

IV-080 – CORRELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DE QUALIDADE DE ÁGUA NO CÓRREGO LAVAPÉS – SOROCABA/SP**Rodrigo Custódio Urban⁽¹⁾**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus experimental de Sorocaba. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), intercampi.

Luiz Augusto Manfré

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus experimental de Sorocaba. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), intercampi. Doutorando em Engenharia de Transportes pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP).

Alexandre Marco da Silva

Possui Graduação em Ecologia pela UNESP - Rio Claro, Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental - USP - São Carlos, Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental - USP - São Carlos, Pós-Doutorado em Ecologia Aplicada - USP - Piracicaba. Atualmente é professor / pesquisador da UNESP - Sorocaba.

Liane Yuri Kondo Nakada

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus de Rio Claro. Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), intercampi.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Três de Março, 511 - Alto da Boa Vista – Sorocaba - SP - CEP: 18087-180 - Brasil - Tel: (11) 9286-5290 - email: rodrigo.urban@yahoo.com.br

RESUMO

Estudos de qualidade da água no meio urbano são cada vez mais frequentes e necessários. O presente estudo teve como objetivo analisar as principais relações entre variáveis de qualidade de água, por meio de matriz de correlação e análise de componentes principais (PCA), do córrego Lavapés, localizado em área de crescimento populacional e com fragmentos de vegetação remanescente. A correlação foi considerada forte entre os pares de variáveis: sólidos totais e condutividade, condutividade e dureza, alcalinidade e condutividade, sulfato e sólidos totais, alcalinidade e dureza. Foram obtidas 5 componentes principais relevantes, a partir da PCA, que representam 80,73% da variância total dos dados. As variáveis oxigênio dissolvido, pH e fósforo se destacaram das demais, servindo como base para o segundo componente principal. Pode-se observar diferenças entre as variáveis de qualidade de água do ponto de coleta próximo à nascente e àquele próximo à foz, sendo que a qualidade do último encontra-se comprometida pelo lançamento de cargas poluidoras pontuais.

PALAVRAS-CHAVE: PCA, Recursos Hídricos Urbanos, Variáveis Físico-Químicas, Monitoramento de Qualidade de água.

INTRODUÇÃO

O ser humano se utiliza da água de diversas maneiras, dependendo de suas necessidades e interesses específicos. O intenso processo de urbanização recorrente causa diversos tipos de pressão e intensificação do uso da água. Concomitantemente, a falta de planejamento aliada ao crescimento desordenado, causa grandes prejuízos à qualidade dos recursos hídricos (URBAN *et al.*, 2010).

Diante do cenário apresentado, diversas pesquisas são realizadas de forma a verificar, estudar ou relacionar a variação de atributos de qualidade de água em ambientes urbanos e suas implicações em mananciais, atividades recreativas, consumo, entre outros usos. Entre os estudos realizados pode-se mencionar a confecção de índices de qualidade de água, baseados em valores limites pré-determinados, como o índice adaptado para condições tropicais utilizado por Bordalo *et al* (2001) no rio Bangpakong, Tailândia, o índice obtido por Toledo e Nicolella (2002) através de análise fatorial e utilizado em uma microbacia sob uso agrícola e urbano em Guaira (SP) e o índice apresentado por Strieder *et al* (2006) em corpos d'água com poluição urbana e de curtumes na bacia hidrográfica do rio Sinos, no Rio Grande do Sul.

A utilização de índices é bastante satisfatória para o local onde foram obtidos, e também podem ser utilizados para verificação da qualidade da água em locais distintos, com ou sem as devidas adaptações devido às condições do local. Entretanto, esse tipo de levantamento visa a comparação com valores pré estabelecidos, não identificando a carga poluidora, ou mesmo as condições naturais do corpo d'água. Estudos que buscam estabelecer correlações, entre as variáveis de qualidade de água, são realizados com esse propósito diferenciado. A partir destes estudos é possível estabelecer as variáveis predominantemente provenientes da composição das rochas da área de estudo, de esgoto doméstico ou de minerais sulfetados (MULHOLLAND *et al.*, 2010), estabelecer variações sazonais mais significativas na qualidade da água (OUYANG *et al.*, 2006) ou mesmo avaliar quais estações de monitoramento de qualidade são realmente efetivas na determinação da condição de corpos d'água (OUYANG, 2005).

Dentre as técnicas utilizadas para realização de análise de correspondência entre variáveis, destacam-se aquelas denominadas multivariadas, facilitando a interpretação conjunta de uma quantidade significativa de dados. A técnica da análise de componentes principais (ACP ou PCA do inglês principal component analysis) é bastante requisitada na interpretação de diversos dados ambientais, inclusive de qualidade de água, consistindo na identificação de importantes componentes que explicam parte da variância dos dados, reduzindo a quantidade de variáveis em um número menor de índices e agrupando variáveis com maiores relações entre si (OUYANG, 2005; OUYANG *et al.*, 2006; ZIMMERMANN *et al.*, 2008; MOURA *et al.*).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo verificar a correlação de variáveis de qualidade de água em dois pontos de coleta, em uma microbacia de ocupação predominantemente urbana com crescimento populacional e verificar os resultados com outros estudos semelhantes.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em uma microbacia de terceira ordem com área de 2,88 km². A ocupação é predominantemente urbana. O córrego principal é conhecido localmente como córrego Lavapés. A microbacia localiza-se na porção central do município de Sorocaba/SP em uma região de urbanização crescente e que apresenta alguns locais de cobertura vegetal remanescente.

Foi coletada uma amostra de água por mês durante o período de um ano, em dois pontos de coleta estabelecidos a partir da acessibilidade e proximidade da foz e da nascente. Na Figura 1 pode-se observar os dois locais de coleta. O ponto de coleta 1 localiza-se sob as coordenadas 23°29'30''S e 47°26'03''W e o ponto de coleta 2 localiza-se sob as coordenadas 23°30'30''S e 47°25'36''W (Figura 2).



Figura 1: Vista do ponto de coleta 1(a) e do ponto de coleta 2 (b). (Fotos: Alexandre Marco da Silva).

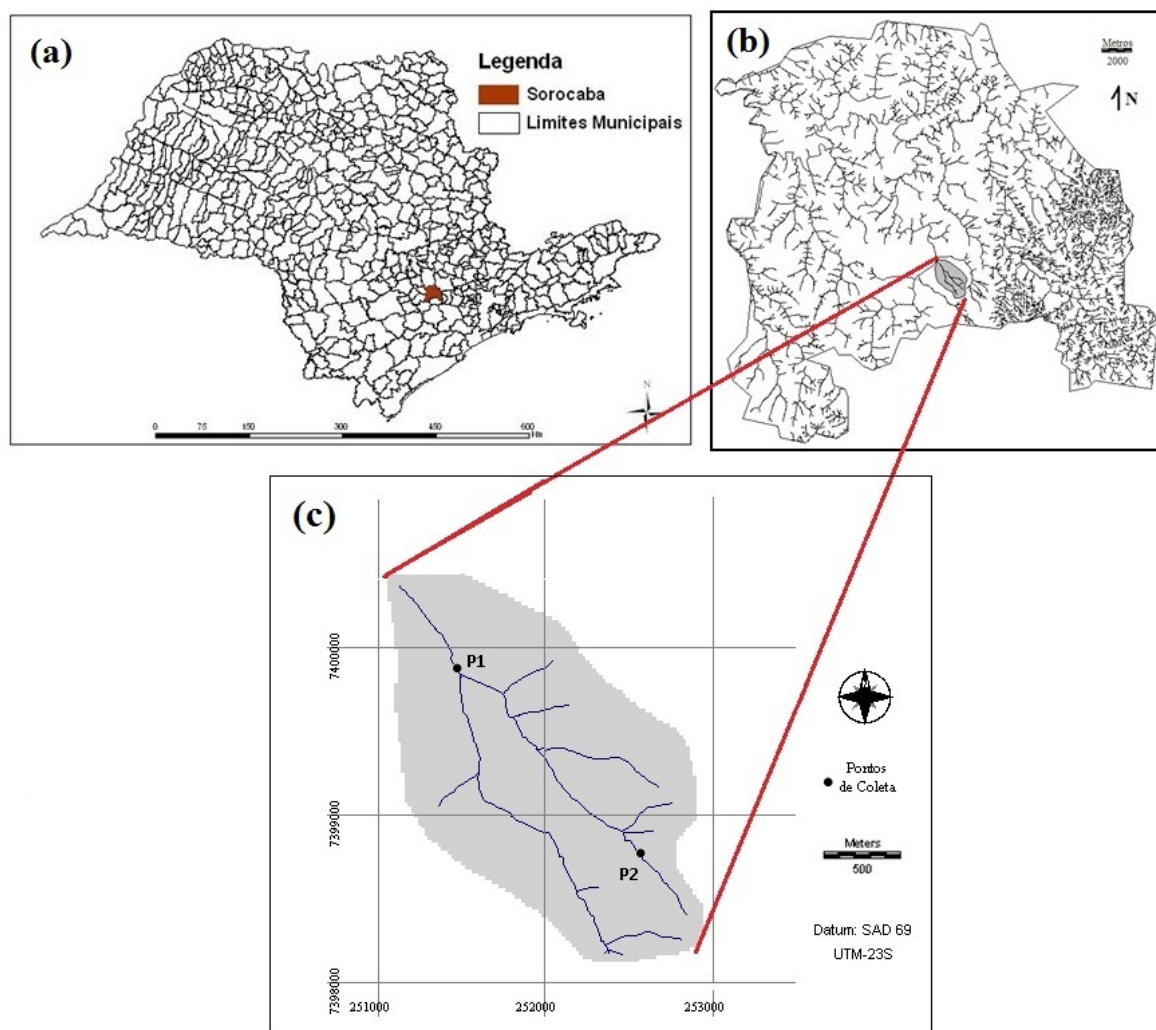


Figura 2: Localização do município de Sorocaba (a), da microbacia do córrego Lavapés (b) e dos pontos de coleta d'água no córrego Lavapés (c) (Fonte: Urban, 2011).

Análise de oxigênio dissolvido e temperatura foram realizadas *in situ*. A amostragem da água seguiu os procedimentos descritos no Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Águas da CETESB (CETESB, 1987). As amostras foram levadas para laboratório para análise das variáveis descritas na Tabela 1.

A Tabela 1 apresenta um resumo e respectivas referências das metodologias de análise utilizadas no presente estudo. As variáveis foram escolhidas por serem classicamente utilizadas em estudos de qualidade de água. Os íons e nutrientes são apresentados em estudo de Urban *et al.* (2010).

Após levantamento dos dados verificou-se a relação entre os mesmos a partir do coeficiente de correlação de Pearson, com o auxílio do programa Microsoft Office Excel 2007 (MICROSOFT, 2006).

A análise de componentes principais (PCA) foi realizada para os dois pontos de coleta em conjunto, com o auxílio do suplemento XLStat (ADDINSOFT, 2004), inserido no software Microsoft Office Excel 2007 (MICROSOFT, 2006).

Tabela 1: Variáveis físico-químicas quantificadas no córrego Lavapés – Sorocaba/SP e respectivas metodologias utilizadas (Fonte: Urban, 2011).

| Variável | Método utilizado | |
|--|--|--|
| Sólidos Totais (Total, Orgânico e Mineral) | Determinados por variação de massa após passagem por estufa a 80°C e mufla a 500°C. (CARVALHO, 1994 <i>apud</i> SILVA <i>et al.</i> , 2007). | |
| Temperatura | Determinada com a utilização de termômetro eletrônico com display digital, seguindo metodologia proposta por Rump (1999). | |
| Condutividade elétrica | Foi determinada utilizando-se um condutivímetro de bancada. | |
| Oxigênio Dissolvido | Determinado de acordo com o método eletrométrico, com a utilização de um oxímetro, conforme a metodologia proposta por Piveli e Kato (2005). | |
| Cor | Determinada com uso do espectrofotômetro em leitura de 340 nm. | |
| pH | Determinado por método eletrométrico. Com pHmetro de bancada, segundo determinações do APHA, 1985. | |
| Parâmetros químicos (íons) | Alcalinidade | Determinado através de titulação de neutralização de ácido/base, empregando-se ácido sulfúrico 0,01 mol/L, seguindo metodologia indicada por Piveli e Kato (2005). |
| | Dureza | Determinado por titulação com kits de reagentes adquiridos seguindo metodologia adaptada do APHA (1985). |
| | Magnésio e Cálcio | |
| | Sulfato | Determinado por espectrofotometria com kits de reagentes adquiridos seguindo metodologia adaptada do APHA (1985). |
| | Cloreto | |
| | Potássio | |
| | Nitrato | |
| | Fósforo Total | |

RESULTADOS

Pode-se observar na Tabela 2 as correlações entre os parâmetros de qualidade de água. Salienta-se que o estudo foi realizado para os dois pontos em conjunto, pois a análise em separado apresentou resultados semelhantes.

Observa-se que a correlação pode ser considerada forte (módulo entre 0,70 – 0,89) para sólidos totais e condutividade, condutividade e dureza, alcalinidade e condutividade, sulfato e sólidos totais e, por fim, alcalinidade e dureza. O último sugere que o íon HCO_3^- é liberado pela dissolução de carbonatos e hidrólise de minerais que contém cálcio e magnésio, cujo comportamento semelhante é apresentado por Conceição e Bonotto (2004) em estudo do rio Corumbataí que corta o município de Rio Claro em São Paulo. A correlação entre os diferentes tipos de sólidos e também da dureza com o cálcio e o magnésio são consideradas naturais, pois são parâmetros que são mensurados conjuntamente, já sendo esperada alta correlação.

O parâmetro condutividade apresenta as maiores correlações em relação aos íons, por sua mensuração estar intimamente ligada à concentração dos mesmos na água.

Tabela 2: Matriz de coeficientes de correlação de Pearson para as variáveis de qualidade de água mensurados no córrego Lavapés – Sorocaba/SP.

| | O.D. | Sólidos(mg/100 ml) | | | pH | Temp. (oC) | Cond. (µg/l) | Dureza (mg/L) | Ca (mg/L) | Mg (mg/L) | Alcalin. (mg/l) | NO ₃ ⁻ (mg/L) | Cl ⁻ (mg/L) | K (mg/L) | SO ₄ ²⁻ (mg/L) | P (mg/L) |
|-------------------------------|---------------|--------------------|--------------|--------------|--------|---------------|-----------------|------------------|--------------|--------------|--------------------|--|---------------------------|--------------|---|-------------|
| | | T. | M. | O. | | | | | | | | | | | | |
| O.D. | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | |
| S.T. | -0,352 | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | |
| S.M. | -0,252 | 0,729 | 1,000 | | | | | | | | | | | | | |
| S.O. | -0,278 | 0,776 | 0,134 | 1,000 | | | | | | | | | | | | |
| pH | 0,222 | -0,152 | -0,018 | -0,203 | 1,000 | | | | | | | | | | | |
| Temp. | -0,082 | 0,336 | 0,430 | 0,091 | 0,134 | 1,000 | | | | | | | | | | |
| Cond. | -0,223 | 0,770 | 0,554 | 0,605 | -0,025 | 0,357 | 1,000 | | | | | | | | | |
| Dureza | 0,059 | 0,587 | 0,569 | 0,325 | 0,160 | 0,546 | 0,779 | 1,000 | | | | | | | | |
| Ca | 0,223 | 0,374 | 0,241 | 0,320 | 0,303 | 0,469 | 0,515 | 0,778 | 1,000 | | | | | | | |
| Mg | -0,136 | 0,535 | 0,643 | 0,182 | -0,060 | 0,375 | 0,692 | 0,769 | 0,196 | 1,000 | | | | | | |
| Alcalin. | -0,066 | 0,670 | 0,561 | 0,454 | 0,046 | 0,421 | 0,760 | 0,812 | 0,584 | 0,673 | 1,000 | | | | | |
| NO ₃ ⁻ | -0,268 | 0,391 | 0,505 | 0,100 | -0,116 | 0,358 | 0,348 | 0,307 | 0,016 | 0,463 | 0,237 | 1,000 | | | | |
| Cl ⁻ | -0,021 | 0,360 | 0,260 | 0,282 | -0,177 | 0,461 | 0,358 | 0,355 | 0,431 | 0,115 | 0,389 | -0,191 | 1,000 | | | |
| K | -0,173 | 0,449 | 0,305 | 0,369 | -0,368 | 0,184 | 0,593 | 0,414 | 0,322 | 0,318 | 0,484 | 0,211 | 0,361 | 1,000 | | |
| SO ₄ ²⁻ | -0,468 | 0,867 | 0,635 | 0,671 | -0,236 | 0,298 | 0,637 | 0,467 | 0,332 | 0,392 | 0,602 | 0,516 | 0,181 | 0,550 | 1,000 | |
| P | -0,182 | 0,391 | 0,338 | 0,254 | -0,257 | -0,036 | 0,247 | 0,138 | -0,131 | 0,349 | 0,150 | 0,622 | -0,156 | 0,223 | 0,440 | 1,000 |

O.D. - oxigênio dissolvido S.M. - sólidos fixos

S.O. - sólidos voláteis S.T. - sólidos totais

Para uma melhor avaliação das relações entre as variáveis de água foi utilizada a análise de componentes principais (PCA). A análise resultou em 16 autovalores, sendo dois desconsiderados por não representarem nenhum percentual da variância. Dos 14 autovalores restantes, foram considerados 5 relevantes, segundo critério de Kaiser (KAISER, 1958 apud MOURA *et al.*, 2010), que sugere a utilização de autovalores maiores que a média dos mesmos, no caso 1. Dos 5 autovalores selecionados foram obtidos as respectivas 5 componentes principais dos dados analisados, que representam 80,723% da variância total dos dados, sendo as duas primeiras explicativas de 57, 261% da variância total. As cargas fatoriais de cada variável para cada componente principal pode ser observada na Tabela 3, assim como os respectivos autovalores e variância.

Tabela 3: Cargas fatoriais nas 5 primeiras componentes principais do córrego Lavapés – Sorocaba/SP.

| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 | PC5 |
|--------------------------------|--------------|---------------|---------------|--------|--------------|
| Oxigênio Dissolvido | -0,282 | 0,547 | -0,173 | -0,177 | 0,567 |
| Sólidos Totais | 0,892 | -0,177 | 0,164 | -0,150 | -0,181 |
| Sólidos Fixos | 0,744 | -0,110 | -0,325 | 0,229 | -0,132 |
| Sólidos Voláteis | 0,607 | -0,155 | 0,536 | -0,428 | -0,140 |
| pH | -0,111 | 0,543 | -0,460 | -0,415 | -0,407 |
| Temperatura | 0,532 | 0,359 | -0,225 | 0,477 | -0,299 |
| Condutividade | 0,888 | 0,082 | 0,065 | -0,150 | 0,080 |
| Dureza | 0,829 | 0,421 | -0,220 | -0,067 | 0,153 |
| Cálcio | 0,558 | 0,668 | 0,069 | -0,188 | -0,002 |
| Magnésio | 0,726 | -0,023 | -0,414 | 0,088 | 0,241 |
| Alcalinidade | 0,840 | 0,264 | -0,014 | -0,097 | 0,105 |
| Nitrato | 0,502 | -0,474 | -0,533 | 0,095 | -0,014 |
| Cloro | 0,424 | 0,414 | 0,484 | 0,479 | -0,030 |
| Potássio | 0,613 | -0,086 | 0,365 | 0,154 | 0,385 |
| Sulfato | 0,825 | -0,341 | 0,155 | -0,124 | -0,190 |
| Fósforo | 0,383 | -0,638 | -0,263 | -0,149 | 0,262 |
| Autovalor | 6,746 | 2,416 | 1,685 | 1,069 | 1,001 |
| Variância (%) | 42,160 | 15,102 | 10,534 | 6,679 | 6,253 |
| Variância acumulada (%) | 42,160 | 57,261 | 67,795 | 74,475 | 80,728 |

A primeira componente principal (PC1) representa 42,16% da variância total e as variáveis sólidos totais, fixos e voláteis, temperatura, condutividade, dureza (Ca+Mg), cálcio, magnésio, alcalinidade, nitrato, potássio e sulfato melhor contribuem para essa componente, indicando a inter-relação entre as variáveis. A temperatura influencia na condutividade e alcalinidade, alterando a solubilidade de elementos. Os íons são relacionados com as medidas de condutividade (TONON, 2007). E os sólidos podem ser influenciados por diversas variáveis, inclusive as anteriormente apresentadas.

A segunda componente principal (PC2) representa 15,102% da variância total dos dados e é melhor representada pelo oxigênio dissolvido, pH, cálcio e fósforo. A terceira componente principal (PC3) representa 10,534% da variância total dos dados e tem como principais representantes as variáveis sólidos voláteis e nitrato, Souza *et al.* (2005) apresentaram relação entre a remoção de nitrato de águas residuárias domésticas e os sólidos suspensos voláteis, o que pode explicar, em parte, devido ao teor diferenciado da pesquisa, a relação aqui apresentada. A quarta componente principal (PC4) apresentou 6,679% da variância total, entretanto não teve variáveis destacadas, pelo valor da carga variável de todas ter valor, em módulo, abaixo de 0,5. A quinta e última componente principal estudada (PC5), apresentou o oxigênio dissolvido como principal variável e explica cerca de 6,253% da variância total dos dados.

Para uma melhor visualização dos dados foram escolhidos as duas componentes principais que representam a maior parte da variância (57,26%), PC1 e PC2, e plotados os respectivos escores e cargas fatoriais obtidos na PCA. A interpretação do gráfico e de seus valores seguiu as indicações de trabalho de Zimmermann *et al.* (2008). O gráfico *biplot* pode ser observado na Figura 3.

A primeira componente principal (PC1) representa a maior parte da variância dos dados (42,16%) e se mostra capaz de diferenciar as amostras do ponto 1 e do ponto 2, com algumas exceções. As amostras do ponto 1 (numeradas de 1 a 12) encontram-se, em sua maioria, do lado direito (positivo) da PC1, juntamente das variáveis cálcio, cloro, dureza, alcalinidade, condutividade, magnésio, potássio, sólidos, sulfato, nitrato e fósforo. Dessa forma pode-se admitir que essas variáveis discriminam melhor as amostras do P1, que é o ponto próximo à foz, depois do córrego receber cargas de poluentes difusas em seu curso. Do lado esquerdo da PC2 encontram-se a maioria das amostras relativas ao ponto de coleta 2 (numeradas de 13 a 24), discriminadas pelas variáveis O.D. e pH, indicando que são mais influentes nas características desse ponto de coleta.

A segunda componente principal (PC2) representa 15,102% da variância total dos dados e tem como característica diferenciar as amostras quanto à sazonalidade. Na parte superior do gráfico (pontos positivos) encontram-se representadas a maior parte das amostras relativas ao período seco (abril-setembro/2009). Na parte inferior (pontos negativos) do gráfico estão representadas a maior parte das amostras do período chuvoso (outubro-dezembro/2009 e janeiro-março/2010).

Além da variação de cada componente também é possível verificar 5 agrupamentos no gráfico *biplot* de escores e cargas fatoriais de PC1 e PC2. O grupo mais à esquerda apresenta as amostras 14, 15, 16, 17 e 18, que são aquelas representativas do período seco (maio-setembro/2009) do ponto 2, indicando que as amostras nesse ponto, nesse período, apresentaram características semelhantes. O grupo superior apresenta as amostras 7, 8, 19, 20 e 21, que são representativas do período chuvoso nos dois pontos de coleta (setembro-novembro/2009 no ponto 2 e outubro/novembro/2009 no ponto 1), indicando semelhanças no comportamento da qualidade nesse período. O grupo central apresenta as amostras de dezembro/2009 e janeiro/2010 do ponto 2, sugerindo que o O.D. e pH são as variáveis que melhor as descrevem. O grupo localizado à esquerda apresenta o restante das variáveis, apontando sua relação na qualidade de água e os pontos 4 e 11 como aqueles onde estas são mais explicativas. O grupo inferior apresenta os pontos 3, 5 e 6 representantes do período seco no ponto 1.

As amostras 1, 9 e 10 (abril e dezembro/2009 e janeiro/2010), relativas ao ponto de coleta 1, se destacam por não pertencerem a nenhum grupo e apresentarem valores de nitrato superiores às outras coletas. A amostra 12 (março/2010 – ponto de coleta 1) também merece atenção destacada por apresentar valores bastante superiores de nitrato e fósforo, indicando presença de cargas de poluição pontuais no córrego Lavapés.

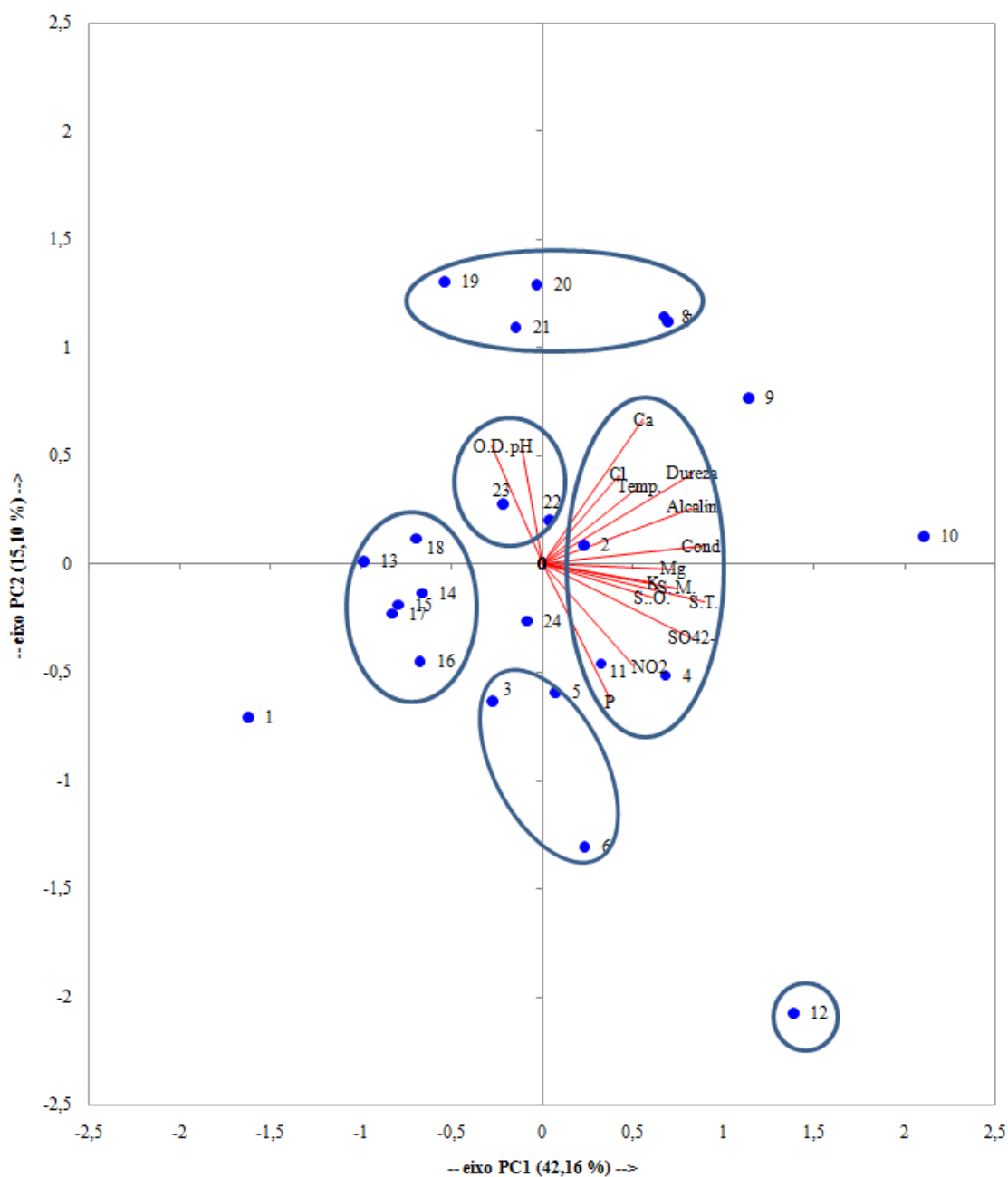


Figura 3: Gráfico biplot de escores e cargas fatoriais para as duas primeiras componentes principais dos 2 pontos de amostragem no córrego Lavapés – Sorocaba/SP.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral a correlação de parâmetros de qualidade de água na microbacia do córrego Lavapés, de ocupação urbana, se encontra baixa ou moderada.

A análise de componentes principais se mostrou adequada para o estudo das variáveis de qualidade de água do córrego Lavapés.

Os pontos de coleta 1 e 2 tem comportamento distinto em relação às variáveis de qualidade de água, sendo aquelas provenientes do ponto de coleta 1 consideradas mais impactadas que as do ponto 2, evidenciando a influência antrópica na microbacia do córrego Lavapés, em Sorocaba/SP.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pela concessão das bolsas de mestrado relativas aos processos nº 2009/02182-3, nº 2009/02534-7 e nº 2009/11726-7 aos autores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADDINSOFT. XLStat-Pro 7.5. Copyright © Addinsoft, 1995-2004.
2. APHA. (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 15.ed. New.York: APHA, 1985.
3. BORDALO, A. A.; NILSUMRANCHIT, W.; CHALERMWAT, K. Water quality and uses of the Bangpakong river (Eastern Thailand). **Water Research**, v. 35, n. 15, p. 3635-3642, 2001.
4. CETESB (São Paulo) **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. 1ª ed. São Paulo: CETESB, 1987.
5. CONCEIÇÃO F.T.; BONOTTO, D.M. Weathering rates and anthropogenic influences in a sedimentary basin, São Paulo State, Brazil. **Applied Geochemistry**, v. 19, n. 4, p.575-591, 2004.
6. KAISER, H. F. The Varimax Criterion for Analytic Rotation in Factor Analysis. **Psychometrika**, v. 23, p. 187-200, 1958.
7. MICROSOFT. **Excel 2007**. Copyright © Microsoft Corporation 1985-2006.
8. MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama – Distrito Federal. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 97-103, 2010.
9. MULHOLLAND, D. S.; BOAVENTURA, G. R.; ARAÚJO, D. F. Modelo geoquímico aplicado à avaliação da qualidade de água da bacia do alto curso do rio Paracatu – MG. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 14, n. 2, p. 39-46, 2010.
10. OUYANG, Y. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. **Water Research**, v. 39, p. 2621-2635, 2005.
11. OUYANG, Y.; NKEDI-KIZZA, P.; WU, Q.T.; SHINDE, D.; HUANG, C.H. Assessment of seasonal variations in surface water quality. **Water Research**, v. 40; p. 3800-3810, 2006.
12. PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição: Aspectos Físico-Químicos**. São Paulo: ABES, 2005.
13. RUMP, H. H. **Laboratory Manual for the Examination of Water, Waste Water and Soil**. 3ª ed., Weinheim: WILEY-VCH, 1999.
14. SILVA, A. M., SCHULZ, H. E. e CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. 2ª ed. São Carlos: Editora Rima, 2007
15. SOUZA, J. T.; SANTOS, K. D.; COSTA, M. J. C.; COSTA, P. L. F.; MOTA, M. F. Avaliação do desempenho do reator UASB na desnitrificação de águas residuárias domésticas. In: XXIII CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 2005. **Anais**. Campo Grande/MS, 2005.
16. STRIEDER, M. N.; RONCHI, L. H.; STENERT, C.; SCHERER, R. T.; NEISS, U. G. Medidas biológicas e índices de qualidade da água de uma microbacia com poluição urbana e de curtumes no sul do Brasil. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 28, n. 1, p. 17-24, 2006.
17. TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, v. 69, n. 1, p. 181-188, 2002.
18. TONON, D. **Desinfecção de efluentes sanitários por cloração visando o uso na agricultura**. Campinas, 2007, 284 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Departamento de Saneamento e Ambiente, Unicamp, 2007.
19. URBAN, R. C.; SILVA, A. M.; MANFRÉ, L. A. Teores e quantidades de alguns elementos no córrego Lavapés, sub-bacia do rio Sorocaba, São Paulo, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 5, n.3, p. 265-277, 2010.
20. URBAN, R. C. **Fragilidade ambiental, qualidades do solo, da água e ocupação urbana na microbacia do córrego Lavapés - Sorocaba/SP**. 2011. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Curso Intercampi, UNESP, Sorocaba, 2011.
21. ZIMMERMANN, C. M.; GUIMARÃES, O. M.; PERALTA-ZAMORA, P. G. Avaliação da qualidade do corpo hídrico do rio Tibagi na região de Ponta Grossa utilizando análise de componentes principais (PCA). **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1727-1732, 2008.