de estudo ocorre a presença de gado, devido à pecuária leiteira ser a principal atividade econômica na região. Nesse contexto, foi desenvolvida a recuperação dessas nascentes a partir de APP's, com diferentes tratamentos. Entre os resultados qualitativos, seis nascentes que possuem cercamento, medida que evita o acesso de animais, apresentaram melhores resultados. A nascente localizada em meio à floresta remanescente de Mata Atlântica teve a qualidade da água um pouco inferior às nascentes cercadas. Isso, em decorrência do contato de animais silvestres e pelo recebimento de matéria orgânica e sedimentos da própria floresta. Por fim, a nascente que apresenta livre acesso do gado obteve os piores resultados na maioria das variáveis analisadas, em consequência da carga orgânica expelida por esses animais. Porém, de modo geral, após desinfecção prévia, todas as nascentes foram consideradas aptas para o consumo humano.

Marmontel e Rodrigues (2015) avaliaram e comparam a qualidade da água de quatro nascentes pertencentes ao Córrego Pimenta, afluente do Rio Paraíso, município de São Manuel, SP. As nascentes analisadas encontram-se sobre diferentes coberturas do solo (vegetação nativa, pastagem, bambuzal e povoamento de *Eucalyptus* sp) e conservação da vegetação ciliar (preservada, perturbada ou degradada). Segundo os autores, a cobertura do solo com mata ciliar nos estados preservada e perturbada contribuiu para a melhor qualidade da água nos parâmetros de temperatura, turbidez, cor, pH, nitrato, nitrito e ferro, demonstrando que a mata ciliar auxilia na proteção qualitativa da água.

## 4.6 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água pode ser representada por diversos parâmetros que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas. A determinação desses parâmetros, por meio de processos analíticos em laboratório, permite avaliar as condições da água quanto à sua utilização para consumo humano, lazer, pesca, agricultura e produção de energia (MORTARI e SILVA, 2009).

Na sequência, serão descritos e apresentados os parâmetros a serem analisados no presente estudo, suas definições, características e estudos realizados em microbacias com diferentes usos do solo e em áreas de nascentes.

### 4.6.1 Temperatura

O conhecimento da temperatura da água num corpo hídrico tem grande importância pelo fato de ser um dos parâmetros responsáveis pela alteração da solubilidade de oxigênio dissolvido no meio aquático. A temperatura atua, também, como um catalisador de reações químicas, interfere na solubilidade das substâncias e no metabolismo dos organismos. Sua variação depende, de maneira geral, da radiação solar, pela influência do clima e, quando de origem antrópica, do lançamento de efluentes industriais (SILVA, 2012; LIBÂNIO, 2010).

Segundo Arcova e Cicco (1999) a ausência de mata ciliar às margens dos corpos de água acarreta em maior exposição à radiação solar dos mesmos, aumentando a temperatura das águas. O autor afirma ainda que, em microbacias florestadas, os níveis de temperatura da água são inferiores quando comparados aos das microbacias onde o uso agrícola predomina.

Rodrigues et al. (2009) realizaram estudo em nascentes pertencentes à bacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, município de Taquaritinga, SP, sob diferentes usos e ocupações do solo, em período seco e de chuvas. Verificaram que a temperatura média da água de uma das nascentes que é protegida por mata, foi de 21 °C, tendo em vista a menor incidência de radiação solar no corpo hídrico. Em nascente represada, cercada por mata em início de regeneração, a temperatura média encontrada foi de 24,3 °C. Uma terceira nascente, sem proteção natural arbórea no entorno, em meio à cultura de citrus e cana-de-açúcar, próximo à estrada rural, a temperatura média foi de 22,7 °C.

#### 4.6.2 Turbidez

A turbidez representa uma característica da água que a deixa com um aspecto turvo, esteticamente indesejável e, dependendo da fonte e do uso, potencialmente perigosa. Isso ocorre em virtude da presença de partículas em suspensão provenientes do solo, matéria orgânica, microrganismos, entre outros tipos de materiais (RICHTER e NETTO, 2011). A presença dessas partículas provoca a dispersão e a absorção de luz, interferindo na passagem da mesma.

É expressa por meio de unidades nefelométricas de turbidez (UNT), onde altos valores podem ocasionar na redução da fotossíntese das vegetações submersas e das algas, resultando na limitação da produção de oxigênio (MORTARI e SILVA, 2009). Conforme Libânio (2010), grande parte dos rios brasileiros possuem valores de turbidez elevados, principalmente em decorrência das características geológicas das bacias de drenagem, dos índices pluviométricos e das práticas agrícolas, muitas vezes, inadequadas.

Agrizzi (2012) observou os maiores valores para a turbidez em nascente em meio à floresta remanescente de Mata Atlântica e em nascente não cercada, onde ocorre o acesso de animais e possui um curral a montante, tendo valores de 29,49 e 15,54 NTU, respectivamente. Segundo o autor, esses resultados podem estar relacionados com a quantidade de matéria orgânica presente na água, bem como pela quantidade de sólidos.

#### 4.6.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) consiste na medida da concentração de íons hidrogênio ( $H^+$ ), o qual demonstra a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Influi no grau de solubilidade e no potencial de toxicidade de diversas substâncias. Segundo Libânio (2010), as águas naturais de superfície apresentam pH variando de 6,0 a 8,5, intervalo adequado à manutenção da vida aquática. Já para CETESB (2009), os valores de pH variam entre 6 e 9. As alterações de pH nos cursos d'água podem ser decorrentes de atividade algal (fotossíntese ou respiração dos organismos), da dissolução de rochas e do lançamento de despejos domésticos e industriais.

O estudo de Jardim (2010) apresentou, de forma geral, caráter ácido para todos os valores de pH em dez nascentes pertencentes à cinco microbacias do município de Ouro Branco, MG, tendo variações em estação chuvosa e seca. Para o autor, o que explica esses

resultados é o fato dos solos da região de estudo serem ácidos e extremamente pobres em nutrientes.

#### **4.6.4 Condutividade elétrica (CE)**

A condutividade elétrica constitui na capacidade de a água transmitir corrente elétrica em decorrência da presença de sais dissolvidos. Representa uma medida indireta da concentração de poluentes, relacionando-se com a concentração de sólidos dissolvidos, uma vez que, à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade elétrica tende a aumentar (CETESB, 2009). É uma propriedade que depende diretamente da temperatura, portanto sua determinação deve ser acompanhada da mesma. Sua unidade é expressa em microSiemens por centímetro ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Libânio (2010) aborda que águas naturais apresentam usualmente condutividade elétrica inferior a  $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  e que podem atingir até  $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  caso recebam elevadas cargas de efluentes domésticos e industriais. Para a CETESB (2009), níveis de CE superiores a  $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  indicam ambientes impactados.

Agrizzi (2012) obteve os resultados mais expressivos referentes à condutividade elétrica, em nascente localizada em meio à floresta remanescente de Mata Atlântica e em nascente com livre acesso de gado, tendo valores de 41,01 e 39,51  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , respectivamente. Esses valores podem estar associados à presença de sólidos provenientes das vegetações, bem como em decorrência do pisoteio de animais que acessam tais áreas, aumentando a concentração de partículas sólidas nas nascentes.

#### **4.6.5 Oxigênio Dissolvido (OD)**

Considerado um dos principais indicadores de qualidade da água, o oxigênio dissolvido é fundamental para a manutenção dos organismos aeróbios nos ambientes aquáticos. Sua concentração é diretamente proporcional à pressão atmosférica (ou inversamente à altitude) e indiretamente à temperatura e à salinidade. Águas encontradas sob maior pressão atmosférica terão, conseqüentemente, maior concentração de OD e vice-versa. Considerando a variação de OD em relação à temperatura, essa, por sua vez, exerce grande influência na solubilidade dos gases, em que, quanto maior a temperatura, menor a concentração de gás dissolvido na água. Quanto à salinidade, à medida que a concentração



aumenta, podendo ser decorrente de atividades poluidoras, a solubilidade de OD diminui (CETESB, 2009; LIBÂNIO, 2010).

Segundo Ferreira e Pádua (2010), o OD é geralmente expresso em  $\text{mg.L}^{-1}$  ou em termos de percentual de saturação, em que, à medida que a temperatura aumenta, a saturação do oxigênio diminui, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Solubilidade/Saturação do OD na água em função da temperatura.

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Oxigênio Dissolvido (<math>\text{mg.L}^{-1}</math>)</b>
0	14,62
3	13,48
6	12,48
9	11,59
12	10,83
15	10,15
18	9,54
21	8,99
24	8,53
27	8,07
30	7,63

Fonte: Eaton et al. (2005).

Em se tratando de águas superficiais, o conteúdo de OD varia de acordo com a quantidade e o tipo de matéria orgânica contido na água. Essa matéria orgânica pode ser decorrente de atividades antrópicas, por meio do lançamento de efluentes. Além disso, o OD pode variar naturalmente, devido às altas velocidades dos rios, que favorecem o aporte do oxigênio da atmosfera, bem como das atividades fotossintéticas das algas e das plantas aquáticas (CETESB, 2009; FERREIRA e PÁDUA, 2010). Para a manutenção da vida aquática aeróbia são necessários teores mínimos de oxigênio dissolvido de 2 a  $5 \text{ mg.L}^{-1}$ , de acordo com o grau de exigência de cada organismo (LIBÂNIO, 2010).

Pinto et al. (2012) identificaram a concentração de  $3,8 \text{ mg.L}^{-1}$  de OD em nascente em meio à produção de café, a qual obteve o resultado menos significativo. Isso, segundo os autores, refere-se ao processo de eutrofização que o curso hídrico encontrava-se. A nascente em meio a casas teve a concentração de OD de  $5,8 \text{ mg.L}^{-1}$ , provavelmente em consequência da ausência de tratamento de esgotos nas residências, fato que favorece o aumento de nutrientes. A nascente em meio à mata ciliar apresentou resultado de OD de  $6,1 \text{ mg.L}^{-1}$ , sendo

esse, dentro dos valores máximos permitidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA para classe 2 (BRASIL, 2005).

#### **4.6.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

A demanda bioquímica de oxigênio corresponde à quantidade de oxigênio necessário aos microrganismos para oxidar a matéria orgânica biodegradável presente no ambiente aquático (RICHTER e NETTO, 2011). A determinação da DBO é normalmente realizada considerando a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Dessa forma, utiliza-se um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C, referindo-se, assim, como DBO<sub>5,20</sub> (CETESB, 2009). Libânio (2010) menciona que se uma amostra de água natural apresentar DBO de 5 mg.L<sup>-1</sup> serão necessárias 5 mg de OD no período de 5 dias e à 20°C, para estabilizar a quantidade de matéria orgânica biodegradável contida em 1,0 L de amostra.

Elevados teores de DBO indicam a presença de matéria orgânica na água, sendo essa, normalmente proveniente do despejo de efluentes de origem predominantemente orgânico. Essa atividade pode induzir à completa eliminação do oxigênio da água, provocando a mortandade de peixes e de outras formas de vida aquática (CETESB, 2009). De acordo com a legislação federal, a Resolução nº 357/2005 do CONAMA, o limite máximo de DBO para água doce é de 10 mg.L<sup>-1</sup>, dependendo da classe e do uso preponderante (BRASIL, 2005).

Jardim (2010) encontrou concentrações de DBO dentro dos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água classe 2, de até 5 mg.L<sup>-1</sup>, nas dez nascentes estudadas. A nascente com o pior resultado para DBO, a qual é considerada degradada, apresentou valor de 4,4 mg.L<sup>-1</sup>, possivelmente em decorrência do despejo de esgoto doméstico junto à rede pluvial.

#### **4.6.7 Coliformes Totais e *Escherichia coli***

A determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças pode ser feita de forma indireta, por meio dos organismos indicadores de contaminação fecal, pertencentes principalmente ao grupo dos coliformes (VON SPERLING, 2005). Dentre os principais organismos destacam-se os coliformes totais e os termotolerantes.

Os coliformes totais englobam um amplo grupo de bactérias de origem não exclusivamente fecal, podendo ser encontrados naturalmente em amostras de plantas, águas e

solos poluídos e não poluídos, bem como de fezes de seres humanos e animais de sangue quente. São capazes de sobreviver no meio aquático, fermentar a lactose e produzir ácido ou aldeído em 24 horas à temperatura de 35 a 37 °C (VON SPERLING, 2005; LIBÂNIO, 2010).

O grupo dos coliformes termotolerantes, representados predominantemente pelo grupo *Escherichia coli*, são encontrados em fezes humanas e de animais, bem como nos solos, plantas ou qualquer efluente que contenha matéria orgânica (MORTARI e SILVA, 2009), mas que tenham recebido lançamento de material fecal recente, conforme a Resolução CONAMA nº 274 (BRASIL, 2000). Somente a *E. coli* é de origem unicamente fecal, por isso é o mais recomendado como indicador de contaminação por esse tipo de material. Os resultados de sua quantificação apresentam-se em termos de NMP/100 mL (Número Mais Provável por 100 mL).

Primavesi et al. (2002) observaram que em nascente protegida por mata, na área da bacia hidrográfica do Cachim, município de São Carlos, SP, os resultados encontrados para coliformes totais e termotolerantes foram menores que aqueles encontrados para nascente protegida por um raio de mata ciliar de 50 metros, porém em meio a intensa produção bovina leiteira. Fato, esse, presença de animais, que pode justificar a maior quantidade de coliformes presentes na água da nascente.

#### **4.6.8 Sólidos Totais, em Suspensão e Dissolvidos**

Em se tratando de sólidos nas águas, admite-se que, esses, correspondem a toda a matéria que permanece como resíduo após processos de evaporação, secagem ou calcinação de uma amostra. Por convenção considera-se que as partículas de menores dimensões, capazes de passar por um papel de filtro de tamanho especificado (0,45 µm) correspondem aos sólidos dissolvidos, enquanto que as de maiores dimensões, retidas pelo filtro são consideradas sólidos em suspensão (VON SPERLING, 2005). A soma dos sólidos dissolvidos e dos sólidos em suspensão definem a concentração dos sólidos totais. Para a sua determinação são empregados métodos gravimétricos, sendo adotada a balança analítica ou de precisão (CETESB, 2009).

Para o uso doméstico considerado satisfatório as águas devem apresentar concentrações menores que 500 mg.L<sup>-1</sup> de sólidos dissolvidos. Porém, quando sua concentração supera teores de 1000 mg.L<sup>-1</sup>, as águas adquirem um sabor desagradável devido a presença de minerais, o que a torna inadequada para diversas finalidades (CARVALHO e OLIVEIRA, 2003).

O aumento da concentração de sólidos nos cursos d'água se dá, em muitos casos, pelos processos erosivos decorrentes dos períodos chuvosos. A ausência de mata ciliar, somada às atividades agrícolas seguidas de técnicas inadequadas de preparo e conservação do solo, faz com que grande quantidade de solo seja carregada para o leito dos rios, contribuindo com esse aumento (SILVA, 2012).

Vanzela et al. (2010) verificaram que, de maneira geral, o aumento da concentração de sólidos e sedimentos no curso hídrico da Sub-Bacia do Córrego Três Barras, Marinópolis, SP, teve origem nas áreas agricultadas sem manejo adequado, nas áreas habitadas (área urbana e moradias rurais) e nas matas degradadas, o que pode favorecer a disponibilidade dessas partículas para o transporte aos cursos hídricos. Situação também constatada no estudo de Santos e Hernandez (2013) em área com predomínio do cultivo da cultura de cana-de-açúcar.

#### **4.6.9 Ânions (fosfato, nitrito, nitrato, sulfato e cloreto)**

O nitrogênio, junto do fósforo, constitui nos principais nutrientes estimulantes ao crescimento de algas e plantas aquáticas, caracterizando o processo de eutrofização (CETESB, 2009). Devido à proliferação desses organismos e a necessidade de respiração, ocorre a diminuição do oxigênio dissolvido na água, causando a morte de peixes e outros animais aquáticos dependentes de oxigênio (BRAGA et al., 2005; MORTARI e SILVA, 2009).

No meio aquático o nitrogênio se encontra, principalmente, nas formas de amônia (gás amônia  $\text{NH}_3$  e íon amônio  $\text{NH}_4^+$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ , encontrada sob condições aeróbias em virtude da oxidação do nitrato) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ , forma oxidada e nutriente essencial para a maioria dos organismos aquáticos) (LIBÂNIO, 2010). Sua origem nos corpos d'água se dá, basicamente, em virtude do uso de fertilizantes agrícolas, excrementos de animais e despejos domésticos e industriais (VON SPERLING, 2005).

Já o fósforo, constitui-se no principal fator limitante ao desenvolvimento de algas e plantas no meio aquático (LIBÂNIO, 2010). Apresenta-se, essencialmente, na forma de fosfato ( $\text{PO}_4^-$ ), sendo encontrado em adubos, na decomposição da matéria orgânica, em material particulado presente na atmosfera ou na solubilização de rochas (MORTARI e SILVA, 2009).

O ânion sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) é um dos íons mais abundantes na natureza, sendo que em águas naturais a sua presença se dá em decorrência da dissolução de rochas e solos, bem como da oxidação de sulfeto (exemplo: pirita, sulfeto de ferro) (CETESB, 2009). Em se tratando de

fontes antrópicas, essas, ocorrem, principalmente, do lançamento de esgotos e efluentes industriais, assim como do uso de coagulantes no tratamento das águas.

Conforme a CETESB (2009), o cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) é geralmente encontrado em águas subterrâneas, resultado da percolação da água através de solos e rochas. Nas águas superficiais, as principais fontes do ânion são as descargas de esgotos sanitários. De modo geral, o cloreto não apresenta toxicidade ao ser humano, sendo recomendável pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde a concentração máxima de  $250 \text{ mg.L}^{-1}$  de  $\text{Cl}^-$  nas águas de abastecimento como padrão de aceitação de consumo (BRASIL, 2011). Von Sperling (2005) afirma que o cloreto é oriundo da dissolução de sais minerais, como o cloreto de sódio, e, quando em altas concentrações, pode produzir um sabor salgado à água, além de indicar, em muitos casos, a presença de águas residuais.

Jardim (2010) identificou que a maioria das nascentes investigadas no seu estudo apresentaram valores abaixo do limite de quantificação para o parâmetro nitrato e nitrito, tanto na estação chuvosa, como na seca. Segundo o autor, isso ocorreu em virtude de que as nascentes possuem maior raio de cobertura florestal, situação que protege o curso hídrico contra a sedimentação e lixiviação de grandes concentrações de nutrientes. Para o parâmetro cloreto, Jardim (2010) verificou concentrações dentro do padrão de aceitação para o consumo humano estabelecido pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde.

Agrizzi (2012) detectou em seus resultados que algumas nascentes apresentaram resultados em não conformidade para o fósforo total. Resultado que, possivelmente, é consequência dos dejetos de animais que acessam essas áreas. O autor discute, ainda, que tais nascentes se caracterizam como ambientes intermediários, variando do lótico, ao lântico, e os valores para fósforo total podem conduzir a uma futura eutrofização.

#### 4.7 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA

Índices de Qualidade das Águas (IQA's) são geralmente utilizados com a finalidade de verificar e avaliar as alterações na qualidade das águas, bem como de facilitar a compreensão das possíveis interferências antrópicas e das causas naturais dessas alterações (FRANCO et al., 2014). Conforme Toledo e Nicolella (2002), a utilização dos IQA's possibilita o acompanhamento sazonal da degradação potencial ou efetiva dos recursos hídricos ao longo de uma bacia hidrográfica, constituindo-se em uma ferramenta de apoio ao monitoramento qualitativo dos sistemas hídricos superficiais.

Nesse contexto, o IQA permite, por meio de avaliações matemáticas e de informações resumidas, realizar a caracterização da água e transformá-la num valor simples e de fácil interpretação, sendo usados no controle e gerenciamento dos recursos hídricos por planejadores, pesquisadores e o público em geral (CARVALHO et al., 2009). Consoante com Pinto et al. (2012), o IQA consiste em um dispositivo imprescindível para os órgãos públicos em termos de gestão ambiental, em razão dos baixos custos, bem como pela importância na tomada de decisão em áreas pouco estudadas, porém se faz necessária uma investigação mais detalhada que aponte o melhor indicador ambiental.

Desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF), dos Estados Unidos, no ano de 1970, o IQA baseia-se na utilização de nove principais parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade da água, onde à cada variável é atribuído um peso de acordo com a sua importância na estrutura global de qualidade, sendo essa técnica adotada por diversos países (VON SPERLING, 2005; ANA, 2016).

No Brasil o IQA<sub>NSF</sub> foi adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, tendo como objetivo principal o abastecimento público. Assim como no IQA<sub>NSF</sub>, utiliza nove parâmetros de qualidade, dentre eles: o oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*), pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. Após a atribuição dos pesos para cada variável, realiza-se o cálculo da determinação do IQA por meio do produtório ponderado dos resultados desses parâmetros (CETESB, 2004).

Diversos estudos envolvendo IQA's como ferramenta para avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas vêm sendo desenvolvidos (Toledo e Nicolella, 2002; Andrade et al., 2007; Jardim, 2010; Zanini et al., 2010; Barros et al., 2011; Franco e Hernandez, 2012; Agrizzi, 2012; Pinto et al., 2012; Pontes et al., 2012; Bertossi et al., 2013; Manoel e Carvalho, 2013; Ferreira et al., 2015). Dessa forma, tal método constitui-se em um artifício importante para a análise dos sistemas naturais, caracterizando-se em um modelo de fácil compreensão, em que a informação produzida possa ser transmitida aos usuários deste recurso.

#### 4.8 ANÁLISE MULTIVARIADA

Dados obtidos por meio de monitoramento ambiental, geralmente, apresentam grande variabilidade e instabilidade (BURIN, 2011). Fato, esse, justificado devido à série de informações, bem como da natureza e diversidade das variáveis. Nesse contexto, a técnica de análise multivariada apresenta-se como uma alternativa para tal dificuldade. Conforme Hair et

al. (2005), esse método possibilita a interpretação e avaliação de um grande número de variáveis simultaneamente, correlacionadas entre si, para, dessa forma, maximizar o poder de explicação do conjunto inteiro de variáveis.

De modo geral, tal método representa uma forma exploratória de conhecer o comportamento dos dados a partir de uma dimensão reduzida do espaço original dos parâmetros. Essa técnica, quando usada para analisar os parâmetros de qualidade da água de um corpo hídrico, admite que sejam selecionadas as variáveis mais representativas, o que favorece a definição de indicadores mais sensíveis e, assim, se possam avaliar as alterações ocorridas nos recursos hídricos (TOLEDO e NICOLELLA, 2002).

A análise de dados multivariados pode ser realizada por diversas técnicas, sendo o método da Análise Fatorial (AF) o qual inclui a Análise de Componentes Principais (ACP), um dos mais utilizados. A AF é formada por um conjunto de técnicas estatísticas que visam reduzir o número de variáveis iniciais, com a menor perda possível de informação, para um conjunto mais significativo, representado pelos fatores. Esse método torna os dados observados mais claros para as interpretações, determinando quais variáveis pertencem a quais fatores, e o quanto cada variável explica cada fator (VICINI, 2005).

Brito et al. (2006), mencionam que por meio do método dos componentes principais é possível reduzir custos em análises de parâmetros qualidade da água de menor importância, uma vez que ele permite selecionar as variáveis de maior participação em cada fator e, assim, definir as que deverão ser monitoradas.

Andrade et al. (2007) utilizaram o modelo estatístico de análise multivariada com base nas técnicas de Análise Fatorial (AF) e da Análise da Componente Principal (ACP), objetivando identificar a origem dos fatores determinantes na qualidade das águas superficiais da parte baixa da Bacia do Aracajú. Foram observados 25 parâmetros físicos, químicos e bacteriobiológicos. Entre os resultados, os autores verificaram que as variações na qualidade da água foram definidas por um grupo de sólidos (possivelmente decorrentes de processos erosivos e do escoamento superficial), por um grupo de nutrientes, (influência de poluição difusa de áreas agrícolas), por um grupo orgânico (indicativo de ação antrópica) e um grupo de sais solúveis (processo natural).

Valente (2013) adotou a análise multivariada a partir da Análise de Componentes Principais (ACP) e do método de Análise Fatorial (AF), para verificar as variáveis que melhor representam as características da água superficial em microbacia com campo nativo e pecuária extensiva e microbacia com plantio de eucalipto, localizadas em meio ao bioma Pampa, município de Rosário do Sul, RS.





## 5 MATERIAL E MÉTODOS

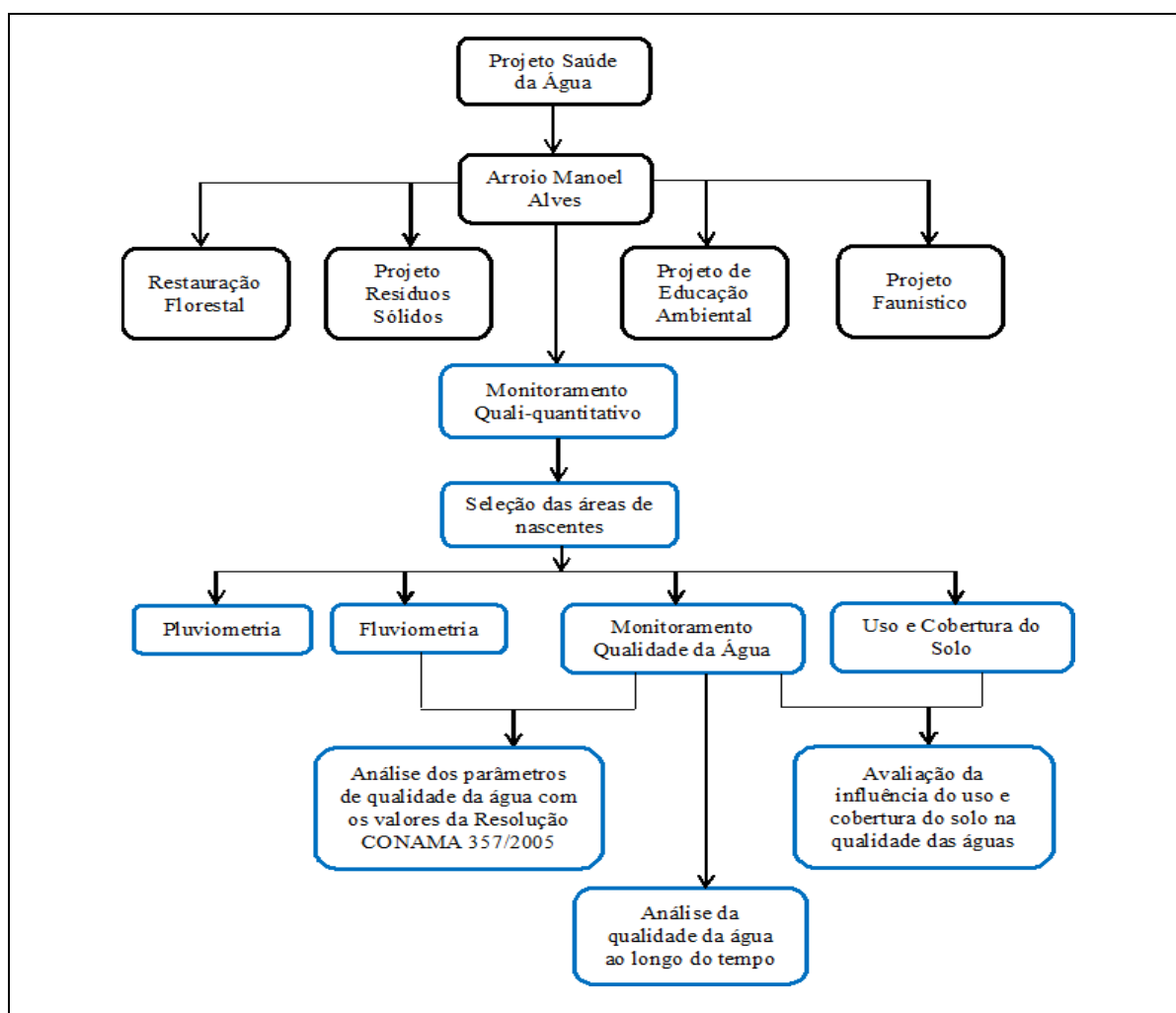
Esta pesquisa esteve inserida no projeto Saúde da Água, o qual foi executado pela Fundação MO'Ã, com patrocínio da PETROBRÁS. O projeto teve como objetivo desenvolver estudos, pesquisas e práticas conservacionistas dos recursos hídricos na cidade de Itaara, RS, por meio da recuperação de matas ciliares e áreas de nascentes, análises ambientais quali-quantitativas dos recursos hídricos, ações de prevenção da poluição e da educação ambiental.

A partir dessas práticas, espera-se uma melhoria na qualidade e quantidade da água disponível para o abastecimento e demais usos do município. Espera-se, também, o aumento da área florestada e que ocorra a conscientização da população quanto ao uso racional dos recursos hídricos e da preservação ambiental.

Para isso, o projeto Saúde da Água foi dividido em cinco subprojetos, sendo eles: Restauração Florestal em Propriedades Rurais; Monitoramento da Qualidade (foco desta pesquisa) e Quantidade dos Recursos Hídricos; Projeto Resíduos Sólidos; Projeto de Educação Ambiental e Projeto Faunístico.

Na Figura 3 apresenta-se o fluxograma das atividades desenvolvidas no projeto Saúde da Água e desta pesquisa.

Figura 3 – Fluxograma representativo das atividades desenvolvidas no projeto Saúde da Água e desta pesquisa.



Nota: 1. Informações em destaque (preto) referem-se às atividades desenvolvidas no projeto Saúde da Água; 2. Em destaque (azul) representam as atividades desenvolvidas nesta pesquisa.

Fonte: Autoria própria.

## 5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 5.1.1 Microbacia hidrográfica do Arroio Manoel Alves

A microbacia hidrográfica do Arroio Manoel Alves está situada no município de Itaara, região central do estado do Rio Grande do Sul (Figura 4). É parte integrante da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim, o qual é responsável pelo abastecimento de água de grande parte da população urbana e rural de Itaara, RS. Abrange extensas áreas de mata

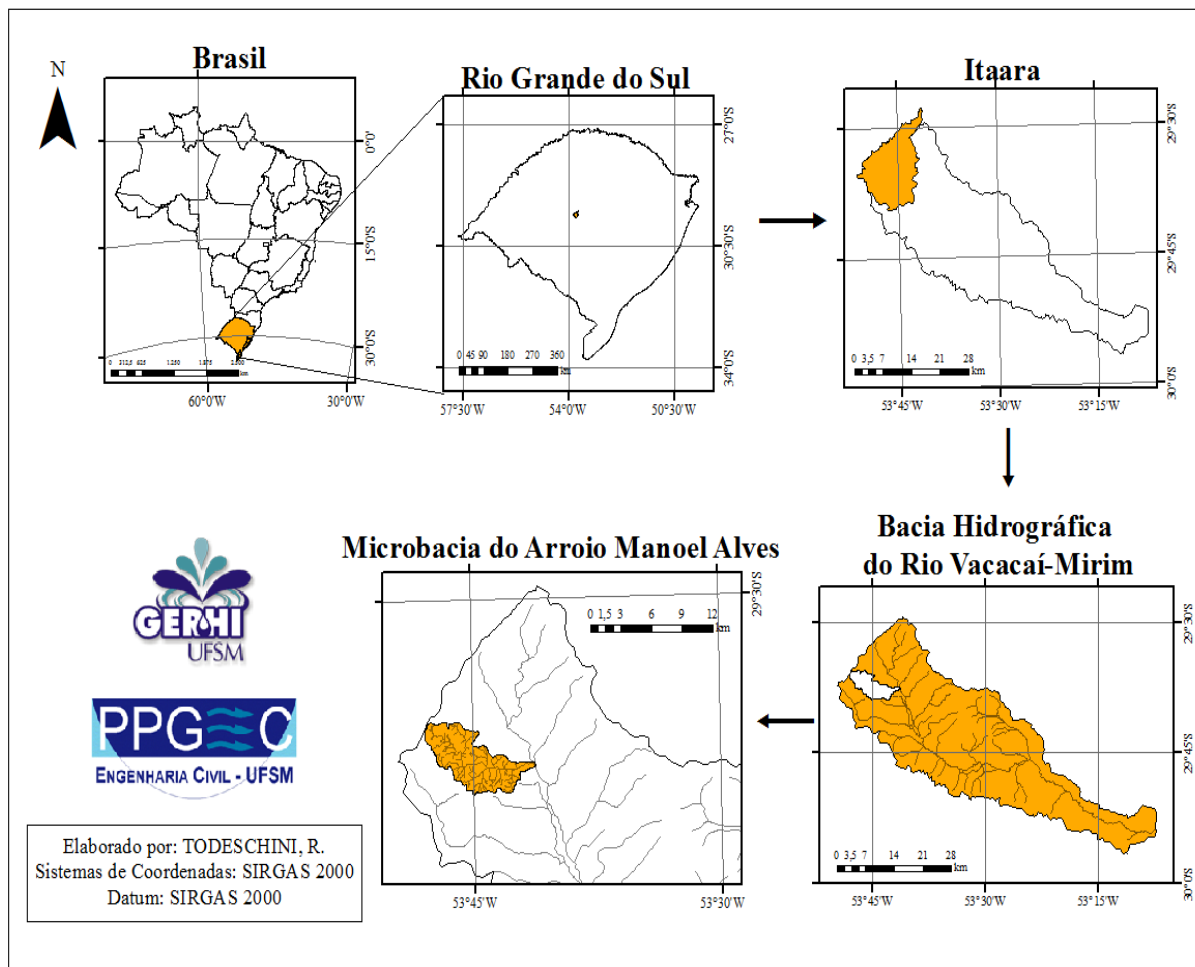
nativa, representadas pelo bioma Mata Atlântica, onde há evidências da existência de um grande número de nascentes.

Segundo o Censo do IBGE (2010), Itaara conta uma população de 5.010 habitantes, sendo que 79,20% encontram-se na zona urbana e 20,80% na zona rural (FEE, 2010). Em relação às atividades econômicas, o município baseia-se na utilização de seus recursos naturais para o desenvolvimento da agricultura e da pecuária, as quais se caracterizam em função do tamanho da propriedade. Destaca-se, também, a extração do basalto. Outra atividade econômica em relevância é o setor de serviços, representado principalmente pelo turismo relacionado aos recursos naturais preservados, como os balneários e as áreas de lazer (DISCONZI, 2014).

No que diz respeito às questões sanitárias, especialmente a coleta e o tratamento de esgoto, o município revela certa precariedade. Segundo Disconzi (2014), grande parcela das residências faz o uso de tanques sépticos, o qual consiste em um sistema insuficiente para o tratamento de efluentes, não removendo toda a carga orgânica e microbiológica produzida, podendo ser fontes de contaminação dos lençóis freáticos.

Quanto aos aspectos físico-naturais, Itaara insere-se na porção limite da formação Serra Geral, estando estabelecida nas parcelas topo e rebordo do planalto, o que configura à região elevada amplitude altimétrica. O clima, conforme o sistema de classificação de Köppen é considerado subtropical Cfa, constituído por estações bem definidas e precipitação média anual superior a 1600 mm. Os invernos apresentam temperaturas baixas, com ocorrência de geadas e mínimas podendo ser inferior a 0°C. Os verões caracterizam-se por serem quentes, com temperaturas superiores a 30°C (TONIOLO et al., 2013).

Figura 4 – Localização da área da microbacia hidrográfica do Arroio Manoel Alves.

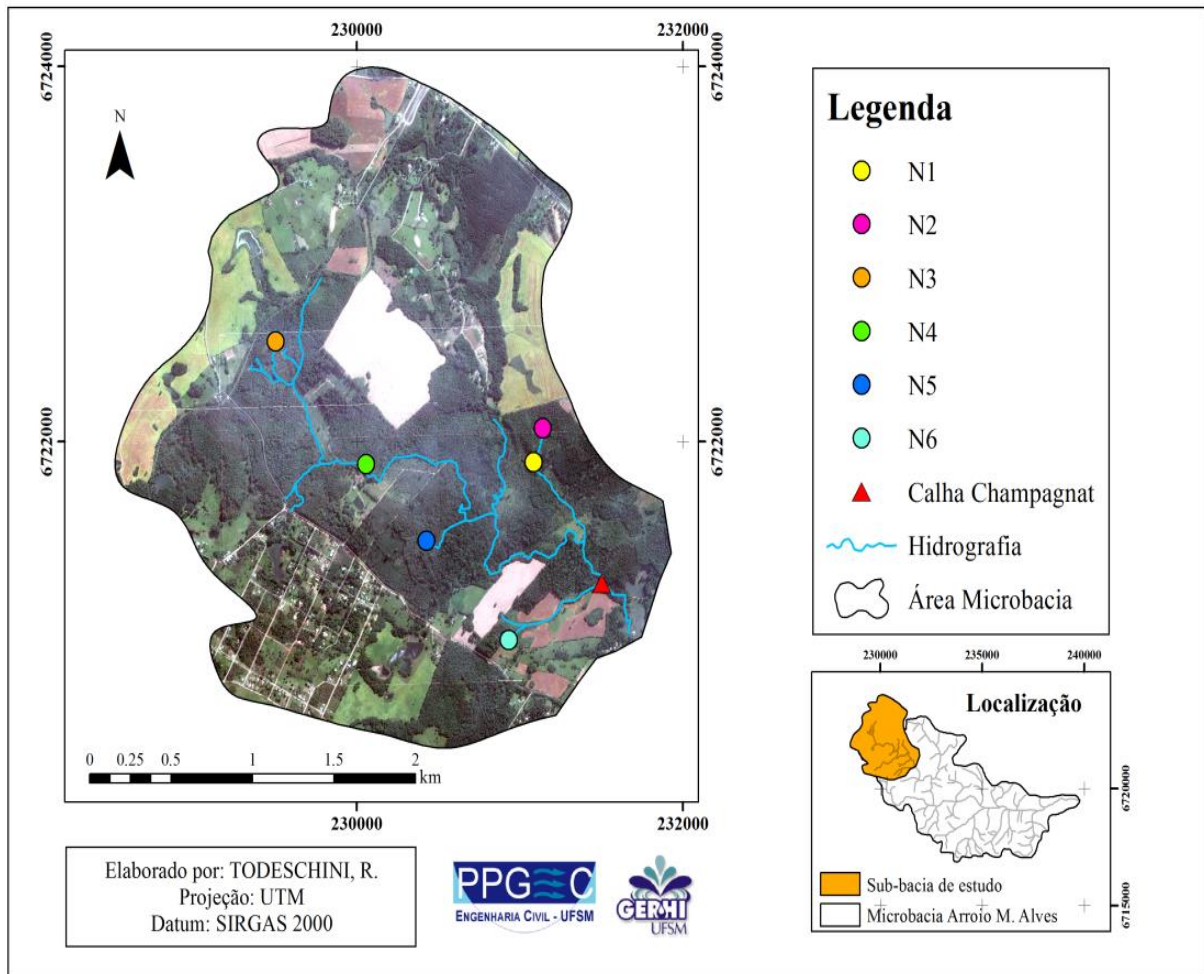


Fonte: Autoria própria.

### 5.1.2 Áreas investigadas

O estudo foi realizado em seis nascentes contribuintes de uma sub-bacia de aproximadamente 7,82 km<sup>2</sup>, bem como no exutório dessa sub-bacia, situado no Recanto Champagnat, localizando-se na porção superior da microbacia hidrográfica do Arroio Manoel Alves (Figura 5).

Figura 5 – Localização das nascentes da microbacia em estudo.



Fonte: Autoria própria.

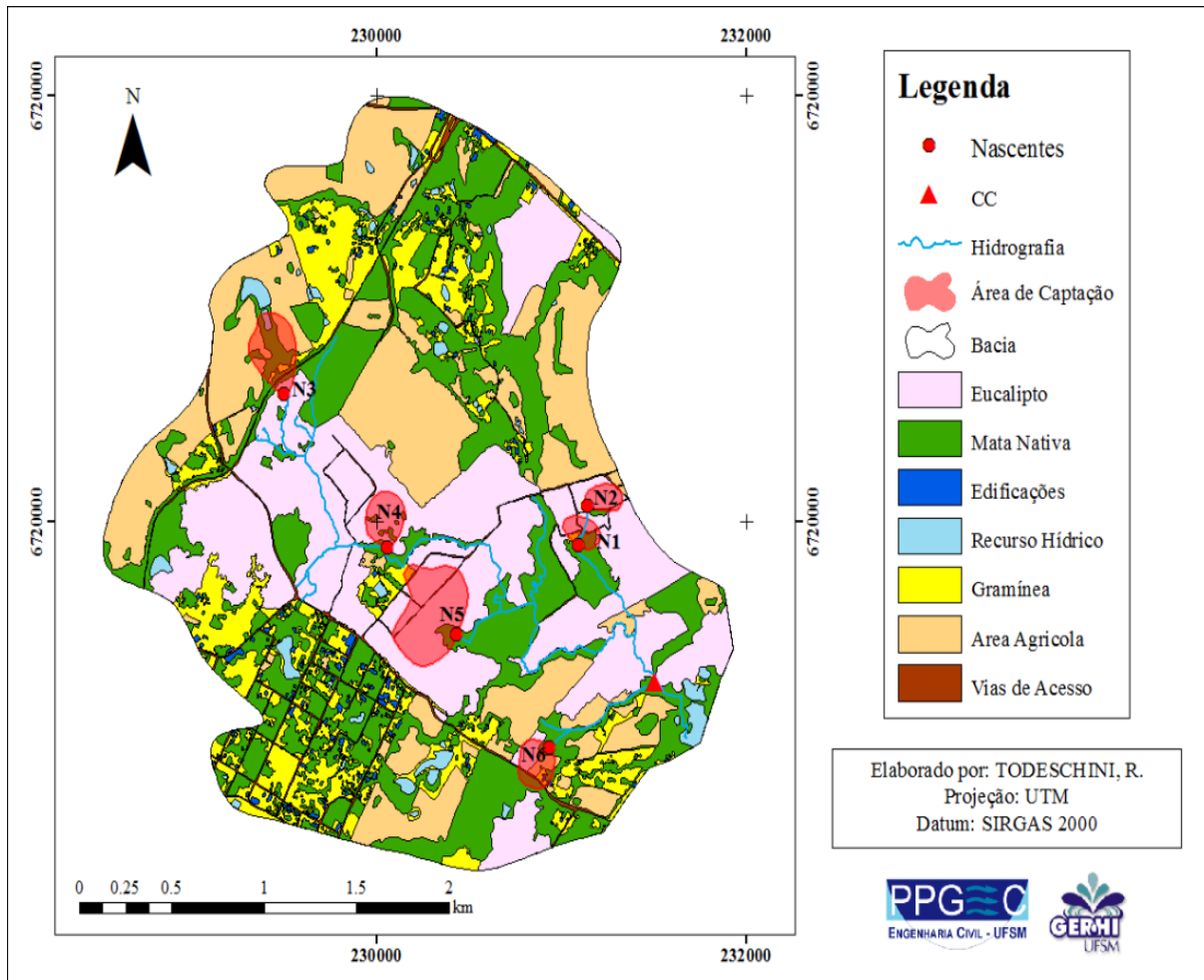
As nascentes apresentam, no seu entorno, diferentes estágios de perturbação, conservação e usos do solo. Nesse sentido, foi elaborado um mapa de uso e cobertura do solo da microbacia em estudo (Figura 6). Para tal, utilizaram-se imagens de satélite disponibilizadas pelo aplicativo computacional *Google Earth*, datadas de setembro de 2014. Essas, por sua vez, foram importadas para o *software ArcGIS*, versão 10.3, para o posterior georreferenciamento com projeção UTM e Datum SIRGAS 2000.

De posse das imagens georreferenciadas, determinaram-se as principais classes temáticas de uso e cobertura do solo da área, sendo elas: Área Agrícola, Edificações, Eucalipto, Gramínea, Mata Nativa, Recurso Hídrico e Vias de Acesso.

Devido ao fato das nascentes possuírem características singulares, optou-se por realizar o estudo individual das mesmas. Dessa forma, determinou-se, a partir de

levantamentos topográficos, a área de captação de cada nascente, constituindo-se, assim, em seis novas microbacias (áreas de drenagem), podendo ser verificadas na Figura 6.

Figura 6 – Mapa temático de uso e cobertura do solo da microbacia de estudo.



Fonte: Autoria própria.

Em razão da situação das adjacências das nascentes em relação à perturbação e conservação das áreas, foram desenvolvidos distintos tratamentos de restauração florestal a partir das Áreas de Preservação Permanente – APP's, de acordo com o Novo Código Florestal, Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012), sendo essa, uma das etapas previstas no projeto Saúde da Água.

Assim, para a melhor descrição das áreas, estão relatadas, na sequência, as características de uso e cobertura do solo, os tratamentos de restauração florestal empregados e a localização conforme as coordenadas geográficas correspondentes. Além disso,

determinou-se por meio das equações (1.1) a declividade média e o fator de forma (1.2) de cada área de captação.

$$I = \frac{D \cdot (\sum CNi)}{A} \quad (1.1)$$

Em que: “I” refere-se à declividade média da bacia (área de captação), em m/m; “D” corresponde à equidistância entre as curvas de nível, em metros; CNi representa o comprimento total das curvas de nível, expressa em metros; e “A” equivale à área da bacia, em m<sup>2</sup>.

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (1.2)$$



Sendo que: “Kf” refere-se ao índice do fator de forma; “A” compreende à área da bacia, em m<sup>2</sup>; e L<sup>2</sup>, equivale ao comprimento da bacia, expresso metros.

A seguir, estão descritas as caracterizações das áreas monitoradas.

Nascente 1 – Nascente cercada, em meio à mata nativa, com tratamento de plantio em núcleos. Ocorre a presença de gramíneas, uma pequena estrada de chão e floresta de eucalipto à montante. Apresenta área de captação com declividade média de aproximadamente 0,15 m/m e fator de forma de 1,20, estando localizada sobre as coordenadas geográficas 53°46'34"O e 29°36'08"S e altitude de 429 m.

A Tabela 3 apresenta a distribuição das classes temáticas contidas na nascente N1, a representatividade das áreas, a imagem da nascente e de sua respectiva área de captação.

Tabela 3 – Distribuição das classes temáticas de uso e cobertura do solo da área de captação da nascente N1, imagem da nascente e da área de captação.



Classe	Área (ha)	% da Área	Imagem Nascente	Imagem Área
<b>Eucalipto</b>	1,12	52,00		
<b>Gramínea</b>	0,17	7,86		
<b>Mata Nativa</b>	0,72	33,63		
<b>Vias de Acesso</b>	0,14	6,51		
<b>Total</b>	2,15	100,00		

Fonte: Autoria própria.

Nascente 2 – Nascente cercada, em meio à mata nativa e floresta de eucalipto, com tratamento de plantio de enriquecimento. Apresenta área de captação com declividade média de 0,09 m/m e fator de forma igual a 0,55. Está localizada sobre as coordenadas geográficas 53°46'36"O e 29°36'14"S e altitude de 427 m.

Na Tabela 4, estão apresentadas as classes temáticas compreendidas pela nascente N2, a representatividade das áreas, a imagem da nascente e da área de captação.

Tabela 4 – Distribuição das classes temáticas de uso e cobertura do solo da área de captação da nascente N2, imagem da nascente e da área de captação.

Classe	Área (ha)	% da Área	Imagem Nascente	Imagem Área
<b>Eucalipto</b>	1,87	95,88		
<b>Mata Nativa</b>	0,02	0,94		
<b>Vias de Acesso</b>	0,06	3,18		
<b>Total</b>	1,95	100,00		

Fonte: Autoria própria.



Nascente 3 – Nascente considerada degradada devido à perda da sua cobertura florestal original, não recebendo tratamento de restauração florestal. Está situada em meio à floresta de eucalipto, tendo livre acesso de animais, especialmente o gado. Possui mata nativa, área agrícola, gramíneas, estrada de chão, além de um pequeno reservatório à montante. Está



localizada na altitude de 457 m, sobre as coordenadas geográficas 53°46'42"O e 29°36'44"S, apresentando área de captação com declividade média de 0,07 m/m e fator de forma de 0,43.

Verifica-se, na Tabela 5, a distribuição das classes temáticas contidas na área da nascente N3, a representatividade das áreas, a imagem da nascente e da sua área de captação.

Tabela 5 – Distribuição das classes temáticas de uso e cobertura do solo da nascente N3, imagem da nascente e da área de captação.



<b>Classe</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>% da Área</b>	<b>Imagem Nascente</b>	<b>Imagem Área</b>
<b>Área Agrícola</b>	2,38	35,28		
<b>Eucalipto</b>	0,43	6,39		
<b>Gramínea</b>	0,37	5,46		
<b>Mata Nativa</b>	3,21	47,63		
<b>Rec. Hídrico</b>	0,27	4,00		
<b>Vias de Acesso</b>	0,08	1,23		
<b>Total</b>	6,75	100		

Fonte: Autoria própria.

Nascente 4 – Nascente com cercamento, situada em meio à mata nativa, com grande concentração de araucárias. Possui tratamento de condução de regeneração por isolamento. À montante, ocorre a presença de floresta de eucalipto e fragmentos de mata nativa. Está localizada sob as coordenadas geográficas 53°47'01"O e 29°36'27"S, altitude de 447 m, possuindo área de captação com declividade média de 0,08 m/m e fator de forma equivalente a 0,60.

Na Tabela 6, apresentam-se as classes temáticas da nascente N4, a representatividade das classes, a imagem da nascente e da área de drenagem correspondente.

Tabela 6 – Distribuição das classes temáticas de uso e cobertura do solo da área de captação da nascente N4, imagem da nascente e da área de captação.



<b>Classe</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>% da Área</b>	<b>Imagem Nascente</b>	<b>Imagem Área</b>
<b>Eucalipto</b>	3,54	86,85		
<b>Mata Nativa</b>	0,54	13,15		
<b>Total</b>	4,08	100,00		

Fonte: Autoria própria.

Nascente 5 – Nascente preservada, ou seja, aquela que possui suas características nativas conservadas. Não apresenta tratamentos de restauração florestal. Está estabelecida em meio à floresta de eucalipto e mata nativa, tendo livre acesso de animais, principalmente o gado. À montante, estão dispostas áreas de cultivo de eucalipto, além de perfazer pequenas estradas de chão e áreas de gramíneas. Possui área de captação com declividade média de aproximadamente 0,08 m/m e fator de forma de 0,80, situando-se sobre as coordenadas geográficas 53°47'34"O e 29°35'49"S e altitude de 429 m. Ressalta-se que o ponto de coleta está localizado à jusante da área de origem da nascente, aproximadamente 100 metros, devido à topografia irregular e a consequente dificuldade na instalação dos instrumentos de medição de vazão.

Na Tabela 7 estão apresentadas as classes temáticas contidas na nascente N5, a representatividade das áreas, a imagem da nascente e de sua respectiva área de captação.

Tabela 7 – Distribuição das classes temáticas de uso e cobertura do solo da área de captação da nascente N5, imagem da nascente e da área de captação.



Classe	Área (ha)	% da Área	Imagem Nascente	Imagem Área
<b>Eucalipto</b>	12,21	90,29		
<b>Gramínea</b>	0,22	1,61		
<b>Mata Nativa</b>	0,80	5,88		
<b>Vias de Acesso</b>	0,30	2,22		
<b>Total</b>	13,52	100,00		

Fonte: Autoria própria.

Nascente 6 – Nascente cercada, em meio à vegetação densa em estágio sucessional avançado, com tratamento de condução de regeneração de 8 anos. Presença de residências, gramíneas, área agrícola, estrada de chão, cultivo de eucalipto e fragmentos de mata nativa à montante. Está situada na altitude de 428 m, sobre as coordenadas geográficas 53°47'14"O e 29°36'13"S, dispondo de uma área de captação com declividade média de aproximadamente 0,13 m/m e fator de forma de 1,30.

Apresentam-se, na Tabela 8, as classes temáticas verificadas na nascente N6, a representatividade das áreas, a imagem da nascente e da área de drenagem.

Tabela 8 – Distribuição das classes temáticas de uso e cobertura do solo da área de captação da nascente N6, imagem da nascente e da área de captação.

Classe	Área (ha)	% da Área	Imagem Nascente	Imagem Área
<b>Área Agrícola</b>	0,81	22,86		
<b>Edificações</b>	0,04	1,12		
<b>Eucalipto</b>	1,26	35,84		
<b>Gramínea</b>	0,25	7,18		
<b>Mata Nativa</b>	1,03	29,22		
<b>Vias de Acesso</b>	0,13	3,78		
<b>Total</b>	3,53	100,00		


Fonte: Autoria própria.

Calha Champagnat – Exutório da microbacia em estudo. Recebe contribuição das nascentes, bem como dos demais cursos hídricos. À montante estão distribuídas as classes de

uso do solo identificadas: área agrícola, edificações, áreas de eucalipto, gramíneas, mata nativa, cursos hídricos e algumas estradas. Está localizada sobre as coordenadas geográficas 53°46'21"O e 29°36'35"S, altitude de 410 m, contando com área de captação com declividade média de aproximadamente 0,08 m/m e fator de forma de 0,62.

Na Tabela 9, apresentam-se as classes temáticas da microbacia em estudo, a representatividade das áreas e a imagem do exutório, localizado na Calha Champagnat.

Tabela 9 – Distribuição das classes temáticas de uso e cobertura do solo da microbacia em estudo e imagem do exutório, localizado na Calha Champagnat.

<b>Classe</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>% da Área</b>	<b>Imagem Calha Champagnat</b>
<b>Área Agrícola</b>	185,98	23,79	
<b>Edificações</b>	7,48	0,96	
<b>Eucalipto</b>	222,08	28,41	
<b>Gramínea</b>	98,65	12,62	
<b>Mata Nativa</b>	236,45	30,25	
<b>Rec. Hídrico</b>	14,28	1,83	
<b>Vias de Acesso</b>	16,86	2,16	
<b>Total</b>	781,42	100,00	

Fonte: Autoria própria.

## 5.2 FLUVIOMETRIA

Visando a aquisição dos dados de vazão das seis nascentes, foram instaladas Calhas Parshall de 1" e de 2" da fabricante Sanecom Fibra<sup>®</sup>, juntamente de sensores automáticos de medição de nível d'água (*Levelogger*) da SOLINST<sup>®</sup> (Figura 7). Esses sensores detectam a pressão da coluna de água, a temperatura do ar e da água (°C) e a pressão barométrica. Assim como as nascentes, o exutório também recebeu o monitoramento a partir de sensor de nível, esse foi posicionado junto à calha localizada no Recanto Champagnat.

Instalaram-se, ainda, dois transdutores de pressão (*Barologger*) da SOLINST<sup>®</sup> em diferentes áreas da microbacia para a detecção da pressão barométrica local. A diferença entre os dados obtidos pelos equipamentos resulta na cota de água, em centímetros, usada no cálculo das vazões.

Figura 7 – Figura ilustrativa dos equipamentos utilizados para monitorar as vazões.



Fonte: Solinst®; Sanecom Fibra®.

Salienta-se que os sensores de nível foram previamente calibrados, para evitar possíveis erros de medição, sendo posteriormente programados para determinar as cotas hidráulicas em frequências horárias, e, assim, obter registros de séries diárias. Após a determinação das alturas da lâmina d'água, os valores foram aplicados nas equações da curva chave (1.3, 1.4 e 1.5), a qual é especificada de acordo com a marca e o tipo de Calha Parshall.

$$Q = 0,3210 \cdot H^{1,55} \quad (1.3); \quad Q = 0,561 \cdot H^{1,513} \quad (1.4); \quad Q = 1.1204 \cdot H^{1,8512} \quad (1.5);$$

Em que: “Q” representa a vazão ( $L \cdot s^{-1}$ ) e “H” a cota hidráulica (cm).

A primeira equação (1.3) equivale às calhas instaladas nas nascentes N1, N2, N3, N4 e N6. A segunda (1.4) representa a N5 e a terceira (1.5), a Calha Champagnat. O resultado obtido dessas equações corresponde ao fluxo de água que está passando pela calha no momento da leitura (vazão em  $L \cdot s^{-1}$ ), sendo que as alturas máximas perfazem os valores de 0,15, 0,20 e 0,45 cm, respectivamente, e, nesse caso, apresentando valores máximos de 5,67  $L \cdot s^{-1}$ , 14,17  $L \cdot s^{-1}$  e 255,5  $L \cdot s^{-1}$ .

### 5.3 PLUVIOMETRIA

Adjacentes às nascentes e às calhas medidoras de vazão foram dispostos dois pluviômetros para a quantificação da entrada de água por precipitação pluviométrica na microbacia em estudo.

Os pluviômetros usados foram os da fabricante ONSET, modelos digitais RG3-M, onde, para o registro dos dados, esteve integrado um *datalogger* HOBO® Pendant de Evento. Esse equipamento grava automaticamente dados de até 3.200 mm de chuva, os quais podem ser empregados na determinação das taxas de precipitação, horários e duração (Figura 8).

Os dados de precipitação registrados na área da microbacia em estudo foram comparados aos dados de uma série de 17 anos (1991-2007) obtidos de um pluviômetro instalado em uma propriedade particular do município de Itaara, RS, localizada sobre as coordenadas geográficas 53°43'O e 29°33'S e altitude de 454 metros. Tal comparação serviu como forma de aferição e análise da consistência dos dados observados pelos pluviômetros. Após esse procedimento, os valores de precipitação foram consistidos com base nos eventos de vazão registrados.

É importante destacar que foi determinada a média entre a consistência dos dados diários dos volumes registrados pelos dois pluviômetros instalados na microbacia de estudo, devido à baixa variação que esses dados demonstraram.

Figura 8 – Pluviômetro utilizado no estudo localizado próximo à Calha Champagnat.



#### 5.4 PROCEDIMENTO AMOSTRAL

As campanhas de campo para o monitoramento e coleta das amostras foram realizadas quinzenalmente, perfazendo o período de um ano, entre os meses de janeiro de 2015 e janeiro de 2016. O procedimento de amostragem e preservação das amostras seguiu as condições estabelecidas pela NBR 9898 de junho de 1987. Utilizaram-se recipientes âmbar de 1,0 L (Figura 9) e de 0,5 L para armazenamento das amostras, sendo coletadas uma amostra para cada uma das seis nascentes junto às respectivas calhas Parshall, bem como do exutório, localizado na Calha Champagnat (Figura 10).

Figura 9 – Recipientes âmbar de 1,0 L utilizados para armazenamento das amostras.



Fonte: Fundação MO'Ã.

Figura 10 – Procedimento de coleta das amostras de água das áreas monitoradas.



Fonte: Fundação MO'Ã.

Anteriormente às saídas à campo efetuou-se o preparo dos materiais utilizados nas coletas e, também, daqueles utilizados no Laboratório de Engenharia do Meio Ambiente (LEMA) do Centro de Tecnologia da UFSM. Os frascos empregados para armazenagem das amostras e as demais vidrarias foram devidamente higienizados com água destilada e ácido sulfúrico, a fim de que fossem eliminadas possíveis interferências físicas, químicas ou biológicas nas amostras.

As coletas das amostras foram realizadas durante o turno da manhã e após, encaminhadas ao LEMA, no tempo necessário para que as análises fossem efetuadas dentro do prazo de validade das amostras, sendo devidamente acondicionadas em caixas de isopor, com gelo, visando manter a temperatura para a preservação durante o transporte (Figura 11). Após as análises das variáveis físico, químico e biológicas, encaminharam-se os recipientes de 0,5 L ao Laboratório de Ecologia Florestal (LABEFLO) do Departamento de Ciências Florestais da UFSM para posterior análise dos ânions (nitrito, nitrato, fosfato, cloreto e sulfato).



Figura 11 – Acondicionamento das amostras em caixa de isopor com gelo.



Fonte: Fundação MO'Ã.

Tanto as coletas, como as análises, contaram com uma equipe composta por colegas e pesquisadores do Grupo de Pesquisa em Gestão dos Recursos Hídricos da UFSM – GERHI e funcionários da Fundação MO'Ã.

## 5.5 PROCEDIMENTO LABORATORIAL

Na Tabela 10 apresentam-se os métodos analíticos utilizados para cada parâmetro, conforme as normas recomendadas na *Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater* (APHA, 2012), o limite de detecção e o local de análise.

Tabela 10 – Variáveis de análise da água, metodologia analítica, limite de detecção e locais das análises.

(Continua)

Variáveis	Metodologia Analítica	Limite de Detecção	Local de Análise
Temperatura	Termometria	0,1°C	<i>in situ</i>
Turbidez	Nefelométrico	0,1 UNT	LEMA
pH	Potenciômetro	0,1	LEMA
Condutividade Elétrica	Potenciômetro	0,1 $\mu\text{S.cm}^{-1}$	LEMA
Sólidos Totais	Gravimétrico	0,1 $\text{mg.L}^{-1}$	LEMA
Sólidos em Suspensão	Gravimétrico	0,1 $\text{mg.L}^{-1}$	LEMA
Sólidos Dissolvidos	Gravimétrico	0,1 $\text{mg.L}^{-1}$	LEMA
Oxigênio Dissolvido	Oxímetro	0,1 $\text{mg.L}^{-1}$	<i>in situ</i>

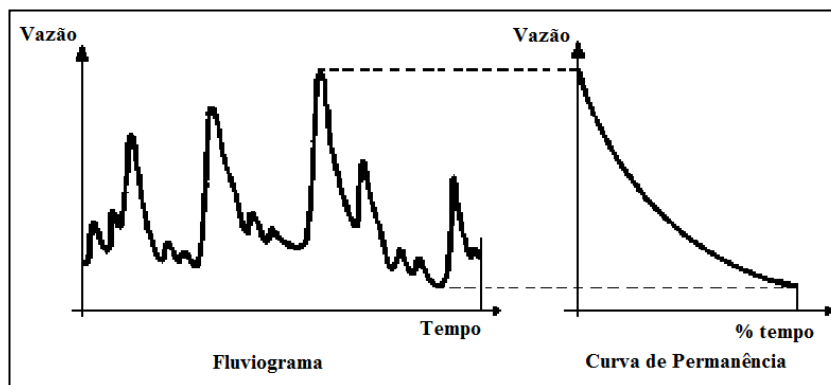
			(Conclusão)
DBO <sub>5,20</sub>	Winckler	0,1 mg.L <sup>-1</sup>	LEMA
Coliformes Totais	Idexx-colilert®	1 NMP/100 mL	LEMA
<i>Escherichia coli</i>	Idexx-colilert®	1 NMP/100 mL	LEMA
Nitrito, Nitrato, Fosfato, Cloreto e Sulfato	Cromatografia Iônica	0,05 mg.L <sup>-1</sup>	LABEFLO

Nota: *in situ*: determinação em campo, no momento da coleta.

## 5.6 CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES E DE QUALIDADE

As curvas de permanência de vazões têm a finalidade de apresentar a porcentagem do tempo em que as vazões de um corpo d'água são igualadas ou superadas, durante todo o período amostral usado na sua determinação. Sintetiza a variabilidade das vazões, caracterizando a base de comportamento para a sustentabilidade de sistemas aquáticos. Indica a probabilidade de excedência dessas vazões no tempo (CRUZ e TUCCI, 2008). Dessa forma, cada corpo d'água dispõe de uma série temporal de vazões, um regime hidrológico, sendo descrito pelo fluviograma (Figura 12).

Figura 12 – Representação esquemática do fluviograma e respectiva curva de permanência.



Fonte: Quimpo e McNally (1983) apud Cruz (2001).

No presente estudo, as curvas de permanência de vazões foram confeccionadas a partir da base de dados registrados pelos sensores de nível presentes nas Calhas Parshall de cada uma das nascentes e do respectivo exutório.

De acordo com Cruz e Tucci (2008), o método consiste em atribuir a cada vazão “q” uma probabilidade de excedência associada “p”:

$$p = 1 - P \{Q \leq q\}$$

(1.6)

$$p = 1 - FQ (q)$$

(1.7)

ou

Em que: “p” é a frequência de excedência; “q” é a vazão; “P” é a função de probabilidade e FQ (q) é a função densidade cumulativa de probabilidade das vazões.

A vazão (percentil) Qp% pode ser estimada a partir de uma função empírica de probabilidades acumuladas, a partir da escolha de uma posição de plotagem. Uma das funções mais utilizadas para a determinação das curvas de permanência é a equação de Weibull.

Sendo i o número de ordem do iésimo valor ordenado de vazão q(i), e n o número de dados ordenados, tem-se que a probabilidade de excedência pi de q(i) é dada por:

$$pi = 1 - FQ[q(i)] \tag{1.8}$$

Onde a posição de plotagem de Weibull correspondente é dada por:

$$pi = \frac{i}{n+1} \tag{1.9}$$

Posteriormente, essas vazões foram utilizadas para a avaliação das vazões de diluição das cargas médias dos parâmetros de qualidade da água, de acordo com a equação (2.0) abaixo.

$$Carga\ Média = \frac{Q_i.C_i}{n} \tag{2.0}$$

Em que: “n” corresponde ao número de valores da amostra; “Q” representa a vazão do curso d’água no momento da amostragem de água em L.s<sup>-1</sup>; e “C” representa a concentração do parâmetro de qualidade da água considerado em mg.L<sup>-1</sup>.

Para a obtenção das concentrações desses elementos em função das vazões de permanência, dividiram-se as cargas médias constantes pelas vazões de permanência para as respectivas áreas de estudo, conforme a equação (2.1) proposta na estratégia metodológica

encontrada em UFSM/SEMA (2003a, 2003b), e aprimorada em Silveira et al. (2003) e Cruz e Silveira (2007).

$$C = \frac{\text{Carga}}{Q}$$

(2.1)

Onde: “C” representa a concentração do parâmetro analisado em mg.L<sup>-1</sup>; “Carga” carga média do parâmetro analisado em mg.s<sup>-1</sup>; e “Q” vazão (L.s<sup>-1</sup>).

Após, compararam-se as concentrações verificadas nas curvas de permanência de qualidade com os limites das classes de enquadramento dos corpos hídricos estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

### 5.7 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA

Em função do Índice de Qualidade da Água proposto pela CETESB (2004) ter como objetivo principal o abastecimento público, optou-se pela determinação do IQA conforme as metodologias propostas pela *National Sanitation Foudantion* (NSF) (OTT, 1978) em todas as áreas monitoradas, sendo que esta técnica engloba diversas demandas de uso das águas. Tais métodos consideram a atribuição de pesos conforme a importância relativa dos parâmetros, podendo ser verificados na Tabela 11.

Tabela 11 – Peso das variáveis utilizadas no cálculo do índice de qualidade da água.

Variável	Peso
<b>Oxigênio Dissolvido (% saturação)</b>	0,17
<b>Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)</b>	0,15
<b>pH</b>	0,12
<b>Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	0,10
<b>Nitrogênio Total (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	0,10
<b>Fósforo Total (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	0,10
<b>Temperatura (°C)</b>	0,10
<b>Turbidez (NTU)</b>	0,08
<b>Sólidos Totais (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	0,08
<b>Total</b>	<b>1</b>

Fonte: OTT, 1978.

Após a atribuição dos pesos às variáveis apresentadas, realizou-se o cálculo do IQA por meio do produto ponderado dos resultados desses parâmetros, de acordo com a equação (2.2).

$$IQA = \prod_{i=1}^n qi^{wi} \quad (2.2)$$

Em que: IQA refere-se ao Índice de Qualidade das Águas (varia entre 0 a 100);  $qi$  representa a qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro (varia entre 0 e 100);  $wi$  é o peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro, sendo um valor porcentual obtido pela importância do parâmetro na análise (varia entre 0 e 1), no qual:

$$\sum_{i=1}^n wi = 1 \quad (2.3)$$

Sendo que:  $n$  indica o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Por fim, os valores de IQA adquiridos para as nascentes e o curso d'água localizado na Calha Champagnat foram comparados com os valores de referência conforme a classificação apresentada na Tabela 12.

Tabela 12 – Classificação da qualidade da água para os índices propostos pela NSF.

<b>IQA<sub>NSF</sub></b>	
<b>Classificação</b>	<b>Faixa de IQA</b>
Excelente	$91 < IQA \leq 100$
Bom	$71 < IQA \leq 90$
Médio	$51 < IQA \leq 70$
Ruim	$26 < IQA \leq 50$
Muito Ruim	$0 < IQA \leq 25$

Fonte: OTT, 1978.

## 5.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a tabulação e análise das variáveis que caracterizam a qualidade da água das áreas monitoradas na microbacia em estudo, utilizou-se o aplicativo computacional *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), na versão 20.0. A partir do mesmo, aplicou-se a análise multivariada fatorial baseada na metodologia dos componentes principais.

Salienta-se que anteriormente à aplicação da análise fatorial (AF), realizou-se o tratamento dos dados, de acordo com os itens descritos a seguir.

### 5.8.1 Padronização dos dados

Aconselha-se a padronização dos dados devido às diferentes magnitudes e escalas métricas apresentadas nas variáveis analisadas (CAMPELLO et al., 2005; MELO e HEPP, 2008; GUEDES et al., 2012), principalmente, quando os dados são resultantes de estudos de qualidade da água obtidos a partir do monitoramento ambiental.

A padronização representa a primeira etapa antes da efetuação da análise multivariada. A mesma foi desenvolvida de acordo com a equação (2.4), a qual são divididas as médias de cada variável pelo respectivo desvio padrão.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (2.4)$$

Em que: “Z” variável padronizada; “X” variável observada; “μ” média da variável; “σ” desvio padrão da variável.

### 5.8.2 Matriz de Correlação, Teste de Adequacidade KMO e Matriz Anti-Imagem

Posteriormente à padronização dos dados, construiu-se a matriz de correlação [R] em (p x p), onde “p” representa o número de variáveis analisadas. Adotaram-se valores de correlação iguais ou superiores à 0,5, satisfazendo uma correlação que varia de moderada a forte.

Para a consistência geral dos dados foi utilizado o teste de adequacidade *Kaiser Meyer Olkin* (KMO) ou *Measure of Sampling Adequacy* (MSA). Esse teste indica a proporção da

variância dos dados que pode ser considerada comum a todas as variáveis, ou seja, que pode ser atribuída a um fator comum. Na interpretação dos critérios de KMO, os resultados podem variar de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, mais adequada é a amostra à aplicação da análise fatorial (HAIR et al. 2005). Os intervalos estão apresentados na Tabela 13, onde valores de KMO menores que 0,5 indicam que o modelo de análise de fatores não é uma boa solução para a base de dados (ANDRADE et al. 2003).

Tabela 13 – Intervalos do teste *Kaiser Meyer Olkin* (KMO) para avaliação da aplicação do modelo de Análise Fatorial.

Valor do KMO	Grau de Adequação da Amostra
$KMO > 0,9$	Excelente
$0,8 < KMO < 0,9$	Ótima
$0,7 < KMO < 0,8$	Boa
$0,6 < KMO < 0,7$	Regular
$0,5 < KMO < 0,6$	Medíocre
$KMO < 0,5$	Inadequada

Fonte: Andrade et al. (2003).

Utilizou-se, também, a análise da matriz anti-imagem, como forma de extrair variáveis que apresentem valores de MSA inferiores a 0,5, sendo esse o índice mínimo para adequação da amostra de dados, conforme a Tabela 13. Segundo Hair et al (2005), a partir da matriz anti-imagem é possível a obtenção de um conjunto de variáveis que excedam aos níveis mínimos aceitáveis do teste KMO, onde os valores da diagonal principal são as medidas de adequação da amostra para variáveis individuais.

### 5.8.3 Análise multivariada

Método que tem por finalidade de sua aplicação a redução e a simplificação de um conjunto de dados, além de classificar, agrupar e investigar a dependência entre as variáveis, para que possam ser demonstradas em um número menor de perspectivas (MELO e HEPP, 2008; ANDRADE et al., 2007). Dessa forma, a partir da Análise Fatorial (AF) baseado no método da Componente Principal (ACP), a análise multivariada foi utilizada na obtenção dos indicadores e variáveis que melhor descrevem as características qualitativas das águas na microbacia em estudo.

O número de componentes principais utilizados seguiu a metodologia de Hair et al. (2005), em que somente é considerado componentes com autovalor superior a 1, sendo que os números de componentes deverão apresentar variância acumulada a um percentual maior ou igual a 60%.

Na interpretação dos resultados, considerou-se que o primeiro componente principal extraído foi aquele com variância máxima existente na amostra. O segundo componente extraído foi a combinação linear com máxima variância remanescente e assim sucessivamente. Conforme Andrade et al. (2007b), as componentes sucessivas explicam porções menores da variância da amostra total, não apresentando correlação com os componentes anteriores.

Utilizou-se, também, a rotação ortogonal pelo método *Varimax*, facilitando a interpretação das comunalidades calculadas para cada variável (valores de 0 a 1), o que contribuiu para a análise da variância dos parâmetros investigados, a qual é explicada pelos fatores comuns das componentes que compreendem o modelo (GARDIMAN JUNIOR, 2012).



## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste capítulo apresentam-se os resultados e as discussões referentes aos dados quantitativos obtidos pelo monitoramento hidrológico (precipitação e vazões), bem como das análises dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da qualidade das águas das nascentes e do respectivo exutório, além da análise estatística.

Na Tabela 14, apresenta-se, para a melhor visualização e discussão dos resultados, uma síntese da caracterização das áreas investigadas em relação às classes temáticas de uso e cobertura do solo identificadas na área da microbacia em estudo, em função das áreas (ha) de captação e das representatividades (%) das respectivas classes temáticas.

Tabela 14 – Caracterização dos usos e coberturas do solo em função da área de captação e das classes temáticas identificadas na microbacia em estudo.

(Continua)

Ponto	Caracterização	Área de Captação (ha)	Área Agrícola (%)	Edificações (%)	Eucalipto (%)	Gramínea (%)	Mata Nativa (%)	Recurso Hídrico (%)	Vias de Acesso (%)
N1	Nascente cercada, em meio à mata nativa. À montante: gramíneas, estrada de chão e floresta de eucalipto.	2,15	-	-	52,00	7,86	33,63	-	6,51
N2	Nascente cercada, em meio à mata nativa e floresta de eucalipto.	1,95	-	-	95,88	-	0,94	-	3,18
N3	Nascente degradada. Situada em meio à floresta de eucalipto, apresenta livre acesso do gado às águas. À montante: mata nativa, área agrícola, gramíneas, estrada de chão e um reservatório.	6,75	35,28	-	6,39	5,46	47,63	4,00	1,23
N4	Nascente cercada, situada em meio à mata nativa, com concentração de araucárias. À montante: floresta de eucalipto e mata nativa.	4,08	-	-	86,85	-	13,15	-	-
N5	Nascente preservada, em meio à floresta de eucalipto e mata nativa. Apresenta livre acesso do gado. À montante: cultivo de eucalipto, estradas de chão e áreas de gramíneas.	13,52	-	-	90,29	1,61	5,88	-	2,22

(Conclusão)

<b>N6</b>	Nascente cercada, em meio à mata nativa. À montante: residências rurais, gramíneas, área agrícola, estrada de chão, cultivo de eucalipto e mata nativa.	3,53	22,86	1,12	35,84	7,18	29,22	-	3,78
<b>CC</b>	Exutório da microbacia. Recebe contribuição de todos afluentes. À montante: distribuição de todas as classes de solo identificadas.	781,42	23,79	0,96	28,41	12,62	30,25	1,83	2,16

Nota: “-“ Ausência de dados.

## 6.1 DADOS HIDROLÓGICOS

Na Tabela 15 são apresentados os volumes das somas mensais de precipitação registrados pelos pluviômetros instalados na microbacia de estudo durante o período monitorado. Apresenta-se, também, as médias mensais da série de 17 anos (1991-2007) obtidas de um pluviômetro instalado em uma propriedade particular do município de Itaara, RS, as médias, os desvios padrão e o coeficiente de variação (CV) entre os volumes mensais dos pluviômetros da microbacia e da série histórica.

Tabela 15 – Distribuição temporal das precipitações mensais (mm) registradas nos pluviômetros instalados na microbacia de estudo e da série de 17 anos (1991-2007).

Pluviômetros	Precipitação (mm)											
	2015											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Microbacia de estudo</b>	238,7	33,5	103,9	140,2	153,4	138,5	159,0	85,2	191,6	473,2	181,0	369,0
<b>Série 17 anos</b>	163,1	139,6	127,8	170,6	145,8	142,3	162,6	111,1	170,5	209,7	132,9	147,6
<b>Média</b>	200,9	86,5	115,9	155,4	149,6	140,4	160,8	98,2	181,1	341,5	157,0	258,3
<b>Desvio Padrão</b>	53,4	75,0	16,9	21,5	5,4	2,7	2,6	18,3	14,9	186,3	34,0	156,6
<b>CV (%)</b>	26,6	86,7	14,6	13,8	3,6	1,9	1,6	18,7	8,2	54,6	21,7	60,6

A partir das informações apresentadas na Tabela 15, notam-se, de maneira geral, valores médios e baixos de variação entre os volumes da série de 17 anos e das precipitações registradas pelos pluviômetros, revelando boa correlação entre os dados. Exceção é observada nos meses de fevereiro, outubro e dezembro, em que para o mês de fevereiro foi registrada precipitação de 33,5 mm, ocasionando a intermitência das vazões de algumas nascentes monitoradas (N1, N2 e N4), conforme apresentado na Figura 13. Já para os meses de outubro e dezembro, percebe-se um grande volume registrado nos pluviômetros, estando, esses resultados, consideravelmente acima das médias mensais da série de 17 anos.

Figura 13 – Intermitência das vazões na nascente N4.

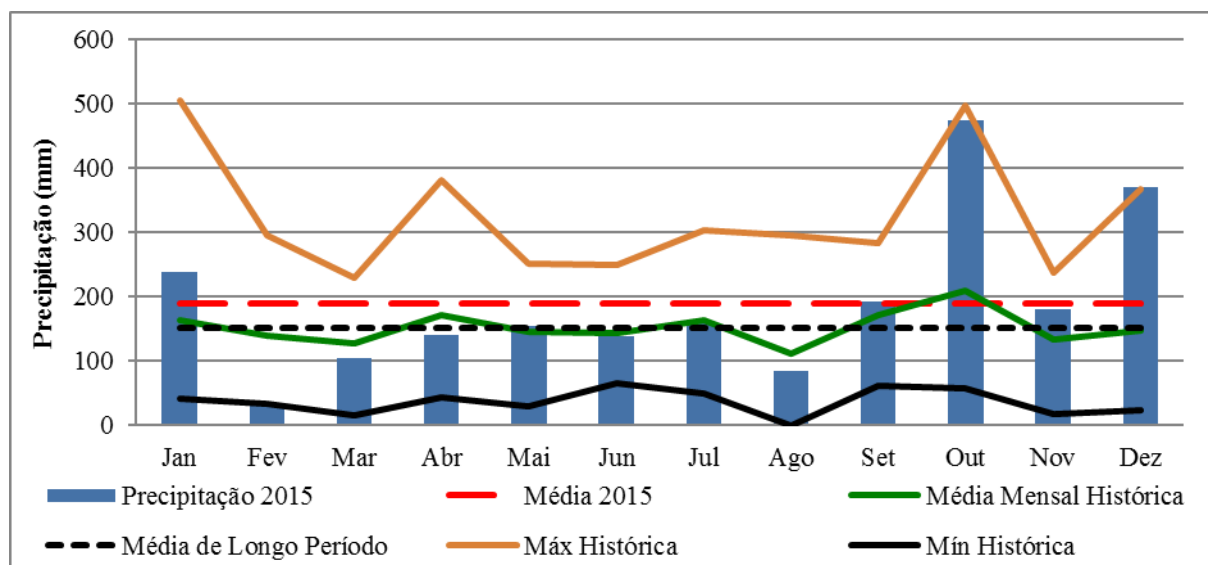


Fonte: Fundação MO'Ã

Ressalta-se que na primeira campanha de coleta do mês de setembro (11/09), a nascente N4 voltou a apresentar intermitência das vazões. Possivelmente em razão dos baixos volumes de precipitação observados no mês de agosto, bem como pelo grande período com baixo volume de precipitação entre a última coleta de agosto (20/08) e a primeira coleta de setembro, que correspondeu à 21,2 mm. Em janeiro de 2016, constatou-se, novamente, a intermitência nas vazões das nascentes N2 e N4, possível consequência da estiagem verificada nesse período.

Para a melhor análise do comportamento das precipitações, apresenta-se na Figura 14, as somas dos volumes mensais registrados no período monitorado, a média mensal deste período, a média mensal de longo período, além das médias, máximas e mínimas mensais da série histórica de 17 anos (1991-2007) da propriedade particular do município de Itaara, RS.

Figura 14 – Somas dos volumes mensais e média mensal do ano de 2015 registrados na microbacia de estudo; Média mensal de longo período e médias, máximas e mínimas mensais da série de 17 anos (1991 a 2007).



Com base na Figura 14, nota-se que a média mensal de longo período (152,0 mm) demonstrou-se sensivelmente inferior à média adquirida pelos dados registrados a partir dos pluviômetros (188,9 mm) instalados na microbacia para o ano de 2015. Observa-se, também, que a média mensal histórica da série de 17 anos, seguiu mesma tendência de valores nos meses de abril, maio, junho e julho, que aqueles obtidos pelo monitoramento. Fevereiro e agosto estiveram abaixo da média mensal histórica, correspondendo a uma precipitação de 33,5 mm e 85,2 mm. Nota-se, também, que o volume registrado em fevereiro, esteve em conformidade com a mínima mensal histórica (32,5 mm) deste mês. Salienta-se que entre os meses de setembro a dezembro de 2015, foram registrados volumes superiores à média mensal histórica, especialmente os meses de outubro e dezembro, apresentando uma precipitação de 473,2 e 369,0 mm, respectivamente. Resultados, esses, semelhantes à máxima mensal histórica (497,8 e 367,5 mm) para ambos meses.

O ano de 2015 para o estado do Rio Grande do Sul foi marcado por intensas precipitações decorrentes do fenômeno *El Niño*. Nesse contexto, verificaram-se grandes prejuízos para a população do estado, em que foram observadas enchentes históricas em diversos municípios, granizo, além de deslizamentos e perda de produção agrícola.

De acordo com os dados registrados na microbacia, a precipitação total anual foi de 2267,2 mm, enquanto que a média anual da série histórica para o município de Itaara, RS,

correspondeu a 1823,7 mm. Considerando o total anual monitorado, esse, demonstrou um volume 24,3% superior à precipitação total anual verificada na série histórica.

Entre os meses de menor índice pluviométrico (fevereiro e agosto) nota-se uma deficiência de aproximadamente 47,3% em relação à média histórica. Já para os meses de precipitação elevada (setembro a dezembro), verificou-se uma relação de 83,8% superior à média histórica, além de volume correspondente à 53,6% do volume total precipitado, evidenciando os efeitos do fenômeno *El Niño*.

Nas Figuras 15 a 21, apresentam-se os volumes de precipitação incidente (mm) na microbacia em estudo e as vazões ( $L.s^{-1}$ ) correspondentes das nascentes monitoradas, além das vazões registradas na Calha Champagnat (Figuras 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21). Ressalta-se a vazão máxima de  $5,67 L.s^{-1}$  para as nascentes N1, N2, N3, N4 e N6, de  $14,17 L.s^{-1}$  para nascente N5 e  $255,5 L.s^{-1}$  para a Calha Champagnat.

Figura 15 – Precipitação (mm) e vazão ( $L.s^{-1}$ ) na nascente N1.

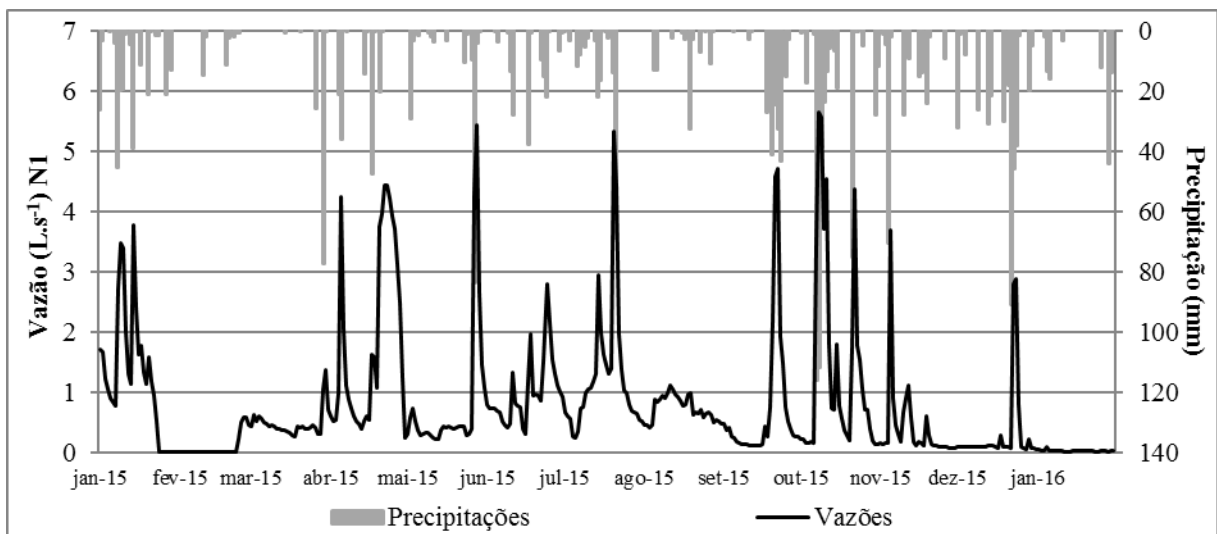


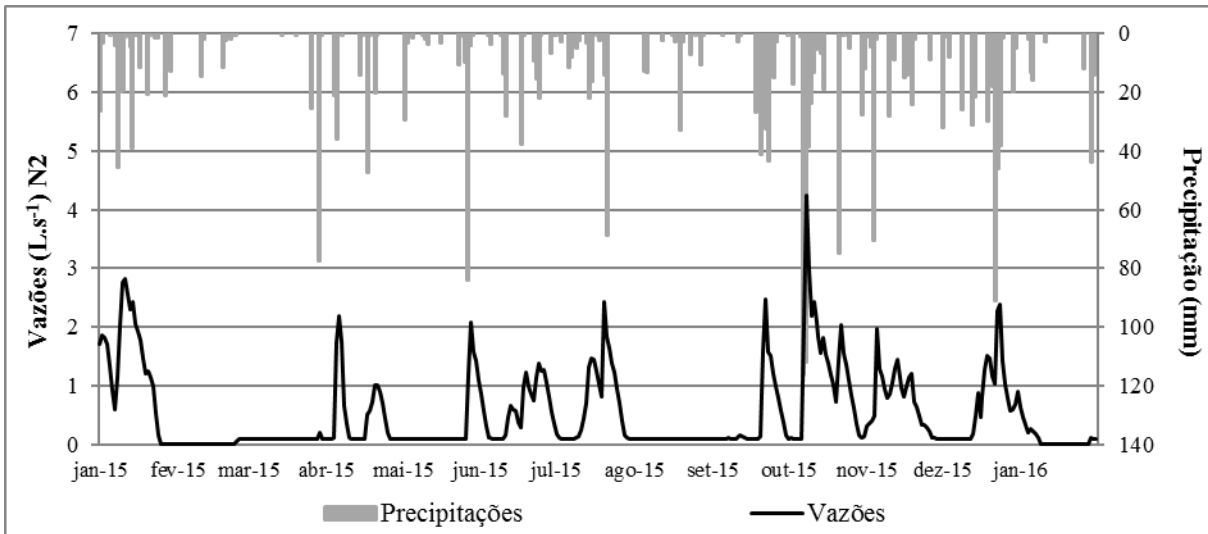
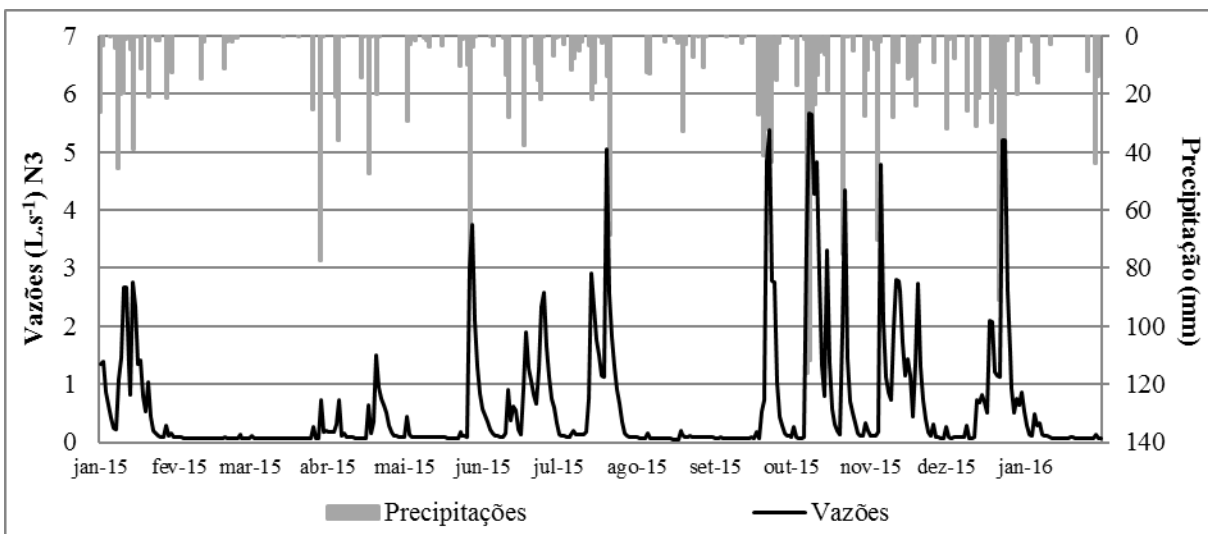
Figura 16 – Precipitação (mm) e vazão ( $L.s^{-1}$ ) na nascente N2.Figura 17 – Precipitação (mm) e vazão ( $L.s^{-1}$ ) na nascente N3.



Figura 18 – Precipitação (mm) e vazão ( $L.s^{-1}$ ) na nascente N4.

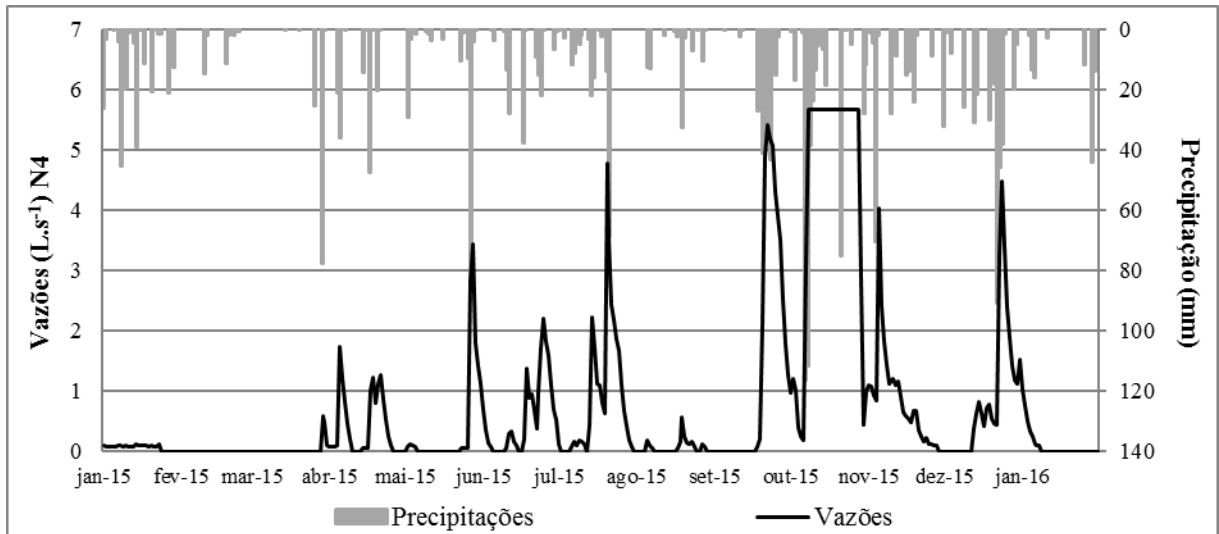


Figura 19 – Precipitação (mm) e vazão ( $L.s^{-1}$ ) na nascente N5.

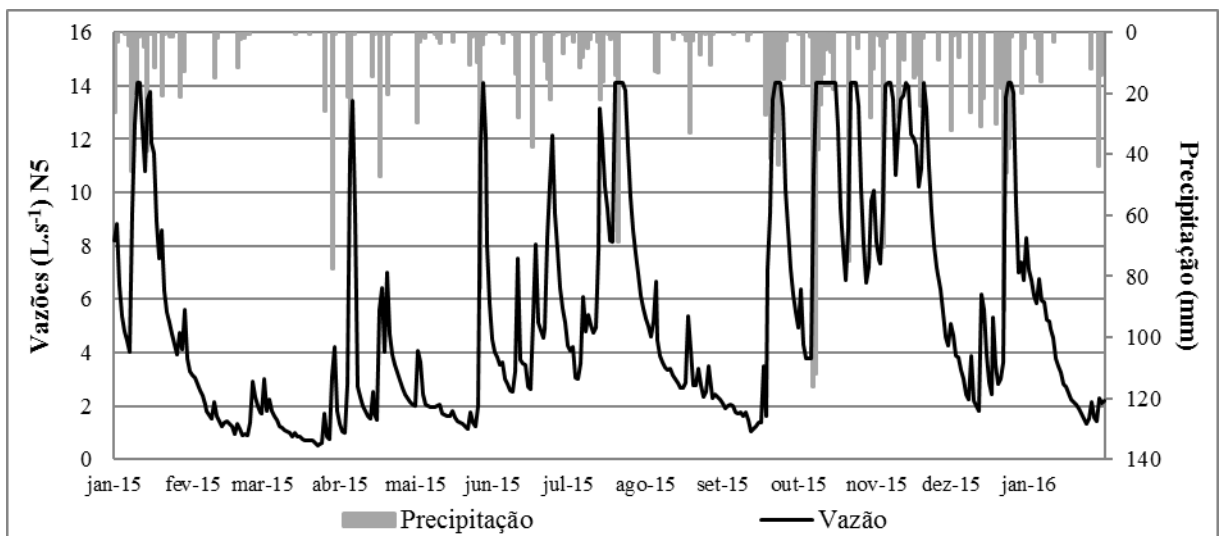
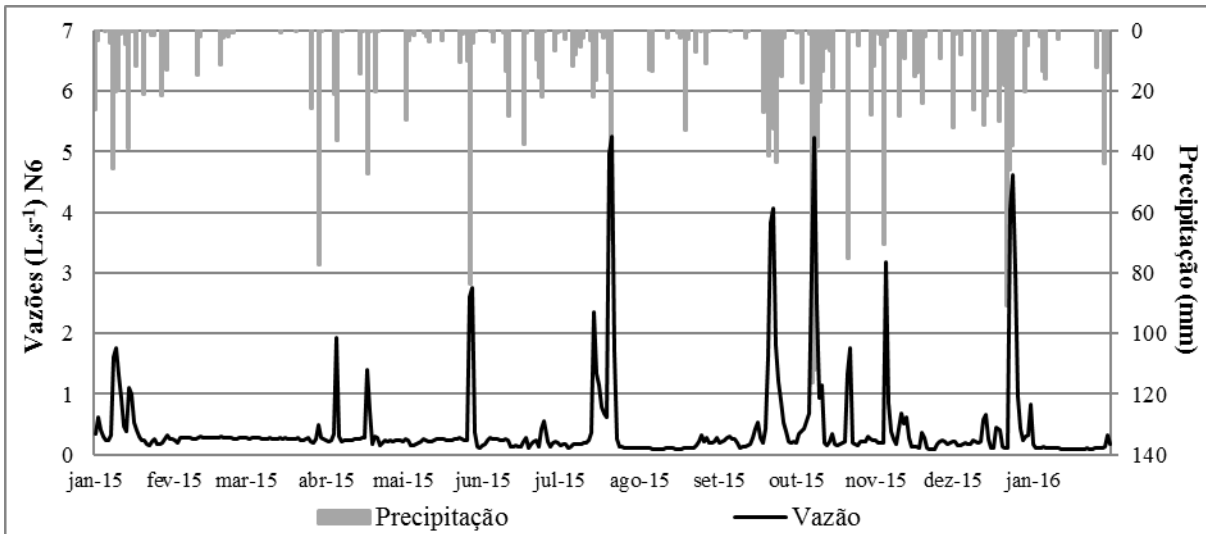
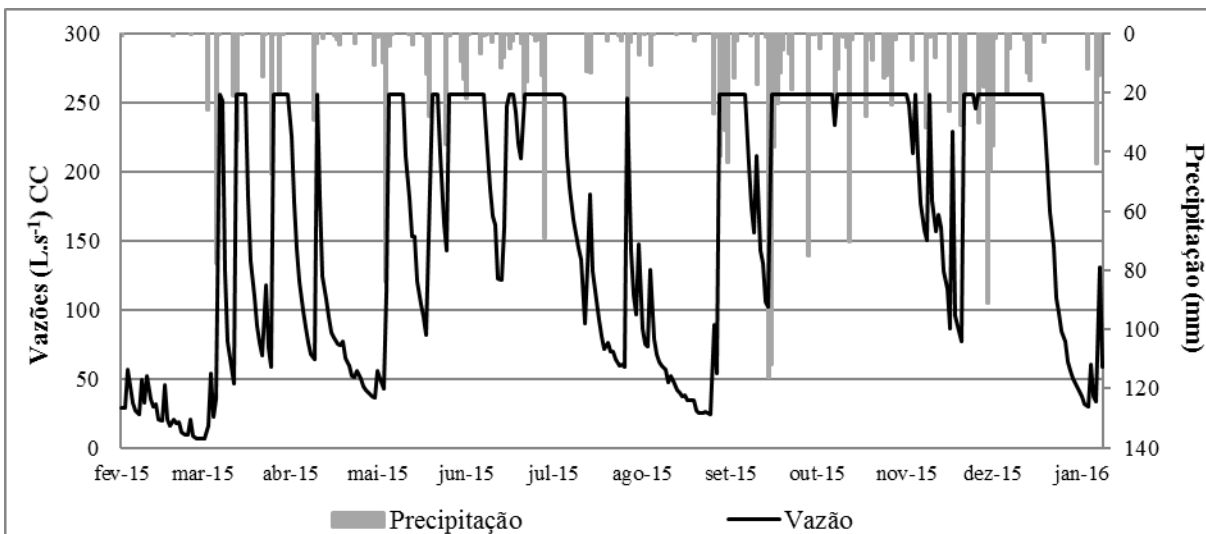


Figura 20 – Precipitação (mm) e vazão ( $L.s^{-1}$ ) na nascente N6.Figura 21 – Precipitação (mm) e vazão ( $L.s^{-1}$ ) na Calha Champagnat.

Com base nas figuras apresentadas, nota-se comportamentos singulares das vazões em cada uma das nascentes, sendo bastante sensíveis à precipitação pluviométrica. Essa sensibilidade é comprovada ao analisar os primeiros meses do ano de 2015, em que foram registrados baixos volumes de precipitação, e, como mencionado anteriormente, ocasionou a intermitência das nascentes N1, N2 e N4, fato esse que pode ser verificado nas Figuras 15 a 21. Exceção ocorre na N5, uma vez que o ponto de monitoramento de vazões está localizado à aproximadamente 100 metros da origem da nascente, dessa forma, demonstrando maiores vazões e menor dependência das chuvas.

Percebe-se, também, ao analisar o comportamento hidrológico da nascente N1, uma significativa resposta das vazões em função das precipitações registradas. Apesar de dispor de considerável cobertura florestal (85,63% da área) na respectiva área de captação, circunstância que favorece a diminuição do escoamento superficial em eventos chuvosos, o que pode ter contribuído para essa resposta das vazões foi a declividade média elevada, bem como o fator de forma, aumentando a propensão desta área em produzir picos de vazão.

As nascentes N2 e N3 apresentaram comportamento semelhante em relação à resposta da hidrológica das vazões, em função das precipitações. Porém, a N3 revelou maiores picos de vazões. Essa característica pode estar vinculada ao fato de a N3 ser uma área degradada, em que o entorno compreende pouca cobertura vegetal, propiciando o aumento do escoamento superficial em períodos chuvosos. Quanto a N2, notam-se hidrogramas de maior tempo de base, podendo indicar a proteção da cobertura florestal à essa área de drenagem, fazendo com que a água infiltre no solo e diminua os picos de vazões, como mencionado por Ferreira et al. (2013).

Em se tratando da N6, observa-se um comportamento hidrológico em que os picos de vazões respondem rapidamente em função das precipitações. Essa circunstância pode estar relacionada à elevada declividade média e fator de forma desta área de drenagem, favorecendo o escoamento superficial em eventos chuvosos. Entretanto, verifica-se que tal área apresentou vazões regulares em períodos de estiagem ou de baixa precipitação pluviométrica, possível reflexo da vegetação ciliar, aumentando a capacidade de infiltração e, conseqüentemente, reabastecendo os lençóis freáticos, assim como destacado por Santos et al. (2011).

Quanto às vazões observadas na Calha Champagnat, nota-se que em boa parte do tempo monitorado elas alcançaram os valores máximos ( $255,5 \text{ L.s}^{-1}$ ), superando a capacidade de medição da calha. Tal situação pode ser resultado da contribuição de todos os cursos hídricos presentes na microbacia.

## 6.2 PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS

Na Tabela 16 são apresentadas as cargas médias específicas dos parâmetros físicos, químicos e biológicos monitorados nas áreas de estudo.

Tabela 16 – Cargas específicas médias das variáveis monitoradas nas áreas de estudo.

Variáveis	Cargas Específicas (g.dia <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup> )						
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	CC
<b>DBO<sub>5,20</sub></b>	81,7	89,9	24,0	64,0	111,7	<b>122,1</b>	71,7
<b>Turbidez*</b>	227,6	151,6	69,7	23,9	<b>286,7</b>	101,4	200,1
<b>C. Totais*</b>	40551,5	22364,5	12496,6	14997,1	<b>90067,2</b>	61847,7	72216,7
<b><i>E. coli</i>*</b>	1658,4	460,2	310,7	378,1	1834,1	<b>27331,5</b>	4246,4
<b>ST</b>	679,2	675,8	209,5	301,3	<b>1330,3</b>	526,6	943,6
<b>SS</b>	123,6	48,8	45,0	43,0	<b>155,7</b>	124,5	83,7
<b>SD</b>	555,6	627,0	164,5	258,3	<b>1174,5</b>	402,1	859,9
<b>Cl<sup>-</sup></b>	8,7	20,0	7,7	19,9	14,1	15,4	<b>32,7</b>
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	6,4	9,9	2,0	6,3	11,2	21,5	<b>29,8</b>
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	11,2	8,9	10,6	5,6	11,3	6,8	<b>14,8</b>

Nota: \* NTU dia<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup>; \* NMP dia<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup>.

A partir da Tabela 16, nota-se que as cargas específicas médias das variáveis Turbidez, Coliformes Totais, ST, SS e SD foram superiores na nascente N5. Os parâmetros DBO<sub>5,20</sub> e *Escherichia coli* tiveram a maior carga específica média na nascente N6. Na Calha Champagnat observaram-se as maiores cargas específicas médias nas variáveis Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

Na Tabela 17 estão apresentadas as concentrações médias dos parâmetros físicos, químicos e biológicos das coletas realizadas durante o período de análise de acordo com as áreas monitoradas. Salienta-se a divisão das médias em período “úmido” e “seco”. O primeiro corresponde ao período com precipitação de até três dias antecedentes à coleta. O segundo refere-se ao período de coleta sem precipitação. Em destaque estão as médias com maiores valores de concentração.

Tabela 17 – Valores médios para as coletas com e sem precipitação nas áreas monitoradas.

Variáveis	N1		N2		N3		N4		N5		N6		CC	
	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco
Temperatura (°C)	19,3	<b>20,5</b>	18,8	<b>19,6</b>	18,0	<b>20,3</b>	18,7	<b>19,0</b>	18,1	<b>19,8</b>	18,9	<b>20,7</b>	18,3	<b>19,2</b>
OD (mg.L <sup>-1</sup> )	<b>7,2</b>	6,5	5,8	<b>5,7</b>	<b>6,5</b>	4,9	<b>3,7</b>	3,5	<b>7,2</b>	5,8	<b>7,1</b>	6,4	<b>8,6</b>	7,4
DBO <sub>5,20</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	<b>4,3</b>	3,6	<b>4,3</b>	2,2	<b>3,7</b>	3,3	<b>3,6</b>	3,3	<b>4,2</b>	2,9	<b>5,4</b>	2,4	<b>4,8</b>	4,3
pH	<b>6,2</b>	6,0	<b>5,9</b>	5,7	6,1	6,1	<b>5,3</b>	5,1	6,1	<b>6,4</b>	6,1	<b>6,4</b>	<b>6,8</b>	6,6
CE (µS.cm <sup>-1</sup> )	<b>29,7</b>	29,3	<b>26,2</b>	23,9	27,0	<b>46,2</b>	20,7	<b>20,8</b>	26,8	<b>32,1</b>	34,6	<b>37,5</b>	32,7	<b>36,7</b>
Turbidez (NTU)	<b>19,3</b>	15,9	10,3	<b>10,5</b>	21,7	<b>40,1</b>	<b>2,8</b>	2,7	<b>14,1</b>	12,4	7,6	<b>10,1</b>	<b>13,2</b>	9,9
C. Totais (NMP/100 mL)	4106,4	<b>6243,7</b>	<b>1536,3</b>	906,6	4509,8	<b>6233,0</b>	465,1	<b>1548,9</b>	<b>5518,3</b>	4951,7	4782,5	<b>8989,1</b>	4747,1	<b>5163,7</b>
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	<b>273,4</b>	83,5	27,3	<b>28,0</b>	<b>308,2</b>	147,2	<b>162,8</b>	89,8	<b>201,9</b>	68,6	2788,5	<b>4306,8</b>	<b>264,6</b>	147,0
ST (mg.L <sup>-1</sup> )	<b>60,5</b>	57,3	43,4	<b>49,6</b>	59,0	<b>86,1</b>	<b>36,7</b>	36,2	<b>56,3</b>	50,8	59,2	<b>77,7</b>	50,9	<b>55,3</b>
SS (mg.L <sup>-1</sup> )	10,0	<b>11,3</b>	<b>4,9</b>	4,5	14,1	<b>26,5</b>	<b>5,1</b>	2,1	<b>8,0</b>	6,8	14,1	<b>29,2</b>	<b>5,1</b>	4,8
SD (mg.L <sup>-1</sup> )	<b>50,5</b>	46,1	38,5	<b>45,1</b>	43,9	<b>59,6</b>	31,6	<b>34,1</b>	<b>48,3</b>	44,0	45,1	<b>48,5</b>	45,8	<b>50,5</b>
Cl <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	0,5	0,5	1,3	<b>1,6</b>	1,5	<b>1,8</b>	1,6	1,6	0,4	0,4	1,2	1,2	2,0	<b>2,1</b>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	<b>0,4</b>	0,3	0,5	<b>0,6</b>	0,3	<b>0,6</b>	0,4	0,4	0,3	0,3	1,5	<b>2,0</b>	1,3	<b>2,1</b>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	0,6	0,6	0,7	0,7	1,8	<b>2,1</b>	0,4	0,4	0,2	<b>0,3</b>	0,3	<b>0,4</b>	0,8	<b>0,9</b>

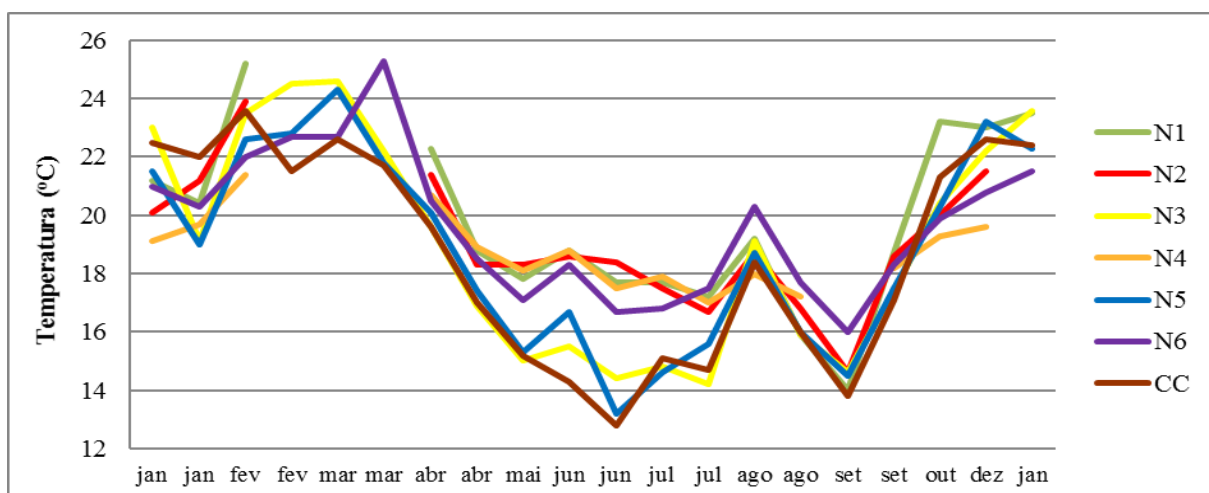
Com base na Tabela 17, nota-se que as nascentes N3, N6 e o exutório, localizado na Calha Champagnat (destaque vermelho), mostraram-se mais sensíveis ao período seco, tendo os maiores valores médios na maior parte das variáveis analisadas. Essa característica expressa uma condição onde tais áreas apresentam possíveis impactos causadores de degradação, os quais manifestam-se nas maiores concentrações médias em períodos secos, podendo ser consequência de diversos fatores, como será abordado posteriormente. Nesse sentido, a circunstância de essas áreas demonstrarem-se impactadas, principalmente no período seco, sugere que isso ocorra devido às menores diluições das cargas poluidoras, em razão das menores vazões. As nascentes N1 e N5 (destaque azul) apresentaram as maiores médias em período úmido, em que tais resultados podem estar associados à maior resposta dessas nascentes em relação às vazões, bem como ao arraste de material superficial, especialmente na N5. Por fim, as nascentes N2 e N4 (destaque amarelo) demonstraram variação das concentrações para os dois períodos, o que pode indicar maior sensibilidade às conjunturas hidrológicas.

Na sequência, estão apresentados os resultados e as discussões para cada parâmetro analisado nas áreas monitoradas.

### 6.2.1 Temperatura

Na Figura 22 apresentam-se as distribuições das temperaturas (°C) das águas das nascentes e do exutório, localizado na Calha Champagnat, ao longo do período monitorado.

Figura 22 – Variação da temperatura (°C) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016.



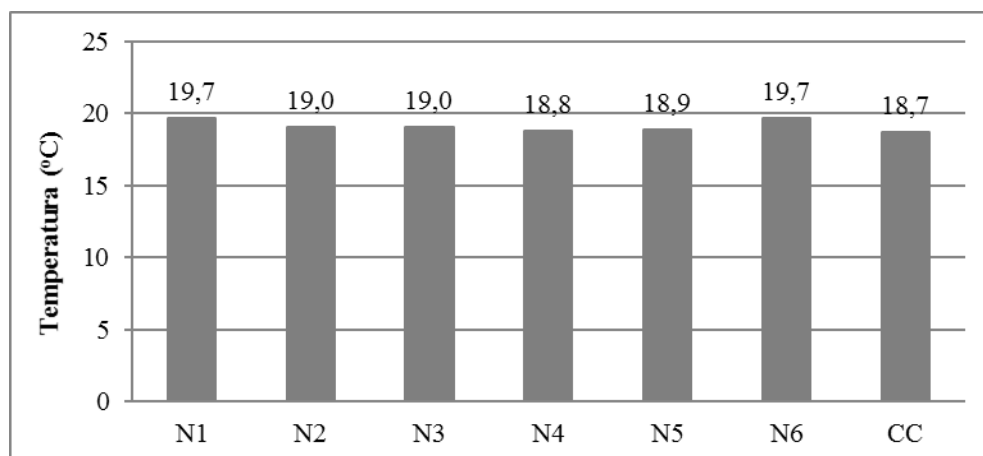
Nota-se que, de maneira geral, a temperatura encontrou-se mais elevada durante os primeiros meses monitorados, possivelmente em função do verão, época do ano em que a temperatura do ar no estado do Rio Grande do Sul é superior às demais estações. Com o decorrer do tempo e a conseqüente chegada do outono e inverno, período em que a temperatura do ar é menos elevada, as temperaturas das águas das nascentes e do exutório, tenderam a diminuir.

Percebe-se também, que as áreas que apresentaram maiores vazões foram as que apresentaram, também, menores temperaturas, como por exemplo, a N5 e o exutório (CC). A N3, por sua vez, foi a que teve maior variação nos valores, possivelmente pela menor cobertura vegetal das copas das árvores, ocasionando menor sombreamento do curso hídrico, circunstância também verificada por Agrizzi (2012) em quatro das oito nascentes analisadas pelo autor. Arcova e Cicco (1999) mencionam que o aumento da temperatura nos corpos d'água está relacionando à ausência de mata ciliar, o que ocasiona a maior exposição das águas à radiação solar.

Para Santos e Hernandez (2013), em estudo desenvolvido em quatro pontos da microbacia do Córrego Ipê, município de Ilha Solteira, SP, a oscilação da temperatura da água esteve associada à presença de áreas compostas por mata ciliar, dessa forma, apresentando baixa variação dessa variável, o que não apontou riscos ao manancial. Bueno et al. (2005) também observaram influência da cobertura vegetal (mata nativa e eucalipto) quanto à proteção contra a radiação solar e a conseqüente baixa variação da temperatura da água (20,0 à 23,7 °C) sobre os seis pontos de monitoramento distribuídos ao longo do Horto Ouro Verde, município de Conchal, SP.

Na Figura 23 apresentam-se as médias de temperatura nas áreas estudadas, as quais correspondem a uma variação entre 18,7 e 19,7 °C, tendo resultados semelhantes aos encontrados por Valente (2013) em microbacias de campo e de eucalipto, no município de Rosário do Sul, RS.

Figura 23 – Médias de temperatura (°C) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat.



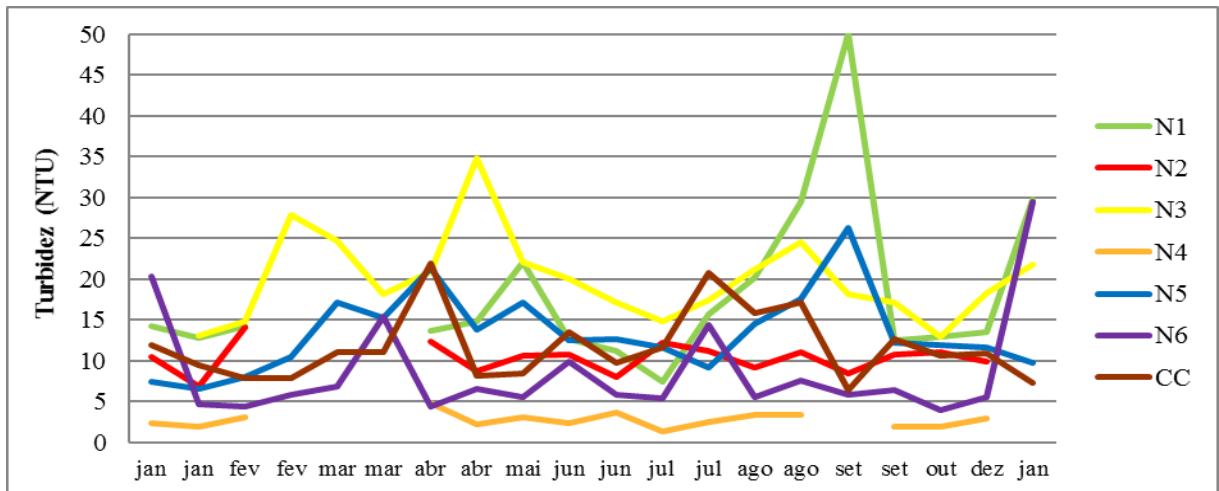
Marmontel (2014) em estudo desenvolvido em quatro nascentes localizadas no córrego Pimenta, município de São Manuel, SP, sob diferentes usos do solo, identificou valores médios de temperatura variando entre 18,1 e 21,0 °C em período úmido e 20,4 e 25,2 °C em período seco. Segundo o autor, a variação na temperatura é decorrente do estado de conservação da vegetação no entorno das nascentes, em que, as nascentes florestadas, obtiveram as menores médias durante todo o período de monitoramento, refletindo a importância do sombreamento proporcionado pela vegetação ciliar, indo de encontro aos resultados observados nesta pesquisa.

### 6.2.2 Turbidez

Na Figura 24 estão apresentados os valores obtidos para o parâmetro turbidez (UNT ou mg.L<sup>-1</sup> de SiO<sub>2</sub>) das águas das nascentes, bem como do exutório, localizado na Calha Champagnat, durante o período analisado.

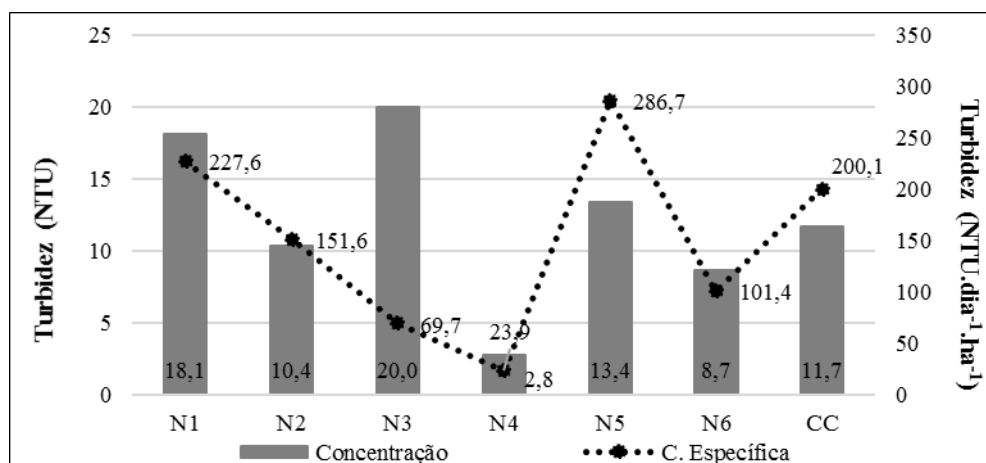


Figura 24 – Variação da turbidez (UNT) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016.



Na Figura 25 são apresentadas as médias das concentrações, as quais consistem em 18,1, 10,4, 20,0, 2,8, 13,4, 8,7 e 11,7 UNT, bem como as cargas específicas médias de turbidez nas áreas estudadas.

Figura 25 – Médias das concentrações (UNT) e das cargas específicas (UNT.dia<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup>) de turbidez da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat.



Como pôde-se observar na Figura 24, a turbidez teve considerável variação nos valores durante o período analisado, principalmente nas nascentes N1 e N3. Com relação à N3, os resultados podem estar relacionados ao fato dela ser a nascente degradada e apresentar livre acesso de animais, o que acarreta no pisoteio do curso hídrico e, dessa forma, aumentando a concentração de sedimentos na mesma. Circunstância também verificada por

Agrizzi (2012), em que o pisoteio do gado aumentou os teores de turbidez para a nascente investigada.

Para a N1, o que pode ter contribuído para a variação da turbidez é o acúmulo de sedimentos na nascente provenientes dos solos e das vegetações encontradas na respectiva área de drenagem. Soma-se o fato de essa nascente apresentar baixas vazões, o que dispersa menos a quantidade de sedimentos.

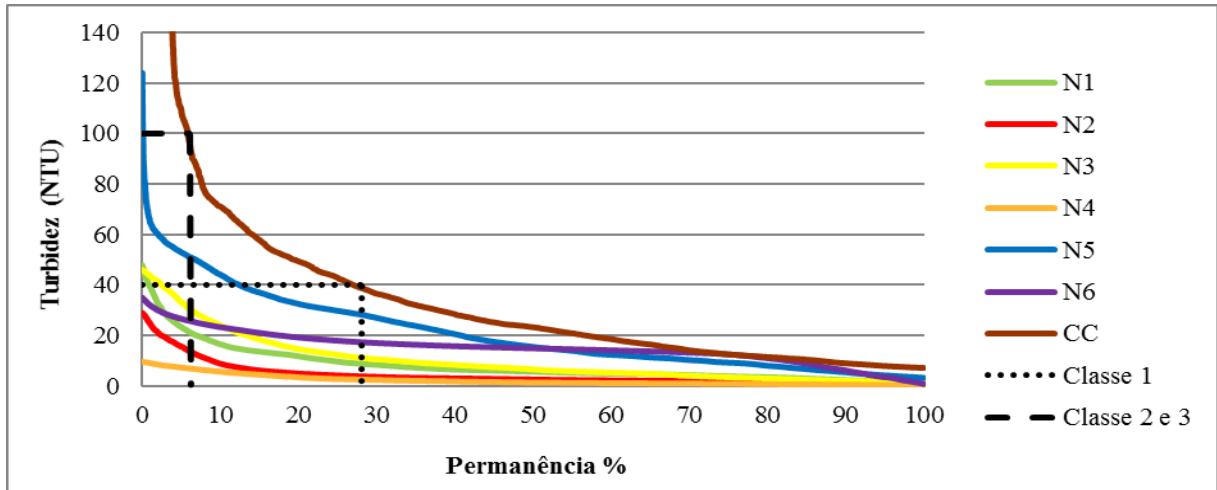
Pontes et al. (2012) observaram valores de turbidez inferiores a 100 UNT em todos os pontos de amostragem e durante os meses de monitoramento. Dessa forma, segundo os autores, o córrego analisado permaneceu dentro da faixa padrão para a classe 2 da Resolução 357/2005 do CONAMA, provavelmente em razão das baixas vazões verificadas, o que deve ter favorecido a sedimentação de sólidos.

As nascentes N4 e N6 apresentaram menor variação nos resultados, possivelmente por estarem localizadas em meio à mata nativa, considerando a propriedade das vegetações reterem sedimentos, além de estarem cercadas, o que impede o acesso de animais. Os resultados se mostraram semelhantes aos encontrados por Donadio et al. (2005).

Lubenow et al. (2012) perceberam, também, a importância da proteção florestal em áreas de nascentes, onde a nascente localizada em meio à APP foi aquela que obteve concentração menos expressiva da variável turbidez (3,9 NTU) em relação aos demais pontos monitorados, os quais encontram-se distribuídos ao longo da bacia hidrográfica do rio Nhapindazal, município de Irati, PR. Quanto ao resultado mais significativo (22,1 UNT), esse, foi verificado em área sem APP, indicando que os altos valores podem estar associados aos processos erosivos das margens do curso hídrico, além da presença de uma estrada que cruza o curso d'água e do grande número de animais (gado e cavalos) que acessam tais áreas.

Na Figura 26 apresenta-se a diluição das cargas médias de turbidez nas curvas de permanência para as áreas de estudo, bem como os limites das classes de enquadramento propostos pela Resolução 357/2005 do CONAMA.

Figura 26 – Curva de permanência das concentrações de turbidez (UNT) para as áreas de estudo e limites de concentração conforme as classes de enquadramento dos corpos hídricos, segundo Resolução 357/2005 do CONAMA.

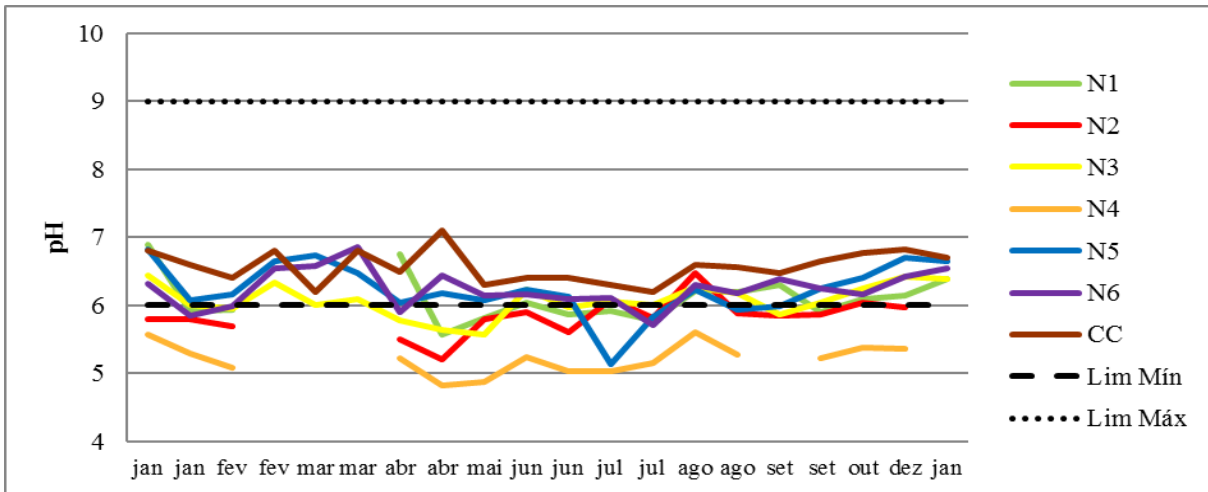


Conforme a Figura 26 nota-se que, de modo geral, todas as áreas apresentaram pouca influência das cargas de turbidez. Percebe-se, também, que as nascentes N2, N4 e N6 estiveram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA para classe 1 em todo o período analisado. As nascentes N1 e N3 indicaram qualidade compatível com os valores da classe 1 em 99% e 98% do tempo, e classe 2 e 3 em 1% e 2%, respectivamente. A nascente N5 esteve dentro dos limites para classe 1 em aproximadamente 87% do tempo de permanência, cerca de 12% nas classes 2 e 3 e 1% na classe 4. O exutório, localizado na Calha Champagnat, apresentou-se em conformidade com os limites estabelecidos para classe 1 em 73% do tempo de permanência, 21% na classe 2 e 3 e 6% na classe 4.

### 6.2.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

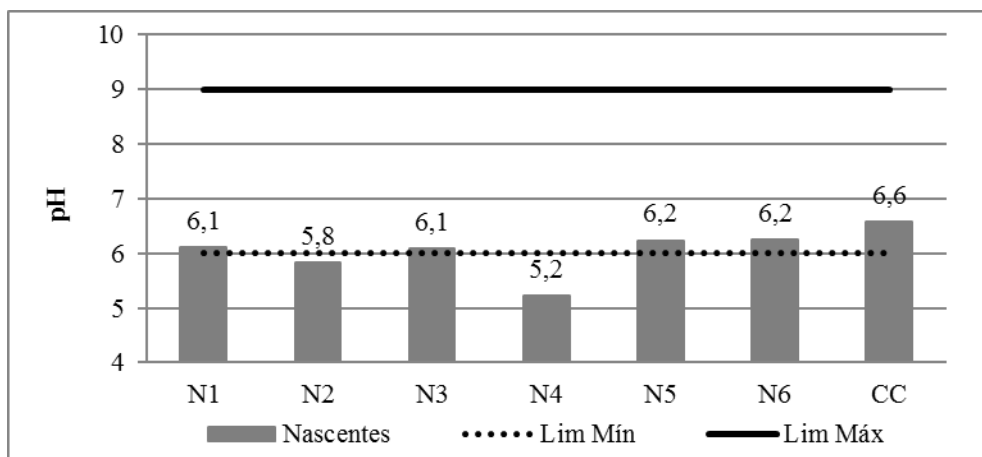
Na Figura 27 apresenta-se a variação do pH para o período analisado nas seis nascentes e no respectivo exutório, e, ainda, os valores máximo e mínimo de pH estabelecido pela resolução 357/2005 do CONAMA para as classes 1, 2, 3 e 4.

Figura 27 – Variação do pH da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016, bem como os limites máximo e mínimo de enquadramento estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA para as classes 1, 2 e 3.



Na Figura 28, apresentam-se as médias de pH nas áreas estudadas e os limites máximo e mínimo da resolução 357/2005 do CONAMA para as classes 1, 2 e 3, as quais correspondem a uma variação de 5,2 e 6,6.

Figura 28 – Médias das concentrações de pH da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat, bem como os limites máximo e mínimo de enquadramento estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA para as classes 1, 2 e 3.



O pH consistiu em uma variável que permaneceu em boa parte do tempo dentro dos limites estabelecidos pela resolução 357/2005 do CONAMA, que varia de 6 a 9, para todas as nascentes, exceto a N2 e, especialmente, a N4, que se manteve abaixo em todo o período, tendo uma média de 5,2. A situação encontrada na N4 pode estar relacionada com o fato de

essa, encontrar-se em meio à mata nativa, caracterizando-se pela alta densidade araucárias, além da influência dos solos. O acúmulo dessa vegetação e, a consequente decomposição, associados às baixas vazões, pode estar relacionado aos baixos valores encontrados nessa nascente. Fato esse, também verificado por Lubenow et al. (2012), em que a nascente localizada em meio à floresta nativa, contendo espécies de araucárias, no município de Irati, PR, obteve os menores valores de pH, sendo esse de 5,9.

Em se tratando da N2, tais resultados podem ter relação com a dissolução de minerais presentes nos solo e rochas localizadas nesta área de drenagem, bem como pela degradação da matéria orgânica das vegetações, estando em conformidade com estudos de Agrizzi (2012) e Valente (2013).

Nota-se, também, que as nascentes N1, N3 e N5 oscilaram os teores de pH em determinados períodos, encontrando-se abaixo do limite mínimo segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA. Possivelmente por influência dos solos e da oxidação da matéria orgânica, resultando na acidez das águas (VON SPERLING, 2005; LIBÂNIO, 2010).

De modo geral, as nascentes apresentaram caráter ácido, possivelmente por influência dos solos em que se situam, indo de encontro aos resultados obtidos por Jardim (2010), Agrizzi (2012) e Marmontel (2014) para nascentes em meio à vegetação ciliar.

O curso d'água localizado na Calha Champagnat esteve próxima à neutralidade na maior parte do tempo, provavelmente devido às maiores vazões nessa área, fazendo com que dilua e oxide a matéria orgânica presente nessas águas. Os resultados nessa área foram semelhantes àqueles alcançados por Rodrigues et al. (2009) e Bueno et al. (2005), em cursos hídricos protegidos por mata nativa localizados no município de Conchal, SP.

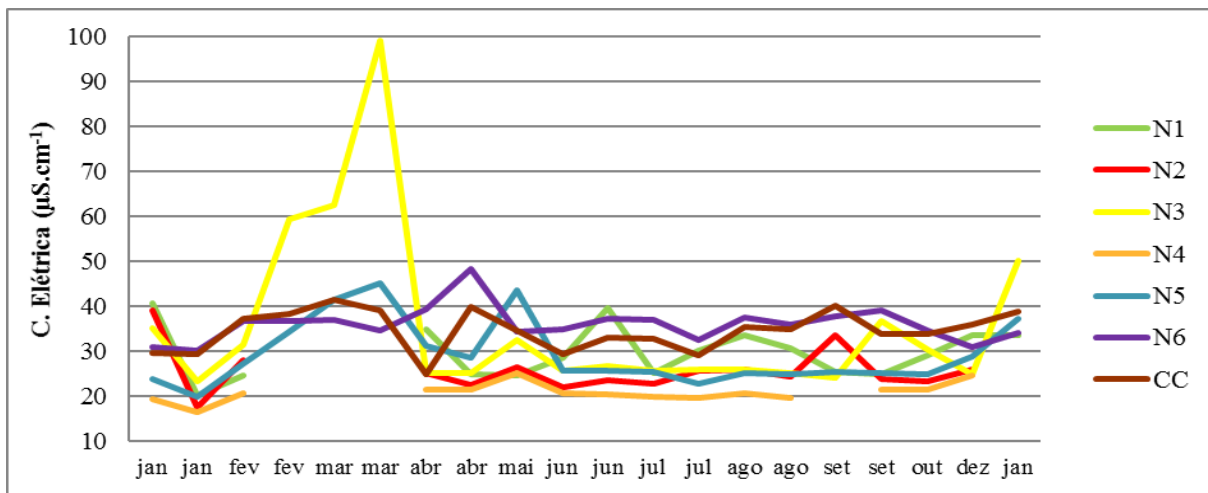
Pinto et al. (2012), ao analisar cinco nascentes com diferentes usos do solo (nascente perturbada, com pastagens, plantação de café, casas e policultivo), localizadas na bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu, município de Inconfidentes, MG, verificaram resultados de pH em conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução do CONAMA 357/2005.

#### **6.2.4 Condutividade elétrica (CE)**

Segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA, a condutividade elétrica não é abordada em relação aos padrões de qualidade. Diante de tal situação, utilizou-se como referência o relatório da CETESB (2009), onde está informado que, de maneira geral, valores de CE superiores a  $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  apresentam níveis críticos de concentração de poluentes, podendo indicar um ambiente impactado.

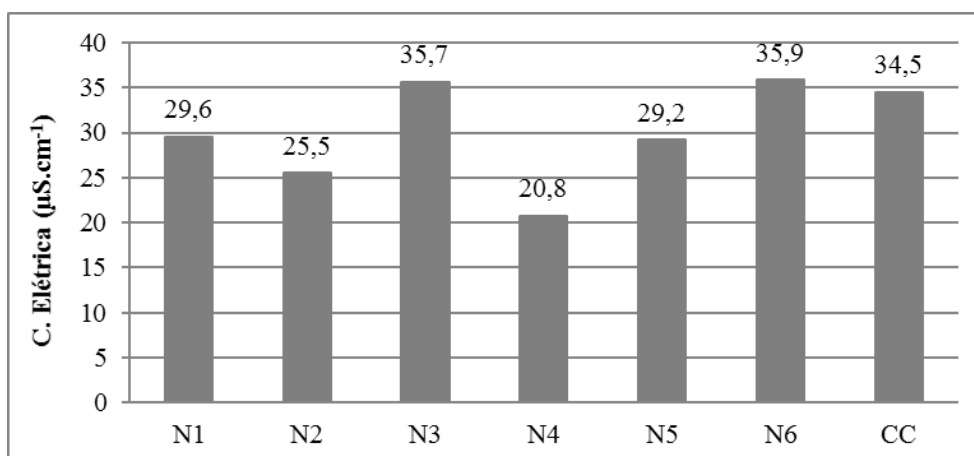
Na Figura 29 demonstra-se a variação da condutividade elétrica nas nascentes analisadas e no exutório, durante todo o período monitorado.

Figura 29 – Variação da condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016.



Na Figura 30 apresentam-se as médias de condutividade elétrica nas áreas estudadas, as quais demonstraram uma variação entre 20,8 e 35,9  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

Figura 30 – Médias da condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat.



Conforme as figuras apresentadas, pode-se verificar que os valores de CE estiveram abaixo do nível crítico estabelecido pela CETESB (2009) de 100  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  em todo o período analisado, apresentando, de maneira geral, pouca variação. Esses valores vão de encontro aos

resultados de CE encontrados por Agrizzi (2012), Alvarenga et al. (2012) e por Marmontel (2014), em nascente localizada em meio à floresta natural.

Nota-se, também, que a N3, durante os meses de fevereiro e março, teve um acréscimo nos resultados, possivelmente pelo baixo volume de chuvas ocorrido nesse período, o que fez com que as vazões diminuíssem e, dessa forma, diminuísse a diluição de sedimentos contidos na mesma. Outra provável explicação para os valores de N3 pode ser devido ao acesso de animais que pisoteiam o curso hídrico, assim como verificado por Agrizzi (2012) em nascente com acesso de animais, a qual apresentou resultados de 41 e 39,5  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . As nascentes N1, N2 e N4, também se demonstraram sensíveis quanto às chuvas, não evidenciando vazões no mesmo período.

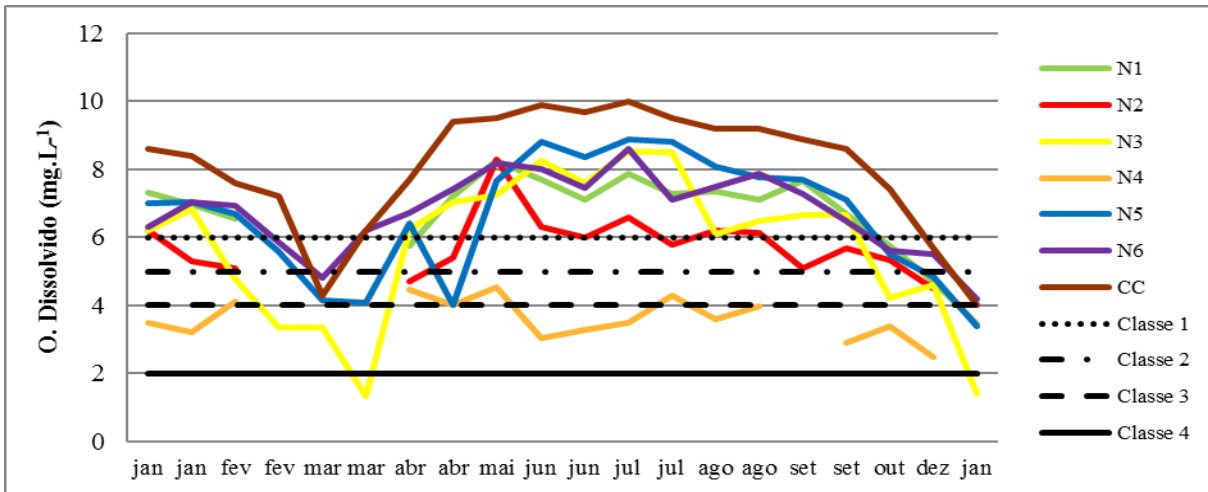
Na nascente N4 foram encontrados os menores valores de CE, possivelmente em virtude da menor concentração de sólidos dissolvidos, como será apresentado na sequência do trabalho. Segundo Ribeiro (2009), a CE é sensível em relação aos sólidos dissolvidos, especialmente os sais minerais e sua dissociação em íons. Essa característica pode estar associada à presença de mata nativa nas adjacências da nascente, assim como a baixa declividade, que diminui o carreamento de sedimentos em eventos de chuva. O resultado é similar ao encontrado por Marmontel (2014) em nascente inserida em meio à vegetação de bambuzal e mata em estágio inicial.

Valente (2013) registrou valores médios de CE de 39,08 e 253,49  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , para áreas de microbacia de campo e de eucalipto respectivamente, no município de Rosário do Sul, RS, sendo explicados pela dissolução de solos e rochas, e também pela contribuição do escoamento de base, no caso dos altos valores para microbacia de campo. Queiroz et al. (2010) encontraram valores baixos de CE, variando entre 12 e 19  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  para áreas agrícolas localizadas na microbacia da sanga Mandarin, município de Cascavel, PR. Conforme os autores, os resultados podem estar relacionados à presença de área de preservação permanente nas margens dos cursos d'água, bem como da boa conservação do solo na área agricultável.

### **6.2.5 Oxigênio dissolvido (OD)**

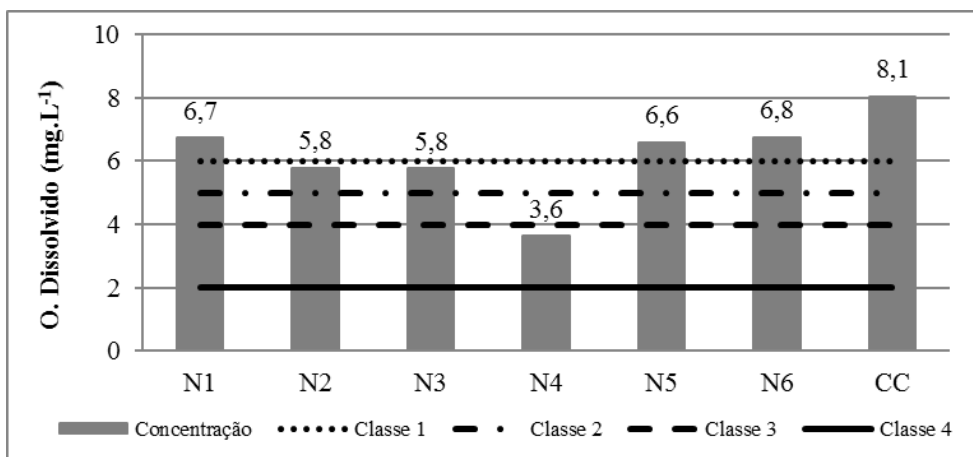
Na Figura 31 está apresentado a variação de OD  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  para as seis nascentes e o exutório durante o período examinado, além das classes de enquadramento segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA.

Figura 31 – Variação do oxigênio dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016, bem como os limites de enquadramento estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA para as classes 1, 2, 3 e 4.



Na Figura 32 estão apresentadas as médias de oxigênio dissolvido nas áreas estudadas, além dos limites de enquadramento estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA para as classes 1, 2, 3 e 4.

Figura 32 – Médias das concentrações de oxigênio dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat, bem como os limites de enquadramento estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA para as classes 1, 2, 3 e 4.



Como pôde-se observar na Figura 32, as médias de OD para as nascentes e a Calha Champagnat foram de 6,7, 5,8, 5,8, 3,6, 6,6, 6,8 e 8,1 mg.L<sup>-1</sup>. Nota-se, também, que de modo geral, as nascentes estiveram acima do limite estabelecido pela Resolução 357/2005 do



CONAMA para classe 2, a partir do mês de abril, com exceção da N4 que em boa parte do tempo, variou entre classe 3 e 2. Como citado anteriormente, durante os meses de fevereiro e março, houve uma redução nas chuvas, acarretando na diminuição das vazões em todas as nascentes, inclusive na Calha Champagnat. Esse fator pode explicar a redução de OD nesse período, uma vez que a partir de vazões menores, tem-se menos aeração nos cursos hídricos, contribuindo, então, para a redução (CETESB, 2009). A partir do retorno das chuvas, nota-se o aumento nas concentrações de OD, provavelmente pelo mesmo motivo. A N3 foi a nascente que melhor demonstrou essa característica, estando abaixo de  $2 \text{ mg.L}^{-1}$  nesse período, sendo esse, o limite para classe 4.

Outra possível justificativa para o aumento do OD é a chegada do inverno e a consequente diminuição nas temperaturas. Conforme Libânio (2010), o OD varia indiretamente com a temperatura, uma vez que o OD apresenta maior solubilidade em águas de menor temperatura. Arcova e Cicco (1999) e Silva et al. (2009), em estudo realizado no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Peti, MG, observaram que as menores temperaturas da água na microbacia, período seco do ano, estão diretamente ligadas as maiores concentrações de OD.

Como observado anteriormente, a N4 obteve concentração média de  $3,6 \text{ mg.L}^{-1}$  durante o período monitorado. Dentre as nascentes monitoradas a N4 é aquela que apresentou as menores vazões, possivelmente esse fator também tenha contribuído para os baixos valores de OD. Outro possível fator é o aporte e a decomposição de matéria orgânica proveniente das vegetações das adjacências, uma vez que ela está situada em meio à mata nativa. Segundo a CETESB (2009) o conteúdo de OD nas águas superficiais varia de acordo com a quantidade e o tipo de matéria orgânica contido na água. Pinto et al. (2012) identificaram concentração semelhante ( $3,8 \text{ mg.L}^{-1}$ ) para nascente localizada em meio à produção de café. Embora as demais nascentes também disponham de mata nativa, eucalipto e demais vegetações no entorno, a N4 se caracterizou pelo acúmulo dessas vegetações no curso hídrico.

A Calha Champagnat também apresentou diminuição nos teores de OD durante março e abril, porém, encontrando-se em concentrações mais elevadas que as demais áreas e acima dos limites estabelecidos para classe 1 na maior parte do período monitorado. Possivelmente esse fator está relacionado ao maior volume de água e vazões encontrado nesse ponto, além das menores temperaturas registradas.

Alvarenga et al. (2012), ao analisarem a microbacia do ribeirão dos Macacos, afluente do rio Paraíba do Sul, estado de São Paulo, onde o uso do solo é predominantemente agrícola e ocorrem atividades de restauração ambiental, observaram que os valores médios de OD

foram menores no período úmido em relação ao posterior período seco estudado. Situação contrária ao verificado nesta pesquisa, onde a diminuição das concentrações, segundo os autores, podem ser consequência do maior volume de precipitação na área, o que ocasiona erosão, lixiviamento dos solos e conseqüentemente maior fluxo de matéria orgânica das atividades agropecuárias para o ribeirão estudado.

De modo geral, as concentrações de OD são semelhantes aos valores médios encontrados nas nascentes estudadas por Lubenow et al. (2012) e acima dos resultados verificados por Agrizzi (2012) e Jardim (2010) em nascentes com diferentes coberturas do solo e estágios de vegetação.

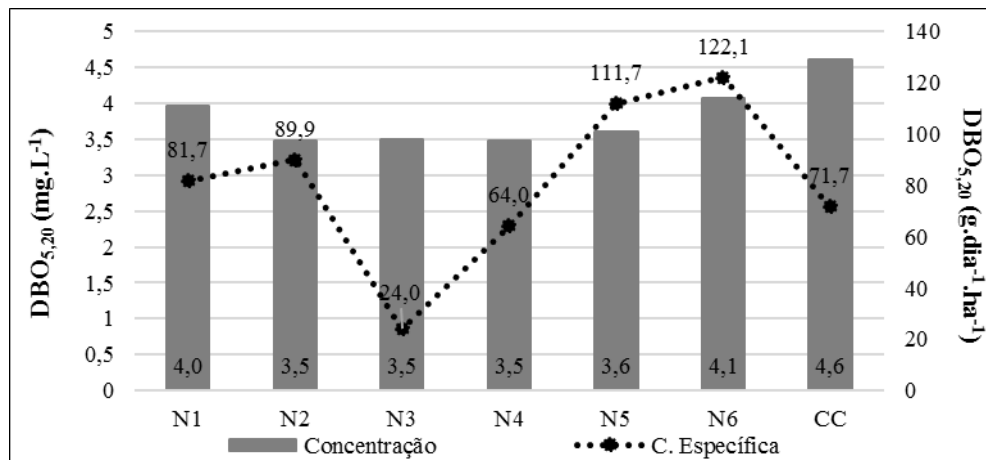
#### **6.2.6 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)**

Durante as cinco primeiras campanhas de coleta de água das nascentes utilizou-se uma metodologia para a determinação de  $DBO_{5,20}$  semelhante às usadas em análise de esgoto sanitário, sendo essa de alta diluição das amostras, o que pode ter ocasionado altas concentrações para esta variável nesse dado período. A partir da sexta campanha, verificou-se a necessidade da alteração dessa metodologia, adotando-se a não diluição das amostras, resultando, assim, em concentrações compatíveis com a bibliografia.

Nesse sentido, os resultados apresentados são equivalentes à 10 campanhas de coleta de água, fazendo com que a análise da distribuição temporal para esta variável revelasse insuficiente, em virtude da ausência de grande número de dados.

Na Figura 33 estão apresentadas as médias das concentrações de  $DBO_{5,20}$  das nascentes, bem como do exutório, as quais correspondem a 4,0, 3,5, 3,5, 3,5, 3,6, 4,1, e 4,6  $mg.L^{-1}$ , além das cargas específicas médias da referida variável.

Figura 33 – Médias das concentrações ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e das cargas específicas de  $\text{DBO}_{5,20}$  ( $\text{g.dia}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat.



Com base na Figura 33, pode-se observar que as concentrações médias apresentaram resultados abaixo de  $5 \text{ mg.L}^{-1}$ , sendo esse o limite estabelecido para classe 2, segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA, resultados similares àqueles obtidos por Lubenow et al. (2012).

Nota-se, também, a maior concentração média para a CC, área que recebe toda a contribuição dos cursos hídricos da microbacia, o que pode indicar contaminação orgânica proveniente das áreas agrícolas, dos efluentes produzidos pelas residências, bem como dos dejetos dos animais que estão ali inseridos.

Com relação a N6, a concentração média pode ser decorrente dos efluentes produzidos pelas residências rurais localizadas à montante, onde o tratamento desses materiais não é o adequado, resultado semelhante ao verificado por Jardim (2010). Percebem-se, também, altos valores em termos de carga específica média. Possível consequência do escoamento de base da matéria orgânica originada das residências previamente mencionadas.

Quanto as nascentes N3 e N5, mesmo apresentando livre acesso do gado, o que condiciona a produção de dejetos por esses animais, demonstraram concentrações médias menores em relação às demais áreas. Essa condição pode estar relacionada à baixa influência do escoamento superficial, bem como da possível remoção natural realizado pelos solos das respectivas áreas, os quais retêm a matéria orgânica, minimizando as concentrações nos cursos d'água. Araújo (2013), observou a remoção de 50% nas concentrações de  $\text{DBO}_{5,20}$  em área de lançamento de efluentes diretamente no solo com presença de macrófitas aquáticas, no Campus da Universidade Federal de Santa Maria. As cargas específicas médias da N5 podem estar associadas às maiores vazões registradas nessa área.

Para as nascentes N1, N2 e N4, as concentrações médias podem ter relação com o acúmulo de matéria orgânica no curso hídrico proveniente das vegetações das adjacências das respectivas áreas, bem como de dejetos de possíveis animais silvestres, assim como verificado por Valente (2013).

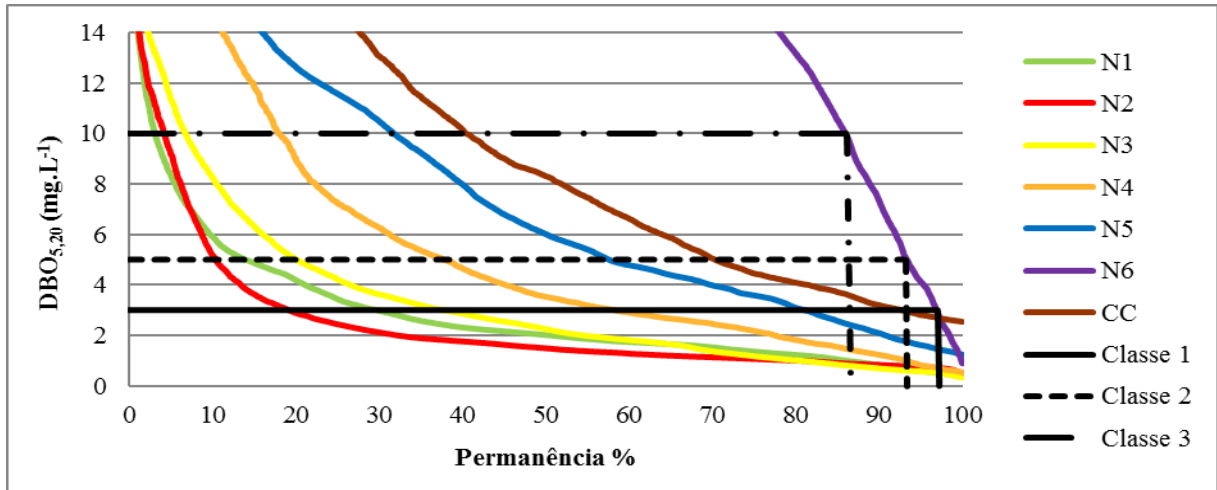
Em conformidade com o estudo de Pontes et al. (2012), verificou-se que as concentrações de  $DBO_{5,20}$  apresentaram-se acima do padrão máximo ( $5 \text{ mg.L}^{-1}$ ) estipulado pela Resolução 357/2005 do CONAMA para classe 2 em todos os pontos de amostragem, tanto em período seco, como chuvoso, alcançando valores superiores aos  $150 \text{ mg.L}^{-1}$ . Para os autores, provavelmente os resultados são decorrentes da contaminação proveniente do escoamento e da drenagem pluvial.

Ribeiro (2009) ao avaliar a qualidade da água superficial de oito pontos da microbacia do Campestre, no município de Colombo, PR, com diferentes usos do solo (mata nativa, reflorestamento e agricultura), verificou concentrações médias de  $DBO_{5,20}$  variando entre 0,6 e  $1,3 \text{ mg.L}^{-1}$ . Um dos pontos corresponde à uma nascente em meio à vegetação nativa, a qual obteve a concentração de  $0,6 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Agrizzi (2012) constatou concentrações médias de  $DBO_{5,20}$  abaixo dos verificados nesta pesquisa, variando entre 0,5 e  $2,1 \text{ mg.L}^{-1}$  nas oito nascentes analisadas. Segundo o autor os maiores valores registrados podem estar relacionados com a quantidade de matéria orgânica presente na água, uma vez que tais nascentes não apresentam cercamento, o que facilita o acesso do gado.

Na Figura 34, apresenta-se a diluição das cargas médias de  $DBO_{5,20}$  nas curvas de permanência para as nascentes e o exutório, Calha Champagnat. Estão apresentados, também, os limites das classes de enquadramento estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA, possibilitando, assim, a avaliação geral da qualidade da água para tais áreas.

Figura 34 – Curva de permanência das concentrações de  $\text{DBO}_{5,20}$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) para as áreas de estudo e limites de concentração conforme as classes de enquadramento dos corpos hídricos, segundo Resolução 357/2005 do CONAMA.



Verifica-se, a partir da Figura 34, e, segundo as classes da Resolução 357/2005 do CONAMA, que em aproximadamente 3% do tempo de permanência, a N6 esteve dentro dos limites para classe 1, 4% para classe 2, cerca de 7% para classe 3 e 86% do tempo na classe 4. A N5 demonstrou-se compatível com os limites de qualidade da classe 1 em 19% do tempo, classe 2 em 23% do tempo, 26% na classe 3 e 32% na classe 4.

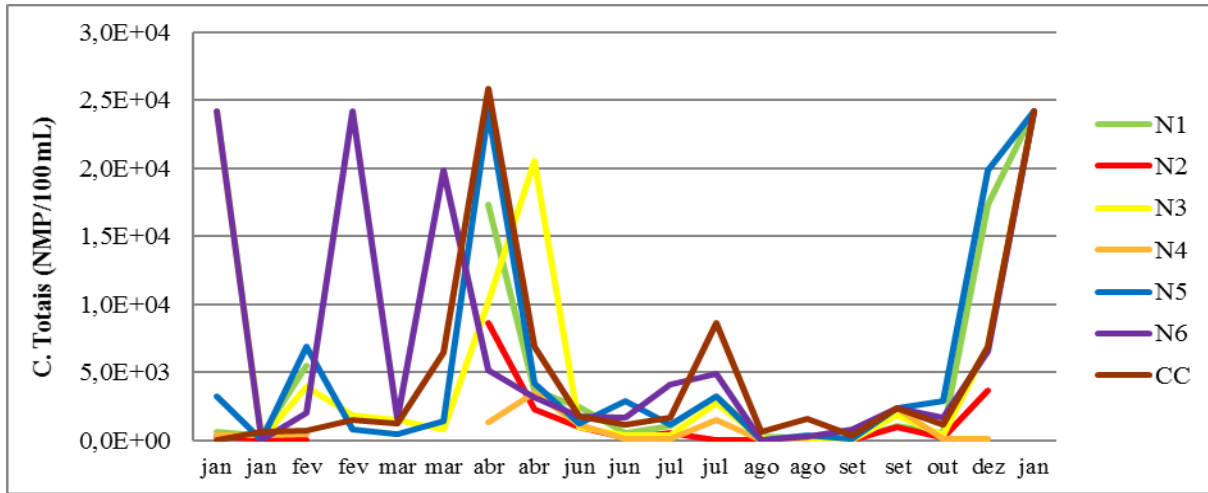
As nascentes N1, N2, N3 e N4 estiveram em consonância com a classe 1 em 71%, 80%, 62% e 40% do tempo de permanência, respectivamente. Percebe-se, ainda, que essas, permaneceram dentro dos limites para classe 2 em 14%, 9%, 17% e 22% do tempo monitorado, além dos 11%, 6%, 13% e 21% para classe 3. Na classe 4, essas nascentes se mantiveram em 4%, 5%, 8% e 17% do tempo de permanência.

O manancial localizado na Calha Champagnat permaneceu em acordo com os limites da classe 1 em 6% do tempo monitorado, 23% do tempo em classe 2, 30% em classe 3 e 41% em classe 4.

### 6.2.7 Coliformes Totais e *Escherichia coli*

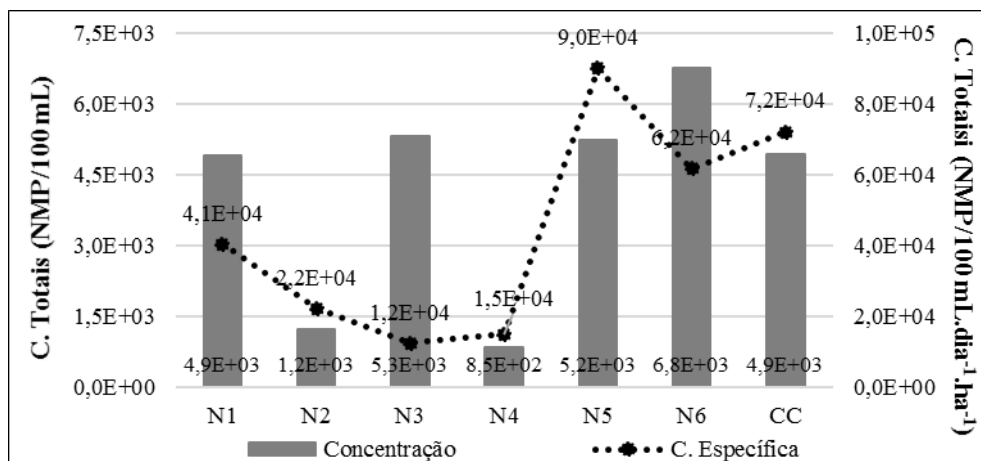
A seguir, nota-se a distribuição das concentrações de coliformes totais (NMP/100 mL) para as nascentes e o correspondente exutório durante o período investigado (Figura 35).

Figura 35 – Variação dos coliformes totais (NMP/100 mL) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016.



Na Figura 36, apresenta-se as médias das concentrações e as cargas específicas médias de coliformes totais nas áreas examinadas.

Figura 36 – Médias das concentrações (NMP/100 mL) e das cargas específicas (NMP/100mL.dia<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup>) de coliformes totais da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat.



De modo geral, pôde-se verificar que as concentrações de coliformes totais variaram de acordo com as vazões, sendo que durante os períodos de maior precipitação e consequentes vazões, as áreas monitoradas demonstraram menores valores de CT, possivelmente em virtude da maior diluição dos cursos d'água. Fato, esse, também observado por Valente (2013), em que se constatou a redução de CT em períodos de maiores volumes precipitados, o que,

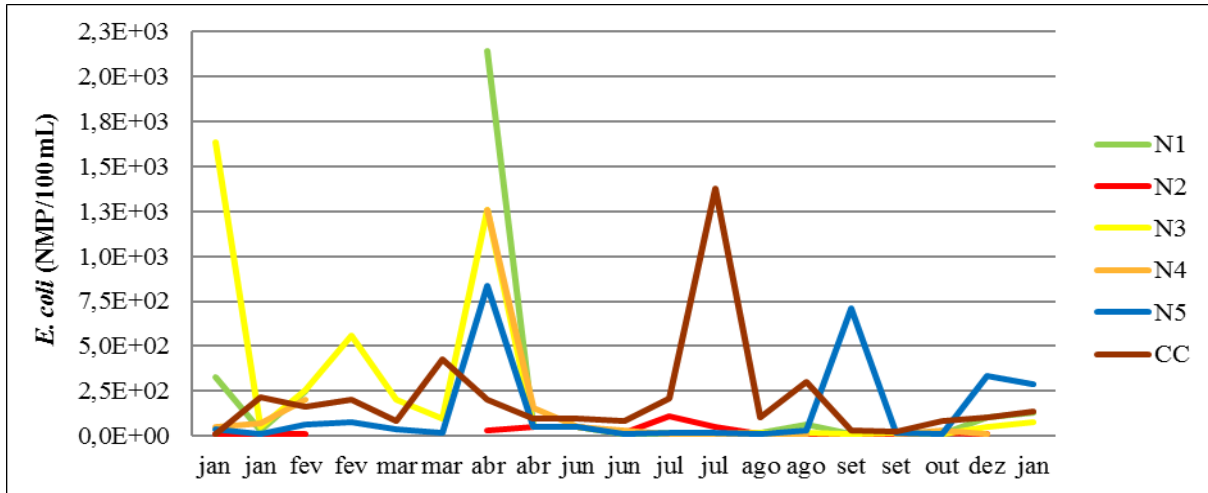
segundo o autor, desencadeou o processo de diluição das concentrações nos cursos dá água monitorados.

As médias das concentrações observadas nas áreas monitoradas (Figura 36) variaram de  $8,5E+02$  a  $6,8E+03$  NMP/100 mL, sendo que a N6 foi a nascente que apresentou as maiores concentrações. Provavelmente essa condição está associada ao fato de existirem residências à montante da nascente sem tratamento adequado dos efluentes produzidos. Quanto às cargas específicas médias, percebe-se que a N5 apresentou o maior resultado, possivelmente devido às maiores vazões registradas nessa área, bem como das altas concentrações de Coliformes Totais. Ainda que a N6 apresente as maiores concentrações, quando se trata de carga específica, ela se mostrou menos elevada, possível resultado das menores vazões desse ponto.

Conforme Von Sperling (2005) o grupo dos coliformes totais é um indicador de contaminação microbiológica, porém não existe uma relação quantificável entre CT e microrganismos patogênicos, uma vez que, esses, podem estar inseridos em cursos hídricos e solos não contaminados, representando outros organismos de vida livre, não necessariamente intestinal. A *Organización Mundial de la Salud* - OMS (1995) caracteriza o grupo dos coliformes totais com a inclusão de espécies de origem não exclusivamente fecal, ocorrendo naturalmente no solo, na água e em plantas.

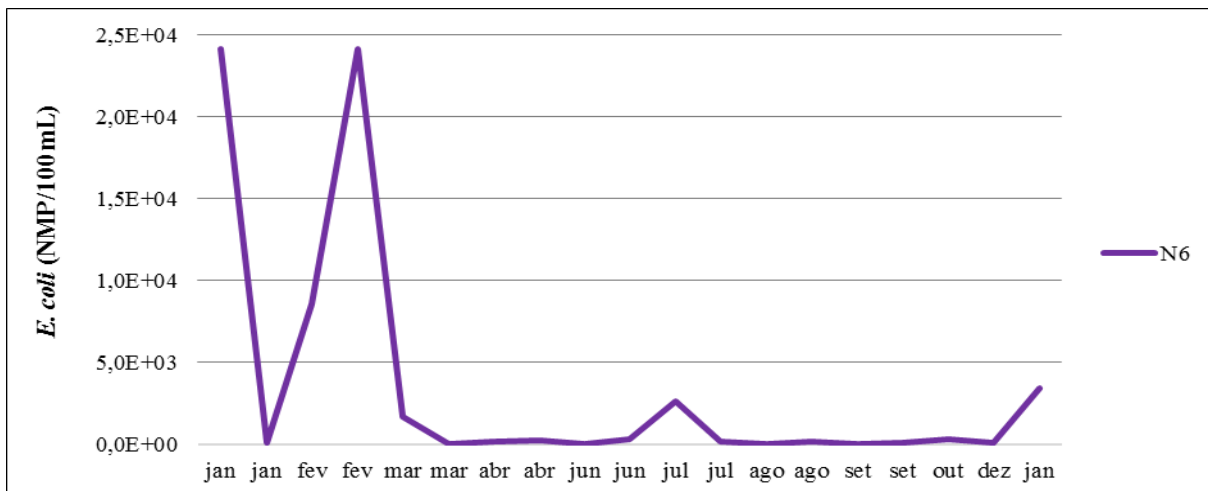
Para a melhor visualização da distribuição das concentrações da *Escherichia coli*, estão apresentadas duas figuras com os resultados correspondentes, sendo a primeira para as nascentes N1, N2, N3, N4, N5 e o exutório, CC (Figura 37).

Figura 37 – Variação da *Escherichia coli* (NMP/100 mL) da água das nascentes N1, N2, N3, N4 e N5 e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016.



Na sequência está apresentada a distribuição das concentrações de *Escherichia coli* para a N6 (Figura 38).

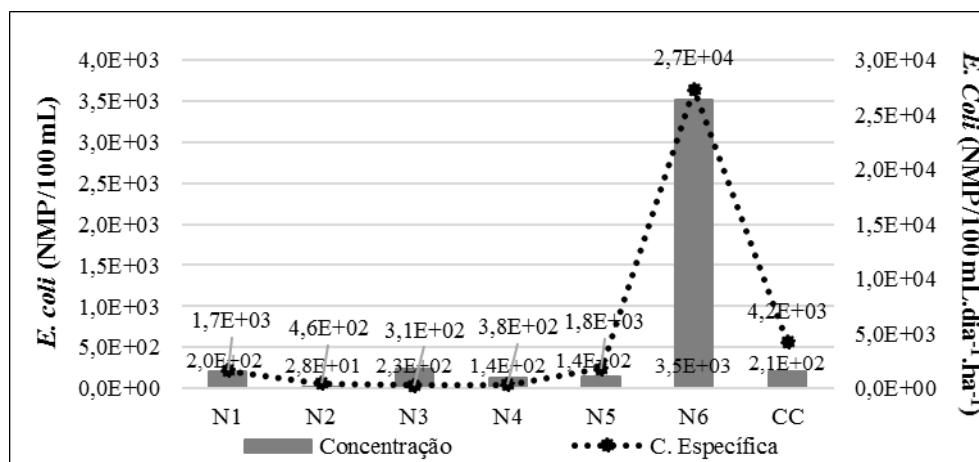
Figura 38 – Variação da *Escherichia coli* (NMP/100 mL) da água da nascente N6 para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016.



A partir da Figura 39 pode-se observar as médias das concentrações e as cargas específicas médias de *Escherichia coli* das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat.



Figura 39 – Médias das concentrações (NMP/100 mL) e das cargas específicas (NMP/100 mL.dia<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup>) de *Escherichia coli* da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat.



Com base nas figuras apresentadas, nota-se que entre as nascentes monitoradas, a N6 foi aquela que obteve as maiores concentrações de *E. coli*. Como citado anteriormente, possivelmente essa questão está relacionada com o fato de a nascente estar localizada em uma área de captação onde algumas residências estão inseridas à montante, além da declividade média ser de 0,134 m/m, o que favorece o escoamento subterrâneo dos efluentes gerados até a nascente. Adicionalmente, as residências são de caráter rural, dessa forma não tendo coleta e tratamento adequado dos efluentes. Ocorrência semelhante pode ser encontrada no trabalho de Pinto et al. (2012), onde as contagens de coliformes totais e termotolerantes estiveram altas. Segundo o autor, a razão está na ausência de tanques sépticos das casas do entorno da nascente estudada.

Percebe-se, também, valores elevados de *E. coli* para a N6, especialmente nas primeiras coletas. Essa situação pode ser associada à resíduos de cargas microbiológicas de eventos anteriores, bem como em função das menores vazões registradas nesse período, resultando na menor diluição dessas cargas. Outra justifica pode estar nas maiores temperaturas verificadas nessa época, o que favorece a proliferação de bactérias, semelhante aos resultados verificados por Pereira-Silva et al. (2011).

Jardim (2010) observou concentrações de coliformes termotolerantes maiores que 2,4E+03 NMP/100 mL em duas nascentes em período chuvoso. De acordo com o autor, esse fato está associado às nascentes apresentarem criatórios (chiqueiro e curral) nas áreas de recarga, e com as chuvas, os dejetos dos animais foram carregados para as nascentes.

As nascentes N3 e N5 também demonstraram concentrações relativamente elevadas de *E. coli*. Possivelmente em função das áreas apresentarem livre acesso de animais, principalmente o gado, o qual é bastante encontrado na localidade devido à atividade pecuária exercida pelos moradores da região. Com a presença do gado, parte dos seus dejetos tende a deslocar em direção ao curso d'água no momento das chuvas e consequente escoamento superficial. Entretanto, mesmo com o livre acesso do gado, as concentrações podem ter sido reduzidas em razão da remoção realizada pelos solos das respectivas áreas de drenagem, onde parte dos dejetos possivelmente permaneceram retidos nos solos devido ao processo de infiltração e, por consequência, não alcançaram os cursos hídricos. Araújo (2013) verificou a remoção natural de 99,96% de *E. coli* através do solo com macrófitas no Campus da UFSM.

Nota-se, ainda, altas concentrações nas nascentes N1, N3, N4 e N5, na primeira coleta do mês de abril. Possivelmente esses resultados são resquícios do escoamento superficial decorrente do período chuvoso anterior à essa data. Após esse período, as concentrações tenderam a diminuir, especialmente para as nascentes N1 e N2, o que fez com que as médias aumentassem para tais áreas.

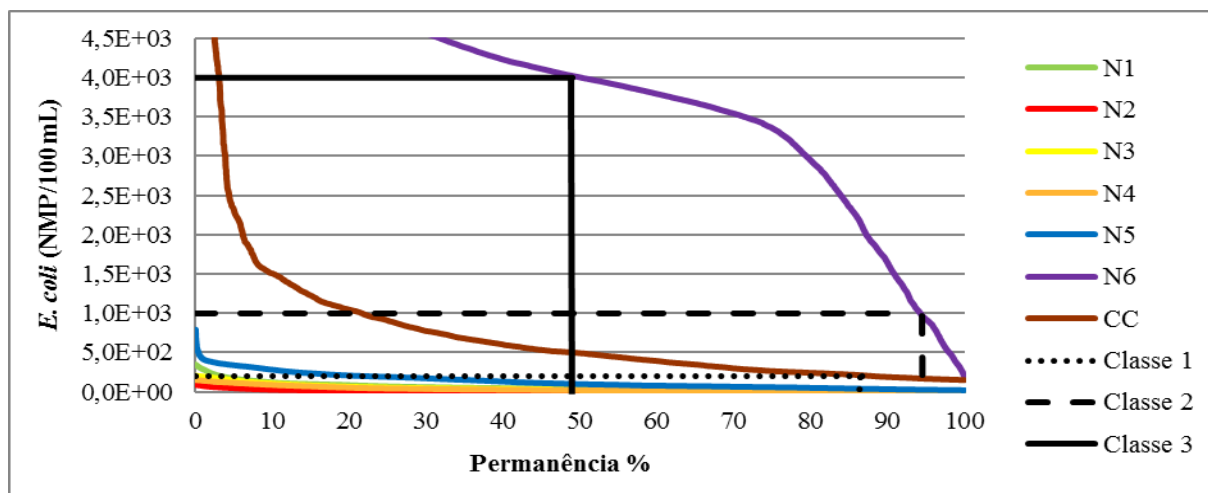
Aguzzi (2012) verificou altos valores médios de *E. coli* em duas nascentes analisadas (430 e 830 NMP/100 mL). A primeira está relacionada à área de captação ser pequena e possuir laterais reduzidas, o que diminui a distância entre animais e o olho d'água. Já a segunda, ocorre a criação de suínos e bovinos e, esses, têm livre acesso à água da nascente, assim como visto nas nascentes N3 e N5, tendo ainda, um curral à montante, o que pode influenciar no despejo dos dejetos desses animais alcançar o corpo hídrico.

Ao analisar as cargas específicas médias (Figura 39), nota-se pouca oscilação nos resultados da maioria das nascentes. Exceção ocorre com a N6 e, como já abordado, o que provavelmente condiciona esse comportamento são as altas concentrações registradas nessa nascente, resultado da ausência de tratamento adequado dos efluentes produzidos pelas residências localizadas à montante dessa área, além das baixas vazões, fazendo com que se tenha pouca diluição do material.

Lubenow et al. (2012) identificaram concentrações médias de *E. coli* acima dos limites estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA para classe 2 em quatro dos oito pontos monitorados em seu estudo. Esses pontos localizam-se à jusante de áreas urbanas, sendo que a contaminação pode, segundo os autores, ser explicada pela ocorrência do lançamento de efluentes nos cursos hídricos, bem como devido à presença de fezes de animais.

Na Figura 40, apresenta-se a diluição das cargas médias de *E. coli* nas curvas de permanência, bem como os limites das classes de enquadramento de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

Figura 40 – Curvas de permanência das concentrações de *Escherichia coli* (NMP/100 mL) para as áreas de estudo e limites de concentração conforme as classes de enquadramento dos corpos hídricos, segundo Resolução 357/2005 do CONAMA.



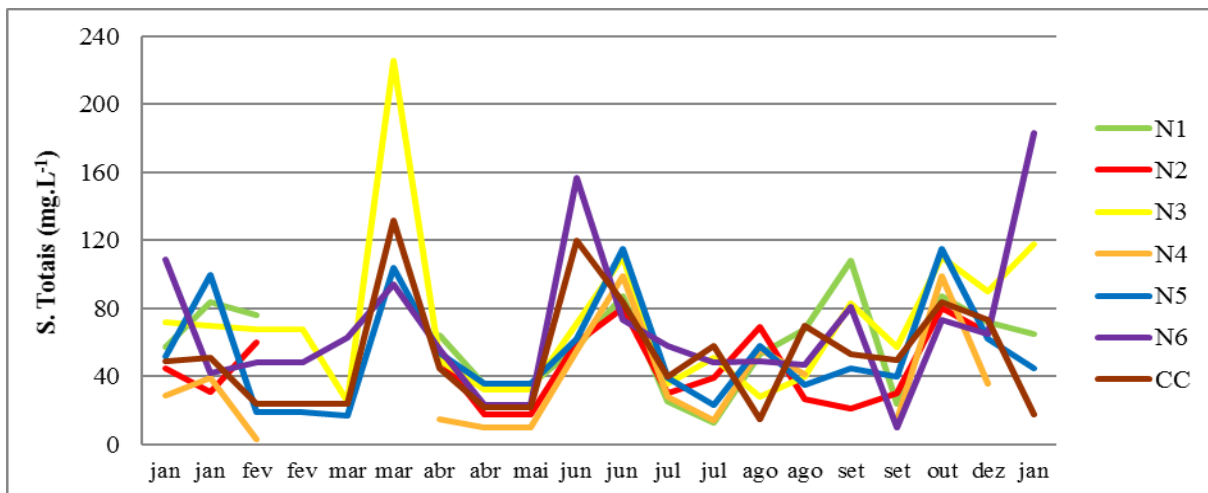
Com base na Figura 40, nota-se que o exutório (CC) permaneceu dentro dos limites estipulados pela Resolução 357/2005 para classe 1 em cerca de 13% do período monitorado, 67% na classe 2, 18% na classe 3 e 2% na classe 4. Em contrapartida, a N5 classificou-se como classe 2 em aproximadamente 20% do tempo de permanência, estando outros 80% do tempo abaixo do limite para classe 1. A N1 permaneceu em 98% do tempo como classe 1 e outros 2% como classe 2. As demais nascentes N2, N3 e N4, mantiveram-se com qualidade equivalente à classe 1 em todo o período monitorado.

Já a N6 verificou-se pior qualidade com relação às demais áreas em termos de *Escherichia coli*, estando classificada como classe 2 em 7% do tempo de permanência, 44% na classe 3 e 49% na classe 4 do CONAMA 357/2005, evidenciando a influência dos efluentes produzidos pelas residências rurais.

### 6.2.8 Sólidos Totais, em Suspensão e Dissolvidos

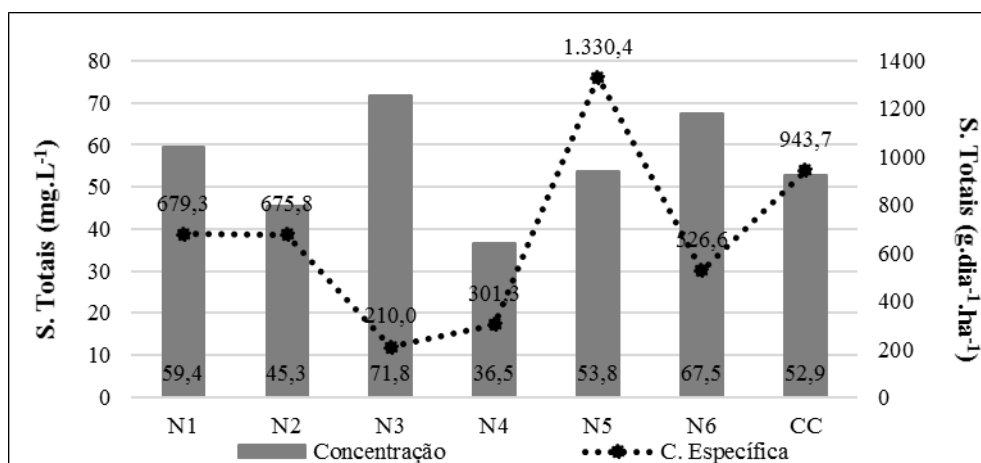
Na Figura 41 apresentam-se os resultados da distribuição das concentrações obtidas para a variável sólidos totais (ST) nas águas das nascentes e do exutório durante o período monitorado.

Figura 41 – Variação dos sólidos totais ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) das águas das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016.



As concentrações médias de ST, as quais corresponderam a 59,4, 45,3, 71,8, 36,5, 53,8, 67,5 e 52,9  $\text{mg.L}^{-1}$  para as nascentes e o exutório podem ser verificadas na Figura 42, assim como as cargas específicas médias das respectivas áreas.

Figura 42 – Médias das concentrações ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e das cargas específicas ( $\text{g.dia}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ ) de sólidos totais da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat.



Nota-se que as maiores concentrações foram encontradas nas nascentes N3 e N6. Com relação à N3, essas concentrações podem estar associadas com o fato de essa área permitir o acesso de animais, especialmente o gado, o que condiciona o pisoteio nessas águas e, assim, facilitando o aumento da concentração de sedimentos na mesma, como citado anteriormente. Já para a N6, os valores podem ter relação com o acúmulo de matéria orgânica proveniente

das vegetações presente nessas águas, assim como em função do carreamento de partículas de material superficial contidos nos solos até o curso d'água da respectiva nascente.

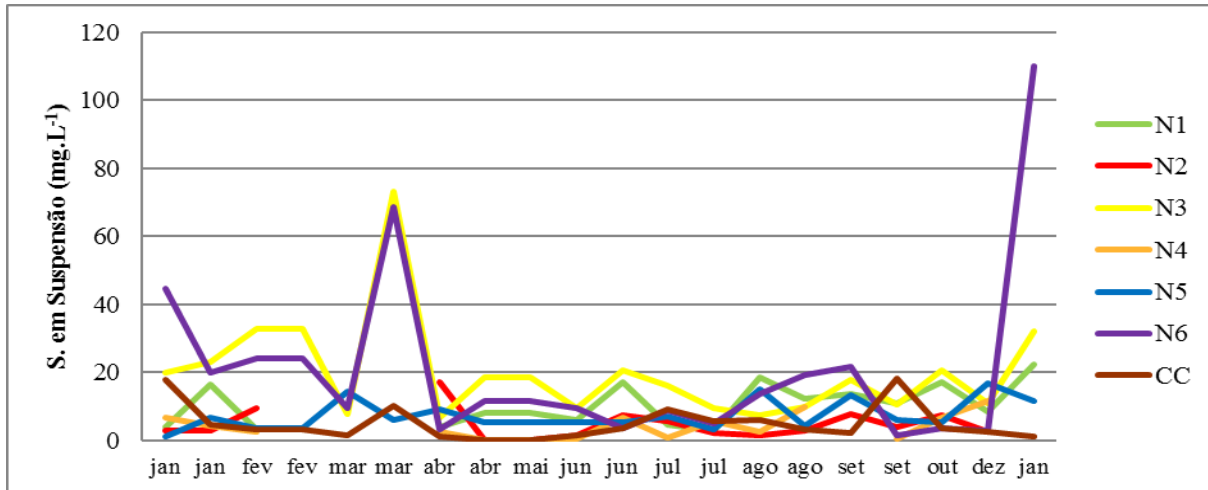
Em se tratando da N4, essa, por sua vez, apresentou as menores concentrações de ST em praticamente todo o período monitorado. Possivelmente em consequência da baixa concentração de SS, material particulado, sedimentos, sendo a maior parcela desses sólidos, aqueles decorrentes da degradação da matéria orgânica das vegetações contidas nessas águas, assim como da concentração de minerais provenientes da dissolução dos solos e rochas.

Porém, ao analisar a relação das concentrações com as cargas específicas médias, verifica-se que, de maneira geral, as cargas de ST foram semelhantes na maioria das nascentes, com exceção à N5. Possivelmente isso se deve às maiores vazões observadas nessa nascente, favorecendo a maior diluição das concentrações de ST nessa área.

Resultados similares foram encontrados por Agrizzi (2012), em que as concentrações de sólidos totais variaram de 62,9 à 32,4 mg.L<sup>-1</sup> nas oito nascentes analisadas. A nascente com maior concentração de ST correspondeu a aproximadamente o dobro dos demais resultados averiguados nas outras nascentes. Segundo o autor, o que condiciona esses resultados seria o revolvimento do solo por animais que eventualmente alcançam o corpo d'água para a dessedentação, além das partículas provenientes da parte aérea das árvores que se encontram nas adjacências da nascente. Pinto et al. (2012) constataram resultados de 0, 728, 94, 68 e 24 mg.L<sup>-1</sup> para ST em cinco nascentes sob diferentes usos do solo em seu entorno.

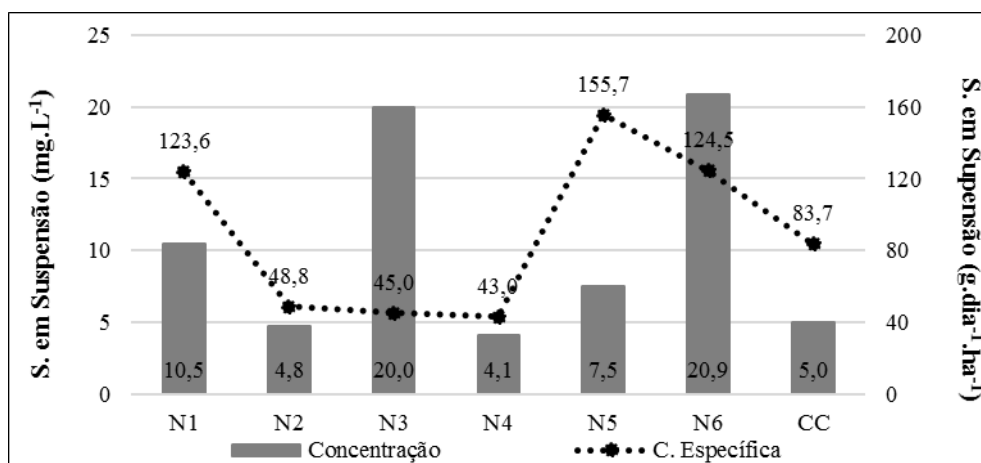
Dando seguimento, a Figura 43 exhibe a variação das concentrações de sólidos (SS) em suspensão nas áreas investigadas durante o período de análise.

Figura 43 – Variação dos sólidos em suspensão ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) das águas das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016.



Verificam-se, a partir da Figura 44, as médias das concentrações de SS, as quais variaram de 4,1 a 20,9  $\text{mg.L}^{-1}$ , para as nascentes N1, N2, N3, N4, N5, N6 e o exutório, bem como as cargas específicas médias das áreas correspondentes.

Figura 44 – Médias das concentrações ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e das cargas específicas de sólidos em suspensão ( $\text{g.dia}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ ) da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat.



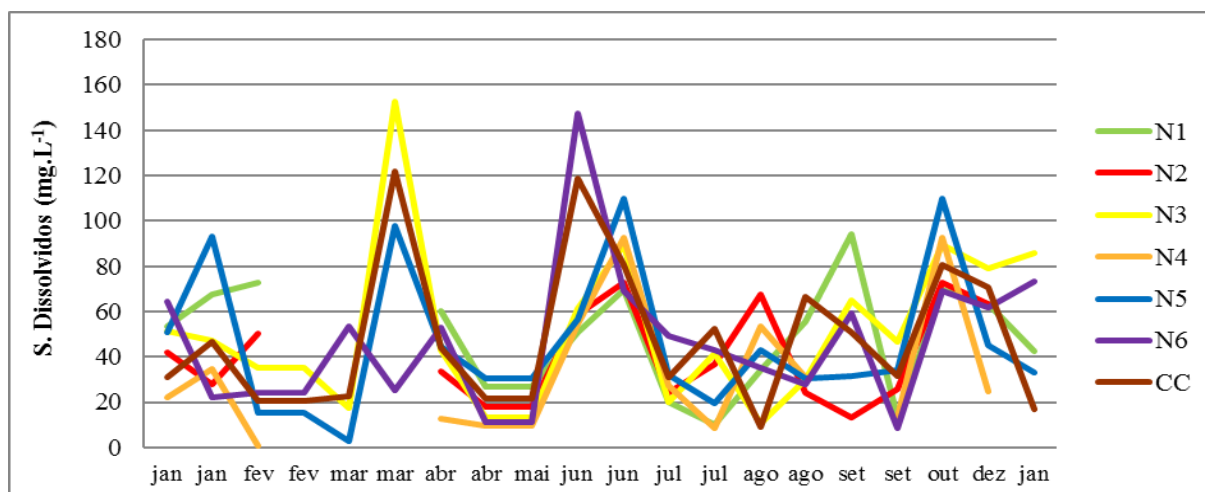
De modo geral, as nascentes apresentaram baixas concentrações de SS ao longo do período monitorado. Possivelmente, essa condição está relacionada com a origem dessas áreas ser resultado das águas subterrâneas, estando pouco expostas às partículas superficiais das áreas de drenagem em que estão inseridas. Além disso, o escoamento dessas águas é de caráter lântico, diminuindo a capacidade em romper as estruturas dos solos.

É possível verificar, também, que assim como para a turbidez, a N3 demonstrou elevadas concentrações de SS, em relação às demais áreas. Possível consequência do pisoteio do gado nas águas dessa nascente, aumentando o acúmulo de material em suspensão, situação semelhante àquela constatada por Agrizzi (2012). Quanto à N6, os resultados podem estar vinculados às partículas resultantes da decomposição das vegetações encontradas nessas águas, bem como pelos fragmentos de solo oriundos do arraste de material superficial. Observam-se, ainda, os baixos valores para as nascentes N4 e N2, possível decorrência de fontes difusas, associadas às baixas vazões e consequente menor diluição das concentrações de sedimentos.

Valente (2013) identificou concentrações médias de SS de  $11,4 \text{ mg.L}^{-1}$  para microbacia de campo e  $9,0 \text{ mg.L}^{-1}$  para microbacia com cobertura de eucalipto. Segundo o autor, os maiores resultados de SS ocorreram durante o período em que foram registrados os menores volumes de precipitação incidente na área, e, portanto, menores níveis d'água nos cursos hídricos, indo de encontro aos resultados observados nesta pesquisa.

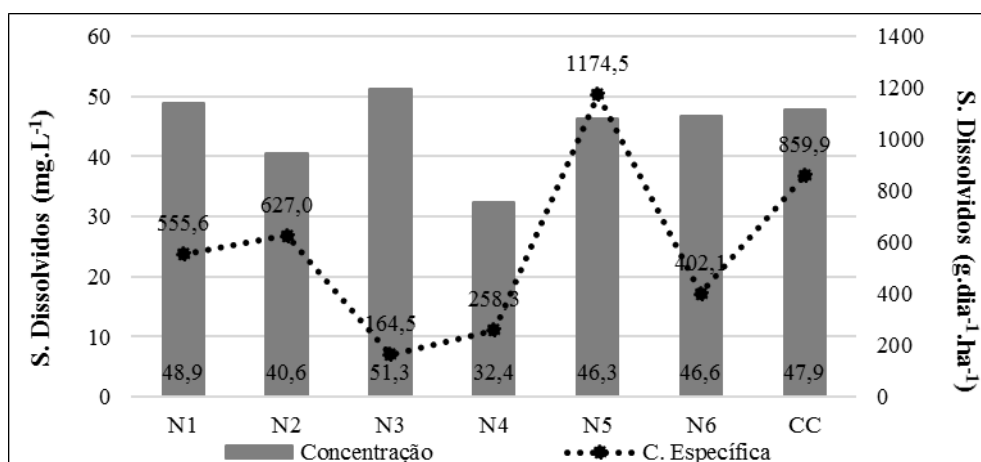
Na sequência, estão apresentados na Figura 45, os resultados referentes às concentrações de sólidos dissolvidos (SD) para as áreas analisadas, durante o período monitorado.

Figura 45 – Variação dos sólidos dissolvidos ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) das águas das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat para o período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016.



A Figura 46 apresenta as médias das concentrações e as cargas específicas médias de SD das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat.

Figura 46 – Médias das concentrações ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e das cargas específicas ( $\text{g.dia}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ ) de sólidos dissolvidos da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat.



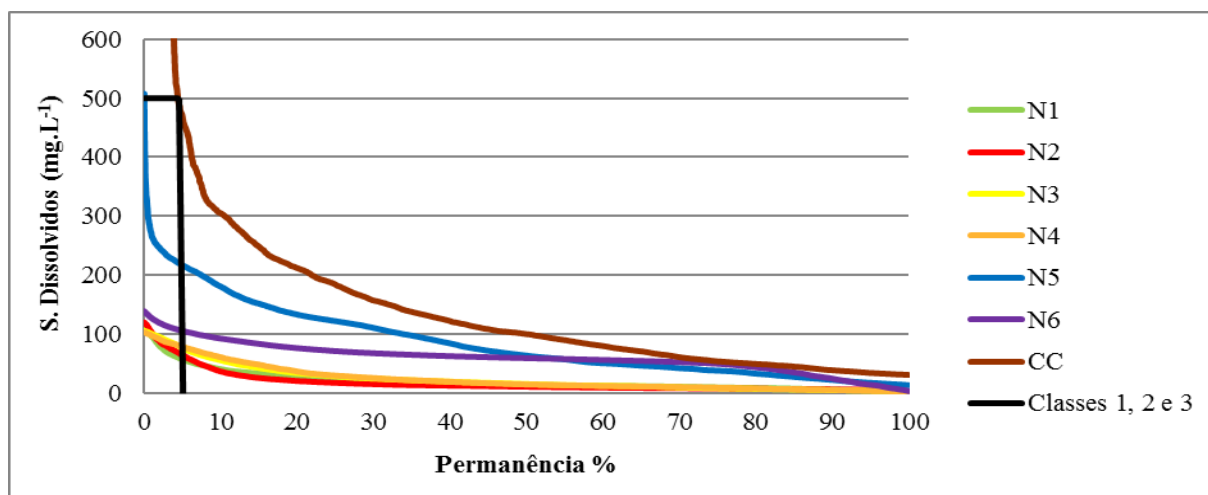
Observa-se que de modo geral, as nascentes apresentaram concentrações de SD superiores aos de SS, explicando as maiores concentrações de ST nessas áreas. Essa condição pode estar vinculada à baixa influência de escoamento superficial, o que ocasionaria o aporte de sedimentos em suspensão aos cursos d'água monitorados. Verifica-se, ainda, que a fração de SD apresentou comportamento semelhante à condutividade elétrica, sendo essa variável sensível às concentrações de SD, assim como observado por Marmontel (2014). Agrizzi (2012), também constatou que em todas as nascentes monitoradas, os SD apresentaram-se superiores aos SS, sendo esse comportamento, reflexo das características da água subterrânea que as nascentes possuem, em que na maior parte dos casos não apresenta SS.

Portanto, nota-se que essa circunstância (SD em maiores concentrações que os SS), provavelmente é função do escoamento de base, em que as concentrações de minerais são mais relevantes, uma vez que são originadas da dissolução de solos e rochas (CETESB, 2009).

Na Figura 47 apresentam-se as cargas médias de sólidos dissolvidos das áreas analisadas, diluídas nas curvas de permanência, conforme as classes de enquadramento da Resolução 357/2005 do CONAMA.



Figura 47 – Curvas de permanência das concentrações de sólidos dissolvidos ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) para as áreas de estudo e limites de concentração conforme as classes de enquadramento dos corpos hídricos, segundo Resolução 357/2005 do CONAMA.



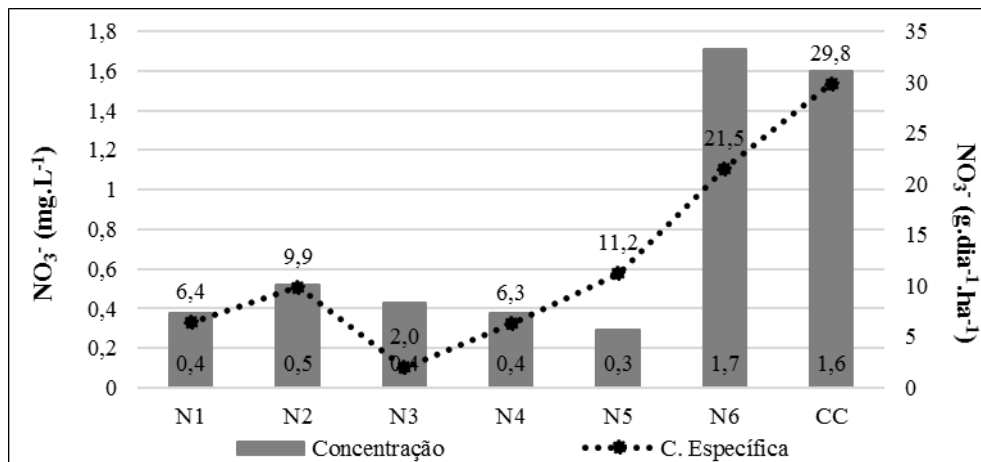
No que tange o enquadramento das nascentes e do respectivo exutório baseado na Resolução 357/2005 do CONAMA para o parâmetro sólidos dissolvidos, percebe-se a partir da Figura 47, que todas as áreas apresentaram pouca influência dessa variável na qualidade das águas. Nota-se, também, que as nascentes N1, N2, N3, N4 e N6 permaneceram dentro dos limites para as classes 1, 2 e 3 em todo o período analisado, considerando a concentração máxima equivalente a  $500 \text{ mg.L}^{-1}$ . Com relação a N5, essa esteve abaixo dos limites em 99% do tempo monitorado. Já o corpo hídrico localizado na Calha Champangat apresentou qualidade compatível para as classes 1, 2 e 3, em 95% do tempo monitorado.

### 6.2.9 Ânions (fosfato, nitrito, nitrato, sulfato e cloreto)

No decorrer dos primeiros meses do monitoramento (janeiro a abril) não foi possível a realização das análises dos ânions em virtude de alguns imprevistos com o laboratório responsável pelas análises. Dessa forma, a aquisição dos dados teve início na oitava coleta (29 de abril). Com o término do projeto Saúde da Água no final do mês de outubro, as análises tiveram que ser encerradas no mesmo período, assim, totalizando 10 coletas. Cabe salientar que os parâmetros fosfato e nitrito não apresentaram resultados em função das concentrações obtidas serem menores que o limite de detecção do método utilizado.

A Figura 48 apresenta os resultados médios das concentrações e das cargas específicas observadas para a variável nitrato.

Figura 48 – Médias das concentrações ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e das cargas específicas ( $\text{g.dia}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ ) de nitrato da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat.



Com relação ao nitrato, não foram verificadas altas concentrações durante o período monitorado, tendo variações médias entre  $0,3$  e  $1,7 \text{ mg.L}^{-1}$ . Resultados semelhantes àqueles encontrados por Jardim (2010) em nascentes localizadas em meio à mata ciliar. Contudo, percebem-se as maiores concentrações na nascente N6 e na Calha Champagnat. Para a N6 o que pode estar contribuindo aos resultados é o tratamento insuficiente dos efluentes domésticos por parte das residências localizadas à montante da nascente, favorecendo a contaminação subterrânea. Outro fator pode ser as áreas agrícolas também à montante em que o uso de fertilizantes contribui para o aumento de nitrogênio nos cursos d'água.

Pinto et al. (2012) verificaram concentração de  $11,1 \text{ mg.L}^{-1}$  de nitrato para nascente localizada em meio à residências. Conforme os autores, a possível explicação se deve à ausência de tanques sépticos nas casas à montante dessa nascente, em que os efluentes sanitários somados ao despejo de resíduos orgânicos domiciliares podem ter percolado para o lençol freático.

No estudo de Marmontel (2014) observou-se concentrações de nitrato similares, variando entre  $0,1$  e  $1,9 \text{ mg.L}^{-1}$  em nascentes com presença de cobertura florestal no entorno. Já para nascente com predominância de pastagem e ocupação de gado, as concentrações de nitrato variaram entre  $1,9$  e  $16 \text{ mg.L}^{-1}$ , possivelmente em decorrência da ausência de mata ciliar, além do uso de fertilizantes nitrogenados e dos excrementos dos animais que acabam sendo carregados para o curso d'água.

Quanto ao exutório, as concentrações podem estar associadas a toda área da microbacia contribuir nos valores de nitrato, uma vez que ela possui áreas agrícolas em que possivelmente são utilizados fertilizantes baseados em nitrogênio, além das residências sem

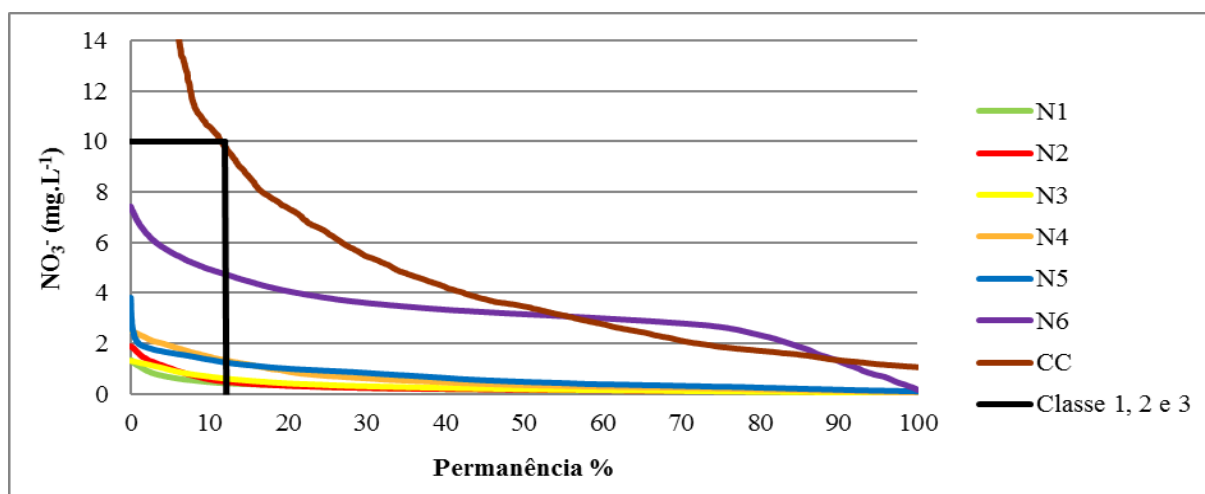
coleta e tratamento de efluentes, como citado anteriormente. As demais nascentes apresentaram resultados semelhantes em termos de nitrato.

Pontes et al. (2012) identificaram concentrações de nitrato abaixo dos limites ( $10 \text{ mg.L}^{-1}$ ) desejáveis segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA para as classes 1, 2 e 3 nos nove pontos monitorados. Possivelmente os resultados são consequência de dejetos orgânicos lançados ao meio ambiente. Exceção foi observada em ponto que recebe efluente industrial durante o período chuvoso, onde as concentrações superaram  $35 \text{ mg.L}^{-1}$ .

De modo geral, não foram detectadas altas concentrações de nitrato nas áreas de estudo. De acordo com Carvalho (2001), altos valores deste elemento indica a ocorrência de poluição recente, devido à rápida oxidação do nitrogênio na água, principalmente em decorrência das bactérias nitrificantes.

Na Figura 49 apresenta-se as curvas de permanência das seis nascentes analisadas e do exutório para a variável nitrato, de acordo com as classes de enquadramento da Resolução 357/2005 do CONAMA.

Figura 49 – Curvas de permanência das concentrações de nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) para as áreas de estudo e limites de concentração conforme as classes de enquadramento dos corpos hídricos, segundo Resolução 357/2005 do CONAMA.

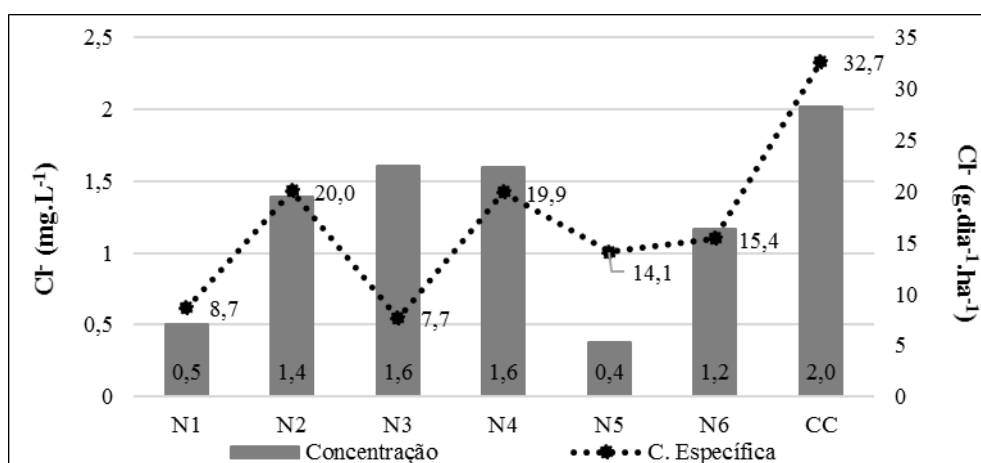


A partir da Figura 49, observa-se que, de modo geral, todas as nascentes estiveram dentro dos limites de enquadramento para o parâmetro nitrato em todas as classes da Resolução 357/2005 do CONAMA durante todo o período monitorado, inclusive a N6, aquela que obteve as maiores concentrações dessa variável. Em contrapartida, o corpo hídrico

localizado na Calha Champgnat demonstrou concentrações acima do limite para as classes 1, 2 e 3 em aproximadamente 12% do tempo de permanência.

Quanto aos resultados médios referentes às concentrações e cargas específicas de cloreto, esses, podem ser constatados na Figura 50.

Figura 50 – Médias das concentrações ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e das cargas específicas ( $\text{g.dia}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ ) de cloreto da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champgnat.

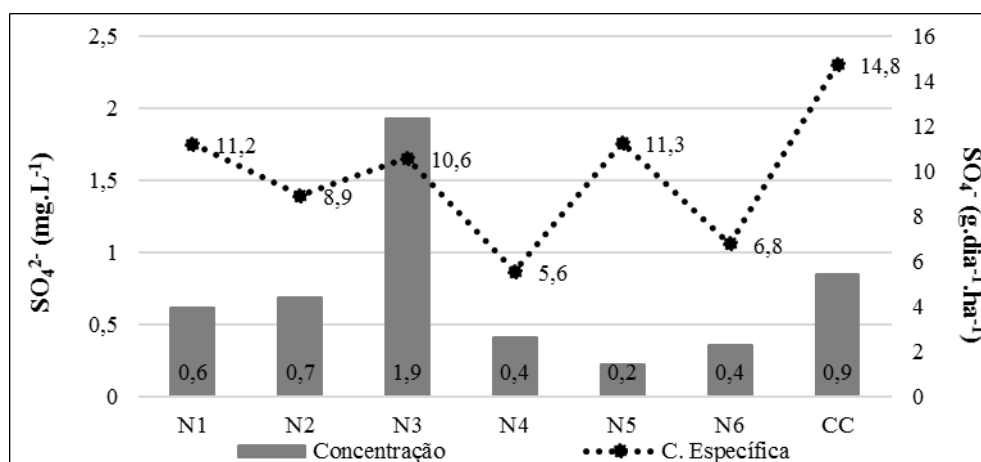


As médias das concentrações de cloreto nas áreas analisadas variaram entre 0,5 a 2,0  $\text{mg.L}^{-1}$  em todo o período monitorado. De modo geral, estiveram bem abaixo dos limites estabelecidos para classe 1 da Resolução do CONAMA 357/2005, sendo essa, de 250  $\text{mg.L}^{-1}$ , assim como para o padrão de aceitação que visa o consumo humano, determinado pela Portaria n° 2914/2011 do Ministério da Saúde, também de 250  $\text{mg.L}^{-1}$ .

Valente (2013) identificou concentrações médias semelhantes para cloreto em áreas de campo e eucalipto, variando entre 2,4 e 2,5  $\text{mg L}^{-1}$ , respectivamente, sendo que a maior oscilação das concentrações ocorreu na área de eucalipto durante os meses de inverno. Jardim (2010) detectou concentrações de cloreto de 6,5  $\text{mg.L}^{-1}$  em período seco e 2,0  $\text{mg.L}^{-1}$  no período de chuvas em nascente classificada como degradada, onde ocorre o lançamento de efluente e há perturbação na mata ciliar. Segundo o autor, a possível explicação para essas concentrações é devido ao despejo de esgoto doméstico na nascente, sendo que a variação nos valores se dá em função da diluição dos efluentes no período de chuvas.

A respeito dos resultados referentes às concentrações e cargas específicas médias do sulfato, esses, podem ser identificados na Figura 51.

Figura 51 – Médias das concentrações ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e das cargas específicas ( $\text{g.dia}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ ) de sulfato da água das nascentes e do exutório localizado na Calha Champagnat.



Consonante com a Figura 51, percebe-se que as concentrações médias variaram entre  $0,2$  e  $1,9 \text{ mg.L}^{-1}$  nas áreas investigadas, onde os maiores resultados encontram-se na nascente N3. Possivelmente, o que indica tais valores, é a dissolução de rochas e do solo, sendo essa a principal fonte de sulfato em águas superficiais. Resultados similares foram detectados por Valente (2013).

Já a nascente N5, a qual obteve as menores concentrações de sulfato, é possível verificar a maior carga específica média ( $11,3 \text{ mg.dia}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ ). Provavelmente essa característica é resultante das maiores vazões identificada nessa área, o que acarreta na maior diluição de tal variável, como citado anteriormente para os demais parâmetros e, comumente um comportamento constante nas áreas estudadas.

Por fim, nota-se que as concentrações de sulfato estiveram dentro do limite de enquadramento para classes 1, 2 e 3, conforme a Resolução 357/2005 do CONAMA, a qual corresponde a  $250 \text{ mg.L}^{-1}$ .

### 6.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA

Os resultados médios dos Índices de Qualidade da Água para as áreas monitoradas e suas respectivas classificações de acordo com as metodologias propostas pela *National Sanitation Foudantion* (NSF) (OTT, 1978) estão apresentados na Tabela 18. Ressalta-se que, em virtude da carência de dados para a  $\text{DBO}_{5,20}$ , fez-se a redistribuição de pesos de acordo com a proporção de pesos das variáveis restantes. Quanto ao fósforo, em razão de esse

parâmetro não ter sido identificado por meio da metodologia analítica empregada, utilizou-se o limite de detecção correspondente, equivalente a 0,05 mg.L<sup>-1</sup>.

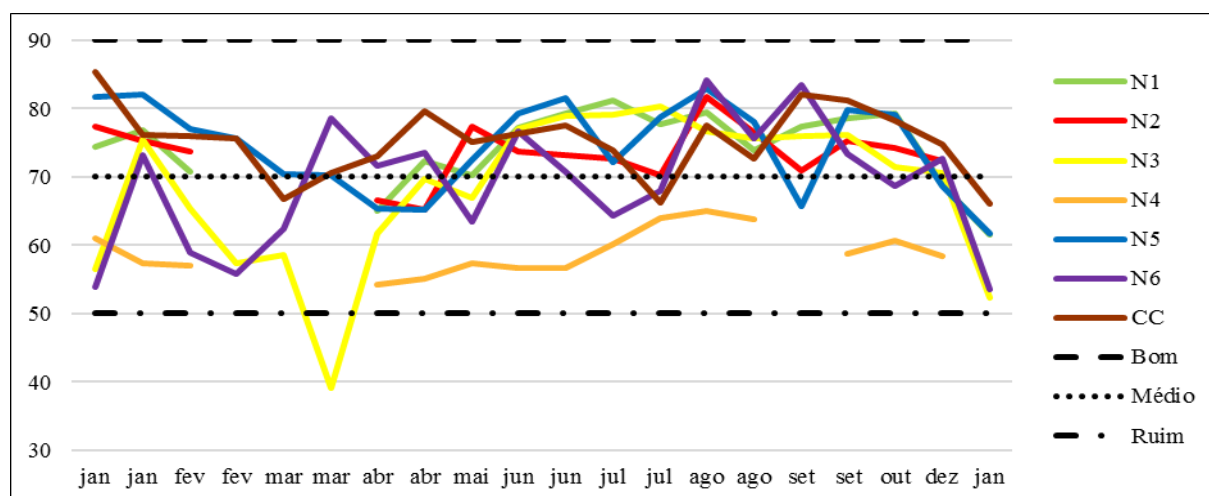
Tabela 18 – Índices da Qualidade das Águas médio e as respectivas classificações das áreas monitoradas.

Áreas	IQA Médio	Classificação IQA
N1	74,35	Bom
N2	73,53	Bom
N3	68,25	Médio
N4	59,07	Médio
N5	74,41	Bom
N6	69,13	Médio
CC	75,26	Bom

Nota-se que os resultados médios obtidos para o IQA variaram entre as classificações médias para as nascentes N3, N4 e N6, e bom, para a N1, N2, N5 e CC. Possivelmente essa situação está associada à sensibilidade das respectivas áreas, em relação à variação das concentrações dos parâmetros utilizados no monitoramento.

Na sequência a Figura 52 apresenta a distribuição do IQA ao longo do período monitorado para as nascentes e o respectivo exutório (Calha Champagnat).

Figura 52 – Distribuição do IQA das áreas monitoradas ao longo do período de análise.



Observa-se que, de modo geral, as áreas apresentaram índice considerado médio e bom na maior parte do tempo. A nascente N4 enquadrou-se com qualidade da água de índice

médio em todo o período monitorado. Provavelmente esse fator é consequência das menores concentrações de OD e pH nessa nascente, como mencionado nas discussões anteriores, sendo essas as variáveis de maior importância no IQA, fato também verificado por Agrizzi (2012). Quanto a N3, a qual apresentou IQA variando entre os índices médio, ruim e bom, pode ter relação com a matéria orgânica presente no curso d'água, uma vez que os animais, especialmente o gado, tem livre acesso à área e, possivelmente, os dejetos produzidos contaminam a nascente fazendo com que as concentrações de OD diminuam, além de aumentar as cargas de *E. coli*. A Turbidez demonstrou-se elevada nessa área, possivelmente em função dos processos erosivos e do pisoteio do gado no curso d'água, influenciando no cálculo do IQA. Os resultados referentes a N6 podem ser em razão, principalmente, das altas concentrações de *E. coli* presentes nas águas, assim como pelo pH e pelos sedimentos.

Percebe-se, também, os menores índices de qualidade de água nos meses de fevereiro e março de 2015, especialmente na nascente N3. Possivelmente essa condição está associada às baixas precipitações e, conseqüente vazões, registradas nesse período, o que pode ter ocasionado menores concentrações de OD devido a menor aeração dos cursos d'água monitorados (CETESB, 2009). Outro fator pode estar nas concentrações mais elevadas de *E. coli*, as quais influenciam fortemente no cálculo do IQA. Nota-se, ainda, que após esse período o índice demonstrou certa regularidade em todas as áreas, voltando a decair em janeiro de 2016. Essa situação pode ter relação com a diluição dos parâmetros qualitativos, como referido por Cruz (2001).

Os índices médios, de modo geral, foram superiores aos observados na pesquisa de Pontes et al. (2012) em nove pontos distribuídos ao longo do córrego Banguelo, sub-bacia do Ribeirão do Onça, MG, sob diferentes usos e ocupações dos solos. Os autores obtiveram IQA's médios variando entre as classificações ruins e médio, com valores entre 28,4 e 63,7. Possível consequência do lançamento de efluentes aos cursos hídricos devido à expansão urbana sem planejamento, das atividades agrícolas e pecuárias, processos erosivos e do desmatamento.

Pinto et al. (2012) avaliaram o IQA em cinco nascentes sob diferentes usos e ocupações do solo e verificaram que a nascente considerada perturbada foi a que apresentou melhor índice médio de qualidade da água (90,64), correspondendo a uma qualidade ótima, diferentemente dos resultados alcançados nesta pesquisa, especialmente para a N3, considerada degradada. As demais nascentes apresentaram IQA médio equivalente a qualidade boa, onde a nascente com pastagem obteve valor de 58,07, a nascente com café, 58,75, nascente com casas, 65,19, e a nascente com policultivo, 75,02.

Aguzzi (2012) observou os melhores índices de qualidade da água nas nascentes cercadas e localizadas em meio à APP's, assim como para as nascentes N1 e N2, obtendo classificação boa. Porém, duas das oito nascentes analisadas apresentaram IQA médio em classificação aceitável, essas, por sua vez encontram-se em áreas que apresentam livre acesso de animais, resultado que pode ser comparado à nascente N3.

Zanini et al. (2010) ao analisar a qualidade da água de nascente situada no município de Monte Alto, SP, pertencente do Córrego Rico, verificaram que, assim como nesta pesquisa, as águas apresentaram qualidade média classificada como boa, com valor médio anual de 75,9. Segundo os autores, os resultados referem-se à localidade em que se encontra a nascente, estando em situação preservada.

Manoel e Carvalho (2013) utilizaram o IQA para avaliar a qualidade da água de duas nascentes na microbacia do Córrego Caçula, município de Ilha Solteira, SP. Identificaram que a nascente com alto grau de degradação, caracterizada pela ausência de APP, pelo leito raso e alagado, onde ocorre a ocupação de espécies vegetais invasoras, além do pisoteio do gado, o IQA classificou-se com qualidade boa na estação seca e regular na estação chuvosa. A outra nascente, onde há a formação de um represamento, sendo a montante composta por mata ciliar, seguido de cultura da cana-de-açúcar e de aglomerado de lotes rurais, obteve IQA com padrão bom nas duas estações verificadas.

#### 6.4 ANÁLISE DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO

A seguir estão apresentadas as matrizes de correlações entre os parâmetros físicos, químicos e biológicos das seis nascentes analisadas, assim como do exutório localizado na Calha Champagnat. Salienta-se que as variáveis nitrito e fosfato não integraram as matrizes de correlações em consequência de não terem sido detectadas pelas metodologias utilizadas durante o período monitorado. As variáveis DBO<sub>5,20</sub>, nitrato, cloreto e sulfato também não compuseram as matrizes, pois tais elementos apresentaram ausência de grande amostragem de dados, ocasionando pouca influência nas correlações.

Na Tabela 19, observa-se a matriz de correlação de Pearson da nascente N1, onde os coeficientes em destaque são aqueles que apresentaram correlação igual ou superior a 0,5, essa considerada moderada a forte.



Tabela 19 – Matriz de Correlação (coeficientes de correlação de Pearson) entre as variáveis químicas, físicas e biológicas analisadas na nascente N1.

	Temp	OD	pH	CE	Turb	CT	<i>E. coli</i>	ST	SS	SD
<b>Temp</b>	1,00									
<b>OD</b>	<b>-0,70</b>	1,00								
<b>pH</b>	0,27	-0,31	1,00							
<b>CE</b>	0,18	-0,28	<b>0,61</b>	1,00						
<b>Turb</b>	-0,43	-0,01	0,24	-0,09	1,00					
<b>CT</b>	<b>0,57</b>	<b>-0,82</b>	0,33	0,27	0,06	1,00				
<b><i>E. coli</i></b>	0,31	-0,22	<b>0,56</b>	0,28	-0,12	0,47	1,00			
<b>ST</b>	0,16	-0,28	0,33	0,14	0,42	0,04	0,05	1,00		
<b>SS</b>	-0,01	-0,39	-0,01	0,08	0,35	0,06	-0,33	0,47	1,00	
<b>SD</b>	0,18	-0,21	0,37	0,13	0,37	0,03	0,14	<b>0,97</b>	0,26	1,00

Na matriz de correlação para a N1, nota-se fortes correlações entre as variáveis Temp-OD (-0,70), OD-CT (-0,82) e ST-SD (0,97), seguidas das correlações moderadas entre Temp-CT (0,57), pH-CE (0,61) e pH-*E. coli* (0,56). Esses resultados sugerem uma possível influência de processos ambientais na qualidade das águas, como o intemperismo resultante da dissolução de minerais contidos em solos e rochas. Somam-se os possíveis processos de decomposição microbiológica da matéria orgânica.

Na Tabela 20 apresenta-se a matriz das correlações de Pearson para as variáveis da nascente N2.

Tabela 20 – Matriz de Correlação (coeficientes de correlação de Pearson) entre as variáveis químicas, físicas e biológicas analisadas na nascente N2.

	Temp	OD	pH	CE	Turb	CT	<i>E. coli</i>	ST	SS	SD
<b>Temp</b>	1,00									
<b>OD</b>	-0,37	1,00								
<b>pH</b>	-0,12	0,22	1,00							
<b>CE</b>	-0,10	0,03	0,04	1,00						
<b>Turb</b>	0,32	0,04	0,04	0,16	1,00					
<b>CT</b>	0,29	-0,37	-0,40	-0,08	0,25	1,00				
<b><i>E. coli</i></b>	-0,28	0,29	-0,04	-0,30	0,28	0,11	1,00			
<b>ST</b>	0,46	-0,30	0,31	-0,06	0,09	0,03	-0,22	1,00		
<b>SS</b>	0,32	-0,49	-0,22	0,08	0,40	<b>0,53</b>	-0,04	0,28	1,00	
<b>SD</b>	0,41	-0,21	0,36	-0,07	0,01	-0,08	-0,22	<b>0,98</b>	0,08	1,00

Para a N2, verifica-se correlação forte entre as variáveis ST-SD (0,98) e correlação moderada para as variáveis CT-SS (0,53). Nota-se um baixo número de correlação, o que pode apontar uma possível proteção florestal na qualidade das águas dessa nascente.

Na Tabela 21 apresenta-se a matriz das correlações de Pearson para as variáveis da nascente N3.

Tabela 21 – Matriz de Correlação (coeficientes de correlação de Pearson) entre as variáveis químicas, físicas e biológicas analisadas na nascente N3.

	Temp	OD	pH	CE	Turb	CT	<i>E. coli</i>	ST	SS	SD
Temp	1,00									
OD	<b>-0,83</b>	1,00								
pH	0,49	-0,40	1,00							
CE	<b>0,56</b>	<b>-0,77</b>	0,18	1,00						
Turb	0,27	-0,49	0,07	<b>0,80</b>	1,00					
CT	0,32	-0,20	0,11	0,00	0,05	1,00				
<i>E. coli</i>	0,38	-0,05	0,11	0,04	0,11	<b>0,51</b>	1,00			
ST	0,27	<b>-0,58</b>	0,30	<b>0,63</b>	<b>0,74</b>	-0,01	-0,09	1,00		
SS	0,38	<b>-0,63</b>	0,09	<b>0,77</b>	<b>0,81</b>	0,04	-0,03	<b>0,83</b>	1,00	
SD	0,19	<b>-0,50</b>	0,34	<b>0,50</b>	<b>0,62</b>	-0,02	-0,10	<b>0,97</b>	<b>0,67</b>	1,00

Conforme a matriz para a N3, percebe-se altas correlações entre as variáveis Temp-OD (-0,83), OD-CE (-0,77), CE-Turb (0,80), CE-SS (0,77), Turb-ST (0,74), Turb-SS (0,81), ST-SS (0,83), ST-SD (0,97), seguido de correlações moderadas para as variáveis Temp-CE (0,56), OD-ST (-0,58), OD-SS (-0,63), OD-SD (-0,50), CE-ST (0,63), CE-SD (0,50), Turb-SD (0,62), CT-*E. coli* (0,51) e SS-SD (0,67). Essas correlações podem indicar a consequência da atividade pecuária exercida nas áreas dessa nascente, assim como a degradação da mesma.

Na Tabela 22 estão apresentados os coeficientes das correlações de Pearson para as variáveis da nascente N4.

Tabela 22 – Matriz de Correlação (coeficientes de correlação de Pearson) entre as variáveis químicas, físicas e biológicas analisadas na nascente N4.

	Temp	OD	pH	CE	Turb	CT	<i>E. coli</i>	ST	SS	SD
<b>Temp</b>	1,00									
<b>OD</b>	0,01	1,00								
<b>pH</b>	0,09	-0,43	1,00							
<b>CE</b>	0,05	0,04	-0,27	1,00						
<b>Turb</b>	0,20	0,40	0,04	0,24	1,00					
<b>CT</b>	-0,01	0,21	-0,49	0,14	-0,15	1,00				
<b><i>E. coli</i></b>	<b>0,53</b>	0,47	-0,10	0,10	<b>0,67</b>	0,18	1,00			
<b>ST</b>	-0,23	-0,44	0,33	-0,14	0,02	<b>-0,50</b>	-0,28	1,00		
<b>SS</b>	-0,09	-0,30	0,46	-0,04	0,22	<b>-0,52</b>	-0,20	0,39	1,00	
<b>SD</b>	-0,23	-0,42	0,29	-0,14	0,00	-0,46	-0,27	<b>0,99</b>	0,28	1,00

Para a N4, constata-se forte correlação entre as variáveis ST-SD (0,99) e correlações moderadas entre as variáveis Temp-*E. Coli* (0,53), Turb- *E. coli* (0,67), CT-SS (-0,50) e CT-SS (-0,52).

Na Tabela 23 apresentam-se os coeficientes das correlações de Pearson para as variáveis da nascente N5.

Tabela 23 – Matriz de Correlação (coeficientes de correlação de Pearson) entre as variáveis químicas, físicas e biológicas analisadas na nascente N5.

	Temp	OD	pH	CE	Turb	CT	<i>E. coli</i>	ST	SS	SD
<b>Temp</b>	1,00									
<b>OD</b>	<b>-0,74</b>	1,00								
<b>pH</b>	<b>0,76</b>	<b>-0,66</b>	1,00							
<b>CE</b>	0,39	<b>-0,58</b>	0,37	1,00						
<b>Turb</b>	-0,28	0,03	-0,18	0,29	1,00					
<b>CT</b>	0,36	-0,42	0,23	0,22	0,03	1,00				
<b><i>E. coli</i></b>	0,02	-0,10	-0,03	0,09	<b>0,65</b>	<b>0,61</b>	1,00			
<b>ST</b>	-0,11	-0,02	0,08	-0,14	-0,10	-0,05	-0,10	1,00		
<b>SS</b>	0,24	-0,29	0,18	0,18	0,41	0,36	0,45	-0,02	1,00	
<b>SD</b>	-0,14	0,02	0,05	-0,16	-0,15	-0,10	-0,16	<b>0,99</b>	-0,16	1,00

Para a matriz de correlação da N5, verificam-se altas correlações para as variáveis Temp-OD (-0,74), Temp-pH (0,76) e ST-SD (0,99), bem como correlações moderadas para as variáveis OD-pH (-0,66), OD-CE (-0,58), Turb-*E. coli* (0,65) e CT- *E. coli* (0,61). Tais correlações podem ser um indicativo de fatores externos na qualidade dessas águas, como

aqueles resultantes do acesso do gado às águas, bem como pela decomposição da matéria orgânica oriunda das vegetações e da dissolução dos solos encontrados nessa área de drenagem.

Na Tabela 24 apresenta-se a matriz das correlações de Pearson para as variáveis da nascente N6.

Tabela 24 – Matriz de Correlação (coeficientes de correlação de Pearson) entre as variáveis químicas, físicas e biológicas analisadas na nascente N6.

	Temp	OD	pH	CE	Turb	CT	<i>E. coli</i>	ST	SS	SD
Temp	1,00									
OD	<b>-0,67</b>	1,00								
pH	<b>0,53</b>	-0,49	1,00							
CE	-0,19	0,23	0,17	1,00						
Turb	0,28	-0,45	0,31	-0,31	1,00					
CT	<b>0,55</b>	<b>-0,50</b>	<b>0,52</b>	-0,26	<b>0,71</b>	1,00				
<i>E. coli</i>	0,34	-0,21	0,19	-0,19	0,24	<b>0,69</b>	1,00			
ST	0,22	-0,36	0,29	-0,34	<b>0,72</b>	0,46	0,09	1,00		
SS	0,49	-0,48	<b>0,51</b>	-0,22	<b>0,85</b>	<b>0,74</b>	0,24	<b>0,66</b>	1,00	
SD	-0,12	-0,08	-0,04	-0,27	0,26	0,00	-0,07	<b>0,78</b>	0,05	1,00

De acordo com a matriz para a N6 é possível observar fortes correlações entre as variáveis Turb-CT (0,71), Turb-ST (0,72), Turb-SS (0,85), CT-SS (0,74) e ST-SD (0,78), seguido de correlações moderadas entre as variáveis Temp-OD (-0,67), Temp-pH (0,53), Temp-CT (0,55), OD-CT (-0,50), pH-CT (0,52), pH-SS (0,51), CT-*E. coli* (0,69) e ST-SS (0,66). As correlações observadas podem apresentar indícios da contaminação microbiológica e orgânica derivados dos efluentes produzidos pelas residências rurais.

Na Tabela 25 apresentam-se os coeficientes das correlações de Person entre as variáveis do curso d'água localizado na Calha Champagnat.

Tabela 25 – Matriz de Correlação (coeficientes de correlação de Pearson) entre as variáveis químicas, físicas e biológicas analisadas na Calha Champagnat.

	Temp	OD	pH	CE	Turb	CT	<i>E. coli</i>	ST	SS	SD
Temp	1,00									
OD	<b>-0,76</b>	1,00								
pH	-0,05	0,09	1,00							
CE	0,20	-0,46	0,09	1,00						
Turb	-0,20	0,24	0,20	<b>-0,66</b>	1,00					
CT	0,16	-0,40	-0,08	-0,19	0,31	1,00				
<i>E. coli</i>	-0,21	0,15	-0,04	-0,26	<b>0,53</b>	0,17	1,00			
ST	-0,18	0,11	0,14	-0,24	0,17	-0,14	0,13	1,00		
SS	0,09	0,15	-0,03	-0,22	0,12	-0,28	-0,02	0,15	1,00	
SD	-0,20	0,08	0,14	-0,20	0,15	-0,10	0,14	<b>0,99</b>	0,00	1,00

Para a CC, notam-se altas correlações entre as variáveis Temp-OD (-0,76) e ST-SD (0,99) e correlações moderadas entre as variáveis CE-Turb (-0,66) e Turb-*E. coli* (0,53).

Observando as correlações das variáveis apresentadas para as áreas monitoradas é possível constatar que, de modo geral, em todas as áreas monitoradas houve semelhança nas correlações entre as variáveis ST-SD. O caso das correlações entre os sólidos evidencia a situação citada anteriormente, em que as concentrações de SD explicam as de ST. Essa condição indica a possibilidade da presença desse material nas águas ser influência de processos de lixiviação ou do escoamento de base, onde as concentrações são função da dissolução de minerais e matéria orgânica contidos nos solos e rochas, indo de encontro ao estudo de Pereira-Silva et al. (2011).

Percebe-se, também, as correlações entre as variáveis Temp-OD, onde apenas nas nascentes N2 e N4 não se fizeram representativas. Nota-se que tal correção apresentou-se inversamente proporcional, uma vez que a solubilidade de OD varia inversamente à temperatura (CETESB, 2009; FERREIRA e PÁDUA, 2010; LIBÂNIO, 2010).

Em se tratando da N3, essa foi a área que expressou o maior número de correlações entre as variáveis, tendo boa explicação para grande parte delas, principalmente, em função da série de sólidos. Possivelmente, o maior número de correlações está relacionado ao fato de essa área ser degradada, onde ocorre o impacto da atividade pecuária, e, as concentrações para boa parte dos parâmetros demonstrarem-se relevantes, como visto anteriormente. A N6 também indicou bom número de correlações entre as variáveis, destacando-se os coliformes totais. Assim como a N3, a N6 caracterizou-se impactada, consequência dos efluentes

produzidos pelas residências rurais, apresentando concentrações significativas na maioria das variáveis analisadas.

O menor número de correlações pôde ser verificado para as nascentes N2 e N4 e, também, para o exutório. As correlações geralmente manifestam-se quando os dados usados para a determinada análise demonstram-se expressivos, considerando o determinado objeto de estudo. Nesse sentido, as áreas mencionadas revelaram-se pouco impactadas, refletindo os resultados das matrizes de correlações correspondentes.

## 6.5 TESTE DE ADEQUACIDADE KMO

O teste de adequacidade *Kaiser Meyer Olkin* (KMO) ou *Measure of Sampling Adequacy* (MSA), assim como a matriz anti-imagem, foram utilizados com a finalidade da consistência geral dos dados de cada área analisada, de forma a atender aos requisitos fundamentais para a análise fatorial.

Nesse contexto, na Tabela 26 apresentam-se os resultados preliminares de KMO e o nível de significância da amostra para a nascente N1. O nível de significância indica o grau em que o resultado é considerado “verdadeiro” (representativo dentro da população), adotando-se costumeiramente o nível de 0,05 como um limite aceitável de erro (HAIR, et al. 2005).

Tabela 26 – Índice KMO e significância dos dados para a nascente N1.

<b>Medida <i>Kaiser-Meyer-Olkin</i> de adequação de amostragem</b>	0,334
<b>Significância</b>	0,000

De acordo com a Tabela 26, o valor de KMO encontrado para a nascente N1 revelou-se insuficiente, fazendo-se necessária a extração das variáveis que apresentaram menor medida de adequação por meio da matriz anti-imagem.

Na Tabela 27 está apresentada a matriz anti-imagem produzida para a nascente N1. Ressalta-se a não utilização das variáveis DBO<sub>5,20</sub>, fosfato, nitrito, nitrato, sulfato e cloreto.

Tabela 27 – Matriz anti-imagem das variáveis químicas, físicas e biológicas para a nascente N1.

	Temp	OD	pH	CE	Turb	CT	<i>E. coli</i>	ST	SS	SD
Temp	<b>0,43</b>									
OD	0,30	<b>0,65</b>								
pH	-0,47	0,21	<b>0,34</b>							
CE	0,48	-0,09	-0,75	<b>0,25</b>						
Turb	0,72	-0,18	-0,68	0,64	<b>0,20</b>					
CT	-0,26	0,75	0,45	-0,39	-0,58	<b>0,41</b>				
<i>E. coli</i>	0,31	-0,32	-0,65	0,41	0,54	-0,62	<b>0,33</b>			
ST	0,38	-0,13	-0,44	0,44	0,50	-0,32	0,36	<b>0,34</b>		
SS	-0,38	0,13	0,44	-0,44	-0,50	0,32	-0,36	-1,00	<b>0,18</b>	
SD	-0,38	0,13	0,44	-0,44	-0,50	0,32	-0,36	-1,00	1,00	<b>0,32</b>

Na matriz anti-imagem da Tabela 27, notam-se, em destaque, os baixos valores de adequação para as variáveis Turbidez e Sólidos em Suspensão. Conforme a metodologia sugerida por Hair et al. (2005), realizou-se a extração dessas variáveis por tratarem-se dos menores resultados de MSA visualizados na diagonal principal em destaque, alcançando índice KMO de 0,591 e, classificando-se como adequação medíocre dos dados, sendo essa, aceitável conforme as recomendações de Andrade et al. (2003).

Para a nascente N2, a matriz anti-imagem indicou a exclusão de quatro variáveis, entre elas os Sólidos em Suspensão, Coliformes Totais e Turbidez, obtendo o índice KMO de 0,534 e significância 0,000, o que representa adequação medíocre da amostra de dados, segundo os critérios estabelecidos por Andrade et al. (2003).

Quanto a nascente N3, eliminou-se a variável Sólidos Dissolvidos, acarretando na melhora da adequabilidade dos dados em relação às áreas anteriores, alcançando índice KMO de 0,602 e significância de 0,000, o que corresponde uma adequação regular do conjunto de dados, conforme Andrade et al. (2003).

Para a nascente N4, a matriz anti-imagem sugeriu a supressão das variáveis Sólidos em Suspensão e Temperatura, dessa forma, obtendo índice KMO de 0,544 e significância 0,000. Assim como para as nascentes N1 e N2, tal resultado indica adequabilidade medíocre da amostra de dados.

O teste de adequabilidade KMO para a nascente N5 obteve índice de 0,619 e significância 0,000 após a extração das variáveis Sólidos em Suspensão e Turbidez. Esses resultados revelam adequação regular do conjunto de dados da amostra, de acordo com Andrade et al. (2003).

Na análise da adequacidade da nascente N6, verificou-se, por meio da matriz anti-imagem, a necessidade da subtração das variáveis Condutividade Elétrica e Sólidos Dissolvidos. Tal subtração acarretou em um resultado de 0,720 para o teste KMO e significância 0,000, em que segundo Andrade et al. (2003), corresponde a uma adequação boa da amostra de dados.

Por fim, o teste KMO de adequacidade para o curso d'água localizado na Calha Champagnat apresentou significância de 0,000 e índice de 0,514 após a extração das variáveis Oxigênio Dissolvido, Sólidos em Suspensão e pH. Esses resultados referem-se à uma adequação medíocre dos dados, consonante a Andrade et al. (2003).

Concluídos os processos de adequação da amostra de dados das áreas monitoradas, os quais atenderam os requisitos essenciais para o emprego da Análise Fatorial, segue a continuidade da análise estatística multivariada.

## 6.6 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS

Com o propósito de verificar as variáveis que melhor caracterizam a qualidade da água das áreas observadas foi utilizada a Análise Fatorial (AF) baseada no método dos Componentes Principais (ACP). Os resultados das referidas análises para cada área monitorada estão apresentados na sequência.

Salienta-se a realização de diversas tentativas nos testes das análises no que tange a inclusão e a eliminação de variáveis com a finalidade da melhor descrição e compreensão dos dados. Dessa forma, a relação dos dados utilizados na AF seguiu em conformidade com os testes KMO, como visto anteriormente.

### 6.6.1 Nascente N1

Na Tabela 28, apresentam-se os componentes extraídos pela Análise Fatorial, os autovalores, a variância unitária retida por cada componente e a variância acumulada nos componentes principais para a nascente N1.



Tabela 28 – Componentes principais extraídos pela AF, autovalores, variância unitária e variância total acumulada da amostra de dados analisados na nascente N1.

Componentes	Autovalores	Variância unitária (%)	Variância acumulada (%)
1	2,39	29,88	29,88
2	2,06	25,72	55,60
3	2,00	25,04	80,64

Verifica-se a formação de três componentes principais, os quais foram suficientes para explicar 80,64% da variância acumulada para os 8 parâmetros analisados nessa área. Ressalta-se a eliminação das variáveis Turbidez e Sólidos em Suspensão para melhor adequação da amostra de dados, conforme o teste KMO visto anteriormente. Observa-se, também, que a primeira componente explicou 29,88%, a segunda 25,72% e a terceira 25,04% da variância total dos dados. Entre os autovalores, percebe-se que os resultados para cada componente foram superiores a 1 e que a variância total acumulada obteve um percentual maior que 60%, seguindo a metodologia proposta por Hair et al. (2005).

Na Tabela 29 apresentam-se as oito variáveis e suas respectivas cargas fatoriais rotacionadas pelo método *Varimax*, distribuídas nos três componentes principais (CP), bem como as comunalidades, os autovalores e a variância unitária de cada componente para a N1.

Tabela 29 – Cargas fatoriais dos componentes principais rotacionados pelo método *Varimax*, comunalidades associadas, autovalores e variância unitária, na nascente N1.

Variáveis	CP1	CP2	CP3	Comunalidades
<b>Temp</b>	<b>0,83</b>	0,12	0,11	0,72
<b>OD</b>	<b>-0,92</b>	-0,17	-0,14	0,89
<b>pH</b>	0,14	0,28	<b>0,86</b>	0,84
<b>CE</b>	0,09	0,07	<b>0,78</b>	0,63
<b>CT</b>	<b>0,86</b>	-0,09	0,30	0,84
<b><i>E. coli</i></b>	0,27	-0,05	<b>0,71</b>	0,58
<b>ST</b>	0,10	<b>0,98</b>	0,08	0,99
<b>SD</b>	0,06	<b>0,98</b>	0,13	0,97
<b>Autovalores</b>	2,39	2,06	2,00	
<b>Variância Unitária (%)</b>	29,88	25,72	25,04	

A rotação dos eixos permitiu a melhor detecção dos fatores, sendo distribuídas as cargas fatoriais resultantes nas oito variáveis analisadas. Dessa forma, percebe-se que na primeira componente os maiores resultados estiveram representados pelas variáveis Temp,

OD e CT. Na segunda componente, as principais variáveis foram ST e SD. Na terceira componente estão o pH, CE e a *E. coli*.

Verifica-se que, de modo geral, as comunalidades foram altas em todas as variáveis monitoradas, indicando o quanto de variância em cada variável é explicado pela respectiva solução fatorial, principalmente para os parâmetros ST e SD, que obtiveram variação de 99% (0,99) e 97% (0,97), respectivamente. Tal resultado significa que os componentes produzidos para estas variáveis contribuíram com maior poder de explicação na análise e que elas tiveram mais em comum com as outras variáveis incluídas na análise. Comunalidades altas apontam que uma grande quantia de variância foi extraída pela solução fatorial, enquanto que para comunalidades baixas, boa parte da variância em uma variável não é explicada pelos fatores (HAIR et al. 2005).

Diante de tal contexto, para melhor caracterização e interpretação dos componentes e as respectivas relações com as variáveis, faz-se necessária a nomeação dos mesmos, onde interpreta-se a importância das cargas fatoriais representadas em cada variável.

Assim, no primeiro componente principal (CP1), em que estão destacadas as variáveis Temp (0,83), OD (-0,92) e CT (0,86), pode se estabelecer uma relação onde os maiores teores de temperatura favorecem a proliferação de bactérias, representadas pelos coliformes totais, fazendo com que se consuma maior quantidade de oxigênio dissolvido disponível nessa nascente, esse, por sua vez, estando com sinal negativo. Portanto, essa relação pode ser designada como “fator clima”, condição semelhante àquelas verificadas por Pereira-Silva et al. (2011), em microbacia destinada à Unidade de Conservação ambiental, município de Jataí, SP.

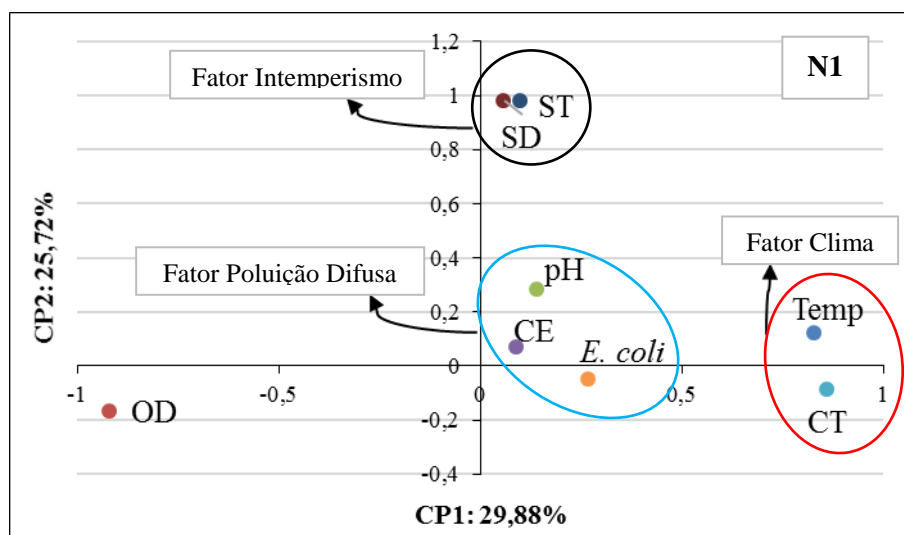
Para o segundo componente (CP2), verificam-se as maiores cargas fatoriais nos parâmetros ST (0,98) e SD (0,98). Esse componente pode ser caracterizado como “fator intemperismo”, em virtude da possível dissolução de minerais e da matéria orgânica contida nos solos da área de captação correspondente, os quais alcançam as águas da nascente, assim como verificado por Pereira-Silva et al. (2011).

No terceiro componente (CP3), destacam-se as variáveis pH (0,86), CE (0,78) e *E. coli* (0,71), podendo ser denominado “fator poluição difusa”, onde a carga de *E. coli* pode ter relação com dejetos de animais silvestres que acessam a área, assim como para as cargas de pH e CE, essas, tendo relação com a decomposição das vegetações presentes nas adjacências da nascente, estando de acordo com a verificação feita por Valente (2013).

Na Figura 53 apresentam-se os grupos formados pelas três componentes principais resultantes da Análise Fatorial e suas respectivas variáveis, em função dos fatores

correspondentes, constatando a relação entre as variáveis e os componentes que descrevem as características qualitativas das águas da nascente N1.

Figura 53 – Grupos formados pelas componentes principais resultantes da Análise Fatorial e suas respectivas variáveis para a nascente N1.



### 6.6.2 Nascente N2

Na Tabela 30 apresentam-se os componentes extraídos pela Análise Fatorial, os autovalores, a variância unitária retida por cada componente e a variância acumulada nos componentes principais para a N2.

Tabela 30 – Componentes principais extraídos pela AF, autovalores, variância unitária e variância total acumulada da amostra de dados analisados na nascente N2.

Componentes	Autovalores	Variância unitária (%)	Variância acumulada (%)
1	2,33	33,29	33,29
2	1,71	24,48	57,77
3	1,30	18,50	76,27

Nota-se a formação de três componentes principais que, por sua vez, explicaram 76,27% da variância total acumulada para os 7 parâmetros analisados nessa nascente, estando de acordo com a condição proposta por Hair et al. (2005). O primeiro componente foi responsável por representar 33,29% da variância total dos dados, o segundo 24,48% e o terceiro 18,50%, todos apresentando autovalores maiores que 1.

Na Tabela 31 apresentam-se as sete variáveis e suas respectivas cargas fatoriais rotacionadas pelo método *Varimax*, os componentes principais (CP), além das comunalidades, os autovalores e a variância unitária de cada componente para a N2.

Tabela 31 – Cargas fatoriais dos componentes principais rotacionados pelo método *Varimax*, comunalidades associadas, autovalores e variância unitária, na nascente N2.

<b>Variáveis</b>	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>	<b>CP3</b>	<b>Comunalidades</b>
<b>Temp</b>	0,37	<b>-0,71</b>	-0,01	0,63
<b>OD</b>	-0,10	<b>0,78</b>	-0,11	0,63
<b>pH</b>	<b>0,63</b>	0,59	0,11	0,75
<b>CE</b>	-0,10	0,16	<b>0,86</b>	0,78
<b><i>E. coli</i></b>	-0,19	0,36	<b>-0,73</b>	0,69
<b>ST</b>	<b>0,92</b>	-0,28	0,02	0,93
<b>SD</b>	<b>0,95</b>	-0,19	0,01	0,93
<b>Autovalores</b>	2,33	1,71	1,30	
<b>Variância Unitária (%)</b>	33,29	24,48	18,50	

Verifica-se, na Tabela 31, que as comunalidades apresentaram-se altas em todas as variáveis, indicando que a maior parte da variância de cada uma delas foi explicada pelos componentes principais. Nesse contexto, o parâmetro SD foi aquele que teve a maior comunalidade, correspondendo a 95% (0,95), ou seja, apenas 5% dessa variável não foi explicada pelos componentes principais.

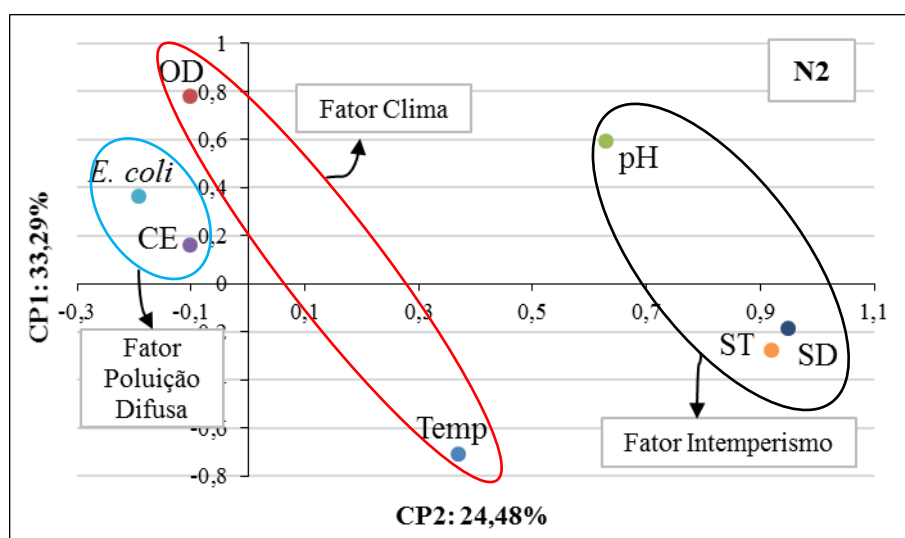
Quanto as cargas fatoriais, as mais relevantes no primeiro componente (CP1) foram o pH (0,63), ST (0,92) e SD (0,95), sendo que tal componente teve maior relevância na variância total (33,29%). Conforme a CETESB (2009), tais parâmetros podem estar associados à dissolução do solo e das rochas, bem como pelo escoamento de base. Dessa forma, o CP1 pode ser designado como “fator intemperismo”.

O segundo componente (CP2) esteve representado pelos parâmetros Temp (-0,71) e OD (0,78), podendo ser denominado como “fator clima”. Esse fator pode estar relacionado com a influência das estações do ano e a consequente variação da temperatura das águas. Como anteriormente referido, a concentração de OD varia inversamente à temperatura, onde águas de menor temperatura tendem a apresentar maior solubilidade de OD (LIBÂNIO, 2010). As mudanças climáticas influenciam, também, no regime das chuvas, os quais implicam na variação das vazões das áreas monitoradas e, conseqüentemente, na produção de OD, em função da aeração dos cursos d’água (CETESB, 2009).

Quanto ao terceiro componente (CP3), notam-se as maiores cargas fatoriais nas variáveis CE (0,86) e *E. coli* (-0,73). Assim como a nascente N1, esse componente pode ser caracterizado como “fator poluição difusa”. Percebe-se, ainda, que esse componente teve menor contribuição na variância total dos dados (18,50%).

Na sequência, na Figura 54 pode-se observar a relação dos grupos formados pelos três componentes principais originados da Análise Fatorial e as respectivas variáveis e fatores para a nascente N2.

Figura 54 – Grupos formados pelas componentes principais resultantes da Análise Fatorial e suas respectivas variáveis para a nascente N2.



### 6.6.3 Nascente N3

Na Tabela 32 estão apresentados os componentes gerados pela Análise Fatorial, os autovalores, a variância unitária e a variância acumulada correspondente a cada componente para a N3.

Tabela 32 – Componentes principais extraídos pela AF, autovalores, variância unitária e variância total acumulada da amostra de dados analisados na nascente N3.

Componentes	Autovalores	Variância unitária (%)	Variância acumulada (%)
1	3,68	40,92	40,92
2	1,93	21,48	62,40
3	1,66	18,42	80,82

A AF aplicada à nascente N3 produziu três componentes principais, os quais descreveram 80,66% da variância total acumulada para 9 variáveis resultantes do teste de adequacidade KMO. A variância unitária do primeiro componente correspondeu a 40,74% da variância total, enquanto que para o segundo componente foi de 62,75% e o terceiro de 80,66%, estando com autovalores maiores que 1, satisfazendo, assim, a condição de Hair et al. (2005).

Na Tabela 33, verificam-se as cargas fatoriais resultantes da rotação de eixos obtida pelo método *Varimax*, os componentes principais (CP), as comunalidades, os autovalores e a variância unitária de cada componente para a N3.

Tabela 33 – Cargas fatoriais dos componentes principais rotacionados pelo método *Varimax*, comunalidades associadas, autovalores e variância unitária, na nascente N3.

Variáveis	CP1	CP2	CP3	Comunalidades
<b>Temp</b>	0,33	<b>0,77</b>	0,39	0,86
<b>OD</b>	-0,62	<b>-0,67</b>	-0,12	0,85
<b>pH</b>	-0,01	<b>0,86</b>	-0,02	0,74
<b>CE</b>	<b>0,86</b>	0,29	0,04	0,83
<b>Turb</b>	<b>0,93</b>	-0,04	0,10	0,87
<b>CT</b>	0,00	0,11	<b>0,84</b>	0,71
<b><i>E. coli</i></b>	-0,02	0,06	<b>0,88</b>	0,77
<b>ST</b>	<b>0,84</b>	0,20	-0,13	0,76
<b>SS</b>	<b>0,94</b>	0,09	0,00	0,89
<b>Autovalores</b>	3,68	1,93	1,66	
<b>Variância Unitária (%)</b>	40,92	21,48	18,42	

Observa-se, na Tabela 33, que as cargas fatoriais mais significativas do primeiro componente (CP1) estão representadas nas variáveis CE (0,86), Turb (0,93), ST (0,84) e SS (0,94). A nascente N3 caracteriza-se por apresentar o livre acesso de animais, principalmente o gado, o que condiciona o pisoteio do curso hídrico e o conseqüente revolvimento do mesmo, acarretando no aumento da concentração de sedimentos, situação verificada por Primavesi et al. (2002), Agrizzi (2012) e Valente (2013). Outra possível explicação são os processos erosivos, uma vez que a área de drenagem da nascente é considerada degradada devido à perda da sua cobertura florestal original, estando em consonância com Andrade et al. (2007b), Pereira-Silva et al. (2011) e Guedes et al. (2012). Além disso, apresenta área agrícola, o que favorece o arreste de material superficial ao curso d'água. Nesse sentido, o

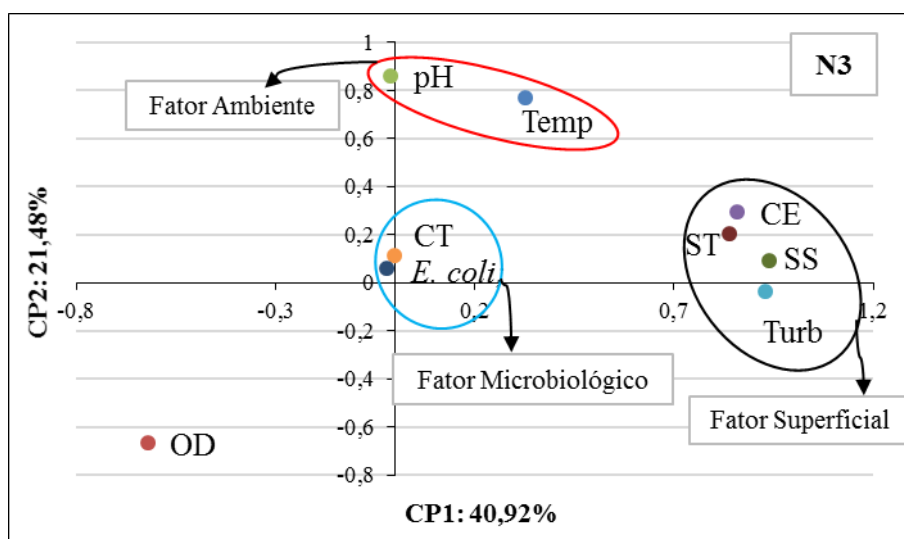
primeiro componente pode ser designado como “fator superficial”, pois os parâmetros são característicos de concentração de sedimentos.

No segundo componente (CP2) notam-se as principais cargas fatorias representadas pelos parâmetros Temp (0,77), OD (-0,67) e pH (0,86), os quais podem ser denominados como “fator ambiente”. As concentrações de pH podem estar associadas à ação fotossintética de um curso hídrico, em que com o decorrer do dia e a respectiva variação das temperaturas e do oxigênio dissolvido, associadas aos processos de respiração, bem como do consumo e produção de dióxido de carbono, as águas tendem a alterar o teor de pH (VON SPERLING, 2005; NOZAKI et al., 2014). Outra possível justificativa da alteração dessas variáveis está em função da decomposição da matéria orgânica presente nas águas da nascente, o qual pode conduzir a formação do gás sulfídrico, levando a consequente redução da disponibilidade de OD e do pH (PINTO et al., 2010). Além disso, a temperatura pode ter sido influenciada pela radiação solar incidente no curso hídrico devido à pouca vegetação ciliar nessa área, como também observado por Pereira-Silva et al. (2011).

Quanto a terceira componente (CP3), verificam-se a maior influência das cargas fatorias nas variáveis CT (0,84) e *E. coli* (0,88), podendo designá-la como “fator microbiológico”. Possivelmente tais resultados são referentes à contaminação dos dejetos produzidos pelo gado, sendo que esses parâmetros são indicadores de contaminação microbiológica (VON SPERLING, 2005; MORTARI e SILVA, 2009).

Na Figura 55 demonstra-se a caracterização da qualidade da água da nascente N3 em função dos grupos formados pelas três componentes principais derivados da Análise Fatorial e das cargas fatorias.

Figura 55 – Grupos formados pelas componentes principais resultantes da Análise Fatorial e suas respectivas variáveis para a nascente N3.



#### 6.6.4 Nascente N4

Os componentes principais produzidos pela Análise Fatorial, os correspondentes autovalores, a variância unitária e acumulada para a N4, podem ser verificados na Tabela 34.

Tabela 34 – Componentes principais extraídos pela AF, autovalores, variância unitária e variância total acumulada da amostra de dados analisados na nascente N4.

Componentes	Autovalores	Variância unitária (%)	Variância acumulada (%)
1	2,63	32,84	32,84
2	2,02	25,21	58,05
3	1,36	17,02	75,07

Nota-se que a AF resultou em três componentes principais, onde a variância acumulada total foi de 75,07%, sendo responsáveis para explicação das 8 variáveis remanescentes do teste KMO. No primeiro componente, a variância unitária satisfaz 32,84% da variância total, no segundo, 25,21%, e no terceiro 17,02%, ocorrendo pouca diferença de variância entre os componentes. Percebe-se, também, que os autovalores apresentaram valores maiores que 1, estando de acordo com a proposta de Hair et al. (2005) para os autovalores e para a variância acumulada total.

Na Tabela 35 encontram-se as cargas fatoriais obtidas da rotação de eixos da matriz fatorial pela técnica *Varimax* para a N4.



Tabela 35 – Cargas fatoriais dos componentes principais rotacionados pelo método *Varimax*, comunalidades associadas, autovalores e variância unitária, na nascente N4.

Variáveis	CP1	CP2	CP3	Comunalidades
<b>OD</b>	-0,48	<b>0,60</b>	0,13	0,60
<b>pH</b>	0,41	0,00	<b>-0,70</b>	0,66
<b>CE</b>	0,08	0,17	<b>0,81</b>	0,69
<b>Turb</b>	0,19	<b>0,92</b>	0,09	0,89
<b>CT</b>	<b>-0,64</b>	-0,11	0,43	0,61
<b><i>E. coli</i></b>	-0,21	<b>0,86</b>	0,02	0,78
<b>ST</b>	<b>0,94</b>	-0,13	-0,06	0,91
<b>SD</b>	<b>0,93</b>	-0,14	-0,03	0,88
<b>Autovalores</b>	2,63	2,02	1,36	
<b>Variância Unitária (%)</b>	32,84	25,21	17,02	

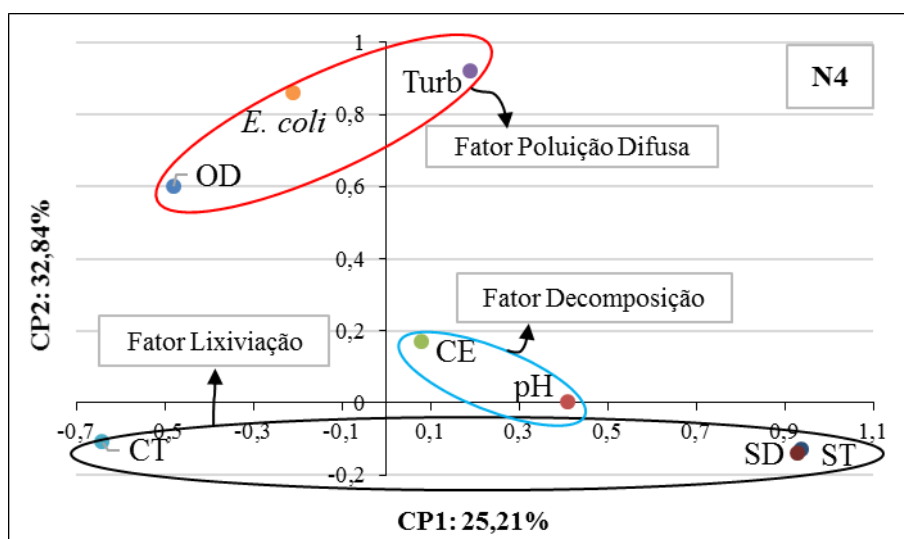
As principais cargas fatoriais observadas no primeiro componente (CP1) da nascente N4 foram a CT (-0,64), ST (0,94) e SD (0,93). Possivelmente essa condição é função das bactérias presentes nos solos do entorno da área de captação, provenientes da degradação da vegetação nativa à qual a nascente está inserida, bem como de dejetos de animais silvestres que ingressam tal área, e conseqüente processo de lixiviação, assim como verificado por Pereira-Silva et al. (2011). Dessa forma, tal área pode ser designada como “fator lixiviação”.

Quanto ao segundo componente (CP2), observam-se as maiores cargas fatoriais nos parâmetros OD (0,60), Turb (0,92) e *E. coli* (0,86), podendo ser caracterizado como “fator poluição difusa”, onde o principal fator contribuinte é o da Turbidez, seguido da *E. coli*, assim como constatado por Alves et al. (2012). Esse fator pode estar relacionado aos dejetos oriundos de animais silvestres que ingressam essa área de drenagem.

No terceiro componente (CP3) as cargas fatoriais mais relevantes estão nas variáveis pH (-0,70) e CE (0,81). A relação entre os parâmetros pode estar na degradação das vegetações e da matéria orgânica presente no entorno e nas águas da respectiva área de drenagem, uma vez que é necessária a produção de ácidos para decomposição desses materiais (FARIAS, 2006). Assim, esse componente pode ser caracterizado como “fator decomposição”.

Na Figura 56 apresentam-se as principais cargas fatoriais de acordo com os respectivos grupos formados pelas três componentes principais para a N4.

Figura 56 – Grupos formados pelas componentes principais resultantes da Análise Fatorial e suas respectivas variáveis para a nascente N4.



### 6.6.5 Nascente N5

Na Tabela 36 é possível observar os três componentes principais produzidos pela Análise Fatorial, os correspondentes autovalores, a variância unitária e a variância acumulada para a N5.

Tabela 36 – Componentes principais extraídos pela AF, autovalores, variância unitária e variância total acumulada da amostra de dados analisados na nascente N5.

Componentes	Autovalores	Variância unitária (%)	Variância acumulada (%)
1	2,85	35,66	35,66
2	2,03	25,40	61,06
3	1,62	20,30	81,36

Percebe-se que a variância total acumulada para os 8 parâmetros obtidos pelo teste de adequacidade KMO foi de 81,36% e, que junto dos autovalores, satisfizeram a sugestão de Hair et al. (2005). Com relação ao primeiro componente, esse, explicou 35,66% da variância total, o segundo 25,40% e o terceiro 20,30%.

As cargas fatoriais adquiridas pela técnica *Varimax* para a N5 podem ser verificadas na Tabela 37.

Tabela 37 – Cargas fatoriais dos componentes principais rotacionados pelo método *Varimax*, comunalidades associadas, autovalores e variância unitária, na nascente N5.

<b>Variáveis</b>	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>	<b>CP3</b>	<b>Comunalidades</b>
<b>Temp</b>	<b>0,89</b>	-0,08	0,07	0,80
<b>OD</b>	<b>-0,89</b>	-0,04	-0,19	0,83
<b>pH</b>	<b>0,86</b>	0,12	-0,03	0,76
<b>CE</b>	<b>0,64</b>	-0,17	0,10	0,50
<b>CT</b>	0,32	-0,01	<b>0,85</b>	0,83
<b><i>E. coli</i></b>	-0,06	-0,09	<b>0,92</b>	0,86
<b>ST</b>	-0,02	<b>0,99</b>	-0,02	0,99
<b>SD</b>	-0,05	<b>0,99</b>	-0,08	0,99
<b>Autovalores</b>	2,85	2,03	1,62	
<b>Variância Unitária (%)</b>	35,66	25,40	20,30	

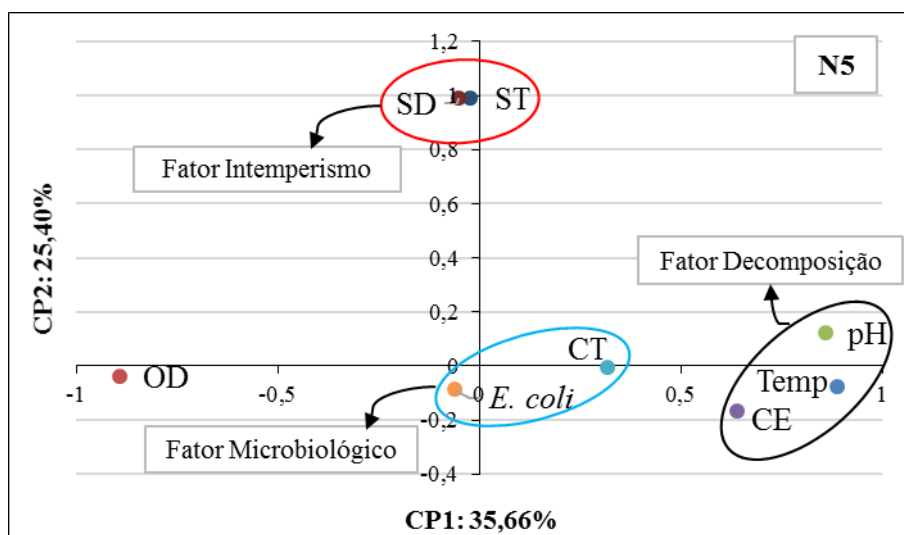
As principais cargas fatoriais apresentadas no primeiro componente principal (CP1) foram a Temp (0,89), OD (-0,89), pH (0,86) e CE (0,64), podendo caracterizá-lo como “fator decomposição”. Nota-se a relação diretamente proporcional entre as variáveis temperatura, pH e CE, e inversa para o OD. Sabe-se que cursos d’água em temperaturas mais elevadas, o OD apresenta menor solubilidade (LIBÂNIO, 2010), além disso, a concentração de OD varia de acordo com a quantidade e o tipo de matéria orgânica contido na água (VON SPERLING, 2005; CETESB, 2009). Nesse contexto, a possível causa dessa relação está na decomposição da matéria orgânica, representadas em função das variações dos parâmetros em destaque, sendo esse material proveniente das vegetações encontradas nessa área, como a mata nativa, o eucalipto e as gramíneas, além dos dejetos originados dos animais (gado) identificados no local.

No segundo componente principal (CP2) as cargas fatoriais mais significativas foram o ST (0,99) e SD (0,99). Assim como verificado por Pereira-Silva et al. (2011), provavelmente essa relação se deve a dissolução de minerais e da matéria orgânica presente nos solos e rochas dessa área de drenagem, podendo ser denominado como “fator intemperismo”.

Em se tratando do terceiro componente (CP3), observa-se semelhança aos resultados encontrados para a nascente N3, onde a principais cargas fatoriais foram os CT e a *E. coli*, nesse caso apresentando valores de 0,85 e 0,92, respectivamente. Possivelmente são originados da mesma procedência, ou seja, de dejetos produzidos pelo gado que acessa livremente o curso hídrico, indicando contaminação microbiológica. Dessa maneira, tal componente pode ser caracterizado como “fator microbiológico”.

Os grupos formados pelos componentes principais, em função das variáveis e fatores, são verificados na Figura 57, onde pode-se caracterizar a qualidade das águas da nascente N5.

Figura 57 – Grupos formados pelas componentes principais resultantes da Análise Fatorial e suas respectivas variáveis para a nascente N5.



### 6.6.6 Nascente N6

Verificam-se, na Tabela 38, os componentes principais resultantes da Análise Fatorial para a nascente N6, os autovalores, a variância unitária e a variância acumulada.

Tabela 38 – Componentes principais extraídos pela AF, autovalores, variância unitária e variância total acumulada da amostra de dados analisados na nascente N6.

Componentes	Autovalores	Variância unitária (%)	Variância acumulada (%)
1	2,69	33,58	33,58
2	2,34	29,29	62,87
3	1,58	19,71	82,58

Nota-se que os três componentes principais apresentaram variância total acumulada de 82,58% para as 8 variáveis resultantes do teste KMO. O primeiro componente explicou 33,58% da variância total, o segundo 29,29% e o terceiro 19,71%. Percebe-se, também, que os autovalores atenderam a recomendação de Hair et al. (2005), estando com valores maiores que 1.

Na Tabela 39 apresentam-se as cargas fatoriais adquiridas pelo método *Varimax* para a nascente N6.

Tabela 39 – Cargas fatoriais dos componentes principais rotacionados pelo método *Varimax*, comunalidades associadas, autovalores e variância unitária, na nascente N6.

Variáveis	CP1	CP2	CP3	Comunalidades
<b>Temp</b>	0,08	<b>0,86</b>	0,26	0,73
<b>OD</b>	-0,28	<b>-0,80</b>	-0,07	0,81
<b>pH</b>	0,22	<b>0,76</b>	0,09	0,63
<b>Turb</b>	<b>0,91</b>	0,18	0,21	0,91
<b>CT</b>	0,54	0,41	<b>0,69</b>	0,93
<b><i>E. coli</i></b>	0,04	0,12	<b>0,97</b>	0,95
<b>ST</b>	<b>0,88</b>	0,13	-0,03	0,79
<b>SS</b>	<b>0,81</b>	0,40	0,19	0,86
<b>Autovalores</b>	2,69	2,34	1,58	
<b>Variância Unitária (%)</b>	33,58	29,29	19,71	

No primeiro componente principal (CP1) as cargas fatoriais mais representativas foram a Turb (0,92), ST (0,88) e SS (0,81), podendo ser caracterizado como “fator superficial”. Possivelmente a relação entre as variáveis está no acúmulo de vegetação no curso d’água proveniente das áreas de mata nativa, eucalipto e das gramíneas presentes na área de drenagem dessa nascente, associadas às baixas vazões verificadas nessa nascente, como visto por Valente (2013) e Marmontel (2014). Outra explicação pode estar no carreamento do material superficial presente no solo até a área da nascente, onde podem constar partículas deste solo decorrentes da área agrícola, assim como matéria orgânica, bactérias e outros componentes sedimentáveis.

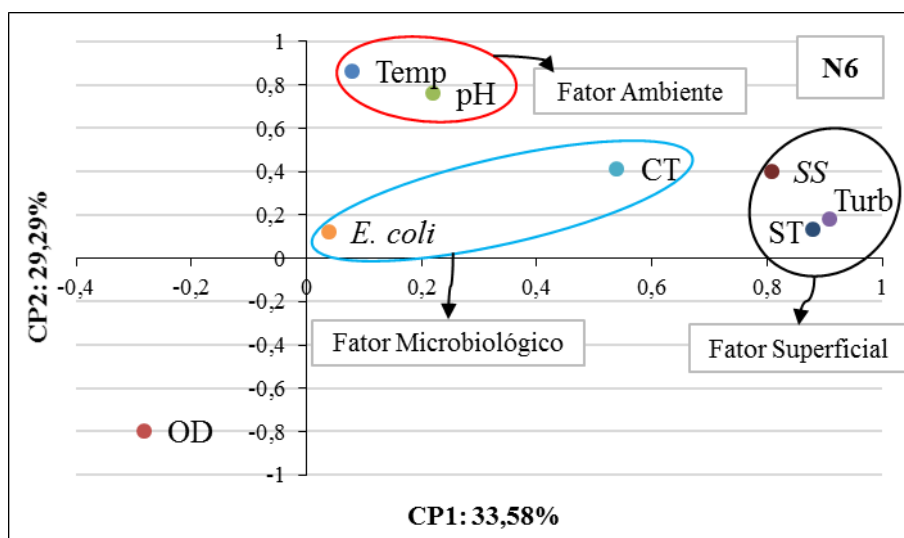
Com relação ao segundo componente principal (CP2), as principais cargas fatoriais estiveram representadas pelos parâmetros Temp (0,86), OD (-0,80) e pH (0,76). Tal componente pode ser intitulado como “fator ambiente”, possivelmente pelos mesmos motivos que aqueles vistos na nascente N3, onde a variação das variáveis se dá em consequência da matéria orgânica contida nas águas da nascente, bem como pela ação fotossintética.

O terceiro componente principal (CP3) foi o que menos contribuiu para a representatividade das características da água da nascente N6, contribuindo com uma variância de 19,71%. As cargas fatoriais para este componente foram retratadas pelas variáveis CT (0,69) e *E. coli* (0,97), podendo ser apontado como “fator microbiológico”, possivelmente em decorrência das residências rurais localizadas à montante da área de

drenagem não disporem de coleta e tratamento adequado dos efluentes gerados, fazendo com que esses efluentes escoem subterraneamente até a área da nascente.

Na sequência, verificam-se os grupos formados pelos componentes principais, bem como as variáveis e fatores correspondentes para a N6 (Figura 58).

Figura 58 – Grupos formados pelas componentes principais resultantes da Análise Fatorial e suas respectivas variáveis para a nascente N6.



### 6.6.7 Calha Champagnat

Na Tabela 40 apresentam-se os componentes principais originados da Análise Fatorial realizada no exutório localizado na Calha Champagnat, os autovalores, a variância unitária e a variância acumulada.

Tabela 40 – Componentes principais extraídos pela AF, autovalores, variância unitária e variância total acumulada da amostra de dados analisados na Calha Champagnat.

Componentes	Autovalores	Variância unitária (%)	Variância acumulada (%)
1	2,20	31,37	31,37
2	2,00	28,59	59,96
3	1,16	16,61	76,57

De acordo com a Tabela 39, observa-se a formação de três componentes principais, os quais corresponderam a uma variância total acumulada de 76,57% para as 7 variáveis derivadas do teste de adequacidade KMO. O primeiro componente principal explicou 31,37%

da variância total, o segundo 28,59% e o terceiro 16,61%, onde os autovalores apresentaram resultados maiores que 1 e variância total acumulada maior que 60%, satisfazendo as sugestões de Hair et al. (2005).

As cargas fatoriais originadas por meio do método *Varimax* para o exutório (CC) podem ser verificados na Tabela 41.

Tabela 41 – Cargas fatoriais dos componentes principais rotacionados pelo método *Varimax*, comunalidades associadas, autovalores e variância unitária, na Calha Champagnat.

Variáveis	CP1	CP2	CP3	Comunalidades
<b>Temp</b>	-0,34	-0,06	<b>0,81</b>	0,77
<b>CE</b>	<b>0,75</b>	-0,18	-0,03	0,60
<b>Turb</b>	<b>0,90</b>	0,08	0,06	0,81
<b>CT</b>	0,44	-0,14	<b>0,69</b>	0,69
<b><i>E. coli</i></b>	<b>0,70</b>	0,02	-0,13	0,50
<b>ST</b>	0,11	<b>0,99</b>	-0,10	0,99
<b>SD</b>	0,11	<b>0,98</b>	-0,08	0,98
<b>Autovalores</b>	2,20	2,00	1,16	
<b>Variância Unitária (%)</b>	31,37	28,59	16,61	

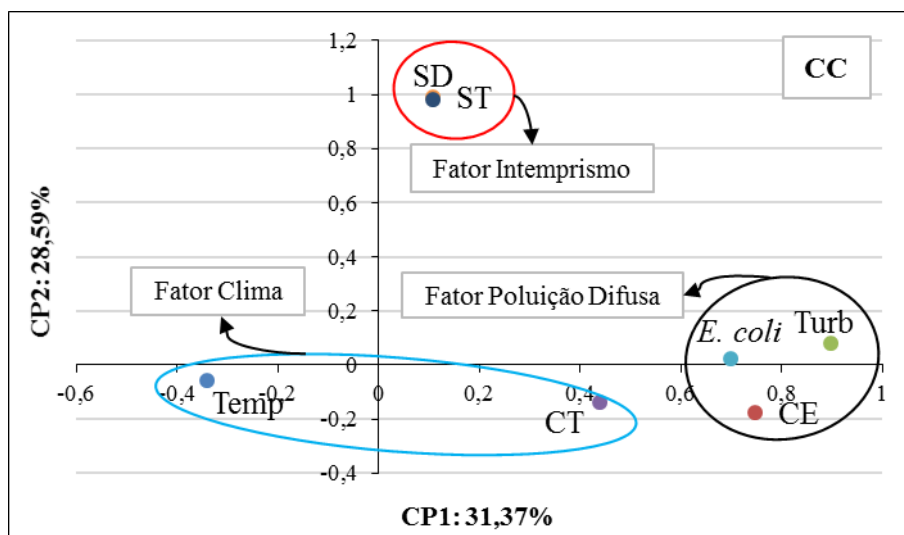
As cargas fatoriais pertinentes do primeiro componente principal (CP1) foram a CE (0,75), Turb (0,90) e a *E. coli* (0,70). Tal componente pode ser caracterizado como “fator poluição difusa”, por tratar-se do exutório e receber contribuição de todos os usos e coberturas do solo (área agrícola, edificações, eucalipto, gramínea, mata nativa, recurso hídrico e vias de acesso) presentes na área da microbacia.

O segundo componente principal (CP2), assim como verificado nas nascentes N1, N2 e N5, tal fator pode ser designado como “fator intemperismo”, por estar relacionado possivelmente com a dissolução da matéria orgânica e dos minerais contidas no solo da microbacia (PEREIRA-SILVA et al. 2011; VALENTE, 2013), bem como pelo escoamento de base (CETESB, 2009). Tal componente foi explicado pelas variáveis ST (0,99) e SD (0,98).

Quanto ao terceiro componente principal (CP3), as principais cargas fatoriais estiveram representadas pelas variáveis Temp (0,90) e CT (0,69), sendo designada como “fator clima”. Possivelmente está relacionado ao fato das estações do ano e a consequente variação da temperatura favorecer a proliferação de bactérias, oriunda das vegetações verificadas na área, bem como dos dejetos de animais e dos efluentes produzidos pelas residências localizadas na área da microbacia.

Na Figura 59 está apresentada a caracterização da qualidade da água do exutório (CC) em razão dos grupos formados pelos componentes principais e das suas cargas fatoriais representativas.

Figura 59 – Grupos formados pelas componentes principais resultantes da Análise Fatorial e suas respectivas variáveis para o exutório (CC).



## 6.7 SÍNTESE COMPARATIVA ENTRE AS ÁREAS MONITORADAS

Neste item aborda-se uma síntese da análise da influência do uso e cobertura do solo nas características físicas, químicas e biológicas da água das áreas monitoradas.

A partir dos resultados e discussões previamente explanadas, nota-se que as nascentes N3 e N6 demonstraram resultados menos expressivos em se tratando das concentrações dos parâmetros de qualidade da água analisados. A nascente N3, considerada degradada, onde não foram aplicados tratamentos de restauração florestal e os animais tem livre acesso às águas, principalmente o gado, caracterizou-se pelas elevadas concentrações das variáveis turbidez, condutividade elétrica, coliformes totais, *E. coli*, sólidos totais, sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos, além de baixas concentrações para o oxigênio dissolvido. A N6, nascente cercada, a qual está inserida em meio à densa vegetação nativa, porém com presença de residências, área agrícola, cultivo de eucalipto à montante, evidenciou concentrações mais elevadas especialmente nas variáveis *E. coli* e Coliformes Totais, destacando-se, também, os parâmetros condutividade elétrica,  $DBO_{5,20}$ , sólidos totais, sólidos em suspensão.



Quanto à nascente N4, a qual está estabelecida em meio à mata nativa e possui cercamento, caracterizou-se pelas baixas concentrações dos parâmetros pH e oxigênio dissolvido, porém apresentou resultados positivos nas variáveis turbidez, condutividade elétrica, DBO<sub>5,20</sub>, coliformes totais, *E. coli* e a série de sólidos quando comparadas às demais áreas.

De modo geral, as nascentes N1 e N2 foram as que melhor se destacaram em termos de qualidade da água, demonstrando concentrações satisfatórias na maioria dos parâmetros analisados em relação às outras áreas monitoradas. Tais nascentes encontram-se em proximidade uma da outra, são cercadas e localizadas em meio à mata nativa e floresta de eucalipto, podendo ser um indicativo da proteção florestal na qualidade das águas.

A N5 caracterizou-se por apresentar as maiores cargas específicas médias na maior parte dos parâmetros analisados. Possivelmente essa circunstância tem relação com as maiores vazões registradas nesse ponto, o que pode indicar a influência do arreste do material superficial ao curso d'água.

O exutório (Calha Champagnat), área que recebe contribuição de todos os afluentes da microbacia, caracterizou-se pelas maiores concentrações médias de DBO<sub>5,20</sub>, entretanto, apresentou melhora em boa parte dos demais parâmetros de qualidade da água.

Diante das referidas discussões, pode-se inferir que, como constatado por Gardiman Junior (2012) e Valente (2013), as características físicas, químicas e biológicas das águas são consequência das peculiaridades do meio físico de cada área de drenagem, assim como das variações das vazões, uma vez que essa situação altera o poder de diluição das concentrações dos parâmetros qualitativos da água (CRUZ, 2001). Além da redução da diluição, a variação das vazões, pode contribuir para aporte do material orgânico proveniente da vegetação ciliar, bem como para aumento dos sedimentos oriundos do solo.

Em se tratando da caracterização da qualidade da água das nascentes investigadas, bem como do exutório, apresenta-se, na Tabela 42, uma síntese dos fatores que classificaram os componentes principais produzidos pela análise fatorial, baseada no método dos componentes principais.

Tabela 42 – Síntese da caracterização da qualidade da água para as áreas monitoradas em função da análise fatorial.

<b>Nascentes</b>	<b>Componente 1</b>	<b>Componente 2</b>	<b>Componente 3</b>
<b>N1</b>	Fator clima	Fator intemperismo	Fator poluição difusa
<b>N2</b>	Fator intemperismo	Fator clima	Fator poluição difusa
<b>N3</b>	Fator superficial	Fator ambiente	Fator microbiológico
<b>N4</b>	Fator lixiviação	Fator poluição difusa	Fator decomposição
<b>N5</b>	Fator decomposição	Fator intemperismo	Fator microbiológico
<b>N6</b>	Fator superficial	Fator ambiente	Fator microbiológico
<b>CC</b>	Fator poluição difusa	Fator intemperismo	Fator clima

Nota-se que os componentes formados para as nascentes N1 e N2 obtiveram as mesmas influências na caracterização da qualidade das águas, porém apresentaram ordem inversa dos fatores. Possivelmente em razão da proximidade entre as duas áreas de drenagem, as quais podem apresentar geomorfologia similar, bem como pela mesma cobertura florestal, entre elas a mata nativa e o eucalipto. As nascentes N3 e N6 apresentaram as mesmas caracterizações para os componentes, porém as justificativas para esses são diferentes. Tratam-se de áreas distintas, onde a N3 recebe livre acesso do gado e processos erosivos e a N6 ocorre o acúmulo de vegetação e recebe efluentes das residências localizadas à montante da nascente. As demais áreas demonstram características próprias para cada componente, provavelmente em consequência das propriedades e particularidades de cada área de drenagem.

## 7 CONCLUSÕES

De maneira geral, as metodologias utilizadas para avaliação e análise da influência dos usos e coberturas do solo na qualidade das águas das áreas monitoradas demonstraram-se satisfatórias, revelando-se apropriadas para a caracterização qualitativa de cursos hídricos localizados em áreas de nascentes.

A nascente N3, a qual caracterizou-se pela interferência da atividade pecuária, demonstrou-se sensível em se tratando das baixas concentrações de OD e de uma possível contaminação orgânica originada do arraste de material superficial ao curso d'água. Tal relação foi verificada pela classificação média no IQA, bem como pelas curvas de permanência e das classes de enquadramento para a variável  $DBO_{5,20}$ . A análise multivariada fatorial constatou essa relação, em que as águas da nascente foram descritas pelos fatores superficial, ambiente e microbiológico.

As águas da N6 estiveram relacionadas com a ausência de tratamento adequado dos efluentes produzidos pelas residências rurais, representadas, especialmente, pelas variáveis coliformes totais e a *E. coli*. As curvas de permanência de qualidade das águas para tal área, revelaram a contaminação microbiológica e orgânica, reforçando a ideia da contaminação por consequência dos efluentes. Além disso, o IQA classificou as águas com qualidade média. Por fim, a análise multivariada fatorial corroborou tais suposições, designando as águas pelos fatores superficial, ambiente e microbiológico.

A nascente N4, a qual situa-se em meio à mata nativa, caracterizou-se pelas baixas concentrações dos parâmetros pH e OD, fato esse comprovado pelo IQA, classificado com qualidade média. A análise multivariada fatorial destacou uma possível influência dos fatores lixiviação, poluição difusa e decomposição na qualidade dessas águas, fazendo-se necessária uma investigação mais aprofundada para verificar as causas das baixas concentrações das variáveis mencionadas.

A N5 caracterizou-se por apresentar livre acesso do gado às águas, bem como pelas maiores cargas específicas médias na maior parte dos parâmetros analisados, além das maiores vazões. As curvas de permanência e a análise multivariada fatorial indicaram uma possível influência de fatores externos em relação à qualidade das águas.

As nascentes N1 e N2 destacaram-se em termos de qualidade da água, comprovadas pelos IQA's, classificando-se com qualidade boa. Além disso, obtiveram as mesmas influências na caracterização da qualidade das águas pela análise multivariada fatorial,

possível consequência da proximidade entre as duas áreas de drenagem, bem como pela cobertura mesma cobertura florestal.

O exutório, caracterizou-se por enquadrar-se como classe 4 nas curvas de permanência para as variáveis turbidez,  $DBO_{5,20}$ , *E. coli*, sólidos dissolvidos e nitrato, demonstrando influência das maiores vazões, bem como da contribuição dos afluentes e dos usos e coberturas do solo da microbacia. Essa situação foi comprovada, principalmente, pelo primeiro fator produzido pela análise multivariada fatorial, sendo esse, poluição difusa.

## 8 RECOMENDAÇÕES

Com base na metodologia e nos resultados alcançados nesta pesquisa, constataram-se algumas incertezas quanto a relação do uso e cobertura do solo e a qualidade da água das nascentes e do respectivo exutório. Dessa forma, faz-se algumas recomendações, as quais podem ser apuradas em trabalhos posteriores, sendo elas:

Monitorar a qualidade da água do escoamento de base nas áreas analisadas, possibilitando a verificação do comportamento e das condições em que se encontram as águas subterrâneas e, assim, compará-la com as concentrações das águas superficiais.

Dar continuidade ao monitoramento quali-quantitativo na microbacia hidrográfica estudada, onde poderão ser observadas em maior espaço temporal, as influências das alterações do uso e cobertura do solo, bem como do desenvolvimento dos tratamentos de restauração florestal aplicados pelo projeto Saúde da Água a partir das APP's, nas características dos recursos hídricos correspondentes.

Aplicar a metodologia utilizada nesta pesquisa em microbacia próxima, porém com áreas de nascentes em estado de maior perturbação do uso do solo e, conseqüente menor conservação e cobertura florestal das mesmas. Dessa forma, poderão ser identificadas as melhores decisões e critérios a serem tomados no planejamento de recuperação e gerenciamento de áreas de nascentes.

Examinar os atributos físico-químicos que compõem os solos das áreas investigadas em diferentes profundidades, com o objetivo de observar a relação geomorfológica com as possíveis interferências antrópicas e naturais nos aspectos qualitativos dos cursos hídricos monitorados.

Analisar a série de íons inorgânicos dos cursos d'água observados para a verificação da existência de materiais inorgânicos. Averiguar, também, as frações de material volátil que constituem as séries de sólidos, as quais possibilitam a detecção de minerais presentes no solo, como o Cálcio, Sódio, Potássio e Magnésio.



## REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores **NBR 9898**. de junho de 1987, 22 p.
- AGRIZZI, D. V. **Índice de qualidade da água de nascentes no assentamento Paraíso, Alegre, ES**. 2012. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, ES, 2012.
- ALVARENGA, L. A.; MARTINS, M. P. P.; CUARTAS, L. A.; PENTEADO, V. A.; ANDRADE, A. Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul – São Paulo, após ações de preservação ambiental. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 228-240, 2012.
- ALVES, I. C. C. et al. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazonica**. v. 42, n. 1, p. 115-124. 2012.
- AMARAL, L. A.; FILHO, A. N.; JUNIOR, O. D. R.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 510-514, 2003.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Programa Produtor de Água: manual operativo. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2012. 67 p.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Brasília, DF. Agência Nacional de Águas, 2013. 368 p.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Indicadores de qualidade da água: índice de qualidade das águas. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acessado em 09 de março de 2016.
- ANDRADE, E. M.; SILVEIRA, S. S.; AZEVEDO, B. M. Investigação da estrutura multivariada da evapotranspiração na região Centro Sul do Ceará pela análise de componentes principais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 1, p. 39-44, jan-mar. 2003.
- ANDRADE, E. M. et al. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.683-690, set-dez. 2007.
- ANDRADE, E. M. et al. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. **Ciência Rural**. v. 37, n. 6, p. 1791-1797, nov-dez, 2007b.
- APHA; AWWA; WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington D.C.: **American Public Health Association**, 2012.
- ARAÚJO, R. K. **Dinâmica da contaminação por efluente sanitário em área de campus universitário**. 2013. 157 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2013.

ARCOVA, F. C. S. **Balço hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na Serra do Mar**. 1996. 130 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, SP, 1996.

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**, v. 56, p. 125-134. 1999.

BARRELLA, W. et al. **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes**. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BARRETO, L. V. et al. Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté v. 9, n. 1, 2014.

BARROS, R. V. G.; SOUZA, H. M. L.; SOUZA, C. A. 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.

BERTOSSI, A. P. A.; CECÍLIO, R. A.; NEVES, M. A.; GARCIA, G. O. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas do solo no sul do Espírito Santo. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 37, n. 1, p. 107-117, jan-fev. 2013.

BINOTTO, D. **Proposta de Enquadramento para a Bacia Hidrográfica do Arroio Jacutinga, Município de Ivorá - RS**. 24 de fevereiro de 2012. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2012.

BRAGA, B.; BARROS, M. T. L.; CONEJO, J. G. L.; EIGER, S.; HESPANHOL, I.; JULIANO, N.; NUCCI, N.; PORTO, M.; SPENCER, M. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Lei n. 9.433 de 08 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos. **Diário Oficial União**, Brasília, DF, 08 jan. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acesso em: 08 out. 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 jan. 2001. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em: 10 out. 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 de mar. 2005. Seção 1, 2005, p.58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2014.



BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914/2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 de dez. 2011. Disponível em: <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)> Acesso em: 15 out. 2015.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, v. 149, n. 202, 18 out. 2012. Seção I, p 1-3. Disponível em: <<http://www.in.gov.br>>. Acesso em: 13 set. 2014.

BRITO, L. T. L. et al. Uso de análise multivariada na classificação das fontes hídricas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.26, n.1, p. 36-44, jan-apr. 2006.

BUENO, L. F.; GALIATTI, J. A.; BORGES, M. J. Monitoramento de variáveis da qualidade da água do Horto Ouro Verde – Conchal – SP. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.25, n.3, p.742-748, set-dez. 2005.

BURIN, R. **Variabilidade da qualidade da água e do estado trófico do reservatório do Vacacaí Mirim**. 2011. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

CALHEIROS, R. O.; TABAI, F. C. V.; BOSQUILIA, S. V.; CALAMARI, M. **Preservação e Recuperação das Nascentes: de água e vida**. Caderno da Mata Ciliar, n 1, São Paulo: SMA, 2009.

CÂMARA, C. D. **Critérios e indicadores para o monitoramento hidrológico de florestas plantadas**. 2004. 191 f. Tese (Doutor em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2004.

CAMPELLO, F. D. et al. Avaliação preliminar da qualidade das águas da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, V. 3 n. 1/4 p. 047-064, Jan/Dez, 2005.

CARVALHO, A. L. **Contaminação de águas subsuperficiais em área de disposição de resíduos sólidos urbanos – o caso do antigo lixão de Viçosa (MG)**. 2001. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2001.

CARVALHO, R. A.; OLIVEIRA, M.C.V. **Princípios básicos de saneamento do meio**. São Paulo. 3ªed., editora SENAC. São Paulo, 2003.

CARVALHO, A. de P.; MORAES NETO, J. M.; LIMA, V. L. A. Determinação espacial e temporal do IQA do açude Soledade em Soledade-PB. **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal. v. 6, n. 2, p. 293- 305, mai-ago. 2009.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, v.2, 273p, 2004.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de 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 e de amostragem. São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>>. Acesso em: set. 2014.

COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, p. 51-60, 2014.

CRUZ, J. C. **Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais**. 2001. 199 f. Tese (Doutor em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas hidráulicas. 2001.

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

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. (Jan/Mar). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, p. 111-124, 2008.

DISCONZI, G. S. **Coleta seletiva do óleo residual doméstico: desafios e perspectivas para um aproveitamento socioambiental e sustentável**. 2014. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2014.

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

EATON, A. D., CLESCERI, L. S., RICE, E. W., AND GREENBERG, A. E.: **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 21st ed. American Public Health Association, Washington, D. C. 2005.

FARIAS, M. S. S. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

FEE. Fundação de Economia e Estatística. Disponível em: <<http://feedados.fee.tche.br/feedados/#!pesquisa=0>>. Acesso em: 25 out. 2014.

FERNANDES, M. M.; CEDDIA, M. B.; FERNANDES, M. R. M.; GUIMARÃES, G. S. C. Influência do uso do solo na qualidade de água da microbacia Palmital, Macaé – RJ. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 3, p. 137-142, jul-set, 2012.

FERREIRA, A. C. S.; PÁDUA, V. L. Qualidade da água para consumo humano. In: HELLER, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte, 2 ed. Editora UFMG, cap. 4. 2010.

FERREIRA, A.; ZOLIN, C. A.; MATOS, E. S.; BEHLING, M.; SPERA, S. T. Conservação de Solos e Recursos Hídricos. In: GUERIN, N.; ISERNHAGEN, I. **Plantar, criar e conservar: unindo produtividade e meio ambiente**. 1 ed. São Paulo: Instituto Socioambiental, v. 1, p. 49-66. 2013.

FERREIRA, K. C. D. et al. Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza – CE, v. 46, n. 2, p. 277-286, abr-jun, 2015.

FORMIGONI, Y. B. et. al. **Análise crítica da curva de permanência de qualidade da água com base em dados históricos**. Em: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Qualidade de água na microbacia do Coqueiro, noroeste do Estado de São Paulo. **Water Resources and Irrigation Management**, v.1, n.1, p.61-69, 2012.

FRANCO, M. C.; SCOPEL, I.; ASSUNÇÃO, H. F. Índice de Qualidade da Água no Rio Claro, no Córrego do Queixada e no Ribeirão Jataí, Junto à Área Urbanizada na Cidade de Jataí (GO). **Revista Eletrônica de Geografia**, v.6, n.16, p. 26-45, mai. 2014.

GARDIMAN JUNIOR, B. S. **Qualidade da água de microbacias hidrográficas sob atividades silviculturais em Aracruz, ES**. 123 f. 2012. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais). Jerônimo Monteiro. Universidade Federal do Espírito Santo. 2012.

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

HAIR, J. et al. **Análise multivariada de dados**. trad. Adonai Schulup Sant’Anna e Anselmo Chaves Neto. – 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HORN, J. F. C. **Regime hidrológico de duas microbacias contíguas: um comparativo entre uso urbano e rural**. Fevereiro de 2012. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=431053>>. Acesso em: 25 out. 2014.

JARDIM, P. B. **Qualidade de água de nascentes como reflexo do manejo e ocupação do solo e conservação da mata ciliar, no município de Ouro Branco – MG**. 2010. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, MG, 2010.

LEMO, M.; NETO, M. F.; DIAS, N. Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.2, p.155–164, 2010.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010, 494 p.

LUBENOW, A. T. et al. Impacto do uso e ocupação da terra na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Nhapindazal, Irati (PR). **Ambiência Guarapuava**. v.8, n.3, p. 845-858, set-dez. 2012.

MANOEL, L. O.; CARVALHO, S. L. Qualidade do recurso hídrico de duas nascentes na microbacia do Córrego Caçula no Município de Ilha Solteira - SP. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 6, n. 7, nov. 2013.

MARMONTEL, C. V. F. **Qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas do solo e estado de conservação da vegetação no córrego Pimenta, São Mateus/SP**. 2014. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista. Botucatu. 2014.

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar. **FLORAM - Revista Floresta e Ambiente**, v. 22, p. 171-181, 2015.

MELO, A. S.; HEPP, L. U. Ferramentas estatísticas para análise de dados provenientes de biomonitoramento. **Oecologia Brasiliensis**. v. 12, n. 3, p. 463-486. 2008.

MORTARI, S. R., SILVA, R. F. da. Qualidade da água. In: RIGHES, A.A.; BURIOL, G.A.; BOER, N. **Água e educação: Princípios e estratégias de uso e conservação**. Centro Universitário Franciscano. 272 p. cap. 2. 2009.

NEARY, D. G.; ICE, G. G.; JACKSON, C. R. Linkages between forest soils and water quality and quantity. **Forest Ecology and Management**, Elsevier, v. 258, n. 10, p. 2269-2281, 2009.

NOZAKI, C. T.; MARCONDES, M. A.; LOPES, F. A.; SANTOS, K. F.; LARIZZATTI, P. S. C. Comportamento temporal de oxigênio dissolvido e pH nos rios e córregos urbanos. **ASA – Atas de Saúde Ambiental**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 29-44, Jan-Abr. 2014.

OMS. **Guías para la calidad del agua potable**. Ginebra: OMS, 1995. 195 p.

OTT, W. R. **Environmental Indices - Theory and Practice**, Ann Arbor Science, Ann Arbor, Michigan. 1978.

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).

PEREIRA-SILVA, E. F. L.; PIRES, J. S. R.; HARDT, E.; SANTOS, J. E.; FERREIRA, W. A. Avaliação da qualidade da água em microbacias hidrográficas de uma Unidade de Conservação do Nordeste do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 371-381, jul-set. 2011.

PERRY, D. A.; MAGHEMBE, J. Ecosystem concepts and current trends in forest management: time for reappraisal. **Forest Ecology and Management**, v. 26, p.123-140, 1989.

PINTO, V. A. P.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba. n. 65, p.197-206, 2004.

PINTO, A. L.; OLIVEIRA, G. H. de; PEREIRA, G. A. Avaliação da eficiência da utilização do oxigênio dissolvido como principal indicador da qualidade das águas superficiais da bacia do córrego Bom Jardim, Brasilândia, MS. **Revista GEOMAE - Geografia, Meio Ambiente e Ensino**. Campo Mourão, PR. v.1, n.1, p. 69-82, 2010.

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

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A. **Utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais**. In: SCHIAVETTI, A; CAMARGO, A F. M (Eds). Conceito de bacias hidrográficas, teoria e aplicação. Editora da UESC, Ilhéus, BA, 289p. 2002.

PONTES, P. P.; MARQUES, A. R.; MARQUES, G. F. Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na micro-bacia do Córrego Banguelo – Contagem. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 183-194, 2012.

PRIMAVESI, O.; FREITAS, A. R.; PRIMAVESI, A.C.; OLIVEIRA, H.T. 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. 209-217, 2002.

QUEIROZ, M. M. F. et al. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.4, p. 200-210, 2010.

RIBEIRO, K. H. **Qualidade da água superficial e a relação com o uso do solo e componentes ambientais na microbacia do rio campestre, Colombo, PR**. 2009. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2009.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de Água: Tecnologia atualizada**. 9 ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 332 p. 2011.

RIGHES, A. A. Água no planeta: características, disponibilidade e ciclo hidrológico. In: RIGHES, A.A.; BURIOL, G.A.; BOER, N. **Água e educação: Princípios e estratégias de uso e conservação**. Centro Universitário Franciscano. 272 p. cap. 1. 2009.

RODRIGUES, V. A. Morfometria e mata ciliar da microbacia hidrográfica. In: ANAIS, WORKSHOP EM MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS, 8., 2004, Cunha, SP. **Workshop em manejo de bacias hidrográficas**. Botucatu. Unesp. FCA. p.7-18. 2004.

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.

SANTOS, A. G.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Florestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo em bacias hidrográficas do município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 6, n. 3, 2011.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.1, p.60-68, 2013.

SÃO PAULO. Decreto nº 60.521, de 5 de junho de 2014. Institui o Programa de Incentivos à Recuperação de Matas Ciliares e à Recomposição de Vegetação nas Bacias Formadoras de Mananciais de Água, institui a unidade padrão Árvore-Equivalente e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 5 jun. 2014. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2014/decreto-6052105.06.2014.html>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

SILVA, A. P. S.; DIAS, H. C. T.; BASTOS, R. K. X.; SILVA E. Qualidade da água do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v.33, n.6, p.1063-1069, 2009.

SILVA, F.; SANTOS, L. P.; FOLETO, E. M. **Incompatibilidade legal de uso e ocupação do solo a partir da aptidão agrícola: o caso da microbacia hidrográfica do Arroio Manoel Alves, Itaara/RS**. In: I Congresso internacional de direito ambiental e economia política - UFSM. Anais... Santa Maria: Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM, 2012.

SILVA, R. L. L. **Estratégia de monitoramento em apoio ao licenciamento ambiental em trecho de vazão reduzida**. 05 de novembro de 2012. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2012.

SILVEIRA, G. L. **Quantificação de vazão em pequenas bacias carentes de dados**. 1997. 180f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

SILVEIRA, G. L.; SILVA, C. E.; IRION, C. A. O.; CRUZ, J. C.; RETZ, E. F. Balanço de Cargas Poluidoras pelo Monitoramento Quali-quantitativo dos Recursos Hídricos em Pequena Bacia Hidrográfica. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8, n.1. 2003. p.5-11.

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

TOMAZ, P. **Poluição Difusa**. 1º Edição. Brasil: Editora Navegar, 2006, cap2.

TONIOLO, G. R.; LACRUZ, M. S. P.; SAUSEN, M. T. Análise do escoamento superficial na bacia hidrográfica do Vacacaí-Mirim. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 65/3, p. 605-615, 2013.

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).

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. Editora RiMa, IIE. 248p, 2003.

UFSM/SEMA. **Desenvolvimento de ações para implantação da Outorga na bacia do rio Santa Maria, RS.** Relatório Técnico No.1. 2003. Convênio UFSM/SEMA/RS. (2003a).

UFSM/SEMA. **Desenvolvimento de ações para implantação da Outorga na bacia do rio Santa Maria, RS.** Relatório Técnico No.2. 2003. Convênio UFSM/SEMA/RS. (2003b).

VALENTE, M. L. **Alteração nas características físico-químicas e biológicas da água com a introdução da atividade de silvicultura de eucalipto em microbacias na região do Pampa – RS.** 2013. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2013.

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.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática.** 2005. 215 f. Monografia (Especialização em Estatística e Modelagem Quantitativa) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** v. 1. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452 p.

WALLING, D.E. Water in the catchment ecosystem. In: GOWEN, A.M., ed. **Water Quality in Catchment Ecosystems.** New York: John Wiley, 1980. p. 1-47.

ZANINI, H. L. H. T.; AMARAL, L. A.; ZANINI, J. R.; TAVARES, L. H. S. Caracterização da água da microbacia do Córrego Rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico. **Engenharia Agrícola,** Jaboticabal, v.30, n.4, p.732-741, jul-ago. 2010.





**APÊNDICE A – PRECIPITAÇÃO DIÁRIA (MM) REGISTRADA NA MICROBACIA  
EM ESTUDO ENTRE OS MESES DE JANEIRO DE 2015 À JANEIRO DE 2016.**

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan
1	26,2	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	32,0	0
2	3,2	0	0	0	29,4	0	0,0	0	0	17,1	1,0	1,0	0
3	0	0	0	0	3,1	0	3,0	0	0	0	4,5	0	0
4	0	0	0	21,2	0	0,4	0	12,8	0,4	0	70,5	8,0	2,0
5	0,1	0	0	36,2	1,7	3,6	0	13,2	0	0,1	2,0	0	13,4
6	0	0	0	0	0	0	11,6	0	0	1,2	0	0	16,0
7	4,2	0	0	0,2	0	0	7,9	0	0	116,2	0	0	0
8	45,5	0	0	0	0	0	0,2	0	0	111,8	0	0	0
9	20,0	0	0	0	0,6	0,6	5,2	0	0	38,4	0	26,0	0
10	19,6	14,8	0	0	1,8	13,6	2,2	0	2,6	23,6	28,0	0	0
11	1,2	1,9	0	0	3,6	28,0	0	2,2	0,2	13,4	2,0	0	3,0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,6	9,0	0	0
13	4,6	0	0	0	0	0	3,2	0	0	0	0	31,0	0
14	38,9	0	0,5	14,3	0	0	22,0	0	0	6,6	0	21,5	0
15	0,1	0	0	0,1	0	0	16,2	0,6	0	18,8	0	0	0
16	0,2	0	0	0	3,2	0	0	2,6	0	0	15,0	0	0
17	11,5	0	0	47,4	0	37,6	0,2	0	27,0	0	14,0	0	0
18	0	0	0	0,2	0	0,5	2,4	32,8	1,1	0	0	0	0
19	0	11,4	0	0	0	0	2,0	2,8	41,3	0	24,0	30,0	0
20	20,9	2,2	0,1	20,3	0	0	14,0	0	24,7	0	2,0	0	0
21	0,1	0	0	0,3	0	0	68,8	0	32,6	75,0	0	18,0	0
22	0	2,0	0	0	0	9,4	0	7,2	43,4	0,4	0	91,0	0
23	1,5	0,6	0	0	10,6	15,3	0	0	0	0,4	0	46,0	0
24	1,4	0,6	0	0	1,2	21,9	0	0,2	15,1	0	0	38,0	0
25	0	0	0	0	0,4	0,1	0	0	2,6	5,0	0	1,5	0
26	0	0	25,6	0	9,8	0	0	10,7	0	0	9,0	0	12,0
27	21,3	0	0	0	83,8	0	0	0,1	0	0	0	0	0
28	5,4	0	0	0	4,0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	12,8		77,5	0	0,2	6,7	0	0	0	0	0	20,0	44,0
30	0		0,2	0	0	0,8	0	0	0,6	27,8	0	5,0	14,0
31	0		0		0		0	0		11,8		0	2,0
<b>Total</b>	<b>238,7</b>	<b>33,5</b>	<b>103,9</b>	<b>140,2</b>	<b>153,4</b>	<b>138,5</b>	<b>159,0</b>	<b>85,2</b>	<b>191,6</b>	<b>473,2</b>	<b>181,0</b>	<b>369,0</b>	<b>106,4</b>

Nota: Dados em destaque (cinza) indicam a ausência das datas nos meses.