

I-121 - AVALIAÇÃO DE RISCO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DE CAMPINA GRANDE (PB), UTILIZANDO OS INDICADORES SENTINELAS

Igor Souza Ogata⁽¹⁾

Engenheiro sanitaria e ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestrando em engenharia civil e ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande.

Rui de Oliveira⁽²⁾

Engenheiro civil pela Escola de Engenharia do Maranhão. Mestre em engenharia civil pela Universidade Federal da Paraíba. PhD em engenharia civil pela Universidade de Leeds. Professor doutor da Universidade Estadual da Paraíba.

Ruth Silveira do Nascimento⁽³⁾

Engenheira civil pela Universidade Federal da Paraíba. Licenciatura plena em matemática pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestre em engenharia civil pela Universidade Federal da Paraíba. Doutoranda em recursos naturais pela Universidade Federal de Campina Grande. Professora adjunta da Universidade Estadual da Paraíba. Coordenadora de programas e projetos da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba.

Celeide Maria Belmont Sabino Meira⁽⁴⁾

Arquiteta e engenheira civil pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre em engenharia civil pela Universidade Federal da Paraíba. Doutora em recursos naturais pela Universidade Federal de Campina Grande. Professora doutora da Universidade Estadual da Paraíba.

Cayo Farias Pereira⁽⁵⁾

Engenheiro sanitaria e ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestrando em engenharia civil e ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande.

Endereço⁽¹⁾: Rua Coronel João Figueiredo, 78 - Bodocongó – Campina Grande - Paraíba - CEP: 58430-180 - Brasil - Tel: +55 (83) 8750-3292 - Fax: +55 (83) 3321-0967 - e-mail: igor_ogata@hotmail.com.

RESUMO

Para garantir a distribuição de água para consumo humano em quantidade e qualidade adequadas é necessário que se apliquem ações de vigilância da qualidade da água. Nesse contexto, esta pesquisa objetiva a realização da vigilância da qualidade da água do sistema de abastecimento de água do município de Campina Grande, utilizando os indicadores sentinelas e aplicando a análise de risco para examinar os dados gerados. Oito pontos de amostragem foram definidos com base na *Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano*, os quais foram analisados os indicadores cloro residual livre (CRL) e turbidez. A metodologia Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) de avaliação de risco foi utilizada para caracterizar o nível de risco desses pontos e apresentá-los em um mapa com as respectivas áreas de risco. Os pontos P4, P5 e P6 apresentaram risco desprezível, os pontos P1, P3 e P9 risco baixo, o ponto P7 risco moderado e o ponto P8 risco alto. A metodologia de avaliação de risco representou muito eficazmente o sistema, que tem uma qualidade de água boa de uma maneira em geral, com exceção do ponto P8, pois há uma baixa concentração de CRL nessa localidade.

PALAVRAS-CHAVE: Vigilância da qualidade da água, Avaliação de risco, Metodologia FMEA, Indicadores sentinelas, Campina Grande.

INTRODUÇÃO

“Em termos globais, a água disponível é muito superior ao total consumido pela população” (MOTA, 2003, p. 143), alcançando algo em torno de 1370 km³. Apesar dessa disponibilidade, Barros (2011) mostra que a degradação dos mananciais, o aumento exponencial da demanda e a má distribuição da água no Planeta gera um importante descompasso na quantidade e qualidade do recurso hídrico disponível ao homem. Cerca de 1,2 bilhões de pessoas não têm acesso à água potável no mundo (BRASIL, 2010 *apud* COUTINHO, 2011), necessitando de um sistema de abastecimento de água que distribua em quantidade e qualidade adequada esse bem.

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) é definido pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (MS), como sendo o conjunto de obras civis, materiais e equipamentos com o intuito de produzir e distribuir água potável canalizada à população.

Brasil (2006a) divide o sistema de abastecimento de água em adução (manancial, captação, adutora de água bruta e estação elevatória), tratamento (estação de tratamento de água), reservação (reservatórios) e distribuição (rede de distribuição e adutora de água tratada). Viana (2002) ainda inclui os ramais prediais e a medição como parte do SAA, o que faz sentido, uma vez que é de vital importância para a manutenção da qualidade da água o bom estado desses componentes.

A fim de garantir a qualidade da água distribuída à população e o funcionamento adequado do SAA, as ações de controle e vigilância da qualidade da água são essenciais (CARMO, BEVILACQUA e BASTOS, 2008). Estes são definidos na Portaria 2914/2011 do MS, sendo o conjunto de ações que visam verificar a aplicação dos padrões de potabilidade na água consumida pela população. O controle é exercido pelo órgão responsável pela operação do sistema e a vigilância por um órgão de saúde pública.

Segundo Freitas & Freitas (2005) estas atividades fazem parte do SISAGUA (Sistema de Informação de Vigilância e Controle da Qualidade da Água de Consumo Humano), setor do subsistema nacional de vigilância em saúde ambiental (SINVA), que tem como finalidade garantir o consumo de água de qualidade pela população diminuindo a incidência de doenças veiculadas pela água.

As ações de vigilância e o controle da qualidade de água são fundamentadas em análises com indicadores de qualidade da água, os quais se destacam os indicadores sentinelas, que compreende o cloro residual livre (CRL) e a turbidez, pois devido à capacidade de identificação precoce de riscos, principalmente em relação a doenças de veiculação hídrica (BRASIL, 2006b), desses indicadores, são largamente usados e obtêm uma excelente representação de um SAA.

Para melhorar o tratamento dos dados gerados pela vigilância e controle da qualidade da água, uma metodologia como a análise de risco é muito útil. Bastos, Bevilacqua e Mierzwa (2009) caracterizam a análise de risco como uma metodologia flexível, aplicada em várias áreas do conhecimento e que encontrou um ramo promissor no sistema de abastecimento de água para consumo humano, pois através da descrição dos possíveis fatores, agentes ou situações que exercem um perigo, podem ser propostas medidas para evitar, minimizar ou controlar o mesmo, com a participação da população interessada no agravo.

A análise de risco baseia-se em três etapas: avaliação de risco, gerenciamento de risco e comunicação do risco. A avaliação de risco descreve os fatores, agentes ou situações que determinam a ocorrência do perigo. O gerenciamento propõe planos de gestão, baseados nas informações geradas pela avaliação de risco, para evitar, minimizar ou controlar os riscos. A comunicação é o processo interativo de troca de informações entre indivíduos, grupos e instituições, sobre o risco, para conhecimento da opinião do público e para torná-lo apto a estabelecer medidas de proteção individual (BASTOS, BEVILACQUA E MIERZWA, 2009; CARMO, BEVILACQUA E BASTOS, 2008).

Uma metodologia muito interessante de análise de risco, devido à sua simplicidade e flexibilidade, é a Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) (STAMATIS, 2003), que faz uma análise qualitativa e quantitativa que se baseia no “estudo dos possíveis modos de falha dos componentes, sistemas, projetos e processos e os respectivos efeitos gerados por esses modos de falha” (SAKURADA, 2001, p. 6). Os modos de falhas são as maneiras com que as falhas ou erros, nos componentes, sistemas, projetos ou processos ocorrem e como eles se desenvolvem para gerar a falha. O efeito é a consequência do modo de falha, ou seja, a manifestação ou como é percebido pelo sistema.

Outro aspecto importante do FMEA é a causa do modo de falha, estando relacionado com os motivos que levaram o modo de falha a ocorrer. Muitas vezes o próprio modo de falha explicita sua origem, no entanto o estudo da causa ajuda muito na caracterização do perigo a ser analisado.

Toledo & Amaral (2006) dividem a metodologia FMEA em 5 etapas. A primeira etapa consiste no planejamento, onde se decide qual o objeto de estudo, define-se a equipe avaliadora, marca-se a reunião e preparam-se os documentos. Num segundo momento ocorre a análise das falhas em potencial, as principais

falhas que possam ocorrer juntamente com seus efeitos, causas, medidas mitigadoras e os escores de severidade, ocorrência, detecção, abrangência e risco, construindo um formulário que será preenchido na reunião FMEA, outro fator dessa etapa é a elaboração de uma tabela de escore que norteará a decisão da equipe avaliadora. Na terceira etapa, na reunião FMEA, ocorre a avaliação das falhas potenciais listadas anteriormente, a equipe avaliadora entra em consenso sobre quais escores são mais representativos de cada perigo. Finaliza com as etapas quatro e cinco, melhoria no processo e continuidade da análise, respectivamente, as quais já estão relacionadas ao gerenciamento do risco, pois com o resultado das etapas anteriores serão promovidas melhorias contínuas no processo analisado.

Assim, o presente trabalho tem o objetivo de aplicar a metodologia FMEA de análise de risco ao SAA do município de Campina Grande, para avaliar o risco da qualidade da água, com ênfase nos indicadores sentinelas, apresentando um mapa das respectivas áreas de risco do município.

METODOLOGIA

O objeto de estudo é o SAA da cidade de Campina Grande, que abastece também cidades circunvizinhas resultando em uma população de mais de 400.000 habitantes. Em Campina Grande a rede de distribuição é dividida em quatro zonas de pressão A, B, C, D, onde as zonas A e D são independentes entre si e entre as zonas B e C, que estão provisoriamente interligadas por razões de manutenção e troca de tubulações na zona B (SOUZA, 2010). Com base nisso e na “Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano” (BRASIL, 2006b), foram escolhidos oito pontos de amostragem localizados em colégios estaduais, municipais e universidades (Tabela 1). Além disso, cada ponto de amostragem teve sua área de abrangência definida através de uma associação entre a cota, região da rede de distribuição e a zona de pressão em que estes estão inseridos, o mapa com as áreas de abrangência estão na Figura 1.

Tabela 1: Localização dos pontos de amostragem.

Ponto	Coordenadas UTM – SAD69/24S	Ponto	Localização (Bairro)
P1 – Universidade Estadual da Paraíba	178.190m E 9.201.768m N	P6 - E.E.E.F.M. Solon de Lucena	181.709m E 9.201.468m N
P3 – E.E.E.F.M. Severino Cabral	178.973m E 9.201.754m N	P7 - E.E.E.F.M. Monte Carmelo	179.360m E 9.200.75m N
P4 – Escola Municipal Ana Azevedo	181.964m E 9.203.638m N	P8 - E.E.E.F.M. Clementino Procópio	180.784m E 9.200.398m N
P5 – Vila Olímpica Plínio Lemos	182.987m E 9.200.893m N	P9 - E.E.E.F.M. Félix Araújo	180.454m E 9.198.406m N

E.E.E.F.M. = Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio; m = metros; E = leste; N = norte.

As análises de cloro residual livre (CRL) e turbidez foram realizadas, *in loco*, de acordo com as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012), no período de abril a novembro de 2010, resultando em 30 dados para cada indicador.

O tratamento estatístico aplicado aos dados foi a de remoção dos *outliers*, pelo método de Grubbs com nível de significância de 0,05, e posterior representação como média aritmética. A medida de tendência central foi então categorizada, com base no padrão de potabilidade da Portaria 2914/11 do MS, em seis classes com valores de 0 a 5, na qual quanto menor o valor melhor a qualidade da água quanto ao indicador analisado, as classes para os indicadores sentinelas estão no trabalho de Ogata (2011).

Devido à impossibilidade de intervir no SAA de Campina Grande, então as etapas de gerenciamento e comunicação de risco não foram executadas, logo esse trabalho realiza apenas uma avaliação de risco.

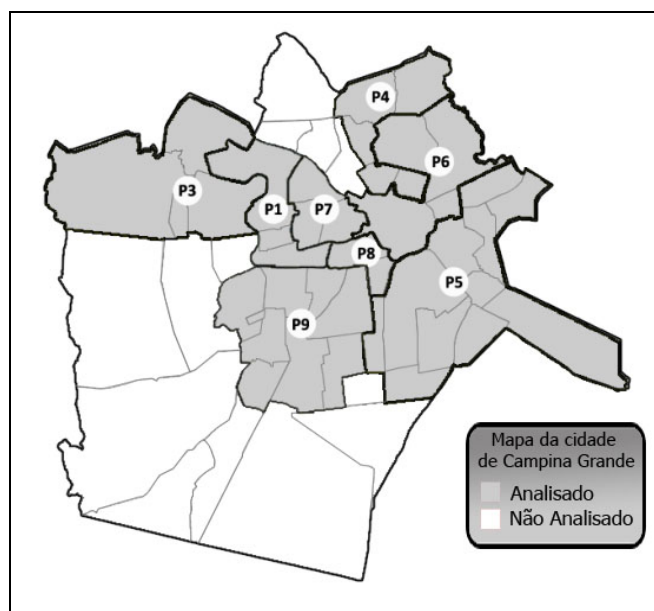


Figura 1: Mapa com as áreas de abrangência.

O método de avaliação de risco empregado foi o *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), na qual um formulário contendo os perigos do sistema estudado, suas causas, efeitos, medidas mitigadoras e aspectos de quantificação do risco, é preenchido através de discussão entre especialistas norteados por uma tabela de escore, resultando no risco de cada perigo listado. Os perigos mencionados foram baseados no padrão de potabilidade da Portaria 2914/11 do MS, sendo estes a alta concentração de CRL, a baixa concentração de CRL e a alta turbidez. Os aspectos supracitados são: a severidade (a magnitude que tem o perigo caso ele ocorra), a ocorrência (a frequência que o perigo ocorre no sistema), a detecção (a probabilidade de percepção do perigo, pelo sistema de controle, antes que este ocorra) e a abrangência (a área que o perigo pode afetar em relação à ocupada pelo sistema) (STAMATIS, 2003). Todos os aspectos variam de valores entre 1 e 3, sendo a situação mais favorável e mais crítica, respectivamente. O risco ou resultado é definido pelo produto entre os valores de todos os aspectos. A tabela de escore que norteia a discussão e o preenchimento do formulário FMEA é uma adaptação da encontrada no trabalho de Zambrano e Martins (2007).

Os valores de R encontrados são posteriormente representados em porcentagem, em relação à soma dos riscos de todos os perigos listados no formulário.

Para o cálculo do risco total do sistema foi multiplicado a classificação dada para cada valor de medida central dos indicadores pelo seu respectivo risco em porcentagem. Como existem riscos excludentes entre si, para o indicador CRL, o risco máximo é de 3,5. A Tabela 2 mostra uma melhor representação para faixas de risco.

Tabela 2: Classificação do risco total para os indicadores sentinelas.

Faixa (intervalo do risco)	Classificação
$0 \leq x \leq 0,7$	Desprezível
$0,7 < x \leq 1,4$	Baixo
$1,4 < x \leq 2,1$	Moderado
$2,1 < x \leq 2,8$	Alto
$2,8 < x \leq 3,5$	Crítico

RESULTADOS

A média aritmética das análises de turbidez apresentou valor em conformidade com o padrão de potabilidade para todos os pontos. Por sua vez, a média para o CRL esteve em não-conformidade nos pontos P7 e P8, acima do padrão máximo e abaixo do padrão mínimo, respectivamente.

O formulário FMEA foi preenchido após incessante discussão sobre os aspectos que estão contidos nela e as especificidades do SAA de Campina Grande, a discussão foi realizada em uma reunião com 6 especialistas em engenharia sanitária e ambiental e os escores valorados quando um consenso fosse acordado entre estes, o formulário FMEA preenchido está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Formulário FMEA preenchido.

Perigo	Tipo	Efeito	Causa	S	O	D	A	R	Medidas Mitigadoras
Baixa concentração de CRL	Re	Presença de organismos patogênicos	Falha na desinfecção, distância do ponto de cloração, presença de substâncias redutoras ou ausência de manutenção na rede	3	2	2	3	36	Aumento da dose de desinfetante, instalação de pontos de recloração ou manutenção da rede
Alta concentração de CRL	Re	Intoxicação (diarreia, alteração da flora intestinal) e irritação das mucosas	Falha na desinfecção	3	2	2	2	24	Utilização de doses ótimas de desinfetante
Alta turbidez	Re	Aspecto desagradável e interferência na desinfecção	Aumento de sólidos suspensos no manancial, falha na coagulação, floculação, decantação ou filtração	3	1	2	3	18	Melhorias no processo de remoção de turbidez

Re = real; S = severidade; O = ocorrência; D = detecção; A = abrangência; R = risco.

Para o perigo da baixa concentração de CRL o escore de severidade foi considerado 3, dado que a ocorrência desse perigo traz agravos significantes à saúde humana, devido a maior probabilidade da presença de microrganismos patogênicos (SAWYER, MCCARTY, PARKIN, 2003). O escore da ocorrência foi considerado 2, pois de um total de 240 amostras, 41 estavam em desacordo com o padrão mínimo estabelecido pela Portaria 2914/2011 do MS, sendo considerada uma ocorrência mensal pela tabela de escore. A detecção teve um escore 2, porque a forma de medição é através de técnica simples e a abrangência foi considerada de valor 3, pois o perigo alcançava áreas além da rede de distribuição, uma vez que a concentração de CRL só tende a diminuir com o passar do tempo, pela reatividade desse espécie química (SAWYER, MCCARTY, PARKIN, 2003). Pelo produto entre os escores, resultou num risco de 36 ou 46,15% do risco total do sistema.

O perigo de alta concentração de CRL obteve escore de severidade igual a 3 uma vez que, pelo alto poder oxidante desse desinfetante, valores muito altos causam intoxicação, culminando em diarreia, alteração da flora intestinal e irritação das mucosas (KALMAZ e KALMAZ, 1981). Quanto à ocorrência o escore foi 2, pela não-conformidade com a Portaria 2914/11 do MS de 48 amostras de um universo de 240. A detecção obteve escore 2, pela mesma situação do perigo de baixa concentração de CRL. A abrangência foi considerada 2, pois mesmo o perigo chegando ao consumidor, o CRL tende a diminuir com o passar do tempo e elevados valores só são encontrados nas proximidades dos reservatórios, pois o sistema de distribuição de água potável não conta, ordinariamente, com pontos de recloração, havendo, mais frequentemente, um exagero na cloração nas ETA's, para que o CRL chegue, pelo menos, com seu valor mínimo nas pontas de rede. O risco total para a elevada concentração de CRL foi estimado como 24 ou 30,77% do risco total do sistema.

Por sua vez, o perigo da alta turbidez na água potável foi caracterizado por um escore de severidade 3, por ser um fiel indicador de oocistos de protozoários presentes na água, bem como interfere na eficiência da desinfecção, podendo causar graves danos à saúde humana (SAWYER, MCCARTY, PARKIN, 2003). A ocorrência obteve escore 1, pois num universo de 240 amostras apenas 3 estavam em não-conformidade com a Portaria 2914/11 do MS. O escore da detecção foi considerado 2, uma vez que, apesar da turbidez poder ser detectada a olho nu, a faixa que interessa à potabilidade da água não é possível de ser detectada sem o auxílio

de uma aparelhagem simples. A abrangência foi alta, escore 3, pois a alta turbidez chega aos consumidores e permanece na água até que seja feito um tratamento (filtração ou decantação, por exemplo). O risco foi então estimado em 18 ou 23,08% do risco total do sistema.

Os cálculos do risco total, para todos os pontos, estão exibidos na Tabela 4, devendo ser percebido que os pontos P4, P5 e P6 apresentaram risco desprezível, os pontos P1, P3 e P9 apresentaram risco baixo, o ponto P7 apresentou risco moderado e o ponto P8 apresentou risco alto. O mapa que ilustra a distribuição do nível de risco na rede de distribuição de Campina Grande está na Figura 2.

Tabela 4: Risco total para os indicadores sentinelas.

PTO	Media Aritmética	Classificação	Risco		PTO	Media Aritmética	Classificação	Risco	
			%	Total				%	Total
P1					P6				
CRL	0,71	2	46,15	92,30	CRL	1,42	1	30,77	30,77
Turb	0,58	1	23,08	23,08	Turb	0,74	1	23,08	23,08
Baixo				1,1538	Desprezível				0,5385
P3					P7				
CRL	1,52	2	30,77	61,54	CRL	2,30	5	30,77	153,85
Turb	0,74	1	23,08	23,08	Turb	0,70	1	23,08	23,08
Baixo				0,8462	Moderado				1,7693
P4					P8				
CRL	1,33	1	30,77	30,77	CRL	0,03	5	46,15	230,75
Turb	0,80	1	23,08	23,08	Turb	1,02	1	23,08	23,08
Desprezível				0,5385	Alto				2,5383
P5					P9				
CRL	1,36	1	30,77	30,77	CRL	1,57	2	30,77	61,54
Turb	0,60	1	23,08	23,08	Turb	0,60	1	23,08	23,08
Desprezível				0,5385	Baixo				0,8462

BHF = bactérias heterotróficas (UFC.mL⁻¹), pH = potencial hidrogeniônico, Turb = turbidez (UT), Cor (uH), CRL = cloro residual livre (mg.L⁻¹), CRC = cloro residual combinado (mg.L⁻¹).

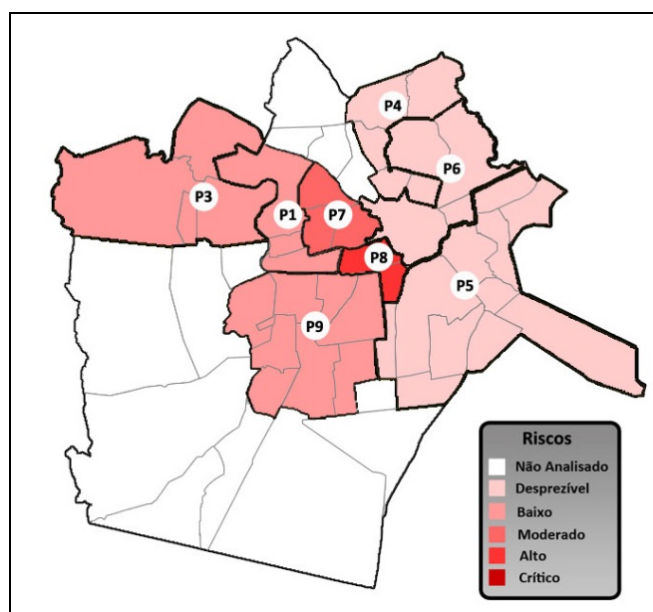


Figura 2: Mapa de risco da qualidade da água do sistema de abastecimento da cidade de Campina Grande para os indicadores sentinelas.

O resultado para o ponto P7 foi devido às altas concentrações de CRL, excedendo o padrão de potabilidade, podendo causar intoxicação ou irritar mucosas (KALMAZ E KALMAZ, 1981). Esta situação existe devido ao ponto estar próximo a um reservatório que recebe água diretamente da ETA onde, para garantir concentração adequada nas pontas de rede, a concessionária exagera na aplicação do desinfetante. Contudo, o CRL, por ser muito reativo, diminui rapidamente sua concentração e o risco vai diminuindo com o tempo (SAWYER, MCCARTY, PARKIN, 2003), sendo adequado um risco moderado.

O resultado para o ponto P8 é mais alarmante, pois a falta de CRL na água a torna mais susceptível à existência de microrganismos patogênicos. Esta baixa concentração de CRL se dá devido às más condições das tubulações da rede de distribuição que são bem antigas e de material inadequado, o cimento amianto. Desta maneira, um risco alto para o ponto P8 é adequado.

Os demais pontos obtiveram médias dentro do padrão de potabilidade, mas os pontos P4, P5 e P6 apresentaram menos *outliers* que os pontos P1, P3 e P9, tendo então dados mais concisos. Logo os riscos atribuídos aos pontos citados anteriormente também foram adequados.

Guimarães (2010) concluiu que os pontos críticos do sistema de abastecimento de Campina Grande são os pontos P7 e P8, enquanto que Coutinho (2011) mostrou o ponto P8 como o mais crítico, estando os resultados de acordo com esses autores.

CONCLUSÃO

A avaliação de risco pela metodologia FMEA classificou áreas de abrangência dos pontos P4, P5 e P6 como de risco desprezível, os pontos P1, P3 e P9 como de risco baixo, o ponto P7 como de risco moderado e o ponto P8 como de risco alto. Estes resultados demonstram que, em geral, a qualidade da água do sistema de abastecimento de Campina Grande não representa altos riscos à população, com exceção do ponto P8 onde a rede é muito antiga e a manutenção é precária, comprometendo a qualidade da água.

Apesar das médias para todos os indicadores em todos os pontos obterem valores dentro do padrão de potabilidade, exceto para o indicador CRL nos pontos P7 e P8, é importante ressaltar que com o tratamento estatístico dado, grande parte dos dados que estavam em não-conformidade foram removidas como *outliers*, diminuindo o valor da média. Além disso, o padrão de potabilidade não define se um ponto está em conformidade ou não, através da média das amostras realizadas em um período, mas pela frequência de conformidades dessas amostras, de maneira que avaliando quanto as não-conformidade dentro do período analisado todos os indicadores em todos os pontos apresentaram, pelo menos uma não-conformidade.

A metodologia se mostrou bem eficaz em qualificar e quantificar os perigos inerentes à qualidade da água do sistema, exibindo resultados bem consistentes com os apresentados por outros autores em estudos anteriores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22 ed., Washington, D.C: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 2012.
2. BARROS, J. G. de C. Origem, Distribuição e Preservação da Água no Planeta Terra. Disponível em: <<http://revistadasaguas.pgr.mpf.gov.br/edicoes-da-revista/edicao-11/materias/origem-distribuicao-e-preservacao-da-agua-no-planeta-terra>> Acesso em: 25 de Agosto de 2011.
3. BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; MIERZWA, J. C. Análise de Risco Aplicada ao Abastecimento de Água para Consumo Humano. In: PÁDUA, V. L. de. Remoção de Microrganismos Emergentes e Microcontaminantes Orgânicos no Tratamento de Água para Consumo Humano. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 328-362.
4. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água. Brasília: Ministério da Saúde, 2006a. 84 p.
5. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano. Brasília: Ministério da Saúde, 2006b. 60 p.

6. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 2.914, 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. Brasília: Ministério da Saúde, 2011. 32 p.
7. CARMO, R. F.; BEVILACQUA, P. D.; BASTOS, R. K. X. Vigilância da qualidade da água para consumo humano: abordagem qualitativa da identificação de perigos. Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 13, n. 4, p. 326-434, out./dez. 2008.
8. COUTINHO, K. C. O. Efeito da Reservação Predial na Deterioração da Qualidade de Água de Abastecimento Humano. Campina Grande – PB: UFCG, 2011. 88 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. 2011.
9. FREITAS, M. B. & FREITAS, C. M. A Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – Desafios e Perspectivas para o Sistema Único de Saúde. Revista Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, out./dez. 2005.
10. GUIMARÃES, R. M. Ocorrência de Cloro Residual Combinado no Sistema de Distribuição de Água de Campina Grande (PB). Campina Grande – PB: UFCG, 2010. 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. 2010.
11. KALMAZ, E. V.; KALMAZ, G. D. The health effects and ecological significance of chlorine residual in water. Chemosphere, Great Britain, v. 10, n. 10, p. 1163-1175, 1981.
12. MOTA, S. Introdução à Engenharia Ambiental. 3ª Ed. Revisada. Rio de Janeiro: ABES, 2003. 388 p.
13. OGATA, I. S. Avaliação de risco da qualidade da água potável do sistema de abastecimento da cidade de Campina Grande (PB). Campina Grande – PB: UEPB, 2011. 68 p. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Estadual da Paraíba. 2011.
14. SAKURADA, E. Y. As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos. Florianópolis - SC: UFSC, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina. 2001.
15. SAWYER, C. N.; MCCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. Chemistry for environmental engineering and science. 5 ed. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2003. 768 p.
16. SOUZA, J. de. Conformidade da Água de Abastecimento de Campina Grande (PB) com o Padrão de Aceitação para Consumo Humano. Campina Grande – PB: UFCG, 2010. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. 2010.
17. STAMATIS, D. H. Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution. 2 ed. Milwaukee, American Society for Quality, 2003. 459 p.
18. TOLEDO, J. C. de; AMARAL, D. C. FMEA – Análise do Tipo e Efeito de Falha. São Carlos: UFSCar. 2006.
19. VIANA, G. M.. SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA. 2ª Ed. João Pessoa: A União, 2002. 310 p.
20. ZAMBRANO, T. F.; MARTINS, M. F. Utilização do método FMEA para avaliação do risco ambiental. São Carlos: Gestão e Produção. v. 14, n. 12, 2007.