

Qualidade da água de nascentes do Assentamento Paraíso

Quality of the water from the springs of the Paraíso settlement

Daniela Vantil Agrizzi¹, Roberto Avelino Cecílio^{2*}, Sidney Sara Zanetti²,
Giovanni de Oliveira Garcia², Atanásio Alves do Amaral³,
Elziane Favoreto Alves Firmino⁴, Natalia Gomes de Souza Mendes⁴

RESUMO

Este estudo teve por objetivo avaliar a influência de diferentes usos do solo no entorno de nascentes sobre alguns parâmetros de qualidade das águas de oito nascentes localizadas no Assentamento Paraíso, Alegre, Espírito Santo. As nascentes avaliadas consistiram em uma em meio à floresta remanescente de Mata Atlântica; seis cercadas e em diferentes estágios de recomposição florestal; e uma sem cerca e com acesso livre dos animais de criação. Três amostras de água foram coletadas em cada nascente entre 2011 e 2012, sendo analisados 17 parâmetros. Os valores determinados foram comparados com os padrões normativos para qualidade da água e correlacionados linearmente por meio do coeficiente de correlação. As águas das nascentes se mostraram aptas para o consumo, desde que previamente tratadas, e, quanto maior foram os trabalhos de proteção às nascentes, melhores foram os valores de qualidade de água.

Palavras-chave: potabilidade; correlação de Pearson; coliformes; padrões normativos.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of land use in the surrounding of the springs on some of the parameters of water quality in eight springs located in the Paraíso settlement in the city of Alegre, Espírito Santo, Brazil. The springs evaluated were: one in the Atlantic forest remnant; six fenced ones and in different stages of forest recovery; and one without a fence and with free livestock access. Three samples of water were collected in each spring in 2011 and 2012, and 17 parameters were analyzed. The determined values were compared to the normative standards for water quality and linearly correlated through the correlation coefficient. Water from the springs showed to be consumable, if previously treated, and the more protected the springs, the better the water quality values.

Keywords: potability; Pearson's correlation; coliforms; normative standards.

INTRODUÇÃO

A água, tanto em termos de quantidade como de qualidade, representa recurso fundamental para o desenvolvimento das sociedades e para a manutenção da vida (ABERA *et al.*, 2011). A qualidade dos recursos hídricos constitui-se um dos principais fatores limitantes ao crescimento socioeconômico aliado à preservação ambiental (BAKER & MILLER, 2013).

Em bacias hidrográficas de uso agrícola, a qualidade das águas está diretamente relacionada a ações antrópicas como o uso e o manejo

da terra, a transformação de ecossistemas naturais, o uso de insumos produtivos (agrotóxicos e fertilizantes) e a destinação dos resíduos (MENDES *et al.*, 2008). O conhecimento do comportamento da qualidade de água em bacias hidrográficas do meio rural é essencial para seu planejamento de uso e manejo, como também para o controle dos impactos ambientais negativos (WICKHAM *et al.*, 2011), permitindo satisfazer os múltiplos usuários dos recursos hídricos, em especial aqueles de maior demanda com relação à qualidade (VON SPERLING, 2005).

¹Professora na Faculdade de Venda Nova do Imigrante - Jerônimo Monteiro (ES), Brasil.

²Professor na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) - Viçosa (MG), Brasil.

³Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) - Jaboticabal (SP), Brasil.

⁴UFES - Jerônimo Monteiro (ES), Brasil.

*Autor correspondente: roberto.cecilio@ufes.br

Recebido: 09/06/2015 - Aceito: 20/03/2017 - Reg. ABES: 150701

Considera-se importante avaliar e monitorar a qualidade das águas com o uso de poucos e significativos parâmetros para diferentes áreas e diversos fins (MANOEL & CARVALHO, 2013), com o intuito de permitir que se façam monitoramentos, intervenções e controle ambiental. Nesse contexto, destacam-se os índices de qualidade da água (IQA), que exercem o papel de integradores das características físico-químicas e biológicas da água, resumindo várias informações em um único resultado numérico (BASSO & CARVALHO, 2007).

Embora as águas provenientes de nascentes sejam comumente rotuladas como “puras” para o consumo, podem ter sua qualidade comprometida (OLIVEIRA *et al.*, 2014) sem que os usuários dos recursos hídricos o percebam. Tal fato é comum e preocupante quando o maior uso da água é direcionado para o abastecimento residencial, em especial de pequenos núcleos populacionais no meio rural como, por exemplo, os assentamentos rurais. Dessa forma, a utilização de águas de nascentes para consumo humano nessas áreas deve ser feita de maneira criteriosa, a fim de diminuir os riscos à saúde dos consumidores (CAVALCANTE, 2014).

O processo de reforma agrária tem se tornado peça fundamental nos avanços econômicos e sociais brasileiros, apresentando estratégias positivas na redução da pobreza e no aumento da equidade social (CARDOSO, 2004). Muito se tem discutido sobre as alternativas que promovam uma agricultura familiar sustentável dentro dos assentamentos rurais, de forma a garantir segurança alimentar, melhoria de renda e minimização dos impactos ambientais (LIMA & LOPES, 2012), e, nesse cenário, a melhoria das condições socioambientais no que diz respeito à qualidade das águas é de fundamental importância.

Ações nesse sentido foram desenvolvidas no assentamento Paraíso, em Alegre, Espírito Santo, onde um projeto foi iniciado em 2006 com o objetivo de recuperar Áreas de Preservação Permanente (APP) no entorno de nascentes. Depois de cinco anos, tal projeto resultou em diversas situações de cobertura vegetal no entorno das nascentes, tendo em vista que cada produtor se deparou com diferentes dificuldades, cuidados e expectativas individuais, além das adversidades do clima, de pragas e das diferentes exigências de cada espécie. Entretanto, pouco se conhece a respeito dos diferentes tratamentos recebidos pelas áreas do entorno das nascentes na qualidade de suas águas.

Do exposto, o presente estudo objetivou avaliar a qualidade da água em nascentes do Assentamento Paraíso (Alegre, Espírito Santo) sob a influência de diferentes usos do solo, bem como propor um índice de qualidade da água (IQA) adaptado, utilizando análise estatística multivariada.

METODOLOGIA

As nascentes estudadas estão inseridas na bacia hidrográfica do córrego Paraíso, pertencente à do rio Itapemirim. Estas estão localizadas

na área do Assentamento Paraíso, município de Alegre, Espírito Santo, entre as coordenadas geográficas 41°28'53" e 41°30'37" de longitude Oeste e 20°50'14" e 20°51'56" de latitude Sul em altitudes que variam entre 530 e 720 m. Selecionaram-se oito nascentes levando-se em consideração a identificação da cobertura vegetal e aspectos de uso do solo no seu entorno (Figura 1 e Quadro 1).

A classificação climática internacional de Köppen para o município de Alegre é do tipo Cwa, ou seja, tropical quente úmido, em que o inverno apresenta-se frio e seco, sendo a temperatura média anual de 23,1°C e precipitação total anual média de 1.341 mm. Os solos são latossolo vermelho-amarelo distróficos com relevo ondulado e cambissolo háplico distrófico com relevo ondulado e fortemente ondulado, ambos com horizonte A moderado e textura argilosa (GEOBASES, 2012).

As coletas de água abrangeram o período chuvoso e aconteceram nos meses de novembro de 2011, janeiro de 2012 e março de 2012, com amostragens realizadas com tripla repetição em cada uma delas. Elas foram realizadas no período da manhã e em dias sem chuva, porém com a ocorrência de eventos pluviométricos na semana anterior, seguindo os procedimentos de amostragem descritos em ABNT (1987).

Determinaram-se os valores de 17 variáveis relativas à qualidade de água: coliformes termotolerantes (COL_{termo}), coliformes totais (COL_{totalis}), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio total (N_{total}), fósforo total (P_{total}), turbidez (Turb), sólidos totais (ST), temperatura (Temp), pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), alcalinidade (Alc), condutividade elétrica (CE), sólidos dissolvidos (SD), sólidos suspensos (SS), e as concentrações dos metais cálcio, magnésio e ferro. Algumas foram determinadas em campo: CE (por condutivímetro portátil), OD (por oxímetro portátil) e temperatura da água. A determinação de COL_{totalis} , COL_{termo} e N_{total} foi realizada conforme a metodologia descrita pela American Public Health Association (APHA) (RICE *et al.*, 2012). A Turb foi determinada com turbidímetro de bancada, a DBO por titulação iodométrica, após incubação a 20°C durante 5 dias (ABNT, 1992b). O P_{total} foi apurado segundo o método colorimétrico por redução com ácido ascórbico (ABNT, 1992a). E para definir a Alc utilizou-se o método titulométrico com H_2SO_4 0,02N. Com o método gravimétrico, obteve-se a série de sólidos (ABNT, 1989). Os metais Ca, Mg e Fe foram medidos em espectrofotômetro de absorção atômica.

Os resultados das variáveis analisadas foram confrontados com os seguintes padrões normativos para qualidade da água:

- Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), que estabelece os níveis aceitáveis de cada variável de qualidade da água para consumo objetivando preservar a saúde da população, tendo em vista que a água da maioria das nascentes estudadas é usada no abastecimento das famílias sem um tratamento prévio ou desinfecção;
- Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), que define os

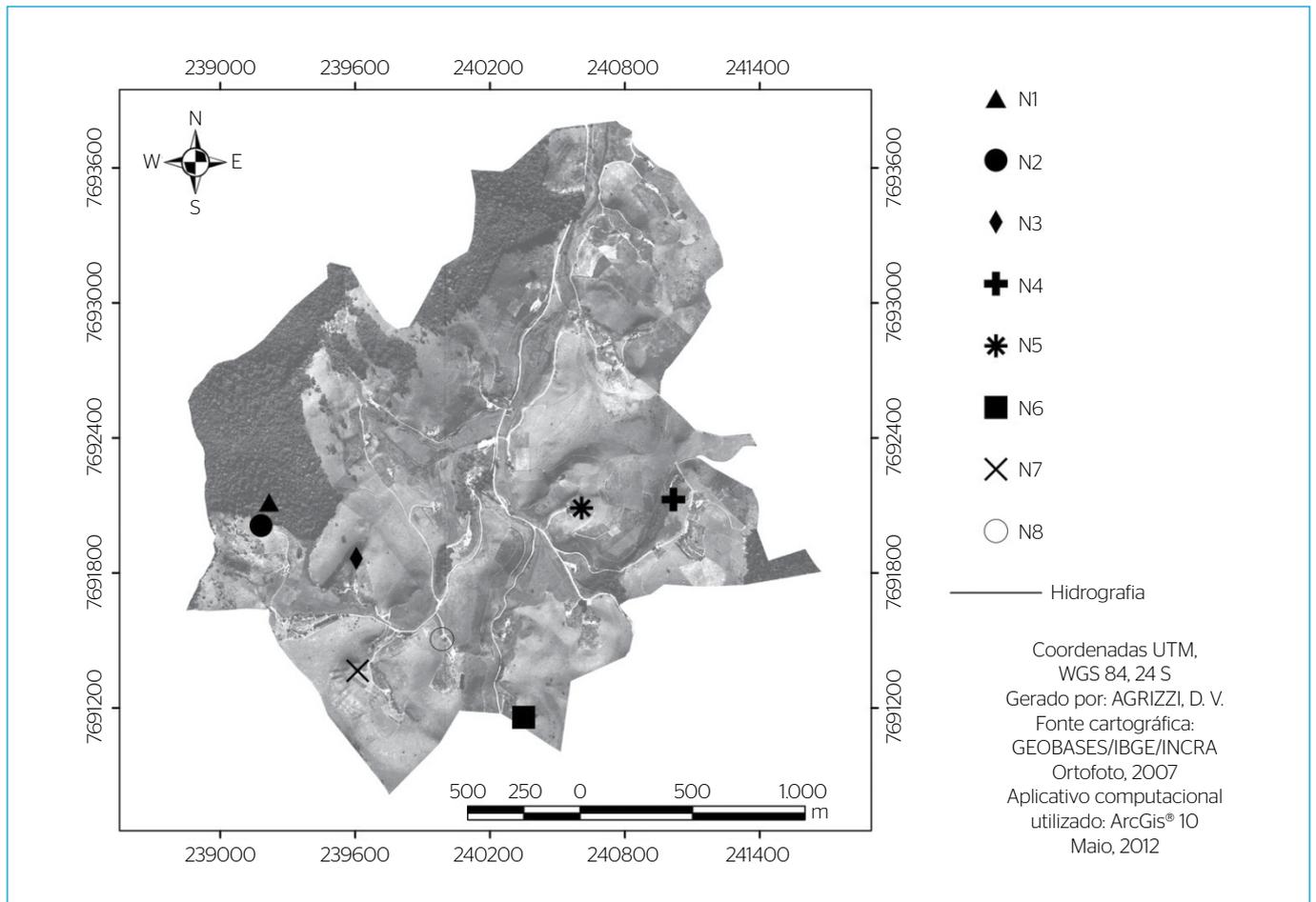


Figura 1 - Bacia hidrográfica do córrego Paraíso com a localização das nascentes do estudo.

Quadro 1 - Características da cobertura da terra das nascentes escolhidas para estudo.

Nascente	Características
N1	Toda a microbacia em meio à floresta remanescente de Mata Atlântica. Nascente não cercada, mas em meio à floresta. Existência de poço natural no afloramento da nascente. Não é utilizada para o abastecimento domiciliar.
N2	Parte da microbacia em floresta primária e parte em pastagem. Nascente cercada com parte da APP em floresta primária e parte em gramínea forrageira. Um buraco foi escavado próximo ao "olho d'água" para acumular água e facilitar o abastecimento. É utilizada para o abastecimento domiciliar.
N3	Microbacia em pastagem. Nascente cercada, com APP em estágio inicial de regeneração. "Olho d'água" dentro de caixa de alvenaria que acumula água para facilitar o abastecimento. É utilizada para o abastecimento domiciliar.
N4	Microbacia em pastagem e com presença de bacia de acumulação de água subsuperficial utilizada como bebedouro pelo rebanho a montante da nascente. Nascente cercada, com APP em capoeira e brejo. A água aflora em meio ao brejo. É utilizada para o abastecimento domiciliar.
N5	Microbacia em pastagem. Nascente cercada, com APP em início de formação de capoeira. Possui caixa de alvenaria que acumula água para facilitar o abastecimento. É utilizada para o abastecimento domiciliar.
N6	Microbacia bastante declivosa em pastagem. Nascente cercada, com APP com presença de gramínea forrageira alta. Um buraco foi escavado próximo ao "olho d'água" para acumular água e facilitar o abastecimento. É utilizada para o abastecimento domiciliar.
N7	Microbacia em pastagem degradada. Nascente cercada com presença de brejo. A água aflora em meio a um brejo. É utilizada para o abastecimento domiciliar.
N8	Microbacia em pastagem com presença de curral e bacia de acumulação de água subsuperficial utilizado como bebedouro pelo rebanho a montante da nascente. Nascente não cercada, com APP sob pastagem. Acesso livre de animais à nascente. Não é utilizada para o abastecimento domiciliar.

APP: área de preservação permanente.

níveis aceitáveis de cada variável na qualidade de água dos corpos hídricos objetivando a sua preservação ambiental.

Consideraram-se as nascentes deste estudo incluídas na classe 2, uma vez que ainda não existe o enquadramento.

A qualidade da água também foi avaliada utilizando-se o índice adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para o abastecimento público, o IQA_{CETESB} , por meio da Equação 1 (CETESB, 2008):

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

em que:

IQA_{CETESB} = índice de qualidade da água (valor entre 0 e 100);

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

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

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

Partindo-se das premissas de que o uso de índices empíricos em regiões distintas daquelas para as quais estes foram desenvolvidos devem passar por um ajuste às condições locais (FERREIRA *et al.*, 2015), propôs-se uma alteração do IQA_{CETESB} com parâmetros adaptados às condições locais das nascentes do Assentamento Paraíso ($IQA_{NASCENTE}$). Definiram-se as variáveis que interferem com mais expressividade na qualidade das águas em estudo, sendo atribuídos pesos (w_i) a eles, de acordo com a importância de cada um. As variáveis do IQA_{CETESB} consideradas como menos importantes para avaliar a qualidade da água nas nascentes estudadas foram eliminadas do $IQA_{NASCENTE}$. As que permaneceram tiveram seus pesos corrigidos proporcionalmente, conforme as Equações 2 e 3.

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

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

em que:

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

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

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

n = número de parâmetros remanescentes no $IQA_{NASCENTE}$.

Posteriormente, os dados das análises físicas, químicas e microbiológicas de qualidade da água foram submetidos à estatística multivariada, permitindo uma análise conjunta e simultânea de todos os parâmetros mensurados, no intuito de simplificar e facilitar a interpretação de elementos complexos e com grande quantidade de parâmetros. Os dados foram padronizados em razão de estarem em diferentes unidades e escalas, a fim de obterem média zero e variância unitária.

Posteriormente, para verificar a relação entre pares de variáveis e sua intensidade, os dados foram correlacionados linearmente por meio do coeficiente de correlação de Pearson. A significância de seus coeficientes foi avaliada pelo teste t de Student, unicaudal, com 5% de probabilidade.

Entre as técnicas de análise estatística multivariada existentes, foram empregadas a análise de componentes principais (ACP), na qual é possível reduzir o número de parâmetros que explicam a variabilidade da qualidade da água das nascentes (OLSEN *et al.*, 2012), e a análise de agrupamento (AA), que permite verificar como elas tendem a se agrupar em função dos padrões similares de qualidade da água.

Para determinar o número de componentes a serem empregados na ACP, utilizou-se o “critério de percentagem da variância”, a partir da definição de quanto as componentes sucessivas devem explicar na percentagem cumulativa da variância total, valendo-se da experiência do pesquisador (HAIR JUNIOR *et al.*, 2005). O valor adotado de percentagem da variância foi de 65%.

De posse das componentes principais selecionadas, determinaram-se as variáveis mais importantes dentro de cada componente principal (CP), ou seja, as que apresentaram correlação acima de 0,7 com a CP (HAIR JUNIOR *et al.*, 2005). Com a ACP, foi possível interpretar geometricamente o comportamento das nascentes, por meio dos escores das duas componentes principais representadas graficamente.

Na AA, utilizou-se o método de Tocher, sendo a distância euclidiana adotada como medida de similaridade. As nascentes foram consideradas como as unidades amostrais, e as características utilizadas para agrupá-las foram as variáveis avaliadas, obtendo-se grupos de nascentes que se comportaram de forma semelhante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios determinados para as análises das variáveis físicas, químicas e microbiológicas de qualidade da água para as oito nascentes estudadas são apresentados na Tabela 1, em conjunto com os valores limites indicados pela legislação brasileira no tocante à potabilidade (Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde) e à preservação ambiental (Resolução CONAMA nº 357/2005), para efeito de comparação. A matriz da correlação de Pearson é apresentada na Tabela 2, na qual é possível observar quais variáveis apresentaram uma correlação significativa em nível de 5% de probabilidade.

A maior parte das nascentes analisadas apresentou contaminação por coliformes, de forma semelhante ao ocorrido com as fontes de abastecimento humano em áreas rurais (BARBIERI *et al.*, 2013; CAVALCANTE, 2014; GALATTO *et al.*, 2011; GOMES *et al.*, 2011; RHEINHEIMER *et al.*, 2010; ROCHA *et al.*, 2006), demonstrando a precariedade do abastecimento rural no país. Embora os coliformes não causem doenças, sua presença pode ser indicadora de outros

Tabela 1 - Valores das variáveis de qualidade da água nas nascentes em estudos e valores limites da Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde e da Resolução CONAMA nº 357.

Parâmetros	Nascentes	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	Normas	
										Portaria nº 2914	Resolução nº 357
COL _{totalis} NMP ¹ (100 mL) ⁻¹		320,00	362,70	183,40	347,30	<1,80 ²	274,30	8163,30	8472,30	Ausência	-
COL _{termo} NMP (100 mL) ⁻¹		180,50	22,00	<1,80 ²	2,00	<1,80 ²	430,30	160,50	590,30	Ausência	≤1.000,00 ³
pH		6,06	5,57	5,82	5,72	5,72	6,49	6,30	5,98	6,00 a 9,50	6,00 a 9,00
Alc (mg L ⁻¹ CaCO ₃)		17,50	5,30	10,00	9,30	8,70	18,00	13,30	14,30	-	-
OD (%)		10,06	38,68	34,32	11,89	45,59	65,21	51,44	19,26	-	-
OD (mg L ⁻¹)		0,89	3,43	3,05	1,06	4,07	5,83	4,57	1,71	-	≥5,00
DBO (mg L ⁻¹)		1,73	0,69	0,78	1,05	0,46	1,58	0,73	2,05	-	≤5,00
N _{total} (mg L ⁻¹) ³		0,25	1,90	0,93	0,87	0,72	0,25	0,37	0,33	≤10,00; ≤1,00 e ≤1,50 ⁴	≤10,00; ≤1,00 e ≤3,70 ⁵
P _{total} (mg L ⁻¹)		0,09	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	-	≤0,10 ⁶ e ≤0,05 ⁷
Fe (mg L ⁻¹)		0,44	0,08	0,05	0,38	0,04	0,31	0,37	1,57	≤0,30	≤0,30
Ca (mg L ⁻¹)		3,84	2,13	3,33	2,68	2,19	3,04	2,43	2,60	-	-
Mg (mg L ⁻¹)		2,33	2,05	1,71	1,50	1,32	1,98	1,23	1,70	-	-
Temp (°C)		20,80	23,20	22,20	22,40	26,00	24,70	24,30	24,30	-	-
Turb (UNT) ⁸		29,49	10,01	8,39	4,29	1,79	6,97	4,53	15,54	≤5,00	≤100,00
CE (µScm ⁻¹)		41,01	35,50	30,20	34,58	27,83	38,80	35,01	39,51	-	-
ST (mg L ⁻¹)		62,90	39,60	34,00	32,60	36,30	46,10	34,50	36,20	-	-
SD (mg L ⁻¹)		61,60	36,40	30,60	30,60	31,90	44,40	31,50	28,80	≤1.000,00	≤500,00
SS (mg L ⁻¹)		1,33	3,17	3,42	2,00	4,42	1,61	3,03	7,44	-	-

¹Número mais provável; ²Para o cálculo estatístico foi considerado o valor médio; ³N_{total} confrontado com os padrões de nitrito, nitrato e amônia; ⁴Para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274 de 2000; ⁵Valores para nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal, respectivamente; ⁶Para ambiente lótico (N1, N2, N3, N5, N6, N7); ⁷Para ambiente intermediário (N4 e N8); ⁸Unidade Nefelométrica de Turbidez; COL_{termo}: coliformes termotolerantes; COL_{totalis}: coliformes totais; OD: oxigênio dissolvido; N_{total}: nitrogênio total; P_{total}: fósforo total; Turb: turbidez; ST: sólidos totais; Temp: temperatura; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; Alc: alcalinidade; CE: condutividade elétrica; SD: sólidos dissolvidos; SS: sólidos suspensos.

Tabela 2 - Matriz de correlações das variáveis de qualidade da água das nascentes estudadas.

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

Em destaque, correlação significativa em nível de 5% de probabilidade. COL_{termo}: coliformes termotolerantes; COL_{totalis}: coliformes totais; OD: oxigênio dissolvido; N_{total}: nitrogênio total; P_{total}: fósforo total; Turb: turbidez; ST: sólidos totais; Temp: temperatura; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; Alc: alcalinidade; CE: condutividade elétrica; SD: sólidos dissolvidos; SS: sólidos suspensos.

micro-organismos causadores de doenças (WU *et al.*, 2011). Dessa forma, a presença de COL_{totais} em água de nascentes é considerada tolerável apenas nos casos em que for detectada a ausência de *E. coli* e/ou COL_{termo} (Portaria nº 2.914/2011). Mas, para uma maior segurança, a Resolução CONAMA nº 357/2005 recomenda a desinfecção das águas destinadas ao abastecimento.

Os menores valores de COL_{totais} e COL_{termo} foram observados em N3 e N5, provavelmente devido à existência das caixas de alvenaria sobre os olhos d'água, que diminuem o contato da água com possíveis contaminantes provenientes da camada superficial do solo e do acesso de animais. Tal fato corrobora outro estudo (ABERA *et al.*, 2011), o qual demonstrou que fontes de água protegidas (revestimento de concreto, metal galvanizado ou tanque de plástico fechados) apresentaram melhor qualidade microbiológica comparativamente a fontes não protegidas. Dessa forma, tais estruturas melhoram a qualidade higiênica nos sistemas rurais de abastecimento, locais onde a desinfecção não é viável por razões técnicas e/ou econômicas. Todavia, convém ressaltar que a presença de tais estruturas nem sempre é garantia de melhora na qualidade da água, conforme evidenciado por Rheinheimer *et al.* (2010).

O valor alto de COL_{termo} para N8 pode ser justificado pelo livre acesso dos animais de criação (suínos e bovinos) à água dessa nascente. Mesmo no caso em que as nascentes estão cercadas (N2 a N7), a quantidade de animais que circulam em seus arredores parece ter influenciado na de micro-organismos encontrados na água. Esse é o caso de N6 e N7, que apresentaram valores mais elevados de coliformes, comparativamente a N2 e N4, nas quais foram constatadas durante as coletas uma menor quantidade de bovinos no entorno das áreas cercadas dessas nascentes. Resultados semelhantes foram encontrados por Primavesi *et al.* (2002), os quais concluíram que a quantidade de animais circundantes a montante da nascente influencia na quantidade de COL_{termo} presentes na água, uma vez que estes definem as zonas de pastejo iniciando a onda de desfolhação a partir dos pontos de água (DUARTE *et al.*, 2014). Essa verificação também fica clara pela correlação significativa positiva que COL_{termo} apresentou com DBO (Tabela 2), indicando que existem fontes semelhantes de coliformes e matéria orgânica na água, nesse caso as fezes dos animais, já que as nascentes que apresentaram maior quantidade de COL_{termo} também apresentaram maior DBO.

Os valores de COL_{termo} para a N1, foram expressivamente maiores em relação àqueles observados na literatura (PRIMAVESI *et al.*, 2002) para nascentes em meio à mata. Tal fato pode ter ocorrido em função da peculiaridade da nascente e das características da floresta. A N1 é um poço natural que se formou no local de afloramento da água, tornando o ambiente propício para a dessedentação de animais silvestres, como mamíferos e aves. Para Lee *et al.* (2009), o impacto das florestas na redução de coliformes e também da DBO é maior quando esta não se encontra fragmentada, o que não é o caso da área florestada em que se encontra a N1.

Com relação ao pH, todas as nascentes apresentaram valores ligeiramente ácidos e próximos aos de água subterrâneas e outras nascentes estudadas no mesmo município (MENEZES *et al.*, 2013) e na região Sudeste do Brasil (PINTO *et al.*, 2012). Embora algumas nascentes tenham apresentado valores de pH fora dos limites determinados pela Portaria nº 2.914/2011 e pela Resolução CONAMA nº 357, os resultados são considerados normais para ambientes naturais, nos quais o pH varia entre 4 e 9. Uma vez que nas bacias de contribuição das nascentes em estudo não existem fontes externas de poluição a montante, como efluentes industriais ou esgotos domésticos, o pH pode ter sido influenciado pelo tipo do solo, considerado como fortemente ácido (EMBRAPA, 1999), além da possibilidade de a acidez ter origem subterrânea, já que as águas que ali se encontram são geralmente mais ácidas que as superficiais (MELO *et al.*, 2000).

A ausência de correlação significativa do pH com DBO e também com os coliformes ratifica a não relação da acidez da água com fontes orgânicas, ocorrendo, como já explicitado anteriormente, por causas naturais. Por esse motivo, conforme abordado na sequência, o pH foi considerado nesse estudo como um parâmetro não importante para avaliação da qualidade da água no IQA_{NASCENTE} e também para a comparação com os padrões normativos.

A Alc de todas as nascentes foi inferior a 24 mg L⁻¹ CaCO₃, considerada, de acordo com Chapman e Kimstack (1992), como baixa. A baixa Alc registrada nas nascentes não implica necessariamente comprometimento no consumo dessas águas pelos usuários.

A correlação entre Alc e pH foi significativa e positiva, pois a água com a alcalinidade baixa apresenta fraco poder de tamponamento, tornando-se muito susceptível a variações de pH. Assim, as nascentes com menores valores de Alc tendem a apresentar também menor pH. Primavesi *et al.* (2002) também encontraram correlação positiva entre pH e Alc na microbacia do ribeirão do Canchim, em São Carlos, São Paulo. A conexão positiva da Alc com o cálcio (Ca) era esperada pelo fato de que a maior parte dos compostos tamponantes é constituída por este último, como o carbonato de cálcio e o bicarbonato de cálcio (CAVALCANTE & SÁ, 2010).

Com respeito à alta correlação negativa entre pH e N_{total}, muitas vezes, a redução do pH está relacionada ao aporte de matéria orgânica e nutrientes (ESTEVES, 1998). No caso da área em estudos, esse aporte dá-se muito em função do nitrogênio, originário dos excrementos animais (PERCEBON & BITTENCOURT, 2009) relacionados às atividades pecuárias desenvolvidas próximas às nascentes desprotegidas que apresentaram maiores teores de N_{total}.

Com relação à temperatura, as médias variaram de 20,8 a 26°C, dentro da faixa apontada para os aquíferos brasileiros que, em geral, estão entre 20 e 30°C (BRASIL, 2006). Observou-se que a diferença de temperatura advinda entre os pontos de coleta ocorreu provavelmente em função da variação no sombreamento da área das nascentes. Os valores

mais elevados foram observados nos ambientes sem sombreamento de plantas (N5, N6, N7 e N8); já nos ambientes com sombreamento, os valores de temperatura foram menores, observando-se diminuição gradativa, na sequência: N2 (sombreamento intermediário), N4 (região de capoeira), N3 (região com mata em início de regeneração) e N1 (região de mata preservada). Resultados semelhantes foram encontrados em outros estudos no Brasil (DONADIO *et al.*, 2005; PINTO *et al.*, 2012).

Foram registrados nas nascentes valores de OD (mg L^{-1}) variando de 0,89 (N1) a 5,83 (N6). Apenas essa última nascente apresentou valor médio de OD dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357 para águas de classe 2, que é acima de 5 mg L^{-1} . Os valores de OD em porcentagem de saturação OD também apresentaram a mesma tendência de variação que o OD (mg L^{-1}). Von Sperling (2005) sugere um percentual de segurança de 85% do valor de saturação de oxigênio, quando o curso d'água apresenta poucos indícios de poluição. Assim, todas as nascentes tiveram valores de OD muito abaixo desse limite.

A diferença encontrada nos valores de OD entre as nascentes pode ter ocorrido em razão da especificidade de cada olho d'água. Excetuando-se a N6, os valores reduzidos de OD, medido exatamente sobre as nascentes, estão associados ao fato de as águas dos aquíferos (livre e confinado) estarem geralmente em ambiente redutor, o que origina um valor menor desse parâmetro, diferentemente quando amostradas em águas de cursos d'água superficial (GALATTO *et al.*, 2011). No entanto, em N6 somente foi possível medir o OD no primeiro ponto de acúmulo de água, onde o terreno é mais inclinado, fazendo com que a água esco superficialmente e tenha maior movimentação e oxigenação até o local da medição, aumentando assim os valores de OD.

Os valores baixos de OD apresentados pelas nascentes não comprometem o uso de sua água no que se refere ao aspecto do abastecimento domiciliar e à dessedentação animal, tendo em vista não inferir grau de poluição destas. Da mesma forma, Chapman e Kimstack (1992) consideram que a medição de OD em águas subterrâneas é um indicador limitado de poluição, não sendo útil para avaliar o uso da água para consumo, motivo pelo qual foi excluído do IQA_{NASCENTE} apresentado na sequência. No entanto, valores muito reduzidos de OD podem prejudicar a vida aquática.

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

A principal fonte de N e P nas águas das nascentes pode ter sido causada em função da decomposição da matéria orgânica, seja por

células ou por excrementos de animais, tendo em vista a ausência de contaminação a montante por esgotos domésticos, efluentes industriais e/ou fertilizantes. No caso do P, há também a adição ocorrida por decomposição de rochas (VON SPERLING, 2007), que, juntamente com sua mobilidade no solo diferente da do nitrogênio, pode explicar a não correlação entre ambos.

Os valores de P_{total} registrados nas nascentes ficaram próximos e pouco acima da faixa considerada como aceitável pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, que afirma que a concentração normal de fósforo em águas naturais não poluídas situa-se na faixa de $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ a $0,05 \text{ mg L}^{-1}$. No entanto, os resultados obtidos de P_{total} e N_{total} podem não ter comprometido a qualidade da água das nascentes para o abastecimento. Apenas a N4 e N8, por apresentarem características de ambientes intermediários (do lótico ao lêntico), tiveram valores de P_{total} que podem levar futuramente a uma eutrofização. Além disso, conhecer a existência da fonte poluidora permite acompanhar o crescimento de algas visando adotar medidas de controle (CHAPMAN & KIMSTACK, 1992). No entanto, são necessários maiores estudos nas nascentes a fim de monitorar a qualidade da água no que se refere a esses aspectos.

A N8 apresentou água com aproximadamente três vezes mais teor de ferro, em relação às demais nascentes. Ela fica em uma microbacia sob pastagem com presença de curral imediatamente à montante da nascente, sobre a qual há uma natural acumulação de água (utilizada como bebedouro pelo rebanho). Pesquisas mostram que a presença de vegetação ciliar pode reduzir o teor de ferro da água em mais de 50% (EMMETT *et al.*, 1994). Em áreas semelhantes à da N8, isto é, sob sistema de produção de bovinos e com nascente sem proteção ciliar (pastagem no entorno), outros autores também encontraram maiores teores de ferro na água (MARMONTEL & RODRIGUES, 2015; PRIMAVESI *et al.*, 2002), o que indica serem essas as fontes do maior teor de ferro. Os menores valores de teor de ferro foram observados na N2, N3 e N5, sendo estas as únicas em conformidade com o padrão recomendado para potabilidade e qualidade ambiental da água. Os valores acima do recomendado prejudicam o abastecimento, pela estética, conferindo cor e sabor (VON SPERLING, 2005), manchas em roupas e objetos, podendo prejudicar quando em uso industrial. A concentração de ferro registrada nas nascentes não compromete o seu consumo em termos de toxicidade. O teor de Fe apresentou correlação positiva significativa com SS, possivelmente devido ao estado oxidado que o íon assume no momento em que a água subterrânea atinge a superfície do terreno e entra em contato com a atmosfera, precipitando-se (VON SPERLING, 2005). Tal fato também pode ocorrer pela ação das ferrobactérias que produzem mucilagem ao oxidar o ferro (RALPH & STEVENSON, 1995).

Com relação aos valores de turbidez em águas naturais, este deve estar situado na faixa de 3 a 500 UNT. Os maiores foram encontrados na N1 e na N8, que apresentaram também os maiores valores de DBO. Entretanto, sua variação pode estar relacionada tanto com a quantidade

de matéria orgânica presente na água quanto com a quantidade de sólidos, o que pode ser justificado em razão de terem apresentado correlação significativa e positiva com ambas as variáveis. A Turb da N1 também pode ter sido influenciada pelo aporte aéreo de matéria orgânica proveniente das árvores e de animais silvestres, que a utilizam para dessedentação, culminando também na movimentação do solo. A Turb na N8 se assemelha às encontradas por Pinto *et al.* (2012) em nascente com pastagens no entorno.

Os menores valores de turbidez registrados nas demais nascentes (N2, N3, N4, N5, N6 e N7), corroborando estudos de Miller *et al.* (2009), podem ser um indicativo da proteção oferecida pelo cercamento, pois este evita o pisoteio do gado no entorno do olho d'água e abranda a turbidez (proveniente dos solos e excrementos), além de oferecer maior proteção pelo adensamento das gramíneas forrageiras, presentes ao redor dessas nascentes protegendo o corpo d'água de enxurradas, facilitando a sua infiltração e produzindo menor quantidade de serapilheira (quando comparado com a N1).

Turb, DBO e CE apresentaram correlações positivas entre si e, em decorrência de a primeira variar de acordo com a quantidade de matéria orgânica na água, influencia na condutividade elétrica. Em águas naturais, a DBO varia de 1 mg L⁻¹ a 10 mg L⁻¹, e a CE varia de 10 a 100 µS cm⁻¹, podendo chegar a 1000 µS cm⁻¹ em águas altamente poluídas, de acordo com a Portaria nº 2.914/2011. Para essas três variáveis, os menores resultados foram encontrados na N5, nascente essa que aliou a proteção pelo cercamento, pelas gramíneas forrageiras e pela existência da caixa de alvenaria.

Para ST, a nascente que apresentou o maior valor foi a N1, com quase o dobro dos valores encontrados nas demais nascentes, exceto para a N6, que pode ter tido influência da inclinação elevada do terreno (maior probabilidade de sofrer erosões). Assim como ocorrido com a turbidez, o adensamento das forrageiras ao redor da nascente também pode ter influenciado na diferença entre os sólidos presentes nela.

De modo geral, estudos mostram que a concentração de sólidos em mananciais aumenta quando ocorre uma maior exposição de partículas de solo da superfície da bacia. Toledo e Nicoletta (2002) apontaram que áreas agricultadas sem manejo conservacionista, matas em regeneração, áreas habitadas, entre outros, são potenciais fontes de sedimentos.

Em todos os casos, os SD apresentaram-se superiores aos SS. Tal comportamento é reflexo das características de água subterrânea que as nascentes apresentam, não possuindo, em sua maioria, altos teores de sólidos em suspensão (FEITOSA *et al.*, 2008).

Muito embora haja associação entre as variáveis ST e Turb, nem sempre são absolutamente equivalentes. Mas, para esse estudo, em que a proporção de SD foi bem maior do que a de SS, a alta correlação entre eles era esperada, o que também foi encontrado em outro trabalho (ANDRADE *et al.*, 2007), pelo fato de que os materiais dissolvidos conferem à água maior reflexão e refração da luz. Assim, quanto mais

SD na água, maior será a Turb. O mesmo acontece também com Ca e Mg, que também se correlacionaram altamente com ambas as variáveis nessa investigação. Gonçalves *et al.* (2005), estudando a microbacia Arroio Lino, evidenciaram que o cálcio e o magnésio, que são nutrientes constituintes do solo, aumentaram no aquífero à medida que cresciam também as erosões ocorrentes nesse local.

Índices de Qualidade da Água

Os resultados do cálculo do IQA_{CETESB} e do índice proposto para as nascentes estudadas, o IQA_{NASCENTE}, o qual foi realizado sem os parâmetros pH e OD, são evidenciados na Figura 2. Os novos pesos calculados para os parâmetros são apresentados na Tabela 3, em numeração aproximada.

Os melhores índices do IQA_{CETESB} foram alcançados por N5 e N3, e os piores por N1 e N8. Ressalta-se que o IQA_{CETESB} tem como determinante principal o abastecimento público e, dessa forma, não representa necessariamente a qualidade em nível de ecossistemas. O cálculo IQA_{CETESB} pode ter resultado em índices tendenciosos para os locais em estudo, pois os parâmetros pH e OD, que foram anteriormente considerados inapropriados para determinar a qualidade das referidas

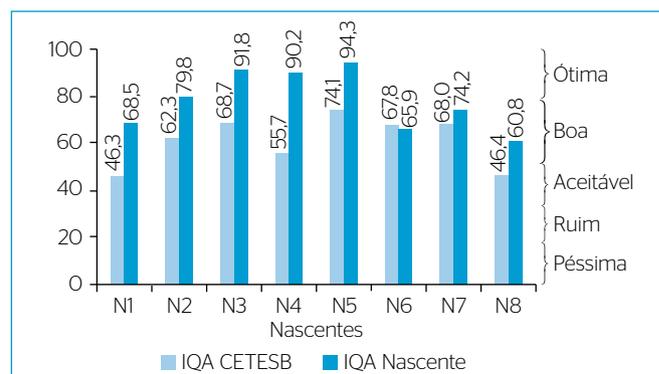


Figura 2 - Comparação entre os valores de índices de qualidade da água obtidos pelo critério da CETESB (IQA_{CETESB}) e pelo o critério alternativo proposto para as nascentes desse estudo (IQA_{NASCENTE}).

Tabela 3 - Pesos dos parâmetros de qualidade da água das nascentes estudadas.

Parâmetro	Peso
COL _{termo} (NMP 100 mL ⁻¹)	0,210
DBO (mg L ⁻¹)	0,140
N _{total} (mg L ⁻¹)	0,140
P _{total} (mg L ⁻¹)	0,140
Δ Temp (°C)	0,140
Turb (UNT)	0,115
ST (mg L ⁻¹)	0,115

COL_{termo}: coliformes termotolerantes; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; N_{total}: nitrogênio total; P_{total}: fósforo total; Temp: temperatura; Turb: turbidez; ST: sólidos totais.

nascentes, são variáveis constituintes de sua equação, e conferem, juntos, 29% do peso desse índice, proporção essa bastante elevada para dois parâmetros considerados como inadequados. Dessa forma, águas pouco oxigenadas e com pH ligeiramente ácido tiveram conceituações ruins, incoerentemente.

Ao comparar ambos os índices, observa-se que as nascentes obtiveram melhores notas pelo método $IQA_{NASCENTE}$, exceto para a N6, cuja nota decaiu. Tal comportamento pode ter sido devido ao valor alto de OD, que na nascente N6 é maior que nas demais, resultando em um índice alto quando calculado com o IQA_{CETESB} . Para as outras nascentes, os valores existentes de pH e OD reduziram o índice.

Assim como no índice da CETESB, as nascentes N3 e N5 também apresentaram os melhores resultados no novo índice proposto ($IQA_{NASCENTE}$). No entanto, os piores índices para este foram das N6 e N8. A N1, nascente em meio à floresta, deixou de apresentar o pior índice pelo método $IQA_{NASCENTE}$ em relação ao método da CETESB.

Análise de Componentes Principais e Análise de Agrupamento

Os dados de ST foram excluídos da análise por estes apresentarem alta correlação linear ($r=0,99$) com SD. As variáveis independentes altamente correlacionadas com as independentes devem ser excluídas, para evitar a ocorrência de multicolinearidade, que pode resultar em problemas na interpretação do significado das componentes (HAIR JUNIOR *et al.*, 2005). Realizando a ACP, duas componentes foram suficientes para explicar 67,60% da variância total dos dados (CP1 e CP2), conforme pode ser observado na Tabela 4. Como esse valor é próximo ao encontrado em outros trabalhos semelhantes (FERREIRA *et al.*, 2015), tomaram-se essas duas componentes como representativas da qualidade da água a fim de proceder à análise de agrupamento.

Dos 16 parâmetros analisados, 8 foram selecionados como significativos para explicar a variância da qualidade da água para as nascentes no período estudado, em razão de estes apresentarem correlação acima de 0,7 com CP1 e CP2 (Tabela 4). Portanto, na primeira componente, que contribuiu com 41,28% da variância, foram selecionados COL_{termo} , DBO, CE, Alc e Turb; e, na segunda componente, que contribuiu com 26,32% da variância, foram selecionadas COL_{totais} , SST e Temp. Tais parâmetros expressam que a maior importância conferida à proteção da qualidade da água das nascentes estudadas está relacionada com fatores microbiológicos e físicos (aporte de sedimentos, como erosão e matéria orgânica).

Os parâmetros descartados são relacionados às características do solo e de aporte de nutrientes químicos, os quais foram pH, OD, Ca, Mg, Fe, N_{total} , P_{total} e SD, pelo fato de seus resultados terem variado expressivamente entre as nascentes.

No estudo realizado por Donadio *et al.* (2005), no qual avaliaram a influência de remanescentes de vegetação ciliar e de atividade

agrícola (cana-de-açúcar) na qualidade das águas de nascentes pertencentes à bacia hidrográfica do Córrego Rico, municípios de Taquaritinga e de Guariba, São Paulo, os parâmetros que mais explicaram as diferenças em função do uso do solo e da sazonalidade foram: cor, Turb, Alc e N_{total} . Mesmo sendo analisados parâmetros distintos entre os trabalhos, pode-se verificar semelhança nos resultados, pois os padrões selecionados estão também relacionados com a proteção física da água das nascentes, exceto para o fator N_{total} , que se apresentou como importante, tendo em vista o uso de fertilizantes no local.

A disposição espacial das nascentes é ilustrada na Figura 3, que foi elaborada por meio dos escores das duas componentes principais. Nessa disposição, as nascentes mais próximas apresentam resultados mais semelhantes entre si, tendendo a se agrupar.

O método separou as nascentes em três grupos que revelam semelhanças nas propriedades de suas águas e no tratamento auferido às suas áreas de recarga e de entorno. São eles:

- um formado pelas nascentes N2, N3, N4, N5 N6 e N7 (grupo I);
- outro constituído pela nascente N1 (grupo II);
- e o terceiro pela nascente N8 (grupo III).

Tabela 4 - Variância e correlação entre variáveis e componentes principais (CP1, CP2 e CP3).

Variáveis (Parâmetros)	CP1	CP2	CP3
COL_{totais}	-0,286	0,797	0,108
COL_{termo}	-0,737	0,560	-0,107
Ph	-0,584	0,225	-0,759
Alc	-0,877	0,079	-0,449
OD	0,326	0,245	-0,817
DBO	-0,931	0,144	0,129
N_{total}	0,690	-0,335	0,400
P_{total}	-0,546	0,444	0,358
Fe	-0,634	0,628	0,404
Ca	-0,667	-0,554	-0,104
Mg	-0,571	-0,632	0,126
Temp	0,360	0,740	-0,358
Turb	-0,801	-0,377	0,361
CE	-0,873	-0,051	0,033
SD	-0,644	-0,633	-0,180
SS	0,021	0,789	0,500
Variância (autovalor)	6,605	4,211	2,505
Variância (%)	41,28	26,32	15,66
Variância acumulada (%)	41,28	67,60	83,26

COL_{totais} : coliformes totais; COL_{termo} : coliformes termotolerantes; Alc: alcalinidade; OD: oxigênio dissolvido; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; N_{total} : nitrogênio total; P_{total} : fósforo total; Temp: temperatura; Turb: turbidez; CE: condutividade elétrica; SD: sólidos dissolvidos; SS: sólidos suspensos.

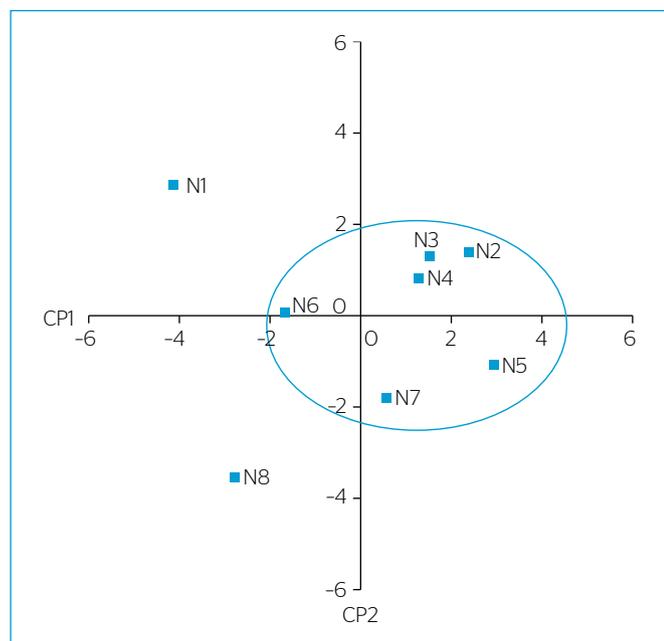


Figura 3 - Dispersão dos escores das nascentes utilizando as duas componentes principais (CP1 e CP2), com a demarcação do agrupamento obtido pelo método de Tocher.

O grupo I apresenta como característica em comum o isolamento das nascentes pelo cercamento e o trabalho iniciado na tentativa de recuperar o seu entorno, manifestando similaridade entre essas diversas propostas de recuperação. De modo geral, as nascentes deste apresentaram melhores resultados de qualidade da água.

As nascentes N1 e a N8 mantiveram-se isoladas, não se agrupando com qualquer outra, evidenciando a peculiaridade da água de uma nascente situada em meio à floresta (N1) e também o comportamento distinto de outra que não contém qualquer proteção (N8).

O pior índice de qualidade da água, encontrado na N8, pode ter ocorrido em razão de esta possuir o pior tratamento em relação às

outras nascentes no que tange à proteção de um corpo hídrico, nesse caso, em razão de ela estar coberta por pastagem e não possuir cercamento, fato também evidenciado em outros estudos (PINTO *et al.*, 2012). Os resíduos de origem animal consistem em uma das maiores fontes de poluição de águas (ESTERHUIZEN *et al.*, 2015; KAY *et al.*, 2008), comprometendo sua qualidade e a tornando diferente daquelas das demais nascentes.

Entretanto, de modo contrário ao exposto em Pinto *et al.* (2012), não era esperado encontrar uma qualidade inferior para a N1 (nascente em meio à floresta), com relação aos elementos do grupo I. Porém, tal fato pode ser explicado pelos apontamentos obtidos com a ACP, que mostraram que a grande influência que diferencia a qualidade da água entre as nascentes em estudo foi o aporte de matéria orgânica e solo, provenientes da serapilheira e de erosão, e, ainda, o aporte de micro-organismos advindos do contato direto dos animais com a água. Tal fato se apresentou com mais intensidade na N1 do que em alguns elementos do grupo I, que estão protegidos pelo isolamento de animais e o adensamento das forrageiras em seu entorno.

CONCLUSÕES

O cercamento de nascentes favoreceu a melhoria da qualidade da água, tendo aquelas protegidas por caixa de alvenaria apresentado a melhor qualidade de água. Por outro lado, a nascente sob pastagem sem cercamento apresentou a pior qualidade da água.

As nascentes que contam com um trabalho de proteção do entorno apresentaram semelhanças na qualidade de suas águas (grupo I) e melhor qualidade de água do que a nascente em meio à floresta (grupo II), que por sua vez mostrou qualidade melhor do que a nascente sem qualquer proteção (grupo III).

Os parâmetros que mais explicaram as diferenças entre as nascentes foram: COL_{termo} e COL_{totais} , DBO, CE, Alc, Turb, SST e Temp.

REFERÊNCIAS

ABERA, S.; ZEYINUDIN, A.; KEBEDE, B.; DERIBEW, A.; ALI, S.; ZEMENE, E. (2011) Bacteriological analysis of drinking water sources. *African Journal of Microbiology Research*, v. 5, n. 18, p. 2638-2641. <https://doi.org/10.5897/AJMR11.218>

ANDRADE, E.M.; ARAÚJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; DISNEY, W.; ALVES, A.B. (2007) Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. *Engenharia Agrícola*, v. 27, n. 3, p. 683-690. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162007000400011>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). (1987) *Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores*: NBR9898. Rio de Janeiro: ABNT. 22 p.

_____. (1989) *Águas: Determinação de resíduos (sólidos) - Método gravimétrico - Método de ensaio*. Rio de Janeiro: ABNT. 7 p.

_____. (1992a). *Água: Determinação de fósforo - Método de ensaio*. Rio de Janeiro: ABNT. 9 p.

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

BAKER, T.J.; MILLER, S.N. (2013) Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to assess land use impact on water resources in an East African watershed. *Journal of Hydrology*, v. 486, p. 100-111. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.01.041>

- BARBIERI, M.D.P.; SANTOS, C.S.; RITA, F.S.; MORAIS, M.A. (2013) Qualidade microbiológica da água de algumas nascentes de Muzambinho/MG. *Revista Agrogeoambiental*, v. 4, p. 79-84. <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v1n12013588>
- BASSO, E.R.; CARVALHO, S.L. (2007) Avaliação da qualidade da água em duas represas e uma lagoa no município de Ilha Solteira-SP. *Holos Environment*, v. 7, n. 1, p. 16-29.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. (2005) Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, p. 58-63, 17 mar. 2005.
- BRASIL. (2006) *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. (2011) Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, p. 39, 12 dez. 2011.
- CARDOSO, R. (2004) Sustentabilidade, o desafio das políticas sociais no século 21. *São Paulo em Perspectiva*, v. 18, n. 2, p. 42-48. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-88392004000200005>
- CAVALCANTE, D.H.; SÁ, M.V.C. (2010) Efeito da fotossíntese na alcalinidade da água de cultivo da tilápia do Nilo. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 1, p. 62-72.
- CAVALCANTE, R.B.L. (2014) Ocorrência de *Escherichia coli* em fontes de água e pontos de consumo em uma comunidade rural. *Ambiente e Água*, v. 9, n. 3. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1301>
- CHAPMAN, D.; KIMSTACK, V. (1992) The selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. (Org.). *Water quality assessment*. Londres: Chapman & Hall. p. 51-117.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). (2008) *Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem*. São Paulo: CETESB. 40 p.
- DONADIO, N.M.M.; GALBIATTI, J.A.; PAULA, R.C. (2005) Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil. *Engenharia Agrícola*, v. 25, n. 1, p. 115-125. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000100013>
- DUARTE, K.M.R.; GOMES, L.H.; DOZZO, A.D.P.; ROCHA, F.; LIRA, S.P.; DEMARCHI, J.J.A.A. (2014) Qualidade microbiológica da água para consumo animal. *Boletim de Indústria Animal*, v. 71, n. 2, p. 135-142. <http://dx.doi.org/10.17523/bia.v71n2p135>
- EMMETT, B.A.; HUDSON, J.A.; COWARD, P.A.; REYNOLDS, B. (1994) The impact of a riparian wetland on streamwater quality in a recently afforested upland catchment. *Journal of Hydrology*, v. 162, n. 3-4, p. 337-353. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(94\)90235-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(94)90235-6)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). (1999) *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA - SPI.
- ESTERHUIZEN, L.; FOSSEY, A.; POTGIETER, E. (2015) Groundwater quality on dairy farms in central South Africa. *Water SA*, v. 41, n. 2, p. 194-198. <http://dx.doi.org/10.4314/wsav41i2.04>
- ESTEVES, F.A. (1998) *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP.
- FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E.C.; DEMÉTRIO, J.G.A. (2008) *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM.
- FERREIRA, K.C.D.; LOPES, F.B.; ANDRADE, E.M.; MEIRELES, A.C.M.; SILVA, G.S. (2015) Adapting the National Sanitation Foundation water quality index to the Brazilian semiarid. *Revista Ciência Agronômica*, v. 46, n. 2, p. 277-286. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20150007>
- FIORUCCI, A.R.; BENEDETTI FILHO, E. (2005) A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. *Química Nova na Escola*, v. 22, p. 10-16.
- GALATTO, S.L.; ALEXANDRE, N.Z.; PEREIRA, J.L.; PATRÍCIO, T.B.; VASSILIOU, M.; FERNANDES, A.N.; FRASSETTO, J.; VALVASSORI, M.L. (2011) Diagnóstico ambiental de nascentes no município de Criciúma, Santa Catarina. *Revista de Ciências Ambientais*, v. 5, n. 1, p. 39-56. <http://dx.doi.org/10.18316/136>
- GOMES, M.C.R.L.; SOUZA, J.B.; FUJINAGA, C.I. (2011) Estudo de caso das condições de abastecimento de água e esgotamento sanitário dos moradores da estação ecológica de Fernandes Pinheiro (PR). *Ambiência*, v. 7, n. 1, p. 25-38. <https://doi.org/10.5777/ambiencia.2011.01.02>
- GONÇALVES, C.S.; RHEINHEIMER, D.S.; PELLEGRINI, J.B.R.; KIST, S.L. (2005) Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, n. 3, p. 391-399. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662005000300015>
- HAIR JUNIOR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. (2005) *Análise multivariada de dados*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman.
- KAY, D.; CROWTHER, J.; FEWTRELL, L.; FRANCIS, C.A.; HOPKINS, M.; KAY, C.; MCDONALD, A.T.; STAPLETON, C.M.; WATKINS, J.; WILKINSON, J.; WYER, M.D. (2008) Quantification and control of microbial pollution from agriculture: a new policy challenge? *Environmental Science and Policy*, v. 11, n. 2, p. 171-184. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2007.10.009>
- LEE, S.-W.; HWANG, S.-J.; LEE, S.-B.; HWANG, H.-S.; SUNG, H.-C. (2009) Landscape ecological approach to the relationships of land use patterns in watersheds to water quality characteristics. *Landscape and Urban Planning*, v. 92, n. 2, p. 80-89. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.02.008>
- LIMA, K.K.S.; LOPES, P.F.M. (2012) A qualidade socioambiental em assentamentos rurais do Rio Grande do Norte, Brasil. *Ciência Rural*, v. 42, n. 12, p. 2295-2300.
- MANOEL, L.O.; CARVALHO, S.L. (2013) 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, p. 151-166.

- MARONTEL, C.V.F.; RODRIGUES, V.A. (2015) Parâmetros indicativos para qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar. *Floresta e Ambiente*, v. 22, n. 2, p. 171-181. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.082014>
- MELO, M.S.; GIANNINI, P.C.F.; PESSEDA, L.C.R. (2000) Gênese e evolução da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, PR. *Revista do Instituto Geológico*, v. 21, n. 1-2, p. 17-31. <http://dx.doi.org/10.5935/O100-929X.20000003>
- MENDES, J.S.; CHAVES, L.H.G.; CHAVES, I.B. (2008) Qualidade de água para consumo humano em comunidades rurais do município de Congo (PB). *Revista Ciência Agronômica*, v. 39, n. 2, p. 333-342.
- MENEZES, J.P.C.; BERTOSSI, A.P.A.; SANTOS, A.R.; NEVES, M.A. (2013) Qualidade da água subterrânea para consumo humano e uso agrícola no sul do estado do Espírito Santo. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 17, n. 17, p. 3318-3326. <http://dx.doi.org/10.5902/2236117010630>
- MILLER, J.; CHANASYK, D.; CURTIS, T.; ENTZ, T.; WILLMS, W. (2009) Influence of streambank fencing with a cattle crossing on riparian health and water quality of the Lower Little Bow River in Southern Alberta, Canada. *Agricultural Water Management*, v. 97, n. 2, p. 247-258. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.09.016>
- OLIVEIRA, P.F.; DELEVATI, D.; COSTA, A.B.; ALCAYAGA, E.L. (2014) Avaliação da qualidade da água de nascentes na bacia hidrográfica do Arroio Andréas, RS, utilizando variáveis físicas, químicas e microbiológicas. *Revista Jovens Pesquisadores*, v. 4, n. 1, p. 32-41. <http://dx.doi.org/10.17058/rjpv4i1.4607>
- OLSEN, R.L.; CHAPPELL, R.W.; LOFTIS, J.C. (2012) Water quality sample collection, data treatment and results presentation for principal components analysis – literature review and Illinois River Watershed case study. *Water Research*, v. 46, n. 9, p. 3110-3122. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.03.028>
- PERCEBON, C.M.; BITTENCOURT, A.V.L. (2009) Considerações sobre as características de qualidade das águas subterrâneas de Blumenau-SC em relação à Resolução CONAMA 396. *Águas Subterrâneas*, v. 23, n. 1, p. 69-84. <https://doi.org/10.14295/ras.v23i1.12780>
- PINTO, L.V.A.; ROMA, T.N.; BALIEIRO, K.R.C. (2012) Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. *Cerne*, v. 18, n. 3, p. 495-505. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602012000300018>
- PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R.; PRIMAVESI, A.C.; OLIVEIRA, H.T. (2002) Water quality of the Canchim's creek watershed in São Carlos, SP, Brazil, occupied by beef and dairy cattle activities. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 45, n. 2, p. 209-217. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132002000200013>
- RALPH, D.E.; STEVENSON, J.M. (1995) The role of bacteria in well clogging. *Water Research*, v. 29, n. 1, p. 365-369.
- RHEINHEIMER, D.S.; GONÇALVES, C.S.; BORTOLUZZI, E.C.; PELLEGRINI, J.B.R.; SILVA, J.L.S.; PETRY, C. (2010) Qualidade de águas subterrâneas captadas em fontes em função da presença de proteção física e de sua posição na paisagem. *Engenharia Agrícola*, v. 30, n. 5, p. 948-957, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000500016>
- RICE, E.W.; BAIRD, R.B.; EATON, A.D.; CLESCERI, L.S. (2012) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 22. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association.
- ROCHA, C.M.B.M.; RODRIGUES, L.S.; COSTA, C.C.; OLIVEIRA, P.R.; SILVA, I.J.; JESUS, É.F.M.; ROLIM, R.G. (2006) Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 22, n. 9, p. 1967-1978. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2006000900028>
- SISTEMA INTEGRADO DE BASES GEOESPACIAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (GEOBASES). *Sistema integrado de bases geoespaciais do Estado do Espírito Santo*. Disponível em: <<http://www.geobases.es.gov.br/>>. Acesso em: 7 jul. 2012.
- TOLEDO, L.G.; NICOLELLA, G. (2002) Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agrícola*, v. 59, n. 1, p. 181-186. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162002000100026>
- VON SPERLING, M. (2005) *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG.
- VON SPERLING, M. (2007) *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. Belo Horizonte: DESA/UFMG.
- WICKHAM, J.D.; WADE, T.G.; RIITERS, K.H. (2011) An environmental assessment of United States drinking water watersheds. *Landscape Ecology*, v. 26, n. 5, p. 605-616. <https://doi.org/10.1007/s10980-011-9591-5>
- WU, J.; LONG, S.C.; DAS, D.; DORNER, S.M. (2011) Are microbial indicators and pathogens correlated? A statistical analysis of 40 years of research. *Journal of Water and Health*, v. 9, n. 2, p. 265-278.