



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA CONSUMIDA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS- ARAGUAÍNA

Andrecia R. de Oliveira¹; Renata F. L. da Silva²; Magale K. D. Rambo³

RESUMO

O estudo avaliou parâmetros físico-químicos e microbiológicos em águas da Universidade Federal do Tocantins no município de Araguaína. Um total de 4 amostras de diferentes pontos foram coletadas e todas apresentaram resultados que estão de acordo com os parâmetros de qualidade exigidos para água. Os parâmetros avaliados foram coliformes totais e fecais, alcalinidade, turbidez, pH, dureza total, condutividade, cloretos, flúor e manganês. Nesse estudo técnicas estatísticas como correlação de Pearson, estatística descritiva e análise por componentes principais (PCA) foram usadas a fim de avaliar as diferentes variáveis e suas correlações e relações no fator qualidade da água. As análises estatísticas foram úteis para uma melhor compreensão entre amostras e variáveis.

Palavras-chave: Qualidade da água. Estudo multivariado. PCA.

EVALUATION OF PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS IN DRINKING WATER OF UNIVERSITY OF TOCANTINS –ARAGUAINA ABSTRACT

This study evaluated physico-chemical and microbiological parameters in drinking water of the Federal University of Tocantins in the municipality of Araguaína. A total of 4 samples were collected from different points and all results are in accordance with the quality parameters required for water. The determined parameters were total and fecal coliforms, alkalinity, turbidity, pH, total hardness, conductivity, chlorides, fluoride and manganese. In this study statistical techniques as the Pearson correlation, descriptive statistics and principal component analysis (PCA) were used to evaluate the different variables and their correlations and relationships in water quality. Statistical analyzes were useful for a better understanding between samples and variables.

Keywords: Water quality. Multivariate study. PCA.

¹ Graduada em Química Licenciatura pela UFT

² Doutora em Físico-Química pela UNESP

³ Doutora em Química Analítica pela UNICAMP. E-mail: magalerambo@mail.uft.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A água é um componente importante de todos os organismos vivos presentes na terra e de extrema relevância para uma vida adequada (Rahman *et al.*, 2011). As águas subterrâneas e superficiais são os reservatórios mais importantes de água doce na terra, utilizados para fins domésticos e de irrigação (An *et al.*, 2002).

A água para consumo humano, sem um tratamento adequado, pode apresentar riscos à saúde de quem a consome, pois a água é capaz de veicular grande quantidade de contaminantes químicos e biológicos, cujo consumo está associado a diversos problemas de saúde (Rebouça *et al.*, 2006).

A poluição da água é um problema mundial, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento (Begum, 2008; Arain *et al.*, 2014). Os principais contaminantes são os metais e metalóides, que têm a capacidade de bioacumulação em organismos que vivem no sistema de água (Arain *et al.*, 2008; Pyle *et al.*, 2005). Os ambientes afetados pelos metais são particularmente preocupantes, devido ao efeito e capacidade de bioacumulação no sistema aquático contaminado. Além do mais o fornecimento de água não potável tem um impacto na antecipação de doenças transmitidas pela água.

A abundância de compostos orgânicos, produtos químicos tóxicos, nitritos e nitratos na água podem causar efeitos deletérios sobre a saúde humana, especialmente câncer (Dan'azumi e Bichi, 2010).

Diante desses fatos é importante a conscientização da comunidade científica e da sociedade como um todo para a necessidade de manter um programa de monitoramento da qualidade da água e também para a determinação das condições atuais e tendências de longo prazo. A necessidade do monitoramento deve-se ao fato de possíveis mudanças em algumas características da água que podem ocorrer com o tempo ou devido a condições externas que possam vir a contaminar o manancial ou lençol com substâncias tóxicas, sais, metais, vírus, bactérias, entre outros. Portanto, é necessário monitorar a qualidade da água regularmente para fins de consumo.

Nesse sentido, vários trabalhos referentes à preocupação da qualidade da água têm sido publicados no mundo todo. Arain *et al.* (2014) avaliaram os parâmetros físico-químicos e teor total de metais em águas de consumo do distrito de Bannu, no Paquistão. Os resultados obtidos mostraram valores de sólidos totais dissolvidos e de condutividade elétrica superiores aos recomendados pela Organização da Saúde Mundial (OSM), o

que influencia a saúde das pessoas que vivem nesse ambiente.

Kaiser *et al.* (2015) analisaram como os setores governamentais lidam com a qualidade da água potável em três países - Brasil, Equador e Malawi - além de avaliar como prestadores de serviços e organizações da sociedade civil tem contribuído nesse sentido. Concluíram após o estudo que o acesso à água potável poderia ser melhorado se mudanças governamentais fossem adotadas, como por exemplo: a coordenação e dados fossem compartilhados entre os ministérios que lidam com serviços de água potável; acompanhamento e aplicação das leis de qualidade da água; políticas nacionais mais claras do governo em torno de vigilância da qualidade da água; capacidade técnica suficiente para melhorar a gestão administrativa e técnica dos serviços de água ao nível local. O estudo de Kaiser *et al.* (2015) identificou nos três países estudados desafios comuns que seriam necessários para manter a qualidade da água.

Dada a complexidade dos dados, monitoramentos e conclusões a respeito da importância de fontes de contaminação da água são geralmente difíceis quando os constituintes são considerados isoladamente (Oslen *et al.*, 2012). Assim métodos multivariados são usados como alternativas aos métodos univariados

tradicionais. Recentemente a aplicação de diferentes técnicas multivariadas, assim como análise por componentes principais (PCA), análise de cluster (HCA), análise discriminada (DA), entre outras, tem colaborado no monitoramento da qualidade das águas. Tais técnicas ajudam a identificar possíveis fontes que influenciam na qualidade das águas, auxiliam na classificação de dados amostrais e ainda detectam a relação entre amostras de água e suas variáveis (Wu and Wang, 2007; Zhao *et al.*, 2012; Oslen *et al.*, 2012; Arain *et al.*, 2014).

Diante do exposto o trabalho tem por objetivo analisar a água destinada ao consumo humano, na Universidade Federal do Tocantins (UFT) no Campus Cimba, verificando-se parâmetros físico-químicos (alcalinidade, condutividade, cloretos, dureza, flúor, manganês, pH e turbidez) e microbiológicos (coliformes fecais e totais).

A UFT locada no município de Araguaína atende uma comunidade acadêmica de mais de 2000 pessoas, entre alunos e funcionários. Esse Campus é abastecido exclusivamente por água subterrânea de poços tubulares profundos, perfurado no próprio local. Em geral águas subterrâneas são potáveis, pois a mesma passa por filtração natural entre as rochas (Bovolato, 2006). Entretanto, essa filtração natural não é garantia de potabilidade.

Estudos nacionais sobre a qualidade da água consumida nas universidades mostraram que em Minas Gerais foram analisadas amostras de água coletadas de 20 bebedouros do Campus Universitário de Ipatinga e nenhum apresentou coliformes totais e fecais (Barbosa *et al.*, 2009). Segundo Zulpo *et al.* (2006), ao estudarem a qualidade microbiológica da água consumida nos bebedouros da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava – PR, concluíram que, dentro das 47 amostras analisadas, 8,5% foram positivas para coliformes totais e 2% para coliformes termotolerantes. Esses estudos mostram a importância de atentar para a qualidade da água, pois a mesma pode sofrer mudanças com o tempo.

Como apresenta um apelo para a conscientização ambiental, acredita-se que o tema proposto atrairá o interesse de toda a comunidade acadêmica (discentes, docentes e técnicos-administrativos) e que os resultados obtidos fornecerão informação para a gestão do distrito de Araguaína, e especialmente para a população local.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta das amostras

O local da coleta foi a UFT Campus Cimba, situada na Rua Paraguai, s/n

(esquina com Urixamas) – Município de Araguaína-Tocantins (TO).

As amostras foram coletadas no mês de setembro de 2014, no período matutino, sendo devidamente acondicionadas com gelo, em caixa de isopor e transportadas ao Laboratório de Química da UFT ou ao Laboratório de Análises microbiológicas e físico-químicas da Foz/Saneatins.

Foram coletadas 4 amostras de água (em duplicata) em locais onde há um grande fluxo de alunos, técnicos e professores:

- Amostra 01 - Bebedouro do anfiteatro I
- Amostra 02 - Banheiro feminino anfiteatro I
- Amostra 03 - Bebedouro Bala II (Prédio Professores)
- Amostra 04 - Bebedouro do bloco H (Prédio das salas de aula)

Para a coleta da água objetivando as análises microbiológicas foram utilizados frascos de vidros (100 mL). Esses frascos foram lavados, enxaguados com água destilada, secos em estufa, autoclavados (121 °C, 15 min e 1 atm de pressão) e então 2 gotas de solução de tiosulfato de sódio a 10% foram adicionadas.

Para as análises físico-químicas foram utilizados frascos de plásticos (600 mL) que foram lavados com detergente neutro, enxaguados com água destilada e

secos. Antes da coleta a antissepsia nas mãos do coletor (com água, sabão e álcool 70% GL) foi realizada, assim como o uso de EPI's (luvas, jaleco e máscara). Foi realizada a desinfecção das torneiras externamente e internamente, utilizando-se uma haste flexível com algodão na extremidade embebida em álcool 70% GL, seguida do escoamento da água da torneira por período suficiente para eliminar todo resíduo que pudesse vir a interferir nas análises das amostras.

Primeiramente foram realizadas as coletas para análises microbiológicas, visando evitar a contaminação do local da amostragem com frascos não estéreis. Identificou-se o frasco, e após o escoamento da água, tomou-se cuidado para que a boca do frasco não encostasse à torneira; segurando o frasco verticalmente próximo à base e efetuando o enchimento, deixando um espaço vazio de aproximadamente 2,0 cm da borda, possibilitando a homogeneização correta da amostra antes do início da análise.

Para a análise físico-química recomenda-se o enxague do frasco três vezes com a própria amostra de água antes de proceder com a coleta final.

2.2 Análises dos parâmetros microbiológicos

Determinação de Coliformes total e fecal

A determinação de coliformes total e fecal nas amostras de água foi feita utilizando a técnica de substratos cromogênicos. Adicionou-se o conteúdo do reagente em 100 mL de amostra de água e o frasco foi incubado em estufa a $35 \pm 5^\circ\text{C}$ por 24 horas (American Public Health Association, 1998). Observa-se, que após 24 horas na estufa, se a amostra adquirir coloração amarela a água apresenta bactérias coliformes. Os frascos foram expostos ainda à luz ultravioleta de 365 nm de comprimento de onda, para a verificação de fluorescência (coloração azul) que indica positividade para coliformes fecais (American Public Health Association, 1998). Caso a amostra permaneça transparente nos dois ensaios, o resultado é negativo, tanto para coliformes totais como para coliformes fecais (Funasa, 2013).

A fim de assegurar confiabilidade aos resultados, outro método de ausência/presença de coliformes fecais nas amostras foi utilizado. Nesse método (Colipaper, cartela com meio de cultura em forma de gel desidratado), umedeceu-se rapidamente a cartela na amostra, a qual foi incubada a 36°C por um período de 15 horas. Os resultados são detectados verificando se as amostras apresentam pontos avermelhados, o que indica resultado positivo para contaminação de coliformes fecais.

2.3 Análises dos parâmetros físico-químicos

Determinação da alcalinidade total

A metodologia utilizada para a determinação da alcalinidade total foi a titulometria com ácido sulfúrico (H_2SO_4) e indicador metilorange, visto que a amostra não apresentou alcalinidade à fenolftaleína, pois seu pH estava abaixo de 8,3.

Mediu-se 50 mL da amostra e colocou-a no Erlenmeyer. Adicionou-se 3 gotas da solução indicador de metilorange, e titulou-se com a solução de H_2SO_4 0,02 M até a mudança da cor amarelo para alaranjado. De posse do volume gasto calculou-se a alcalinidade da amostra.

Determinação da condutividade

A análise de condutividade foi realizada no condutivímetro (marca Ávila Científica, modelo AC 200). A amostra de água foi colocada num recipiente de aproximadamente 100 mL onde foi introduzido o eletrodo para obtenção do valor de condutividade da amostra (em $\mu S/cm$).

Determinação de cloretos

A análise de cloretos foi realizada através da titulometria de precipitação (método de Mohr), usando o nitrato de prata ($AgNO_3$) como titulante. Mediu-se 100 mL de amostra de água, a qual foi

transferida para um Erlenmeyer. Ajustou-se o pH entre 7 e 10 com micropérolas de hidróxido de sódio (NaOH) e adicionou-se 1 mL da solução indicadora de cromato de potássio (K_2CrO_4). Titulou-se a amostra com a solução-padrão de $AgNO_3$ 0,0141 M até o ponto de viragem, no qual se observa um precipitado de cor amarelo avermelhado, indicando o ponto final da titulação. Repetiu-se o procedimento em triplicata. Foi feito um branco da mesma maneira que a amostra, mas com água destilada. De posse do volume gasto das duas titulações e descontando-se o valor do branco, calculou-se o teor de cloretos na amostra.

Determinação da dureza total

O método titulométrico de complexometria utilizando ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) como titulante foi utilizado na análise. Após a preparação da solução de EDTA 0,01M, a mesma foi padronizada com solução padrão de carbonato de cálcio ($CaCO_3$), solução tampão de amônio e indicador negro de eriocromo T. Para a titulação mediu-se 25 mL da amostra e diluiu-se para 50 mL com água destilada em balão volumétrico, transferindo-a para um becker de 100 mL. Adicionou-se 2 mL da solução tampão (NH_3/NH_4Cl) para elevar o pH a $10 \pm 0,1$. Posteriormente essa solução foi transferida para um frasco Erlenmeyer de

250 mL, adicionou-se aproximadamente 0,05 gramas do Indicador negro de eriocromo T e titulou-a com a solução padronizada de EDTA 0,01M agitando continuamente até o desaparecimento da cor púrpura avermelhada e o aparecimento da cor azul (final da titulação). Anotou-se o volume de EDTA gasto (mL) para proceder aos cálculos.

Determinação de fluoreto

A análise de flúor na amostra de água foi realizada utilizando o reagente sódio 2-(parassulfofeniazó)-1,8-1111dihidroxi-3,6-naftaleno dissulfonato (SPANDS) em um espectrofotômetro (HACH DR 890) com comprimento de onda a 580 nm. O aparelho foi calibrado com água destilada. Com uma pipeta, mediu-se 10 mL da amostra que foi colocada numa cubeta apropriada e adicionou-se 2 mL do reagente para fluoreto (SPANDS). Aguardou-se 5 minutos para a total reação do reagente com a amostra. Em seguida, colocou-se as cubetas no aparelho, onde foi verificado o resultado em mg/L (Ferreira e Benedet, 1999).

Determinação do pH

Para a análise de pH, utilizou-se o método eletrométrico (aparelho Phmetro com elétrodo de vidro) e também o método colorimétrico (kit comercial de

comparação visual de pH da LABCON). No primeiro método o valor do pH das amostras foi determinado pela leitura direta no pHmetro (DIGIMED, D-22), devidamente calibrado. Neste caso a água foi colocada num recipiente de aproximadamente 100 mL onde foi introduzido o eletrodo para obtenção do valor do pH da amostra. O segundo método é feito por comparação visual com cartela disponível no kit comercial. Neste caso, mediu-se aproximadamente 5 mL da amostra a ser analisada. Adicionou-se 3 gotas da solução reagente e homogeneizou-o. Após 2 minutos, comparou-se a cor desenvolvida com a escala de cores apresentada no verso da embalagem.

Determinação de manganês

O manganês da água foi determinado por kit comercial da ALFAKIT. Mediu-se 5 mL da amostra e transferiu-a para uma cubeta de vidro. Adicionou-se 10 gotas de cada reagente 1, 2 e 3 agitando-se a amostra; aguardou-se a reação por 5 minutos. Adicionou-se 10 mL dos reagentes 4 e 5 homogeneizou e aguardou-se 20 minutos fazendo-se em seguida a leitura de comparação visual com a cartela do encarte do kit.

Determinação de turbidez

Para determinação de turbidez foi utilizado o método Nefelométrico através

do turbidímetro microprocessado (2100Q, HACH). Mediu-se 10 mL da amostra a qual foi transferida para uma cubeta de vidro, introduzida, posicionada e então efetuou-se a leitura no aparelho. O resultado foi obtido em unidade nefelométrica de turbidez (NTU).

2.4 Análises dos Dados

As análises estatísticas e multivariadas foram realizadas utilizando o software Unscrambler 10.3 para PCA (Camo, Noruega) e o Origin 6.0 (Originlab) para construção dos gráficos e figuras ilustrativas (StatSoft, Estados Unidos, 2005).

Ao descrever a distribuição das amostras de acordo com os valores constituintes existem várias estatísticas úteis e gráficos que podem ser utilizados. Nesse estudo optou-se pelo uso de histogramas associados a parâmetros estatísticos, tais como, média, variância, desvio padrão (SD), testes de medidas de assimetria (Skewness) e testes de dispersão (Kurtosis).

A estatística de Skewness descreve a assimetria do histograma com distribuições aproximadamente simétricas quando o valor for de zero. Aqueles com simetria positiva tem uma cauda mais para a direita (valores acima da média), enquanto uma simetria negativa (valores abaixo da média) representa uma cauda para a

esquerda (Mardia, 1970). Uma distribuição razoavelmente simétrica tem coeficiente de assimetria variando entre -1 e $+1$.

A estatística de Kurtosis mede a dispersão que caracteriza o pico ou "achatamento" da curva da função de distribuição de probabilidade. Se o valor da curtose for de 0 então tem o mesmo achatamento que a distribuição normal. Para valores de Kurtosis maior que zero a distribuição em questão é mais alta (afunilada) e concentrada que a distribuição normal. Diz-se desta função que a distribuição tem caudas pesadas (o significado é que é relativamente fácil obter valores que não se aproximam da média a vários múltiplos do desvio padrão), enquanto que distribuições menores que zero são mais achatadas que a distribuição normal (Mardia, 1970).

A estatística multivariada, através da PCA também foi utilizada (Wold *et al.*, 1987; Brereton, 1992). Na estatística multivariada é possível uma análise simultânea de mais do que duas variáveis. Ou seja, através de um procedimento matemático é possível projetar a matriz de dados com muitas variáveis, em um espaço de dimensão menor, reduzindo a dimensionalidade do conjunto dos dados. Assim, um novo sistema de eixos é construído, que podem ser denominados componentes principais (PC) e que representam a matriz de dados. Como

resultado, as informações mais importantes e relevantes se tornam mais fáceis de serem interpretadas. Essas novas PC são obtidas em ordem decrescente de variância, de forma que a primeira componente principal (PC1) tem a maior variância possível (ou seja, representa o máximo da variabilidade nos dados). Cada componente seguinte (PC2, PC3, e assim por diante), tem a máxima variância residual, não representada pelas componentes anteriores, sob a restrição de ser ortogonal aos componentes anteriores. O número máximo de componentes, que podem ser obtidos com essas condições, é menor do que ou igual ao número de variáveis ou de amostras, o que for menor. Matematicamente na PCA, as PC são obtidas como uma combinação linear ortogonal que transforma os dados para um novo sistema de coordenadas, onde se tem uma matriz de dados; uma matriz de escores que contém as informações sobre as amostras e uma matriz dos pesos, que contém informações sobre as variáveis (Brereton, 2000). Essa combinação linear nada mais é do que o agrupamento das variáveis altamente correlacionadas, dando-lhes um maior peso, numa nova variável. Essa nova variável é a componente principal. Assim a porcentagem da variância total dos dados pode ser explicada em um número pequeno

de componentes principais, reduzindo a dimensionalidade dos dados.

Nesse estudo a PCA foi utilizada para análise exploratória dos dados verificando possíveis agrupamentos das amostras, e também verificando, a relação que existe entre as amostras (escores) e as variáveis (pesos).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A água do campus Cimba da UFT pode ser classificada como água subterrânea da classe I. Esta classificação é para águas de aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que não sofrem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais (Conama, 2008).

A água ofertada para consumo na UFT, apesar de não passar por nenhum tratamento (desinfecção), é de boa qualidade, visto que a mesma apresentou parâmetros físico-químicos e microbiológicos que atendem as exigências de potabilidade da Portaria 2914/11 do MS e Resolução 396/08 do Conama.

As análises microbiológicas realizadas para todos os pontos estudados apresentaram resultados negativos quanto a presença de coliformes totais e fecais. Em estudos anteriores realizados por Bovolato

(2006) sobre a qualidade bacteriológica e físico-química da água de poços profundos que abastecem a área urbana de Araguaína, o mesmo constatou a ausência de coliformes totais e fecais. Estes resultados sugerem que do ponto de vista bacteriológico a água consumida na UFT, por pertencer a mesma região de estudo, encontra-se também própria para o consumo humano.

Com relação às análises físico-químicas foi possível observar que a alcalinidade presente na água foi ocasionada por bicarbonatos em todos os pontos estudados, visto que, a mesma não apresentou alcalinidade a fenolftaleína, o que se conclui que elas não apresentam hidróxidos e carbonatos devido o pH das amostras serem inferiores a 8,3 e os resultados do parâmetro alcalinidade foram todos inferiores a 54,33 mg/L de CaCO_3 . Estudos realizados em águas subterrâneas do poço da Universidade Federal de Santa Maria/RS, mostram que a mesma apresenta alcalinidade a bicarbonatos e que os valores encontrados variaram entre 134 e 209 mg/L CaCO_3 (Marion *et al.*, 2007). Esses resultados sugerem que a alcalinidade do campus Cimba está abaixo dos obtidos em estudos de outras regiões, o que sugere uma capacidade de tamponamento satisfatório, sendo assim, as águas da UFT não são susceptíveis às

mudanças de pH, no caso de alterações ambientais, por exemplo.

Os valores de condutividade obtidos para as águas analisadas foram inferiores a 75,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o que permite concluir que as amostras de água são quase puras, pois não há muitos íons/sais dissolvidos.

Os valores de cloretos obtidos nas amostras apresentaram-se muito abaixo dos valores máximos permitidos (250 mg/L) para o consumo humano, segundo a legislação vigente. Segundo a companhia ambiental do estado de São Paulo - CETESB, este parâmetro é um dos indicativos usados para avaliar a contaminação das águas, visto que os esgotos domésticos apresentam elevados teores de cloretos, pois, o ser humano elimina 4 g por dia, que representam cerca de 90 a 95% dos excretos humanos. Sendo assim uma variável importante para se concluir que a água consumida na UFT não é afetada por fossas assépticas ou esgotos domésticos.

Em relação à dureza total nas amostras analisadas, os resultados foram inferiores a 20,66 mg/L de CaCO_3 , o que significa que essas águas são considerada de baixa dureza. Esse parâmetro é importante, pois refere-se a uma água considerada ótima para utilização e consumo, estando de acordo também com o padrão de potabilidade, que estabelece um limite máximo de 500 mg/L. Esses

resultados são semelhantes aos obtidos por Bovolato (1998), no qual se obteve valores muito baixos para esses cátions (Ca^{2+} e Mg^{2+}) em comparação com os valores máximos permitidos na legislação vigente.

O pH das amostras analisadas variaram de 7,68 a 7,81. Através destes dados é possível concluir que água que abastece a UFT é ligeiramente alcalina, e que está de acordo com a legislação vigente (6,0 a 9,5). Estudos anteriores (Bovolato, 2008), mostraram que o pH dos poços que abastecem a cidade de Araguaína são ligeiramente ácidos com valores inferiores 7,20. Os valores obtidos nesse trabalho mostram que a água consumida no campus Cimba, apresenta valores de pH satisfatórios, sendo ótima para o consumo.

Pode-se observar pelos resultados que o íon fluoreto está presente em quantidades insignificantes nas amostras, pois estas águas não recebem adições de flúor. Esse teor de flúor encontrado nas amostras (0,09 mg/L) pode ser devido a presença de rochas sedimentares. Estudos realizados em região de Salto-Indaiatuba (SP) por Hypólito *et al.* (2010), mostra que as altas taxas de fluoreto nas águas subterrâneas daquela região é devido a presença de minerais e argilominerais ricos em flúor (fluorita (CaF_2) e, secundariamente, a villamita (NaF) e a criolita (Na_3AlF_6)).

De acordo com a portaria 2914/11 do ministério da saúde (MS) todas as amostras de flúor atendem ao padrão vigente, cujo limite máximo é de 1,5 mg/L. Porém, a mesma portaria não estabelece um valor mínimo de flúor na água, visto que o flúor adicionado na água é definido de acordo com a temperatura de cada região em função do consumo médio diário de água por pessoa. Em Araguaína, cujas temperaturas são altas (acima de 30 °C), o recomendado segundo a Portaria nº 635/1975, que trata exclusivamente do parâmetro fluoreto seria de 0,60 mg/L a 0,80 m/L de flúor na água, para que se tenha o um efeito preventivo, sem preocupação com o risco de fluorose dental.

Já em relação à quantidade de manganês, não foram encontrados nas amostras teores que pudessem ser detectados pelo método proposto. De acordo com a Portaria nº 2.914/2011, os teores de Mn^{+2} precisam ser inferiores a 0,1 mg/L. A importância das análises de Mn^{+2} na água que abastece a UFT foi devido estudos anteriores realizados por Bovolato (2008) terem detectado altos teores desse elemento (0,373 mg/L). A origem das concentrações elevadas de manganês nos poços, provavelmente está associada à variações faciológicas locais (Bovolato, 2008).

A turbidez é um parâmetro físico que varia de acordo com as concentrações de resíduos ou partículas em suspensão. No presente trabalho valores inferiores a 0,40 NTU foram obtidos, o que está de acordo com a legislação, que permite um valor máximo de 5 NTU. Esses valores baixos podem ser atribuídos ao processo de filtração dos bebedouros, como também a filtração natural da água ao passar pelo solo e rochas.

Os resultados de média e SD referentes às análises físico-químicas (pH, turbidez, cloretos, manganês, flúor,

alcalinidade, dureza e turbidez) realizadas nos quatro pontos estão apresentados na Figura 1. Os baixos valores de SD obtidos ($< 5,2$) demonstram a pequena variação dos resultados nos diferentes pontos de coleta dentro do campus da UFT, o que pode ser atribuído ao fato das amostras serem abastecidas pelo mesmo poço e reservatório de água. Esses dados são satisfatórios, pois sugerem que mesmo amostras de água do banheiro, sem filtro, por exemplo, não diferem significativamente das amostras de bebedouros.

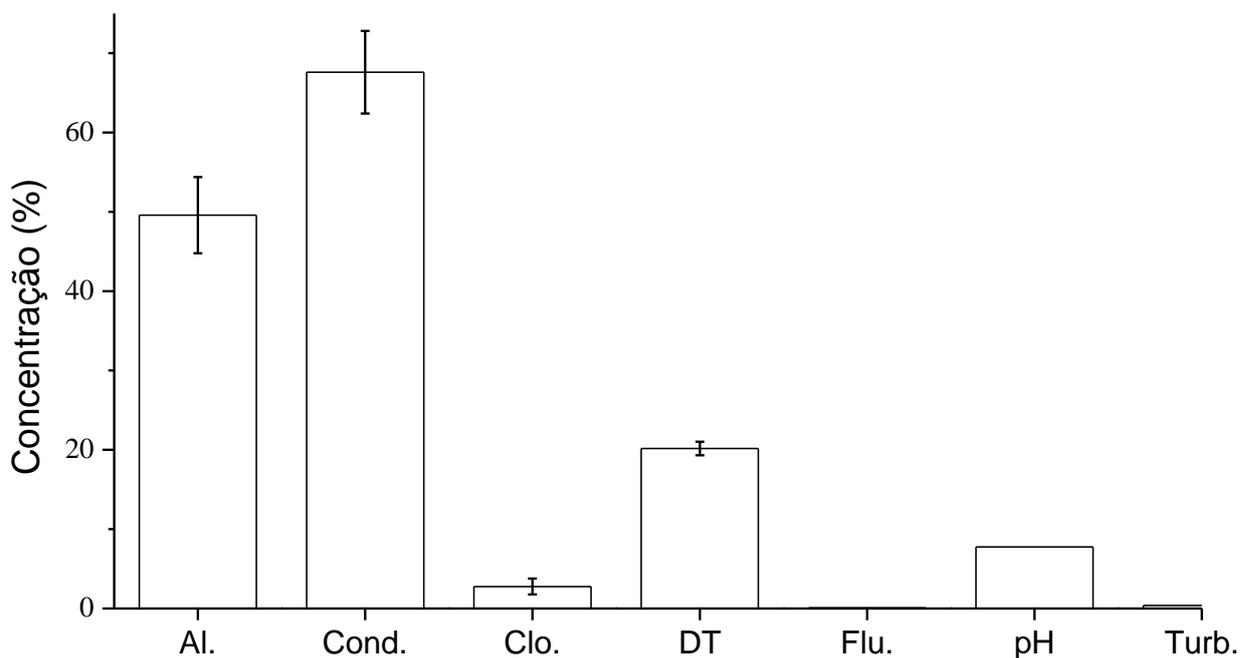


Figura 1. Média e desvio padrão das variáveis estudadas.

Uma análise estatística utilizando histogramas (Figura 2) foi obtida para todas as variáveis.

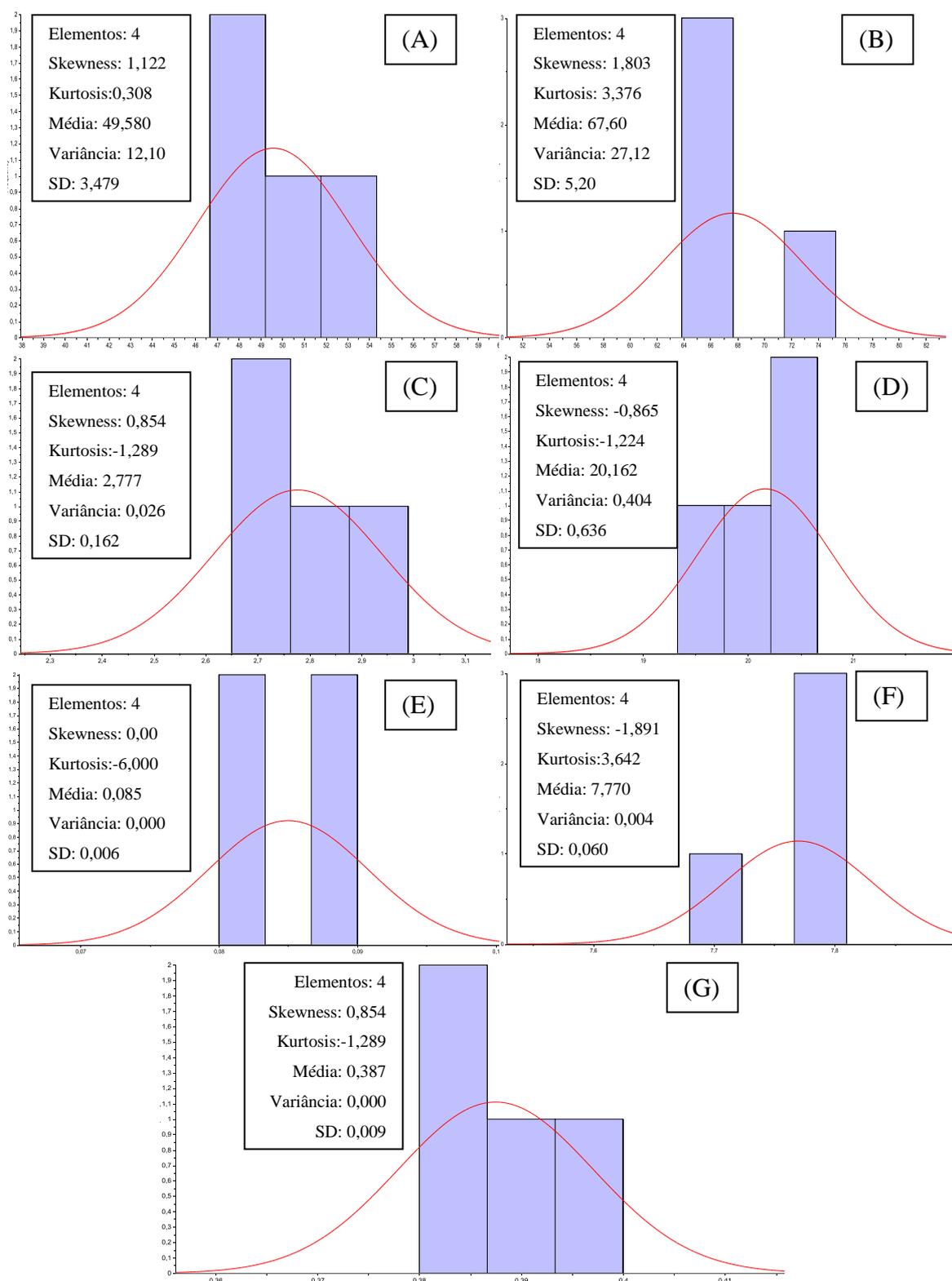


Figura 2. Histogramas e estatística descritiva das variáveis em questão.

No histograma da variável utilizadas para descrever a estatística alcalinidade (Figura 2A), as três barras abrangem um intervalo (amplitude de

variação) que se estende de 46,60 até 54,30 mg/L e com um coeficiente de variação relativamente baixo de 12,10 mg/L associado a também um baixo SD. A linha vermelha sobreposta ao gráfico representa uma distribuição razoavelmente normal. Valores de Kurtosis maior que zero (0,308) para a alcalinidade indicam que é provável se obter valores que não se aproximam da média.

Na Figura 2(B) observa-se o histograma para a condutividade e a Figura 2(C) descreve a assimetria do histograma com distribuições aproximadamente simétricas para o teor de cloretos, mas um pouco mais achatadas que a distribuição normal. Sua pequena amplitude de variação se estende de 2,65 a 2,99 mg/L. A Dureza Total (Figura 2D) apresenta o mesmo comportamento da variável anterior com relação a distribuição e normalidade. No entanto seu coeficiente de variação é um pouco maior (0,40 mg/L) com os valores no intervalo de 19,22 a 20,66 mg/L.

A variável fluoreto (Figura 2E) teve uma variância de zero, uma vez que a faixa de variação foi de 0,08 a 0,09, ou seja, os valores amostrados não foram estatisticamente diferentes. A assimetria do histograma é totalmente simétrica (quando

o valor for de zero), mas com uma distribuição mais achatada que a distribuição normal. O pH (Figura 2F) com uma distribuição assimétrica apresentou uma pequena amplitude de variação (7,68 a 7,81).

E finalmente para a variável turbidez (Figura 2G), a linha vermelha espalhada sob as três barras, apresenta uma distribuição razoavelmente simétrica, uma vez que o coeficiente de assimetria varia entre -1 e $+1$. No entanto sua população é totalmente homogênea, dado o valor de zero da variância.

A fim de compreender a relação entre as variáveis acima analisadas e indicando a direção do relacionamento entre duas variáveis aleatórias, por exemplo, fez-se uso da correlação (Sahoo *et al.*, 2015). Esta se refere à medida da relação entre duas variáveis, e existem vários coeficientes medindo esse grau de correlação. O mais conhecido é o coeficiente de correlação de Pearson, o qual é obtido dividindo a covariância de duas variáveis pelo produto de seus desvios padrão (Tabela 1). Valores absolutos maiores que 0,5 estão em negrito, pois apenas acima desse valor que a correlação se torna significativa.

Tabela 1. Correlação linear entre as sete variáveis.

Variáveis	Alcalin.	Condut.	Cloretos	Dureza total	Fluoret.	pH	Turbidez
Alcalin.	1	0,9643	-0,109	-0,660	-0,857	-	-0,742
Condut.	0,964	1	0,011	-0,778	-0,691	0,076	-0,582
Cloretos	-0,109	0,011	1	-0,633	0,301	0,459	-0,090
Dureza total	-0,660	-0,778	-0,633	1	0,303	-	0,455
Fluoret.	-0,857	-0,691	0,301	0,303	1	0,667	0,904
pH	-0,190	0,076	0,459	-0,401	0,667	1	0,632
Turbidez	-0,742	-0,582	-0,090	0,455	0,904	0,632	1

Uma correlação positiva e altamente significativa (~ 1) foi obtida entre as variáveis alcalinidade e condutividade. Da mesma forma, para as variáveis turbidez e fluoreto. Para o primeiro caso, à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade aumenta. Segundo Mestrinho (2006), uma maior condutividade nas águas está associada aos calcários e basaltos, o que justifica a correlação entre condutividade e alcalinidade. Para o segundo caso parece possível afirmar que o teor de flúor na água, aumenta a sua turbidez. Provavelmente devido ao maior número de partículas em suspensão.

Uma relação fortemente negativa foi obtida entre as variáveis fluoreto e alcalinidade. A alcalinidade é a medida total das substâncias presentes numa água capazes de neutralizarem ácidos. Como o flúor não exerce esse efeito tampão na água, uma relação inversa foi encontrada

entre essas duas variáveis. Outras correlações significativas ($> 0,5$) foram encontradas entre variáveis. Mas é importante salientar que a correlação não significa estritamente que existe uma relação causa/efeito, mas significa que existe uma relação linear.

Análise por componentes principais

Para a PCA os dados foram autoescalados com objetivo de evitar erros de classificação devido a grandes diferenças de dimensionalidade. Os dados foram normalizados passando a ter média e variância de zero e um, respectivamente. A padronização é útil quando as variáveis não estão na mesma escala, sendo assim, atribui-se um peso igual a todas as variáveis no modelo PCA (Liang e Yu, 2000).

Três componentes principais foram suficientes para explicar 100% da variância. As duas primeiras PC explicam

56 e 32% da variância total, respectivamente. A PC1 positiva diferenciou as amostras de número 3 e número 1, enquanto que a amostra 2 está posicionada no quadrante da PC2 positiva. Já a amostra 4, apresentou escores negativos tanto na PC1 como na PC2 (Figura 3A). Essa última amostra apresentou comportamento diferenciado, associado ao seu maior teor de dureza total como pode ser visto no gráfico de pesos (Figura 3B). Por outro lado a amostra 2, apresenta como positivas as variáveis fluoreto, turbidez, pH e cloretos.

As amostras 1 e 3, apesar de no gráfico de escores estarem agrupadas como

PC1, a responsável pela discriminação entre elas foi a PC2. Ambas as amostras tem relação positiva com as variáveis condutividade e alcalinidade, no entanto, a PC2 positiva mostrou uma maior tendência da amostra 3 possuir teores mais elevadas dessas variáveis.

A PC3, de menor importância explica 12% da variância total. Ela foi útil na discriminação das amostras de número 2 e 4 (Figura 4A). Pela análise da PC3 a amostra 4 apresenta como variáveis fortemente correlacionadas as de fluoreto, turbidez, pH e cloreto (Figura 4B). As amostras 1 e 3 seguem a mesma tendência do gráfico de pesos da PC1 versus PC2.

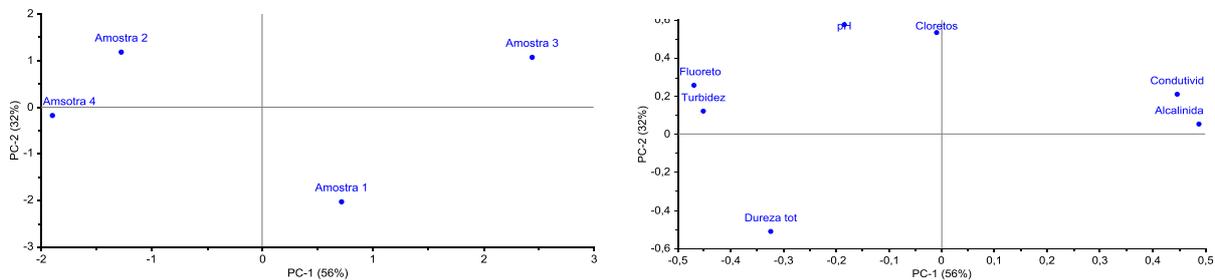


Figura 3. (A) Gráfico de pesos e (B) gráfico de escores das duas primeiras componentes.

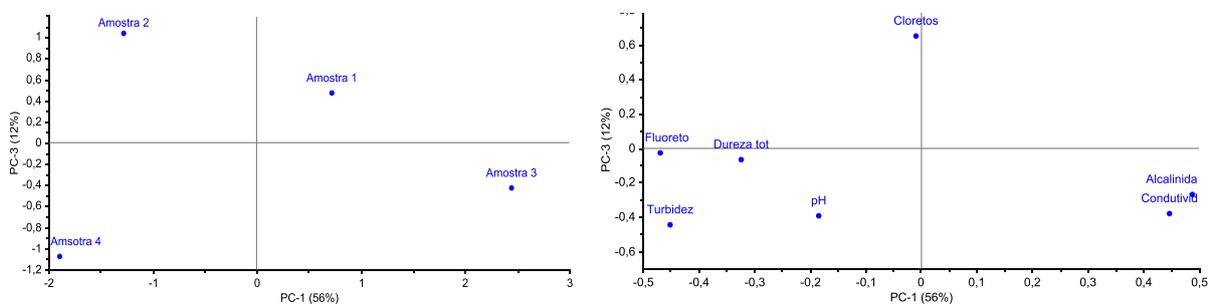


Figura 4. (A) Gráfico de pesos e de (B) escores da primeira e terceira componente.

4. CONCLUSÕES

O conhecimento a respeito da qualidade da água é fundamental para evitar impactos na saúde humana e também diminuir deficiências dos ecossistemas. Os resultados obtidos pelas análises físico-químicas e microbiológicas da qualidade da água oferecida a população da UFT apresentaram valores em conformidade com a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 e resolução Conama 396/08 que estabelecem o padrão de potabilidade da água para consumo humano.

Entretanto, os resultados apresentados têm significação restrita, uma vez que poucas amostras foram analisadas, assim, recomenda-se um contínuo monitoramento da qualidade da água oferecida para consumo na UFT. Para garantir a potabilidade é importante manter um programa de monitoramento da qualidade da água, uma vez que possíveis mudanças nas características da água podem ocorrer com o tempo, uma vez que o bairro onde se localiza este poço não dispõe de rede de coleta de esgoto e estando o mesmo em constante crescimento populacional.

Os métodos multivariados, principalmente a PCA são importantes para identificar e organizar de forma rápida

importantes parâmetros que afetam a qualidade das águas.

Agradecimentos

A empresa Foz/Saneatins pelo espaço e materiais cedidos.

5. REFERÊNCIAS

- APHA- American public health association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 15th ed. New York, 1998. 1134p.
- AN, Y. J.; KAMPBELL, D.H.; PETER BREIDENBACH, G. Escherichia coli and total coliforms in water and sediments at lake marinas. **Environmental Pollution**, v.120, p.771–778, 2002.
- ARAIN, M.B. *et al.* Evaluation of water quality parameters in drinking water of district Bannu, Pakistan: Multivariate study. **Sustainability of Water Quality and Ecology**, v.3, p.114–123, 2014.
- ARAIN, M.B. *et al.* Total dissolved and bioavailable elements in water and sediment samples and their accumulation in *Oreochromis mossambicus* of polluted Manchar Lake. **Chemosphere**, v.70, p.1845–1856, 2008.
- BARBOSA, D. A.; LAGE, M. M.; BADARÓ, A. C. L. Qualidade microbiológica da água dos bebedouros de um campus universitário de Ipatinga, Minas Gerais. **Revista Digital de Nutrição**, v.3, p.505-517, 2009.
- BEGUM, A. Study on the quality of water in some streams of Cauvery river.

- Journal of Chemistry**, v.5, p.377–384, 2008.
- BOVOLATO, L. E. Uso e gestão de águas subterrâneas em Araguaína/TO. 2006. Tese (**Doutorado**) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- BOVOLATO, L.E. Avaliação das condições sanitárias das águas de poços rasos da área urbana de Araguaína e suas possíveis relações com o atual quadro de saúde pública. 1998. Dissertação (**Mestrado**). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- CAMO 2011. Welcome to the Unscrambler X, Oslo, Noruega, **Camo Software AS**.
- CONAMA, **Conselho nacional do meio ambiente**. Resolução 357, 17 de março de 2005. Disponível: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>
- CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução nº 396, de 3 de Abril 2008. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama.
- DAN'AZUMI, S.; BICHI, M. Industrial pollution and heavy metals profile of Challawa river in Kano, Nigeria. **Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation**, v.5, p.56-62, 2010.
- FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água/Fundação Nacional de Saúde. 4. ed. Brasília, **Funasa**, 2013.
- HYPOLITO, I. R.; EZAKI S.; AGUILAR A.P. Fluoreto nas águas subterrâneas dos aquíferos Tubarão e Cristalino, região de Salto-Indaiatuba (SP). Rem: **Revista Escola de Minas**, v.63, p.715-726, 2010.
- KAISER, G.L. *et al.* Drinking water quality governance: A comparative case study of Brazil, Ecuador, and Malawi. **Environmental Science and Policy**, v.48, p.186-195, 2015.
- MARDIA, K.V. Measures of multivariate skewness and kurtosis for testing normality and robustness studies. **Sankhyã A**, v.36, p.115-128, 1974.
- MARION, F.A.; CAPOANE, V.; SILVA, J.L.S. Avaliação da qualidade da água subterrânea em poço no campus da UFSM, Santa Maria – RS. **Ciência e Natura**, v.29, p.97 - 109, 2007.
- PYLE, G.G., RAJOTTE, J.W., COUTURE, P. Effects of industrial metals on wild fish populations along a metal contamination gradient. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.61, p.287-312, 2005.
- RAHMAN, I.M.M. *et al.* Stagnant surface water bodies (SSWBs) as an alternative water resource for the Chittagong metropolitan area of Bangladesh: physicochemical characterization in terms of water quality indices. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.173, p.669–684, 2011.
- REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil**. 3. ed. revisada e ampliada. Escrituras, São Paulo, pag. 8,16, 26, 28, 252, 254. 2006.
- FERREIRA, R.; BENEDET, H.D. Comparação de métodos para determinação de flúor. **B.CEPPA**, v.17, p.53-58, 1999.

OLSEN, R.L.; CHAPPELL, R.W.; LOFTIS, J.C. 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, p.3110-3122, 2012.

SAHOO, M.M.; PATRA, K.C.; KHATUA, K. K. Inference of Water Quality Index using ANFIA and PCA. **Aquatic Procedia**, v.4, p.1099 – 1106, 2015.

WU, M.J.; WANG, Y.S. Using chemometrics to evaluate anthropogenic effects in Daya Bay, China. **Estuary Coastal and Shelf**, v.72, p.732-742, 2007.

ZHAO, Y. *et al.* Assessment of water quality in Baiyangdian Lake using multivariate statistical techniques. **Procedia Environmental Sciences** v.13, p.1213 – 1226, 2012.

ZULPO, D. L. *et al.* Avaliação microbiológica da água consumida nos bebedouros da universidade estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Paraná, Brasil. **Seminário: Ciências Agrárias**, v.27, p.107-110, 2006.