

Monitoramento da perda de qualidade da água ao longo da rede de distribuição do SAAE do município de Formiga-MG

Water quality loss monitoring along the SAAE distribution network of Formiga Minas Gerais

Paulo Ricardo Frade¹, Mariana Lourenço Ferreira¹, Aladir Horácio dos Santos¹, Flávio Leonildo de Melo², Diego Vipa Amâncio³, Ronaldo Fia³

¹ Centro Universitário de Formiga – MG (UNIFOR-MG). Formiga, Minas Gerais, Brazil.

² Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Formiga (SAAE). Formiga, Minas Gerais, Brazil.

³ Universidade federal de Lavras – MG (UFLA). Lavras, Minas Gerais, Brazil.

Resumo

Introdução: O controle e a vigilância da qualidade da água têm sido extremamente tímidos, muitos municípios e localidades não dispõem de funcionários e de laboratórios capazes de realizar o monitoramento da qualidade da água, do manancial ao sistema de distribuição, tendo, até mesmo, dificuldades em cumprir as exigências do Ministério da Saúde. **Objetivo:** Avaliar a qualidade da água em diferentes pontos de amostragens ao longo da rede de distribuição de água do Sistema Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) do município de Formiga – MG. **Metodologia:** As coletas foram realizadas nas bombas de distribuição do SAAE, e em diferentes bairros da cidade ao longo do sistema de distribuição, totalizando 16 pontos. Os procedimentos de coleta e acondicionamento foram realizados conforme o manual da Embrapa. Os ensaios foram realizados em triplicata, e foram analisadas 48 amostras de água. Os parâmetros analisados foram Coliformes totais, Escherichia Colli, Bactérias heterotróficas, Cor, pH, Turbidez e Cloro. Todas as análises foram feitas no laboratório do SAAE. Os resultados foram comparados aos recomendados pela Portaria 2914/2011 e analisados por estatística descritiva, variância ANOVA e Teste de Tukey. **Resultados:** Os resultados demonstraram-se satisfatórios, com exceção do parâmetro cloro que em alguns pontos apresentou-se abaixo dos teores mínimos exigidos pela legislação. **Conclusão:** apesar das variações observadas entre os parâmetros, de um modo geral, a água distribuída para a população está de acordo com os padrões de potabilidade. Sugere-se um monitoramento com maior frequência nesses locais que obtiveram divergências significativas, principalmente nos órgãos de saúde, onde o cloro se manteve abaixo do permitido.

Palavras-chave: Monitoramento; Sistema de Tratamento; Perda da Qualidade; Rede de Distribuição de Água.

Autor correspondente:

Paulo Ricardo Frade

Endereço: Rua Francisco Nascimento, 150 – Jardim América - Formiga - MG - CEP: 35570-000 - Brasil

Tel: (37) 99951-4910

E-mail: paulorfrad@gmail.com

Recebido em: 29/09/2017

Revisado em: 16/01/2018

Aceito em: 12/04/2018

Publicado em: 11/05/2018

Abstract

Introduction: Water quality Control and monitoring, has been extremely timid, many municipalities and localities do not have employees and laboratories capable of monitoring the water quality, from the source to the distribution system, having until even difficulties to meet the requirements of the Health Ministry. **Objective:** Water quality evaluation at different sampling points along the water distribution network of the Sistema Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) of the city of Formiga - MG. **Methodology:** The collections were carried out in the SAAE distribution pumps, and in different districts of the city along the distribution system, totaling 16 points. The collection and packaging procedures were performed according Embrapa manual. The trials were performed in triplicate, and 48 water samples were analyzed. The analyzed parameters were Total Coliforms, *Escherichia coli*, Heterotrophic Bacteria, color, pH, turbidity and chlorine. All analyzes were realized in the SAAE laboratory. The results were compared to those recommended by Ordinance 2.914/2011 and analyzed by descriptive statistics, ANOVA variance and Tukey's test. **Results:** The results were satisfactory, with the exception of the chlorine parameter, which in some points was below the minimum levels required by the legislation. **Conclusion:** Despite of observed variations between the parameters, in general, the water distributed to the population is in agreement with the standards of potability. It is suggested a monitoring with more frequency in these places that obtained significant divergences, mainly in the health organs, where the chlorine remained below the allowed.

Keywords: Monitoring: Treatment System: Quality Loss: Water Distribution Network.

Introdução

A água é fonte da vida, todos sem exceção precisam dela para sobreviver, esta pode ser utilizada para diversos fins, como, industrial, doméstico, e na agricultura. Assim, ela precisa ter uma boa qualidade, pois está presente no cotidiano de todos os seres humanos. A potabilidade é necessária na água distribuída para consumo humano, ou seja, “deve ser tratada, limpa e estar livre de qualquer contaminação, seja esta de origem microbiológica, química, física ou radioativa, não devendo, em hipótese alguma, oferecer riscos à saúde humana”¹.

A incidência da grande quantidade de contaminantes físico-químicos e/ou biológicos, “principalmente em indivíduos com baixa resistência (idosos e crianças), reflete, muitas vezes, as precárias condições de saneamento básico e/ou higiene a que estão expostas.”². Portanto, existe a preocupação em monitorar as águas que são destinadas ao abastecimento público, a fim de verificar se estas estão em condições adequadas de forma que não ofereça nenhum risco à saúde da população.

Segundo estudos realizados pela ONG Água e Vida e colaboradores³ junto aos serviços autônomos de água e esgoto, incluindo os operados pela Fundação Nacional de Saúde (Funasa), cerca de 50% dos sistemas de abastecimento de água usavam algum tipo de tratamento e, destes, apenas 39% o faziam por meio de estações de tratamento. O controle da qualidade da água era feito em apenas 59% dos municípios que dispunham de laboratórios de análises. Por outro lado, informações sobre a qualidade da água distribuída pelas companhias estaduais de águas e esgotos são desconhecidas, apesar de serem de conhecimento público, há dificuldades encontradas por estas para

atender ao estabelecido na Portaria nº 36, de 19 de janeiro de 1990.

Segundo Medri e colaboradores³, as empresas responsáveis pelo tratamento público da água têm a responsabilidade de manter um controle preventivo, sob vigilância permanente, da potabilidade desta, desde a sua saída da Estação de Tratamento de Água (ETA) até a sua entrada nas ligações domiciliares, uma vez que a água destinada ao consumo humano pode constituir um risco potencial para a saúde, quando nela estiverem presentes agentes nocivos. Os problemas da qualidade da água, em sistemas de distribuição, são fortemente influenciados por diversos fatores, que incluem: o decaimento do cloro residual; o aumento de bactérias devido à temperatura; e a presença do carbono orgânico assimilável⁴.

A fim de garantir a qualidade da água produzida e distribuída, há necessidade de se realizar coletas de amostras de água ao longo de toda a rede de distribuição, priorizando os locais de maior concentração, entre os quais, destacam-se hospitais, shoppings, escolas, asilos, creches, postos de saúde etc.; bem como, os de maior probabilidade de contaminação, como pontos de baixo cloro residual, de alta turbidez, de ponta de rede, de má circulação de água, entre outros^{3,5}.

Objetivo

O presente trabalho consiste em verificar a qualidade da água em diferentes pontos de amostragens ao longo do sistema de distribuição de água do SAAE no município de Formiga – MG.

Metodologia

O trabalho foi realizado em parceria com o SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto). A prestação de serviços do SAAE corresponde ao abastecimento de água potável e a coleta de esgoto sanitário em todos seus aspectos, como: captação, tratamento e distribuição de água de boa qualidade bem como coleta e destinação final dos esgotos sanitários.

Os pontos de coletas foram escolhidos com o auxílio do químico responsável da empresa que

estabeleceu uma rota para a sua realização. Foram definidos dezesseis pontos distintos (QUADRO 1), três nas bombas de distribuição do SAAE, e os demais, em diferentes bairros da cidade ao longo do sistema de distribuição. Os ensaios foram realizados em triplicata. As coletas foram realizadas nos dias 3, 10 e 24 de outubro de 2016.

Os procedimentos de coleta e acondicionamento das amostras de água foram realizados conforme métodos especificados pelo manual de procedimentos de amostragem e análises físico-químicas de água da Embrapa⁶.

QUADRO 1 – Descrição dos pontos de coleta.

PONTO DE COLETA	LOCAL DE COLETA	BAIRRO DE COLETA	COORDENADAS	
			LATITUDE	LONGITUDE
1	Bomba Engenho de Serra	Santa Luzia	20°27'26.74"S	45°25'10.93"O
2	Bomba Cristo	Santa Luzia	20°27'26.74"S	45°25'10.93"O
3	Bomba Rosário	Santa Luzia	20°27'26.74"S	45°25'10.93"O
4	Escola Prof. Tonico Leite	Engenho de Serra	20°27'17.14"S	45°25'23.82"O
5	PSF* Eldorado	Cristo	20°27'07.98"S	45°26'07.75"O
6	Elevatória Sonda	Sagrado Coração de Jesus	20°27'26.63"S	45°26'12.49"O
7	PSF* Souza e Silva	Souza e Silva	20°26'44.42"S	45°26'58.39"O
8	PSF* Água Vermelha	Água Vermelha	20°27'30.31"S	45°26'56.14"O
9	PSF* Novo Horizonte	Bela Vista	20°27'49.31"S	45°26'39.21"O
10	ASADEF**	Novo Santo Antônio	20°28'29.44"S	45°26'11.62"O
11	Escola Vargem Grande	Vargem Grande	20°28'44.13"S	45°26'04.06"O
12	PSF* Diego Souto	Nossa Senhora de Lourdes	20°28'41.90"S	45°24'58.61"O
13	PSF* Abílio Coutinho	Quartéis	20°28'11.39"S	45°25'18.33"O
14	PSF* Alvaro Bezerra	Centro	20°28'00.52"S	45°25'54.47"O
15	Antiga Policlínica	Centro	20°27'46.97"S	45°25'45.19"O
16	Hospital São Luiz	Centro	20°27'45.06"S	45°25'28.28"O

*Posto de Saúde de Formiga. **Associação de Auxílio ao Deficiente físico.

Depois de realizadas as coletas em todos os pontos, o material foi encaminhado para análise no laboratório do SAAE. Na tabela a seguir, observam-se os parâmetros analisados e os métodos analíticos utilizados.

TABELA 1 - Parâmetros e Métodos Analíticos Utilizados.

PARÂMETROS	MÉTODO DE ANÁLISE
Coliformes totais (C.T)	SM 9223 B
<i>Escherichia Colli</i>	SM 9223 B
Bactérias heterotróficas (UFC)	SM 9215 B
Cor (uH Pt/Co)	SM 2120 B
pH	SM 4500 H* B
Turbidez (NTU)	EPA 180.1
Cloro (mg.L ⁻¹)	SM 4500 CI G

Os dados obtidos foram submetidos a análises estatísticas descritivas (média, erro padrão da média, desvio padrão, primeiro quartil, medianas e terceiro quartil).

Foi feita a análise de variância ANOVA, a qual, segundo Minitab⁷, testa a hipótese das médias de duas ou mais populações serem iguais, testando a importância de um ou mais fatores comparando as médias das variáveis de resposta em diferentes níveis dos fatores. A hipótese nula afirma que todas as médias das populações são iguais, enquanto a hipótese alternativa afirma que pelo menos uma é diferente. Foi adotado nível de significância de 5%.

Também foi aplicado nos dados o teste de Tukey com um nível de confiança de 95%. Método usado para criar intervalos de confiança para todas as diferenças pareadas entre as médias dos níveis dos fatores controlando a taxa de erro global para um nível de significância especificado.

Para melhor entendimento dos dados, foi adotada a simbologia C1, referente a todos os pontos analisados em conjunto, e para cada um dos dezesseis pontos analisados individualmente foi adotada uma letra, ou seja, A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, e P.

Resultados e discussão

Os resultados obtidos foram comparados com os limites estabelecidos pela PORTARIA MS n.º 518/2004⁸. Os parâmetros cor, pH e turbidez de todas as amostras analisadas estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela portaria. A cor aparente ficou abaixo de 15 UH, o pH compreendeu a faixa de 6,0 a 9,5, e a turbidez se manteve abaixo de 5 UNT. O mesmo não pôde ser observado para o cloro (TAB. 2), em razão de algumas amostras apresentarem valores fora dos padrões estabelecidos pela legislação.

TABELA 2 - Amostras de cloro que não atenderam aos padrões de potabilidade.

LOCAL DE COLETA	DATA	RESULTADO
E. E. Professor Tônico Leite	10/10/2016	0,12 mg.L ⁻¹
	24/10/2016	0,10 mg.L ⁻¹
PSF Eldorado	24/10/2016	0,09 mg.L ⁻¹
PSF Diego Souto	03/10/2016	0,08 mg.L ⁻¹
Hospital São Luiz	10/10/2016	0,19 mg.L ⁻¹
	24/10/2016	0,09 mg.L ⁻¹

Segundo Meyer⁹, o cloro age como desinfetante e é adicionado à água de abastecimento público para eliminar agentes patogênicos causadores de doenças, tais como bactérias, vírus e protozoários que geralmente crescem nos reservatórios de abastecimento de água, sobre as paredes de condutores de água e em tanques de armazenamento.

A ausência da sua concentração mínima exigida, principalmente em órgãos de saúde como os PSFs e

Hospital, pode ocasionar ou agravar problemas de saúde, mediante a ingestão de uma água sem a desinfecção correta por pessoas já debilitadas. É necessário um monitoramento dessa água a fim de verificar e corrigir a perda de qualidade no decorrer da rede distribuição.

Com relação aos resultados das análises microbiológicas observou-se ausência de C.T e *Escherichia Coli*. Segundo o art. 27, § 3º da portaria nº

2914, de 12 de dezembro de 2011, alterações bruscas ou acima do usual na contagem de bactérias heterotróficas deve-se proceder a investigação para identificação de irregularidade e providências devem ser adotadas para o restabelecimento da integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede), recomendando-se que não se ultrapasse o limite de 500 UFC.mL-1.

Com base nas afirmações descritas acima, a quantidade de bactérias heterotróficas presente nas amostras analisadas foram satisfatórias, pois não ultrapassaram o limite de 500 UFC.mL-1, ou seja, está dentro dos padrões de potabilidade.

As estimativas da estatística descritiva referente a cor, pH, turbidez, cloro, e bactéria heterotrófica, estão descritos conforme tabela.

TABELA 3 - Estatísticas descritivas para pH; cor; turbidez; cloro e bactéria heterotrófica (B.H).

VARIÁVEL	N	MÉDIA	E. P. M.	D. P.	MÍN.	Q1	MEDIANA	Q3	MÁX.
pH	48	7,04	0,04	0,25	6,54	6,88	7,02	7,16	7,83
Cor	48	0,72	0,18	1,24	0,00	0,00	0,00	1,20	6,60
Turbidez	48	0,69	0,09	0,59	0,10	0,28	0,55	0,92	2,87
Cloro	48	0,59	0,04	0,29	0,08	0,36	0,67	0,80	1,06
B.H	46	8,07	2,94	19,93	0,00	1,00	2,00	7,25	124,00

N - Número de amostras; E. P. M. - Erro Padrão da Média; D. P. - Desvio Padrão; MÍN. - Mínimo; MÁX. - Máximo; Q1 - Primeiro Quartil; Q3 - Terceiro Quartil.

Por meio da análise de variância observou-se que os parâmetros que obtiveram variação significativa em nível de 5% foram o pH e o cloro (TAB. 4).

TABELA 4 - Análise de variância do pH e do cloro.

pH					
FONTE	G.L.	S.Q. (AJ.)	Q.M. (AJ.)	VALOR F	VALOR-P
C1	15	1,63	0,11	2,86	0,006
ERRO	32	1,21	0,04		
TOTAL	47	2,84			
CLORO					
FONTE	G.L.	S.Q. (AJ.)	Q.M. (AJ.)	VALOR F	VALOR-P
C1	15	2,77	0,184	5,52	0
ERRO	32	1,07	0,033		
TOTAL	47	3,84			

G.L - Grau de Liberdade; S.Q (AJ.) - Soma dos Quadrados Ajustado; Q.M. (AJ.) - Quadrado Médio Ajustado.

O valor-p de ambos ficou abaixo do nível de significância de 0,05, indicando que, pelo menos, uma amostra difere significativamente das demais e que há menos de 5% de chance de que a diferença tenha ocorrido por acaso.

A tabela 5 mostra as informações de agrupamento para o pH, utilizando o teste de Tukey com um nível de confiança de 95%.

TABELA 5 - Informações de agrupamento para o pH.

PONTO	MÉDIA	AGRUPAMENTO
O	7,42	A
D	7,36	AB
G	7,21	ABC
P	7,16	ABC
M	7,12	ABC
E	7,12	ABC
A	7,05	ABC
H	7,02	ABC
F	7,01	ABC
B	6,96	ABC
C	6,95	ABC
N	6,93	ABC
K	6,92	ABC
L	6,91	ABC
J	6,79	BC
I	6,68	C

De acordo com o agrupamento na tabela 6, as médias que não compartilharam uma letra são significativamente diferentes, ou seja, obtiveram variação de 5% de outros pontos. O ponto O variou dos pontos J e I, e o ponto D variou do ponto I, já os demais não apresentaram variações.

A tabela 7 mostra as informações de agrupamento para o cloro, utilizando o teste de Tukey com um nível de confiança de 95%.

TABELA 7 - Informações de agrupamento para o cloro.

PONTO	MÉDIA	AGRUPAMENTO
A	0,89	A
B	0,88	AB
N	0,86	ABC
C	0,85	ABC
M	0,83	ABC
F	0,77	ABCD
G	0,66	ABCDE
O	0,65	ABCDE
H	0,62	ABCDE
K	0,47	ABCDE
I	0,46	ABCDE
E	0,35	ABCDE
D	0,34	BCDE
J	0,33	CDE
L	0,23	DE
P	0,20	E

Observa-se que de acordo com o agrupamento (TAB. 7) que o ponto A variou dos pontos D, J, L e P, o ponto B variou de J, L e P, os pontos N, C e M variaram de L e P, e o ponto F variou de P, já os demais pontos não variaram significativamente com relação a nenhum ponto.

Os resultados encontrados nas tabelas 4 e 5 podem ser confirmados pelos gráficos de intervalos (FIG. 1 e 2), nos quais os pontos que diferem significativamente possuem um maior intervalo com relação aos demais. Para calcular os intervalos e

confeccionar o gráfico, foi utilizado o desvio padrão combinado.

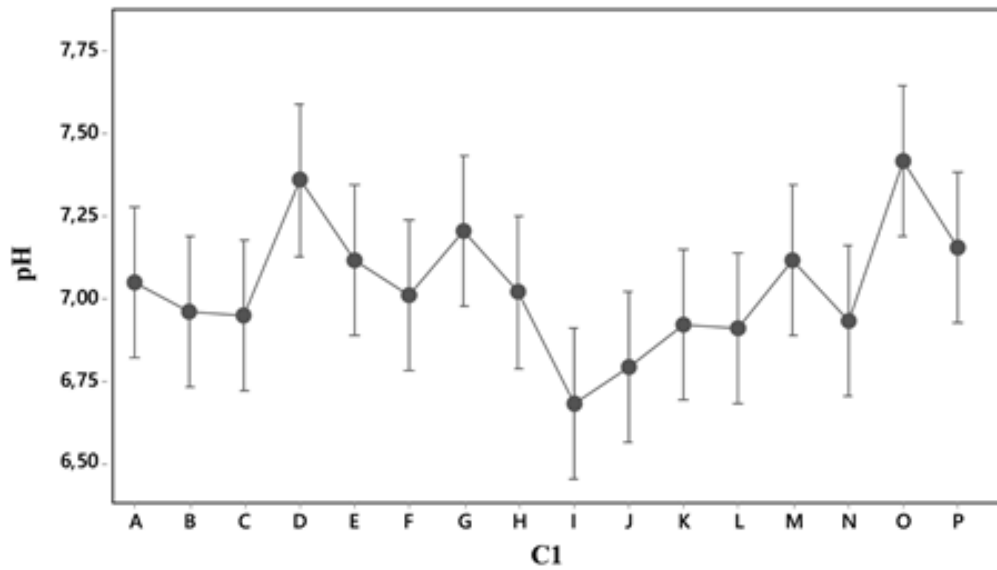


FIGURA 1 - Gráfico de intervalo para o parâmetro pH versus C1 (Índice de confiança de 95% para média).

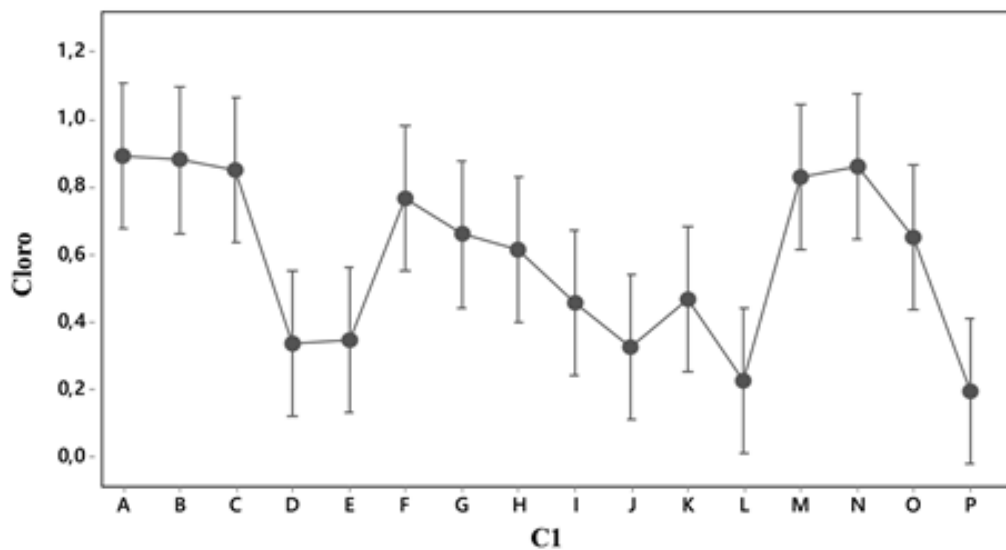


FIGURA 2 - Gráfico de intervalo para o parâmetro cloro versus C1 (Índice de confiança de 95% para média).

Conclusão

Por meio do trabalho realizado, conclui-se que, com exceção dos pontos em que o cloro se manteve abaixo do padrão exigido, os demais parâmetros estão de acordo com o padrão de potabilidade exigidos na portaria 518/2004 e na portaria 2914/2011. Por meio

das análises estatísticas, foram observadas diferenças significativas em dois parâmetros analisados. Isso demonstra que, ao longo do sistema de distribuição, pode haver variação na concentração destes e consequentemente ocorrer uma possível perda de qualidade da água distribuída. Sugere-se um

monitoramento e análises de qualidade com maior frequência nesses locais onde houve divergências significativas, principalmente nos órgãos de saúde.

Declaração de conflitos de interesses

Os autores do artigo afirmam que não houve nenhuma situação de conflito de interesse, tais como propostas de financiamento, emissão de pareceres, promoções ou participação em comitês consultivos ou diretivos, entre outras, que pudessem influenciar no desenvolvimento do trabalho.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao SAAE de Formiga – MG, pelo auxílio e disponibilização dos laboratórios para a realização das análises necessárias.

Referências

- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília, 2004.
- ANTUNES, C.A.; CASTRO, M.C.F.M.; GUARDA, V.L.M. Influência da qualidade da água destinada ao consumo humano no estado nutricional de crianças com idades entre 3 e 6 anos, no município de Ouro Preto – MG. Alimentos e Nutrição, Araraquara, v. 15, n. 3, p. 221-226, 2004.
- ÁGUA E VIDA; ASSEMAE; FUNASA. 1º Diagnóstico Nacional dos Serviços de Saneamento. Brasília: ASSEMAE/FUNASA, 1996.
- MEDRI, W.; COSTA, R. H. R. Modelo probabilístico de amostragem para controle da qualidade bacteriológica da água em redes de distribuição. Engenharia Sanitária, Ambiental, Rio de Janeiro, v. 6, n. 4, p. 100-107, 2001.
- LECHEVALLIER, M. W. Coliform regrowth in drinking water: a review. Journal of American Water Works Association, v. 11, n. 82, p. 74-86, 1990.
- MEDRI, W.; SOEIRO, J. C.; YOTSUMOTO, A. S.; DALMAS, J. C.; NÓBREGA, M. M. Amostragem probabilística no controle da qualidade da água para o consumo humano. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 33, n. 1, p. 49-56, jan./jun. 2012.
- PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. de F.; PEREIRA, C. M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57612/1/Doc232ultima-versao.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2016.
- MINITAB, 2016. O que é ANOVA. Disponível em: <<http://support.minitab.com/ptbr/minitab/17/topic-library/modeling-statistics/anova/basics/what-is-anova/>>. Acesso em: 10 dez. 2016.
- BRASIL. Portaria MS nº 518 de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial (da) República Federativa do Brasil, Brasília-DF, 2004. Editora do Ministério da Saúde, 2005. Disponível em: <http://www.aeap.org.br/doc/portaria_518_de_25_de_marco_2004.pdf>. Acesso em 19 de outubro de 2016.
- MEYER, S. T. O. Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.10, n.1, p. 99-110, jan/mar. 1994.
- BRASIL. Portaria MS 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) República Federativa do Brasil, Brasília-DF, 2011. Disponível em: <http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria_MS_2914-11.pdf>. Acesso em: 8 de outubro de 2016.