



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**INDICADORES SENTINELAS PARA A FORMULAÇÃO DE UM
PLANO DE AMOSTRAGEM DE VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA
ÁGUA DE ABASTECIMENTO DE CAMPINA GRANDE (PB)**

FÁBIO AUGUSTO GOMES GALDINO

CAMPINA GRANDE - PB
JULHO - 2009

FÁBIO AUGUSTO GOMES GALDINO

**INDICADORES SENTINELAS PARA A FORMULAÇÃO DE UM
PLANO DE AMOSTRAGEM DE VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA
ÁGUA DE ABASTECIMENTO DE CAMPINA GRANDE (PB)**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre.

Área de concentração: Recursos Hídricos
Sub-área: Engenharia Sanitária e Ambiental

Orientadores: Prof. Dr. Rui de Oliveira
Prof^a. Dr^a. Celeide Maria Belmont Sabino Meira

CAMPINA GRANDE - PB
JULHO – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

G149i

Galdino, Fábio Augusto Gomes

Indicadores sentinelas para a formulação de um plano de amostragem de vigilância da qualidade da água de abastecimento de Campina Grande(PB) / Fábio Augusto Gomes Galdino — Campina Grande, 2009.

107 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Prof. Dr. Rui de Oliveira; Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira.

1. Vigilância – Qualidade da Água 2. Indicadores Sentinelas 3. Cloro Residual Livre 4. Cloro Residual Combinado 5. Turbidez I. Título.

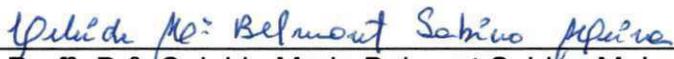
CDU 556.043 (043)

**INDICADORES SENTINELAS PARA A FORMULAÇÃO DE UM
PLANO DE AMOSTRAGEM DE VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA
ÁGUA DE ABASTECIMENTO DE CAMPINA GRANDE (PB)**

COMISSÃO EXAMINADORA



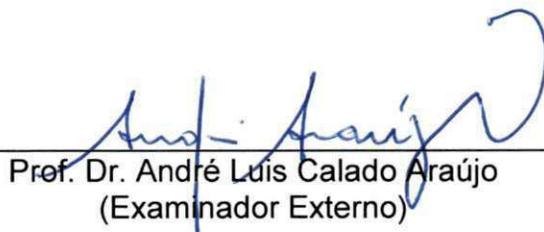
Prof. Dr. Rui de Oliveira
(Orientador)



Prof^a. Dr^a. Celeide Maria Belmont Sabiño Meira
(Orientadora)



Prof^a. Dr^a. Mônica de Amorim Coura
(Examinadora Interna)



Prof. Dr. André Luis Calado Araújo
(Examinador Externo)

DEDICO

in memoriam

A minha tia Maria do Desterro de Brito, que na ausência da minha mãe, se comportou como tal, tendo participação decisiva na minha formação intelectual, religiosa e, sobretudo, moral.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, pela minha existência e proteção, dando-me sempre saúde e força para enfrentar as adversidades surgidas em meu caminho.

Aos meus pais, por terem dado todo o suporte e apoio na minha vida, estando sempre do meu lado em todas as minhas decisões.

Aos meus irmãos, pelo apoio, incentivo e confiança.

À minha avó, por acreditar no meu potencial.

À minha namorada Anna, pela compreensão e paciência nos momentos de ausência.

Ao professor Dr. Rui de Oliveira, pela série orientação dispensada, incentivo, amizade e compreensão.

Às professoras Dr^a. Celeide Maria Belmont Sabino Meira e Dr^a. Mônica de Amorim Coura, pela dedicação e conselhos dispensados.

Aos amigos Emanuel, Thassio, Thacyanne, Cayo, Hugo, Severino, Érico e todos os outros que integraram o grupo de pesquisa, pelo compromisso e apoio na realização das análises, sendo fundamentais para a realização e conclusão desse trabalho.

À Universidade Federal de Campina Grande, como entidade de ensino responsável pela minha formação acadêmica.

Ao Conselho de Aperfeiçoamento e Pesquisa de Ensino Superior – CAPES, pelo apoio financeiro.

Aos colegas do Mestrado de Engenharia Civil, pela convivência e estudos realizados ao longo do curso.

À Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA), por disponibilizar dados referentes ao sistema de abastecimento de água de Campina Grande.

Aos diretores e funcionários das escolas que serviram como pontos de coleta e monitoração dos indicadores, por disponibilizarem o local para a realização das análises.

A todos aqueles, que de forma direta ou indireta participaram da realização desse trabalho e acreditam que os estudos dispensados possam contribuir, de alguma forma, com a implementação de um programa de vigilância da qualidade da água para consumo humano, com vistas a melhorias nas condições de saúde da população.

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	1
2.0 OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo geral	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 A água na transmissão de doenças	5
3.2 A preocupação da humanidade com a qualidade da água.....	10
3.3 Normatização da qualidade da água no Brasil	12
3.4 Padrões de potabilidade.....	16
3.5 Implantação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano no Brasil	17
3.6 Vigilância e controle	19
3.7 Indicadores de qualidade da água	21
3.7.1 Cloro residual livre.....	24
3.7.1.1 Significado do cloro residual livre como indicador sentinela.....	25
3.7.2 Turbidez	26
3.7.2.1 Significado da turbidez como indicador sentinela.....	26
3.7.3 Cloro residual combinado.....	27
3.7.4 pH.....	27
3.8 Planos de amostragem para vigilância da qualidade da água	28
3.8.1 Definição de pontos de amostragem	30
3.8.2 Freqüência e número de amostras.....	32
3.8.3 Variáveis a serem analisadas.....	34
3.8.4 Métodos de amostragem laboratorial	35
3.8.5 Vigilância da qualidade da água para consumo humano	35
3.8.6 A vigilância da qualidade da água nos municípios brasileiros.....	36
3.9 Sistemas de abastecimento de água potável	40
3.9.1 Caracterização dos riscos de um sistema de abastecimento de água	41
4.0 O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE CAMPINA GRANDE	46
4.1 Descrição do sistema de abastecimento	46
4.2 Zonas de pressão do sistema de abastecimento	49

5.0 MATERIAIS E MÉTODOS	50
5.1 Área de estudo	50
5.2 Os pontos de coleta.....	58
5.3 Freqüência e número de amostras.....	60
5.4 Determinação dos indicadores	61
6.0 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	62
6.1 Indicadores analisados.....	63
6.1.1 Cloro residual	63
6.1.2 Turbidez	73
6.1.3 pH.....	76
6.2 Análise estatística dos dados	78
7 DISCUSSÃO	85
7.1 A situação da qualidade da água de abastecimento de Campina Grande	85
7.2 A vigilância da qualidade da água em Campina Grande.....	89
7.3 O Controle da qualidade da água em Campina Grande.....	91
7.4 Proposta para um plano de amostragem da qualidade da água	94
8 CONCLUSÃO	96
RECOMENDAÇÕES	98
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Frações de cloro residual livre em função do pH e temperatura da água	24
Figura 2 - Quantitativos de dados referentes a cadastro, controle e vigilância da região nordeste obtidos no SISAGUA no ano de 2002	37
Figura 3 - Localização geográfica da cidade de Campina Grande - PB	46
Figura 4 - Reservatório de distribuição de água R-9	47
Figura 5 - O sistema de distribuição de água da cidade de Campina Grande.....	48
Figura 6 - Traçado da rede de água na Zona de Pressão D	51
Figura 7 - Reservatórios R-10 (a), R-11 (b), R12 (c), R-13 (d) e R-14 (e) da Zona de Pressão D do sistema de abastecimento de Campina Grande	54
Figura 8 - Esquema dos conjuntos moto-bombas da EE3.....	55
Figura 9 - Esquema dos conjuntos moto-bombas da EE4.....	58
Figura 10 - Localização esquemática da Zona de Pressão D do sistema de abastecimento de água de Campina Grande	59
Figura 11 - Detalhe da distribuição dos pontos de coleta e componentes hidráulicos na Zona de Pressão D.....	60
Figura 12 - Procedimentos de análises dos indicadores nos locais de coleta	61
Figura 13 - Percentual das espécies de cloro residual nos pontos de coleta - P ₁ (a), P ₂ (b) e P ₃ (c)	64
Figura 14 - Percentual das amostras de cloro residual livre abaixo do mínimo permitido pela Portaria nº. 518 (MS)	65
Figura 15 - Variação temporal do CRL nos pontos de coleta - P ₁ (a), P ₂ (b) e P ₃ (c)	67
Figura 16 - Variação temporal da monocloramina nos pontos de coleta - P ₁ (a), P ₂ (b) e P ₃ (c).....	69
Figura 17 - Variação temporal da dicloramina nos pontos de coleta - P ₁ (a), P ₂ (b) e P ₃ (c)	71
Figura 18 - Variação temporal da tricloramina nos pontos de coleta - P ₁ (a), P ₂ (b) e P ₃ (c)	72
Figura 19 - Freqüência de amostras de turbidez em desacordo com a Portaria nº. 518 (MS) nos pontos de coleta.....	74

Figura 20 - Variação temporal da turbidez nos pontos de coleta - P ₁ (a), P ₂ (b) e P ₃ (c)	76
Figura 21 - Variação temporal do pH da água nos pontos de coleta - P ₁ (a), P ₂ (b) e P ₃ (c)	77
Figura 22 - Influência dos pontos de coleta sobre a espécie monocloramina	82
Figura 23 - Influência dos pontos de coleta sobre a espécie tricloramina	82
Figura 24 - Influência dos pontos de coleta sobre o indicador auxiliar pH.....	82
Figura 25 - Leito do riacho situado nas proximidades do ponto de coleta (P ₃).....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais doenças de veiculação hídrica	7
Tabela 2 - Redução percentual na morbidade por diarreia, atribuída a melhorias no abastecimento de água ou no esgotamento sanitário	9
Tabela 3 - Comparativo das portarias de potabilidade de água de 1977 a 2000	15
Tabela 4 - Indicadores de qualidade da água	21
Tabela 5 - Critérios para escolha dos pontos de amostragem	31
Tabela 6 - Número mínimo mensal de amostras para a vigilância da qualidade da água para consumo humano, para fins de análise de cloro residual livre e turbidez, em função do tipo da população total do município	33
Tabela 7 - Número mínimo mensal de amostras para a vigilância da qualidade da água para consumo humano, para fins de análise química de fluoreto, em função do tipo da população total do município	33
Tabela 8 - Número mínimo mensal de amostras para a vigilância da qualidade da água para consumo humano, para fins de análise bacteriológica, em função do tipo da população total do município	33
Tabela 9 - Número mínimo anual de amostras para a vigilância da qualidade da água para consumo humano, para fins de análise de agrotóxicos e mercúrio	34
Tabela 10 - Dimensões das canalizações da rede de distribuição de água de Campina Grande	49
Tabela 11 - Características da rede de distribuição de água na Zona de Pressão D	52
Tabela 12 - Caracterização dos reservatórios de distribuição de água da Zona de Pressão D	53
Tabela 13 - Características do conjunto elevatório instalado na EE3, localizada à Rua Rosendo Pereira, S/N, Bodocongó, para o R-10, na Zona de Pressão D	55
Tabela 14 - Características do conjunto elevatório instalado na EE3, localizada à Rua Rosendo Pereira, S/N, Bodocongó, para o R-11 e R-12, na Zona de Pressão D	56
Tabela 15 - Características do conjunto elevatório instalado na EE3, localizada à Rua Rosendo Pereira, S/N, Bodocongó, para o R-13, na Zona de Pressão D	56

Tabela 16 - Características do conjunto elevatório instalado na EE4, localizado às margens da BR-230 (169 km), São José da Mata, para o R-14.....	57
Tabela 17 - Características do conjunto elevatório instalado na EE4, localizado às margens da BR230 (169 km), São José da Mata, para o R-14.....	57
Tabela 18 - Demonstrativo do quantitativo das análises nos pontos de coleta.....	62
Tabela 19 - Concentração média e desvio padrão das espécies de cloro residual monitorados nos pontos de coleta.....	63
Tabela 20 - Análise de variância dos indicadores para cada horário no ponto de coleta (P ₁).....	78
Tabela 21 - Análise de variância dos indicadores para cada horário no ponto de coleta (P ₂).....	79
Tabela 22 - Análise de variância dos indicadores para cada horário no ponto de coleta (P ₃).....	79
Tabela 23 - Análise de variância dos indicadores entre os pontos de coleta.....	80
Tabela 24 - Comparação das médias dos pontos de coleta para cada indicador analisado através do Teste de Tukey.....	81
Tabela 25 - Análise de correlação entre os indicadores monitorados.....	84
Tabela 26 - Controle da qualidade da água realizado pela CAGEPA no período de junho a dezembro de 2008.....	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas técnicas
- AESA** – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
- ANOVA** – Análise de Variância
- APHA** – American Public Health Association
- AWWA** – American Water Works Association
- CAGEPA** – Companhia de Água e Esgoto da Paraíba
- CENEPI** – Centro Nacional de Epidemiologia
- CGVAM** – Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental
- CID** – Classificação Internacional de Doenças
- CRC** – Cloro Residual Combinado
- CRL** – Cloro Residual Livre
- DENSP** – Departamento de Engenharia de Saúde Pública
- DIP** – Doenças Infecciosas e Parasitária
- DPD** – N, N-dietil-p-fenilenediamina
- DWD** – Drinking Water Directive
- EE** – Estação Elevatória
- ETA** – Estação de Tratamento de Água
- FUNASA** – Fundação Nacional de Saúde
- GPS** – Sistema de Posicionamento Global
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ISSO** – International Standardization Organization
- MS** – Ministério da Saúde
- OMS** – Organização Mundial de Saúde

OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde

PH – Potencial Hidrogeniônico

SES – Secretaria Estadual de Saúde

SFA – Sulfato Ferroso Amoniacal

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SISAGUA – Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

SUS – Sistema Único de Saúde

SVS – Secretaria de Vigilância em Saúde

UEPB – Universidade Estadual da Paraíba

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

UNICEF – Fundação das Nações Unidas para a Infância e Adolescência

USEPA – United States Environmental Protection Agency

UT – Unidade de Turbidez

VIGIAGUA – Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano

WEF – Water Environmet Federation

WHO – World Health Organization

RESUMO

As características da água em um sistema público de abastecimento, em relação ao aspecto qualitativo, podem sofrer alterações ao longo da rede de distribuição, podendo causar sérios danos à população consumidora. Com o propósito de conhecer e avaliar riscos no tocante à qualidade da água que é fornecida à cidade de Campina Grande, o presente trabalho analisa os dados de monitoração de indicadores sentinelas em pontos distribuídos na Zona de Pressão D do sistema de abastecimento de água da cidade, visando contribuir para a formulação de um plano de amostragem para a vigilância da qualidade da água, a fim de manter um controle preventivo, com vistas a evitar a disseminação de doenças de veiculação hídrica, atendendo às recomendações da Portaria nº. 518, de 24 de março de 2004 do Ministério da Saúde (MS) e da Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano. Os resultados das análises durante os seis meses da pesquisa revelaram a vulnerabilidade do sistema de distribuição de água de Campina Grande quanto a possíveis riscos de contaminação, em razão das baixas concentrações de cloro residual livre e predominância das espécies de cloro residual combinado nos pontos de monitoração. Das 236 amostras coletadas para análises de cloro residual livre, houve um índice de condenação a legislação vigente de 28%. Para a turbidez esse índice foi de 9,2%, num total de 239 amostras. Os resultados mostram que medidas de correção específicas devem ser adotadas, considerando a importância desses indicadores no que se refere à minimização dos danos à saúde pública. Diante da distribuição dos pontos de monitoração e dos resultados obtidos, conclui-se que os pontos extremos da rede de distribuição, as condições desfavoráveis quanto à infraestrutura urbana e fatores ligados à manutenção e operação do sistema de abastecimento favorecem a resultados em desacordo com as normas e padrões de potabilidade, indicando setores vulneráveis da rede de distribuição, e que, portanto, podem contribuir para a definição de pontos de amostragem em programas de vigilância da qualidade da água para consumo humano. A monitoração sistemática das águas de abastecimento público como também as provenientes de soluções alternativas é bastante importante como medida de saúde pública e essencial no desenvolvimento de ações de vigilância da qualidade da água para consumo

humano. A falta de compromisso do Poder Público na promoção de políticas de avaliação da qualidade da água fornecida à população é uma realidade da grande maioria dos municípios brasileiros, não sendo diferente com a cidade de Campina Grande. Percebe-se ainda, que a Portaria nº. 518 (MS) está longe de ser implementada pelos diversos segmentos do setor saneamento e que poucos itens da legislação são efetivamente cumpridos.

Palavras-chave: vigilância da qualidade da água, indicadores sentinelas, cloro residual livre, cloro residual combinado, turbidez.

ABSTRACT

The water characteristics in the public water supply system, considering the qualitative aspect, may be altered along the distribution system, which may be harmful to the population consuming that water. Aiming at knowing and evaluating the risks related to the quality of the water distributed to the population from Campina Grande, this work analyses the monitoring data from sentinel indicators in points distributed in the Pressure zone D in the city's water supply system so that it may contribute to the formulation of a sampling plan to the vigilance of the water quality to have a preventive control avoiding the dissemination of illnesses through the water system in accordance to the order number 518, dated March 24, 2004, published by the Ministry of Health and the National guidelines for sampling plan of vigilance in environmental health related to the quality of water for human consumption. The results obtained during the six months of study show the vulnerability of the distribution system of water in the city and the risk of contamination due to the low free residual chlorine concentration and predominance of different kinds of combined residual chlorine in the monitoring points. Of the 236 samples collected for analysis, 28% was not in accordance with the legislation. Turbidity was found in 9.2% from a total of 239 samples. The results show that some corrective measures have to be taken considering that these indicators are important to minimize the harms to public health. According to distribution of the points and the results we had, we conclude that unfavorable conditions related to the urban infra structure and factors related to the maintenance and operation of the system contribute to the results not to be in accordance to the rules and potability patterns, indicating vulnerable sectors in the distribution system that may contribute to the definition of sampling points in surveillance programs to the quality of water for human consumption. Monitoring systematically of water in public system as well as the alternative solutions found are very important as a measure of public health and essential to the development of surveillance actions on the quality of water for human consumption. The lack of commitment from the authorities in relation to the control and vigilance of the quality of the water for human consumption is present in most of the cities in Brazil and the same is present in Campina Grande. We may notice that the order number 518 is far

from being implemented by the authorities in charge of the distribution system and few items of the legislation are considered.

Key words: surveillance on the quality of water, sentinel indicators, free residual chlorine, combined residual chlorine, turbidity.

1.0 INTRODUÇÃO

O abastecimento público de água em termos de quantidade e qualidade é uma preocupação crescente da humanidade devido aos diversos fatores que contribuem para a sua escassez entre os quais o aumento da demanda e a degradação dos mananciais.

As atividades humanas têm determinado alterações significativas no meio ambiente, influenciando na disponibilidade dos recursos naturais. A água, em alguns territórios, tem se tornado um recurso escasso e com qualidade comprometida. O ritmo dos desmatamentos, os processos de erosão/assoreamento dos mananciais superficiais, o lançamento de efluentes e resíduos industriais e domésticos nos recursos hídricos, entre outros, têm contribuído para esta situação.

Nos países em desenvolvimento esta problemática vem se agravando pelo elevado ritmo da urbanização, gestão ineficiente dos recursos naturais, especialmente dos recursos hídricos, e baixos investimentos em ações de saneamento ambiental. A qualidade da água vem sendo comprometida desde o manancial, pelo lançamento de efluentes e resíduos sólidos, exigindo acréscimos e avanços nas unidades de tratamento e, conseqüentemente, aumento de investimentos para garantir a qualidade da água na saída das estações de tratamento. A qualidade da água também tem decaído nos sistemas de distribuição pela intermitência do serviço, baixa cobertura da população com sistema de esgotamento sanitário, pela obsolescência da rede de distribuição de água; manutenção deficiente, ineficiência das ações de controle e vigilância da qualidade da água entre outros. Nos domicílios, essa degradação tende se elevar pela precariedade das instalações hidráulico-sanitárias, pela falta de manutenção dos reservatórios e, principalmente, a falta de orientação e informação à população, quanto ao acesso seguro aos suprimentos de água.

Falhas na proteção e no tratamento efetivo da água expõem a comunidade a riscos de doenças intestinais e a outras doenças infecciosas (BROMBERG, 1995; HELLER, 1998).

Os organismos patogênicos encontrados na água constituem uma das principais fontes de morbidade e mortalidade em nosso meio. Os principais agentes biológicos encontrados nas águas contaminadas são as bactérias patogênicas, os

vírus e os parasitas. Eles são responsáveis por inúmeros casos de diarreias infantis, enterites e doenças epidêmicas, que podem resultar em casos letais (DANIEL, 2001).

A água para consumo humano que contenha agentes patogênicos caracteriza um perigo e o seu fornecimento à população traz um risco, que pode ser quantificado e expresso em termos de probabilidade de ocorrência de um agravo, por exemplo, casos de diarreia (BEVILACQUA et al., 2002). Essas questões ressaltam a necessidade de se ampliar a abordagem tradicional que fundamenta a prática do controle da qualidade da água, centrada na coleta e análise de amostras e da definição de programas voltados à vigilância da qualidade da água para consumo humano, orientado pela legislação vigente, visando à proteção da saúde e ao bem-estar da população.

A proposta de vigilância relacionada à qualidade da água para consumo humano consiste no conjunto de ações adotadas continuamente pelas autoridades de saúde pública para garantir que a água consumida pela população atenda ao padrão e às normas estabelecidas na legislação vigente e para avaliar os riscos que a água de consumo representa para a saúde humana (BRASIL, 2006).

A vigilância da qualidade da água para consumo humano tem três grandes componentes a considerar: a) a análise permanente e sistemática da informação sobre a qualidade da água para confirmar se o manancial, o tratamento e a distribuição atendem aos objetivos e regulamentos estabelecidos na legislação vigente; b) avaliação sistemática das diversas modalidades de fornecimento de água às populações, sejam coletivas ou individuais, de forma a verificar o grau de risco representado à saúde pública em função da fonte de abastecimento, adequabilidade do tratamento e questões de ordem operacional; e c) análise da evolução da qualidade física, química e microbiológica, e sua correlação com as enfermidades relacionadas com a qualidade da água em todo o sistema de abastecimento de água, a fim de determinar o impacto na saúde dos consumidores.

Dessa maneira, conclui-se que a vigilância relacionada à qualidade da água para consumo humano é uma atividade investigativa, sendo realizada e dirigida para identificar os fatores de risco à saúde humana associados à água. Também, é uma atividade tanto preventiva como corretiva e com o objetivo de assegurar a confiabilidade e segurança da água para consumo humano. A vigilância é preventiva porque permite detectar oportunamente os fatores de risco de modo que resulta na

tomada de ações antes mesmo que se apresente o problema à saúde pública e é corretiva porque é capaz de identificar os focos de doenças relacionados com a água permitindo uma intervenção sobre os meios de transmissão, a fim de controlar a propagação da doença.

A criação de programas relacionados à vigilância da qualidade da água para consumo humano possibilita aos gestores tomarem as decisões em torno dos sistemas de abastecimento coletivos e alternativos, permitindo o planejamento e a execução das intervenções adequadas, quando da ocorrência de não conformidades com a qualidade da água. As atividades de vigilância aliadas a novas ferramentas e tecnologias, como por exemplo, o uso de Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), podem contribuir para o mapeamento de áreas ou sistemas de maior vulnerabilidade. Dessa forma, podem-se desenvolver mapas de risco ambiental, sanitário e até mesmo ambulatorial, identificando fatores e áreas de risco (BARCELLOS et al., 1998). Esses mapas podem contribuir para que se tenham ações mais diretas aos problemas ajudando a definir as ações que são prioritárias.

Para a implantação de programas relacionados à vigilância da qualidade da água, se faz necessário a elaboração de planos de amostragem para monitoração de parâmetros da potabilidade da água. Nesse sentido, os municípios, orientados por diretrizes do Ministério da Saúde, deverão implantar os indicadores sentinelas (cloro residual livre e turbidez), pois, são parâmetros determinados por meio de métodos mais simples, rápidos e de menor custo, exigindo nível de especialização bem menor que aqueles para as determinações microbiológicas.

O termo “sentinela” é utilizado em analogia às chamadas fontes sentinelas e aos Sistemas de Vigilância Sentinela bastante utilizados na Epidemiologia. Segundo a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) (1998), fontes sentinelas, quando bem selecionadas, são capazes de assegurar representatividade e qualidade às informações produzidas, ainda que não se pretenda conhecer o universo de ocorrências. Os indicadores sentinelas são, portanto, instrumentos de identificação precoce de situações de riscos em relação à água consumida pela população que podem resultar em doenças de transmissão hídrica, passíveis de prevenção e controle com medidas de saneamento básico.

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Monitorar indicadores sentinelas em um setor pré-determinado (Zona de Pressão D) do sistema de distribuição de água de Campina Grande (PB), com vistas à formulação de um plano municipal de amostragem da vigilância da qualidade da água.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar e descrever a zona de pressão analisada, nos seus elementos geográficos, hidráulicos e demográficos;
- ✓ Caracterizar pontos críticos do trecho da rede analisada que possam vir a representar risco à população e outros pontos estratégicos;
- ✓ Descrever o comportamento dos indicadores sentinelas cloro residual livre (CRL) e turbidez e auxiliares cloro residual combinado (CRC) e pH em pontos estratégicos;
- ✓ Estudar a associação entre os indicadores sentinelas e as características da zona de pressão investigada;
- ✓ Relacionar os resultados aqui obtidos àqueles dos relatórios de controle da qualidade da água distribuída em Campina Grande na área em estudo.

3.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A água na transmissão de doenças

Desde a Antiguidade, a história do homem esteve associada às águas. Assim também o foi em relação à saúde e à doença. Diversos agentes microbianos contaminavam a água que, ao ser consumida, provocava doenças. Fatos históricos demonstram que algumas das mais generalizadas epidemias que já infligiram às populações humanas, com exceção da peste bubônica, tiveram sua origem em sistemas de distribuição de água (BRANCO, 1999).

Com o advento da Microbiologia e a descoberta de patógenos, como agentes causadores de doenças, iniciou-se um processo de saneamento nas grandes cidades no final do século XIX e início do século XX, principalmente preocupados com a manutenção da força de trabalho e dos interesses capitalistas onde o Estado, através de medidas de coerção e punição fazia, dentre outras atribuições, à vigilância nos domicílios e obrigatoriedade das vacinas (Cf. COSTA, 1986). Com o passar dos anos, a associação entre saneamento e saúde pública, se torna cada vez mais evidente, favorecendo o desenvolvimento de processos físico-químicos de tratamento da água e a implantação da coleta e tratamento das águas residuárias, o que possibilitou o controle das denominadas “doenças de veiculação hídrica”, diminuindo a mortalidade, especialmente a infantil.

No entanto, ainda hoje, parcela significativa da nossa população é acometida por essas doenças. Isso ocorre, porque as classes sociais excluídas muitas vezes se vêem obrigadas, pela falta de recursos financeiros, a morar em áreas sem a menor infra-estrutura no que se refere ao tratamento da água, da coleta e tratamento do esgoto e do lixo.

Muitos constroem as suas moradias próximas a um córrego e acabam despejando o esgoto e o lixo nas suas águas e nas suas margens, o que provoca a procriação, naquele local, de uma série de vetores, tais como ratos, baratas, e mosquitos, como também, espécies de aranhas e escorpiões que, embora, não sejam vetores de doenças, são abordados pelo saneamento porque o veneno inoculado por ocasião da picada pode ser extremamente danoso. A convivência

nesses ambientes insalubres acaba gerando o aparecimento de doenças que comprometem a qualidade de vida e saúde da população, especialmente das crianças. Assim, a água, que poderia estar associada à idéia de vida e saúde, passa a ser associada à idéia de doença, à medida que os córregos degradados transformam-se em focos de doenças.

É importante ressaltar, que não apenas a qualidade da água é determinante para o acometimento de doenças no homem, mas também a quantidade e a regularidade no fornecimento à população. A insuficiente quantidade de água pode resultar em (i) deficiências na higiene; (ii) acondicionamento da água em vasilhames, para fins de reservação, podendo esses recipientes tornarem-se ambientes para procriação de vetores e vulneráveis à deterioração da qualidade, e (iii) procura por fontes alternativas de abastecimento, que constituem potenciais riscos à saúde, seja pelo contato das pessoas com tais fontes, seja pelo uso de águas de baixa qualidade microbiológica (BRASIL, 2006).

A importância da água destinada para consumo humano como veículo de transmissão de enfermidades tem sido largamente difundida e reconhecida. Dados estatísticos revelaram no final da década de 1990 que 80% de todas as moléstias e mais um terço dos óbitos dos países em desenvolvimento eram causados pelo consumo de água contaminada e, em média, até um décimo do tempo produtivo de cada pessoa era perdido devido às doenças relacionadas com a água (AGENDA 21, 1999). As enfermidades que podem ser transmitidas pela água pertencem ao grupo das Doenças Infecciosas e Parasitárias (DIP), conforme a Classificação Internacional de Doenças (CID) estabelecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS). A maior parte das enfermidades é causada por bactérias, vírus, protozoários e helmintos. Estes organismos causam enfermidades que variam em intensidade e vão desde gastroenterites a graves enfermidades, algumas vezes fatais e/ou de proporções epidêmicas. Na Tabela 1 são apresentadas as principais doenças de veiculação hídrica e os respectivos agentes etiológicos, sintomas usuais e fontes de contaminação.

Tabela 1 - Principais doenças de veiculação hídrica

Doença	Agente etiológico	Sintomas	Fontes de contaminação
Febre tifóide e paratifóide	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella paratyphi</i> A e B	Febre elevada, diarréia	Fezes humanas
Disenteria bacilar	<i>Shigella dysenteriae</i>	Diarréia	Fezes humanas
Disenteria amebiana	<i>Entamoeba histolytica</i>	Diarréia, abscessos no fígado e intestino delgado	Fezes humanas
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Diarréia e desidratação	Fezes humanas, águas costeiras e outras
Giardíase	<i>Giardia lamblia</i>	Diarréia, náusea, indigestão, flatulência	Fezes humanas e de animais
Hepatite A e B	Vírus da hepatite A e B	Febre, icterícia	Fezes humanas
Poliomielite*	Vírus da poliomielite	Paralisia	Fezes humanas
Gastroenterite	<i>Escherichia coli</i> , <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , Rotavírus e outros vírus entéricos	Diarréia, anorexia, dor intestinal, náusea, indigestão, flatulência	Fezes humanas
Criptosporidiose	<i>Cryptosporidium parvum</i> <i>Cryptosporidium muris</i>	Diarréia	Fezes humanas e de animais

* Enfermidade erradicada no Brasil.

Fonte: NEVES (1988), VON SPERLING (1995), COHN; COX; BERGER (1999)

Entre as DIP's, as enfermidades diretamente relacionadas com a água contaminada são as doenças infecciosas intestinais caracterizadas pelas diarréias. As doenças diarréicas incidem preferencialmente nos países em desenvolvimento e estão estreitamente relacionadas com as precárias condições de saneamento básico, constituindo-se em 90% das doenças que acometem crianças menores de cinco anos de idade (WHO, 1997). Estas enfermidades variam em efeitos desde uma crise branda, autolimitada, até uma diarréia grave, algumas vezes fatal, podendo haver vômitos, febre e mal-estar associados.

Na avaliação Mundial de Abastecimento de água e Saneamento de 2000 realizada pela OMS e pela Fundação das Nações Unidas para a Infância e

Adolescência (UNICEF) ocorrem aproximadamente 4 bilhões de casos de diarreia no mundo, ao ano, provocando 2,2 milhões de óbitos, principalmente entre menores de cinco anos de idade, o equivalente a uma morte a cada 15 segundos. Nos países em desenvolvimento, a taxa de mortalidade por doenças diarreicas corresponde a cerca de 15% de todos os óbitos de crianças menores de cinco anos de idade. Outros dados da OMS revelam que 80% das doenças nos países em desenvolvimento são ocasionadas pela contaminação da água, e ainda 65% das internações hospitalares e 80% das consultas médicas, são motivadas por doenças de veiculação hídrica (WHO, 1997; 2001).

Apesar dos indicadores sociais apontarem um declínio na taxa de mortalidade infantil no Brasil, passando de 36,9 por mil (ou seja, por mil nascidos vivos) em 1996 para 25,1 mil em 2006 (IBGE, 2007), o Brasil continua tendo uma das mais elevadas taxas de mortalidade das Américas. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) as condições sociais estão diretamente vinculadas às questões de saneamento básico. Se não há aplicação de recursos em saneamento básico e ambiental, as internações aumentam e os problemas estruturais agravam-se. A mudança nesse quadro, somente se dará, através de políticas que promovam melhorias das condições de habitação, principalmente, no que tange ao saneamento básico.

Um esforço mais sistemático de compreender as relações entre o saneamento e a saúde foi observado na década de 1980 – a Década Internacional do Abastecimento de Água e do Esgotamento Sanitário, decretada pela Organização das Nações Unidas (ONU). A partir dessa década, passou-se a possuir um conjunto mais numeroso e consistente de estudos epidemiológicos que avaliavam essa relação, possibilitando extrair valores médios da possível redução na ocorrência de doenças, advinda da implantação de serviços de abastecimento de água e de outras medidas de caráter sanitário. A Tabela 2 ilustra a redução mediana na diarreia, esperada com a implantação de melhorias no abastecimento de água e no esgotamento sanitário, variando entre 15 e 36%, dependendo do tipo de intervenção.

Tabela 2 - Redução percentual na morbidade por diarreia, atribuída a melhorias no abastecimento de água ou no esgotamento sanitário

Intervenção	Redução mediana (%)
Abastecimento de água e esgotamento sanitário	30
Esgotamento sanitário	36
Qualidade e quantidade de água	17
Qualidade da água	15*
Quantidade de água	20

Fonte: ESREY et al. (1991)

* Estudo de Fewtrell et al. (2005) mostra que este valor pode ser superior, atingindo cerca de 30%.

Com a introdução dos serviços de água e saneamento, as doenças associadas com condições inadequadas de saneamento e aos ambientes insalubres e densamente povoados, reduziram-se em número, sem o auxílio de qualquer medida de intervenção. E ao mesmo tempo, verificou-se um aumento na esperança de vida ao nascer (HESPANHOL, 1999; HELLER, 1997) e uma prevenção das mortes, de forma quatro vezes mais eficiente, quando comparadas às intervenções médicas (BRISCOE, 1987).

Martins et al. (2001) avaliaram o alívio orçamentário pela redução dos gastos com consultas e procedimentos médicos, tratamento medicamentosos, exames laboratoriais e de apoio ao diagnóstico, internação hospitalar, acrescidos das estimativas do equivalente aos dias de trabalho e de aulas perdidas. Chegaram à relação de US\$ 1,16 para cada dólar gasto com serviços de água e esgotos. Considerando-se os benefícios associados a valores subjetivos como conforto, bem-estar, desenvolvimento econômico, por exemplo, essa relação pode chegar a US\$ 3,50 para cada dólar gasto em água e esgotos. Isso tudo, sem considerar o custo de não fazer, que nesse caso pode significar morte em vez de saúde para a população.

3.2 A preocupação da humanidade com a qualidade da água

A qualidade da água se tornou uma questão de interesse para a saúde pública no final do século 19 e início do século 20. Anteriormente, a qualidade era associada apenas a aspectos estéticos e sensoriais, tais como a cor, o gosto e o odor. Métodos para melhorar a qualidade da água já foram encontrados há 4.000 anos a.C. em documentos escritos em sânscrito. Entretanto, na Grécia antiga utilizavam-se técnicas como a filtração, a exposição ao sol e a fervura para melhorar a qualidade da água. Mesmo que motivados mais pela aparência turva que a água apresentava, os gregos apontavam empiricamente para a existência de relações causais entre água e enfermidades, como fez Hipócrates (USEPA, 1999).

Na metade do século 19, ocorrem avanços na compreensão da relação entre água contaminada e doenças. Em 1854, John Snow provou que um surto de cólera em Londres estava associado a poços de abastecimento público contaminados por esgotos domésticos (SNOW, 1999). Mais tarde, nas décadas de 1870 e 1880, Louis Pasteur e Robert Koch confirmaram a “Teoria dos Germes”, apresentando uma série de experiências provando que microrganismos eram causadores de antrax, raiva, peste, cólera e tuberculose, tendo demonstrado ainda, que algumas doenças poderiam ser transmitidas por meio da água (MURRAY et al., 2000). Nessa mesma época, cientistas descobriram que a turbidez não estava somente relacionada a aspectos estéticos, mas o material particulado em água poderia estar associado a organismos patogênicos e material fecal.

No início do século 20, em função dessas descobertas científicas, muitos sistemas de tratamento de água foram construídos nos Estados Unidos, empregando a filtração lenta como estratégia de controle da qualidade da água. Anos mais tarde, naquele mesmo país, a cloração era empregada pela primeira vez no estado de New Jersey em 1908. Outros desinfetantes também foram utilizados nesse mesmo período, como o ozônio na Europa. As iniciativas de potabilização da água de consumo humano se deram antes do estabelecimento de padrões e normas de qualidade. Algumas iniciativas pioneiras merecem destaque. Em 1914, uma norma federal americana, elaborada pelo serviço de saúde pública da época, estabelecia um padrão para qualidade microbiológica da água. Porém, essa norma se aplicava somente à água produzida por sistema de abastecimento e transportada

via navios e trens para outros estados, e se limitava a contaminantes capazes de causar doenças contagiosas (USEPA, 1999).

Os valores máximos permitidos foram sendo estabelecidos em função de estudos e bioensaios toxicológicos, e de componentes químicos e físico-químicos capazes de alterar as propriedades organolépticas ou sensoriais da água, que, além de causar rejeição de consumo, podem estimular condições propícias à diminuição da vida útil de toda a aparelhagem hidráulica com conseqüentes prejuízos econômicos.

A partir de estudos e levantamentos da situação da maioria dos sistemas de abastecimento de água, que apresentavam uma qualidade fora dos padrões de potabilidade, no início dos anos 70 foi criada nos Estados Unidos uma norma nacional de potabilidade de água para consumo humano, a *Safe Drinking Water Act*, de 1974, que estabelecia um padrão nacional de qualidade da água. Por esta lei, toda água captada e tratada pelas companhias de abastecimento daquele país deveria corresponder a este padrão de potabilidade, ou seja, apresentar seus constituintes orgânicos, inorgânicos e microbiológicos dentro dos valores máximos permitidos, ou seja, a água utilizada para fins de consumo humano (beber, lavar, cozinhar e para fins higiênicos) não deveria ser capaz de provocar nenhum risco ou dano à saúde humana. Atualmente a *Safe Drinking Water Act* está submetida ao órgão de controle ambiental americano, o United States Environmental Protection Agency (USEPA).

Na Europa, a atual norma de qualidade de água para fins de consumo humano tem abrangência em todos os países da comunidade européia. A *Drinking Water Directive (DWD) 98/83/EC* é submetida a cada cinco anos a um processo de revisão, que tem como principal objetivo definir estratégias relativas à gestão do sistema de produção de água potável, no sentido de propor a inclusão de novos parâmetros químicos ou biológicos, a revisão dos limites máximos de contaminação dos parâmetros já existentes e a discussão sobre tendências de gerenciamento de riscos para o setor (EC, 2003).

Na atualidade, a OMS é a instituição que acompanha e recomenda os valores máximos permitidos, a partir dos estudos toxicológicos realizados em todo o mundo e publicados em diferentes revistas e eventos científicos especializados no tema. Alguns países, como os Estados Unidos e o Canadá, e a Comunidade Européia, apesar de se basearem também nas recomendações da OMS, estimulam pesquisas

toxicológicas e bioensaios que, reciprocamente, acabam servindo de referência tanto para a OMS como para os demais países. As normas de potabilidade no Brasil seguem basicamente os padrões recomendados pela OMS no *Guidelines for Drinking-Water Quality* (WHO, 1996).

As normas de potabilidade têm se apresentado como um instrumento técnico-jurídico elaborado pelas autoridades sanitárias, com o apoio de instituições técnico-científicas, a ser cumprido pelos órgãos de fiscalização e vigilância do setor saúde e pelas empresas públicas e privadas de abastecimento de água. Essas normas constituem-se como referências técnicas que imprimem um padrão de qualidade ao "produto" água, seja ele obtido diretamente da natureza (sem tratamento ou água bruta) ou por meio de processos químicos em estações de tratamento. Entretanto, a simples existência de normas reguladoras não assegura a certificação e a manutenção de padrões de qualidade para os domínios sanitário e econômico. Esse conjunto de valores normativos e o seu cumprimento como lei precisam ser continuamente discutidos por toda a sociedade civil, pelos gestores públicos e o meio científico, a fim de que se assegure uma maior amplitude e legitimidade ao processo.

3.3 Normatização da qualidade da água no Brasil

No Brasil, a normatização da qualidade da água para consumo humano foi iniciada na década de 1970. A primeira norma de potabilidade foi criada no Brasil pelo Decreto Federal nº. 79.367 de 9 de março de 1977, que estabeleceu a competência do Ministério da Saúde sobre a definição do padrão de potabilidade da água para consumo humano, a ser observado em todo o território nacional, através da Portaria nº. 56 Bsb, publicada em 14 de março de 1977. Considera-se esta a primeira norma de potabilidade, uma vez que abrangia diferentes constituintes químicos e microbiológicos prejudiciais à saúde humana. Entretanto, é importante registrar que em 24 de maio de 1974 é publicada no Diário Oficial a Lei Federal nº. 6.050 que dispunha sobre a necessidade de fluoretação da água de sistemas de abastecimento provenientes de estação de tratamento.

A 56 Bsb aprovou a norma e o padrão de potabilidade da água para fins de consumo humano. De acordo com esta Portaria, caberia às Secretarias de Saúde dos Estados e aos órgãos equivalentes dos territórios e Distrito Federal o exercício de fiscalização e o controle do exato cumprimento das Normas e do Padrão de Potabilidade.

A primeira revisão da Portaria nº. 56 Bsb/77 foi iniciada em 1988, e apesar de estar inicialmente restrita à participação de setores governamentais de saúde e de companhias estaduais de abastecimento de água e órgãos estaduais de controle ambiental, conseguiu posteriormente envolver as Vigilâncias Sanitárias, os laboratórios de saúde pública, a comunidade científica e algumas associações de classe, na discussão da revisão, que forneceu subsídios à nova Portaria, a 36 GM, publicada em 19 de janeiro de 1990. Entre as principais inovações introduzidas pela 36 GM/90, estão: 1) a definição de controle e vigilância da qualidade; 2) a definição de serviço e sistema de abastecimento de água; e 3) a inclusão e revisão de alguns parâmetros químicos e microbiológicos.

A segunda revisão ocorreu dez anos depois, extrapolando a recomendação do prazo máximo de cinco anos, contida na 36 GM/90, após a sua promulgação. A revisão da 36 GM/90 foi conduzida pelo Ministério da Saúde, por meio da Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde (CGVAM), em parceria com o Departamento de Engenharia de Saúde Pública (DENSP), da FUNASA e com a representação da Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) e da OMS, no Brasil (BRASIL, 2001). Nessa última revisão, ampliou-se mais o processo participativo, na elaboração da norma, uma vez que houve a colaboração de diversas entidades dos setores público, privado e de organizações não-governamentais. Além disso, a própria FUNASA coordenou uma consulta pública, para receber contribuições de profissionais, entidades e instituições de várias regiões do país. Em 29 de dezembro de 2000, foi publicada a Portaria nº. 1.469 (BRASIL, 2001), estabelecendo o controle e a vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. O prazo de adequação das instituições ou órgãos para o cumprimento da norma venceu em janeiro de 2003, exceto para o monitoramento de cianobactérias, que teve um prazo-limite de implementação de três anos após a publicação da portaria, visando à adequação, em termos de recursos e tecnologia, por parte das companhias de água e saneamento do país.

A principal inovação trazida pela Portaria nº. 1.469 foi a classificação dos tipos de sistemas de abastecimento de água em: sistema coletivo, que se constitui de uma instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinados à produção e à distribuição canalizada de água potável para as populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão; e sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, que se constitui de toda modalidade de abastecimento coletivo de água, distinta do sistema coletivo, incluindo, por exemplo, fontes, poços comunitários, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontais e verticais.

Em função dessa classificação, a Portaria nº. 1.469 passa a estabelecer os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, como também responsabilidades no monitoramento da qualidade da água desde as áreas de proteção do corpo hídrico utilizado para a captação, até o tratamento e distribuição. Esta última revisão, além de contemplar a análise de cianobactérias, faz recomendações a respeito da operacionalidade para a remoção de cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp., a partir da melhora da eficiência no processo de filtração. A Tabela 3 relaciona as principais diferenças entre as três normas de potabilidade que já estiveram em vigor no país. As duas primeiras normas, a 56 Bsb e a 36 GM/90, traziam basicamente valores máximos permitidos e indicações estatísticas para a realização de amostragem e frequência, a Portaria nº. 1.469 incorporou, por meio de uma discussão mais ampla, os diferentes sistemas de abastecimento (coletivo e alternativo) e a atribuição precisa de responsabilidade operacional por estes sistemas, sob a perspectiva dos riscos à saúde pública associados à vulnerabilidade do manancial, às práticas operacionais do tratamento e à integridade física da rede de distribuição. Em 25 de março de 2004, a Portaria nº. 1.469 foi revogada e substituída pela Portaria nº. 518, que reproduziu inteiramente o conteúdo da 1.469, à exceção de prazos para adaptação e alguns quesitos técnicos, no intuito de, apenas, atender ao novo ordenamento na estrutura do Ministério da Saúde.

Tabela 3 - Comparativo das portarias de potabilidade de água de 1977 a 2000

Normas/ Características	Portaria nº. 56 Bsb (13/03/1977)	Portaria nº. 36 GM/90 (19/01/1990)	Portaria nº. 1.469/00 (02/01/2001)
Amostragem e frequência	Apresenta uma metodologia de amostragem e frequência, baseada no número de habitantes e no tipo de constituinte a ser analisado.	Apresenta uma metodologia de amostragem em frequência, baseada no número de habitantes e no tipo de constituinte que vai ser analisado.	Inclui a necessidade de um plano de amostragem e frequência para os sistemas alternativos de abastecimento de água.
Valor máximo permitido	Inclui valores máximos permitidos e valores máximos desejáveis.	Reproduz os valores máximos permitidos recomendados pela OMS, Comunidade Européia e Norma canadense. Não apresenta mais a definição de valores máximos desejáveis.	A revisão dispõe sobre novos constituintes, tais como cianotoxinas, cianobactérias e recomendações operacionais sobre <i>cryptosporidium</i> sp., seguindo basicamente os valores máximos recomendados pela OMS.
Ações descentralizadas	As ações de fiscalização e controle são exercidas pelo MS em articulação com as Secretarias Estaduais de Saúde (SES's).	As ações de fiscalização e controle são exercidas pelo MS em articulação com as SES's.	Repassa uma maior responsabilidade das ações de vigilância para os municípios.
Ações interinstitucionais	Não previa.	Não previa.	Situa a importância dos órgãos de controle ambiental no controle da qualidade da água da bacia hidrográfica usada para captação.
Informação	As informações são centralizadas pelo MS em articulação com as SES's. Não prevê a disponibilidade das informações sobre a qualidade da água.	As informações são centralizadas pelo MS em articulação com as SES's. Não prevê a disponibilidade das informações sobre a qualidade da água.	Destaca que os responsáveis pelos sistemas de abastecimento devem repassar as informações sobre a qualidade da água ao conselho de defesa do consumidor com periodicidade mínima anual e, com periodicidade mensal, às autoridades de saúde pública.
Controle e vigilância	Não define vigilância, mas as SES's se obrigam a manter um registro permanente de informações sobre a qualidade da água dos sistemas de abastecimento públicos, bem como fornecer ao MS, notificando imediatamente a ocorrência de fato epidemiológico que possa estar relacionado ao comprometimento da qualidade da água fornecida.	Define controle e vigilância da qualidade da água. Define as responsabilidades e competências sobre a vigilância (MS e SES's) e controle (os serviços de abastecimento de água).	Define controle e vigilância da qualidade da água sobre os sistemas de abastecimento de água coletivo e alternativo. Define as responsabilidades e competências sobre a vigilância e controle, e sobre os dois tipos de sistemas de abastecimento no sentido de operar estes sistemas de acordo com as Normas da ABNT (1996).

3.4 Padrões de potabilidade

A Portaria nº. 518 (MS) estabelece o padrão de potabilidade brasileiro, o qual é composto por: a) padrão microbiológico; b) padrão de turbidez para a água pós-filtração ou pré-desinfecção; c) padrão para substâncias químicas que representam riscos à saúde (inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção); d) padrão de radioatividade; e) o padrão de aceitação para consumo humano.

O padrão de aceitação para consumo humano é estabelecido com base em critérios de ordem estética e organoléptica da água, e visa a evitar a rejeição ao consumo humano, que levaria à busca de outras fontes de água, eventualmente menos seguras do ponto de vista sanitário.

Pode-se definir como água potável aquela que pode ser consumida sem riscos à saúde humana e sem causar rejeição ao consumo por questões organolépticas (BRASIL, 2004). Destaca-se assim que o conceito de água potável adotado na Portaria nº. 518 (MS) refere-se à água que não ofereça riscos à saúde, ou seja, os responsáveis pela operação de sistema de abastecimento ou solução alternativa devem estar atentos as quaisquer riscos que possa representar o consumo da água distribuída à população, independente do risco provir ou não de um parâmetro que conste na referida Portaria. Nesse sentido, a Portaria nº. 518 (MS) trouxe importantes avanços para garantir a qualidade sanitária da água (HELLER; PÁDUA, 2006).

O tratamento da água, em si, não garante a manutenção da condição de potabilidade, uma vez que a qualidade da água pode se deteriorar entre o tratamento, a distribuição, a reservação e o consumo. Por esta razão, é entendido na legislação brasileira que a obtenção e a manutenção da água dependem de uma visão sistêmica, abrangendo a dinâmica da água desde o manancial até o consumo. Esta visão sistêmica tem origem no que se denomina *princípio de múltiplas barreiras*, o que inclui a proteção dos mananciais e da área de drenagem, a seleção de tecnologias de tratamentos apropriadas, a operação correta das estações de tratamento de água, além de medidas para evitar a contaminação da água no sistema de distribuição, para garantir a segurança sanitária. Estas ações permitirão

orientar medidas corretivas, indícios de risco à saúde e a compatibilidade entre as características da água bruta e o tipo de tratamento existente (BASTOS et al., 2003).

A revisão da Portaria nº. 518 (MS) é prevista para ocorrer a cada 5 anos ou a qualquer momento, mediante solicitação justificada dos órgãos de saúde ou de instituições de pesquisa de reconhecida confiabilidade, podendo alterar os valores, assim como incluir ou excluir alguns parâmetros que hoje constam no padrão de potabilidade brasileiro.

No mundo, os padrões e normas de potabilidade de cada país podem variar bastante para determinados parâmetros, mostrando que esses padrões variam em função do avanço do conhecimento científico que se tem sobre os riscos potenciais de determinadas substâncias e com o aperfeiçoamento das técnicas de detecção e de remoção das mesmas, na água destinada ao consumo humano.

3.5 Implantação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano no Brasil

Segundo Formaggia et al. (1996), o Ministério da Saúde, no ano de 1986, através da extinta Divisão de Ecologia Humana e Saúde Ambiental, efetuou um levantamento das atividades exercidas pelas Secretarias Estaduais de Saúde (SES), com relação ao que passou a se chamar de Vigilância Sanitária da Qualidade da Água para Consumo Humano. Na época, constatou-se que, à exceção do Paraná, os estados não exerciam nenhuma atividade relacionada à vigilância da qualidade da água, ou, se exerciam, não o faziam de forma sistemática e planejada. O Ministério da Saúde decidiu então criar em 1986 o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, o qual, entre outras metas, pretendia prestar auxílio técnico e financeiro às SES's para que estas: iniciassem um programa de vigilância da qualidade da água; efetivassem a revisão da legislação; capacitassem tecnicamente os profissionais das SES's para atuarem em vigilância da qualidade da água e definissem estratégias em conjunto com as SES's para garantir apoio laboratorial necessário à verificação do cumprimento da legislação quanto ao padrão físico-químico e bacteriológico da água.

Em 1988, a nova Constituição Federal estabelece o princípio de que Saúde é um direito de todos e dever do estado e constitui o Sistema Único de Saúde (SUS), consubstanciado em diretrizes básicas, como descentralização de ações, atendimento integral e participação social. O texto constitucional estabelece, em seu artigo 200, que compete ao SUS, além de outras atribuições, participar da formulação da política e da execução das ações de saneamento básico, bem como fiscalizar e inspecionar alimentos, compreendendo o controle de seu teor nutricional, bem como bebidas e águas para consumo humano. Os dispositivos legais regulatórios do SUS, editados posteriormente à promulgação da Constituição Federal, como a Lei n.º 8080/1990 (Lei Orgânica da Saúde), reforçam, ainda mais, a responsabilidade do setor saúde no que se refere à fiscalização das águas destinadas ao consumo humano.

No ano 2000, a FUNASA, por meio da CGVAM, implementa algumas diretrizes para viabilizar o desenvolvimento das ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano, destacando-se a criação de um Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA). Em 2002, foi concebido o Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano, contendo seu modelo, campo e forma de atuação e as principais atividades para operá-lo. A partir de então, diversas ações, no âmbito do Ministério da Saúde, têm sido realizadas, com o intuito de implantar esse programa no país.

A partir do Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental foi criada a Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA), consistindo num conjunto de ações direcionadas ao atendimento das normas e padrões de potabilidade, com vistas à qualidade da água destinada ao consumo humano, a fim de promover a saúde da população.

O VIGIAGUA foi concebido tomando por base os princípios e diretrizes do SUS, com indicadores de qualidade da água para consumo humano definidos, por meio de metodologia proposta pela OMS, que subsidiaram o desenvolvimento do SISAGUA.

Para a execução e implementação do VIGIAGUA prevêem-se ações integradas com outros setores e instituições. O sistema de informação deverá prever o compartilhamento de informações e conhecimentos com outros sistemas sobre os fatores do que interfiram na saúde (BRASIL, 1998).

Em junho de 2003, foi instituída a Secretaria de Vigilância em Saúde, do Ministério da Saúde (SVS/MS), que assumiu as atribuições do Centro Nacional de Epidemiologia (CENEPI), até então localizado na estrutura da FUNASA. A partir de então, a Portaria nº. 1.469/2000 foi revogada, passando a vigorar a Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004). As ações relacionadas à implantação dessa Portaria, assim como a continuidade das ações destinadas à estruturação da vigilância da qualidade da água para consumo humano no país ficaram a cargo da SVS/MS, por meio da CGVAM.

A CGVAM vem estruturando o VIGIAGUA, em âmbito nacional, e vem coordenando o Programa Nacional da Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano. A estruturação do VIGIAGUA nas três esferas de governo (Federal, Estadual e Municipal) possibilitou identificar as necessidades para a implementação do Programa, tais como recursos humanos qualificados, materiais adequados, laboratórios de qualidade entre outros.

3.6 Vigilância e controle

Waldman (1998) alerta que não se deve confundir vigilância com ações de controle. Citando Langmuir (1971), o autor enfatiza que as ações de vigilância devem assumir um papel de “olhos e ouvidos da autoridade sanitária”, assessorando-a quanto à necessidade e à propriedade de medidas de controle. Ademais, ressalta o mesmo autor, *vigilância* não deve também ser entendida como sinônimo de *epidemiologia*, sendo esta, como ciência ou prática da saúde, bem mais ampla que a vigilância.

Devem-se ainda distinguir os termos vigilância e monitoramento. O termo monitoramento pode ser entendido como a realização e análise de mensurações, visando detectar mudanças no ambiente e/ou no estado de saúde da comunidade (LAST, 1988); por exemplo, a análise contínua de indicadores da qualidade de produtos de consumo humano e de riscos ambientais. A distinção entre vigilância e monitoramento residiria, por exemplo, no fato de que a vigilância acompanha o comportamento de eventos específicos adversos à saúde da comunidade, enquanto o monitoramento trabalha especificamente com indicadores, tais como de qualidade

ambiental; ou ainda, no entendimento de que a vigilância é uma aplicação do método epidemiológico, enquanto no monitoramento este vínculo não é obrigatório. Assim, de acordo com Waldman (1998), o monitoramento seria um instrumento da vigilância quando aplicado em um sistema de informações para agilizar as medidas de controle.

No “Consulation on Safe Drinking Water” promovido pela OPAS, em Washington, D.C. no período de 29 a 30 de janeiro de 1998, constatou-se a necessidade de conceituar os termos “Vigilância” e “Controle” de qualidade de água para consumo humano, haja vista a falta de compromisso, por parte dos países do continente americano, em promover e desenvolver programas de vigilância e controle de qualidade da água para consumo humano.

A Portaria nº. 518 (MS), de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004, p. 2), distingue controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, da seguinte forma:

Controle da qualidade da água para consumo humano – conjunto de atividades, exercidas de forma contínua pelo responsável pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção dessa condição;

Vigilância da qualidade da água para consumo humano – conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública para verificar se a água consumida pela população atende a esta norma e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana.

Diante das definições, percebe-se que o controle é de exclusiva responsabilidade dos responsáveis pela operação do sistema ou solução alternativa e a implantação da vigilância compete à autoridade de saúde.

Apesar de serem executadas por entidades distintas, as ações de vigilância e controle ganham igual destaque, como medidas complementares no sentido último de gerenciamento de riscos à saúde, garantindo a potabilidade da água consumida pela população.

3.7 Indicadores de qualidade da água

A água contém uma ampla variedade de constituintes que podem servir de indicadores nos programas de monitoramento da qualidade, avaliados sob os aspectos físicos, químicos e biológicos. A Tabela 4 lista alguns desses constituintes presentes na água.

Tabela 4 - Indicadores de qualidade da água

Parâmetros físicos	Parâmetros metálicos	Parâmetros inorgânicos não metálicos	Parâmetros orgânicos	Parâmetros biológicos e microbiológicos
Cor	Alumínio	Acidez	Demanda	Plâncton
Condutividade	Arsênico	Alcalinidade	bioquímica de	Macroinvertebrados
Odor	Bário	Boro	oxigênio (DBO)	Macrófitas
Sólidos	Berílio	Dióxido de carbono	Demanda química	Algas
Salinidade	Cádmio	Cloreto	de oxigênio (DBO)	Coliformes totais
Sabor	Cálcio	Cloro (residual)	Ácidos voláteis	Coliformes
Temperatura	Cromo	Cianeto	orgânicos	termotolerantes
	Cobre	Flúor	Carbono orgânico	Salmonela
	Ferro	Iodo	Halogênio orgânico	Protozoários
	Chumbo	Nitrogênio	Metano	Vírus
	Lítio	Oxigênio dissolvido	Óleos e graxas	Bactérias
	Magnésio	Ozônio	Pesticidas orgânicos	Fungos
	Manganês	pH	Fenóis	
	Merúrio	Fósforo	Surfactantes	
	Níquel	Silica	Tanino e lignina	
	Potássio	Sulfato		
	Selênio	Sulfeto		
	Prata	Sulfito		
	Sódio			
	Zinco			

Fonte: SANTOS et al. (2001)

A seleção dos indicadores de interesse depende do objetivo do estudo, investigação ou projeto, levando-se em consideração os usos previstos para o corpo

d'água e as fontes potenciais de poluição existentes na bacia hidrográfica. Os indicadores a serem considerados, podem ser selecionados de acordo com as fontes potenciais e ainda para atender determinada legislação, estabelecendo os padrões de qualidade que devem ser atendidos, como por exemplo, o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria nº. 518 (MS), os padrões de qualidade de águas superficiais estabelecidos pela Resolução nº. 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), dentre outros. As fontes potenciais de poluição podem ser identificadas através de um levantamento de uso do solo na bacia.

O indicador é definido como um valor agregado a partir de dados e estatísticas, transformados em informação para o uso direto dos gestores. Deste modo, podem contribuir para aprimorar o gerenciamento e a implementação de políticas de qualidade da água. Os indicadores permitem dar um valor agregado aos dados, convertendo a informação para uso direto. Tais dados, ao serem agregados e resumidos, produzem estatísticas, que são então analisadas e reapresentadas em forma de indicadores.

Um indicador, tanto pode ser, uma característica específica da água, podendo ser, física, química ou biológica, como por exemplo, oxigênio dissolvido, concentração de fósforo total, etc., como também, ser caracterizado por situações que venham a produzir efeitos sobre a saúde humana e o meio ambiente. Nesse sentido, apresentam-se como indicadores a intermitência do serviço de abastecimento, ausência de serviço público com rede, consumo per capita de água, entre outros.

A avaliação das águas de abastecimento é usualmente levada a efeito com base na densidade de organismos indicadores, no pressuposto de que há uma relação semi-quantitativa entre a mesma e a presença de microrganismos patogênicos.

Os coliformes, bastonetes gram-negativos da família *Enterobacteraceae*, são os indicadores biológicos mais comumente empregados ao estudo de qualidade de água (SILVA, 1999). Amplamente distribuídos na natureza se propagam com maior frequência na água, especialmente, os coliformes fecais, que têm tido grande atenção da saúde pública, por estarem associados a um elevado número de patologias isoladas em laboratórios de microbiologia clínica e virtualmente suspeitos da maioria das infecções intestinais humanas conhecidas. Além de infecções intestinais, organismos coliformes, podem estar envolvidos ou ter participação em

diversas outras patologias, como meningites, intoxicações alimentares, infecções urinárias e pneumonias nosocomiais (KONEMAN et al., 2001).

Organismos de origem fecal têm sido úteis para interpretar o grau de poluição fecal há aproximadamente, 70 anos (SOUZA, 1983). Estes indicadores são utilizados porque estão geralmente presentes nas fezes do homem e de outros animais de sangue quente. O indicador patogênico de origem fecal mais importante é a *Escherichia coli*, desprovida de vida livre no ambiente, quando presente na águas indica que o meio está contaminado por fezes (HOFSTRA; HUISINT VELD, 1988). Apesar de serem os mais usados para caracterizar a qualidade da água, os coliformes não são indicadores plenos da eficiência do tratamento de água e devem ser empregados com critérios e ressalvas. Vírus e protozoários são mais resistentes à desinfecção que os coliformes. Portanto, a simples ausência de coliformes não constitui garantia absoluta de potabilidade. A verificação da eficiência do tratamento depende de indicadores complementares, tais como a turbidez da água, a concentração de residual do desinfetante e até mesmo a determinação de outro constituinte, como o nitrato, que em concentrações acima de 10mg/l N-NO⁻³ (Portaria nº. 518/MS), (aproximadamente 45 mg/l NO⁻³), constitui-se num problema de saúde pública, pois pode ocasionar doenças como metahemoglobinemia (a síndrome do bebê azul) e especula-se que tenha fatores ligados ao câncer gástrico (USEPA, 1995, apud CABRAL, 2005).

Para implantação de planos de amostragem para a vigilância da qualidade da água, têm-se os indicadores sentinelas, que são de determinação mais simples e menos dispendiosa, possibilitando subsidiar atividades de rastreamento para alerta sobre riscos ligados ao fornecimento de água para consumo humano.

A Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância Ambiental em Saúde relacionada à qualidade da água para consumo humano estabelece como indicadores sentinelas os parâmetros *cloro residual livre* e *turbidez* (BRASIL, 2006). Haja vista a relação com a desinfecção da água pode-se ter como indicadores auxiliares os parâmetros *cloro residual combinado* e *pH*.

3.7.1 Cloro residual livre

Em contato com a água, o cloro é hidrolisado, formando os íons hidrogênio e cloreto e o ácido hipocloroso. Este ácido dissocia-se gerando íons hidrogênio e hipoclorito, conforme as reações:



O ácido hipocloroso é o principal responsável pela oxidação de materiais redutores, inclusive matéria orgânica, e a soma de sua concentração com a de hipoclorito é denominada cloro residual livre (OPAS, 1987; ROSSIN, 1987), que varia com a temperatura e o pH da água, sendo de importância vital na inibição do crescimento bacteriano. A Figura 1 representa a variação da concentração de cloro em função do pH e temperatura.

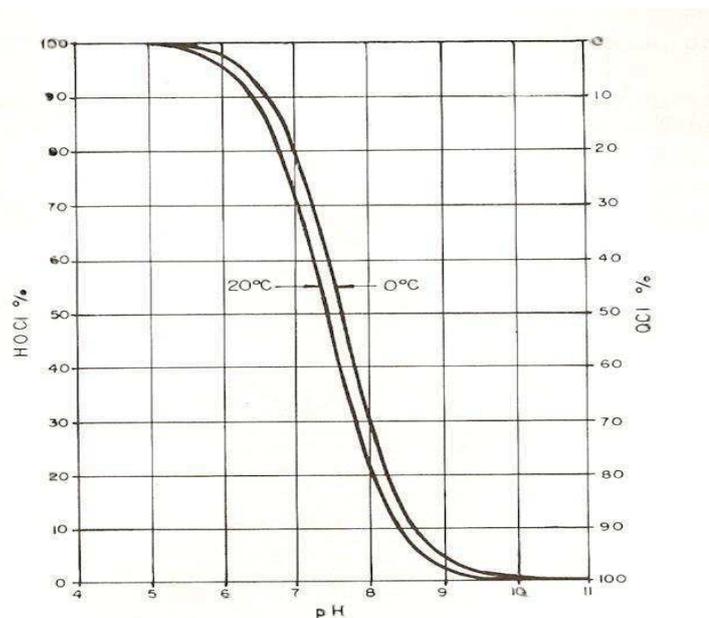


Figura 1 - Frações de cloro residual livre em função do pH e temperatura da água

Fonte: MORRIS (1951) apud WHO (2004)

O ácido hipocloroso (HOCl) tem ação bactericida bem mais forte que o íon hipoclorito (OCl⁻). A ação como desinfetante do ácido hipocloroso é cerca de 80 vezes mais efetivo que o íon hipoclorito (GRAY, 1996). A superioridade da eficiência de desinfecção do ácido hipocloroso em relação a outras formas de cloro é atualmente creditada não somente à sua forte capacidade de oxidação, mas também ao pequeno tamanho de sua molécula e sua neutralidade elétrica, que permitem uma rápida penetração nas células. A reduzida ação bactericida dos íons hipoclorito é relacionada à sua carga negativa, que provavelmente impede sua penetração na célula (FAIR; GEYER; OKUM, 1954 apud LAUBUSCH, 1971).

3.7.1.1 Significado do cloro residual livre como indicador sentinela

O cloro adicionado na última etapa do tratamento de água para consumo humano sofre um decaimento à medida que a água é transportada no sistema de distribuição, podendo resultar na diminuição da barreira de proteção contra a contaminação de natureza microbiológica. A diminuição da concentração do cloro residual livre deve-se à ocorrência de reações com diversas espécies orgânicas e inorgânicas presentes, quer na água transportada, quer na interface com os elementos físicos da tubulação.

A manutenção de um residual de cloro adequado é um dos principais instrumentos de controle da qualidade da água nos sistemas de transporte e distribuição de água.

A Portaria nº. 518 (MS) estabelece que, após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/l, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/l em qualquer ponto da rede de distribuição, recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos. O teor máximo de cloro residual livre, em qualquer ponto do sistema de abastecimento deve ser de 2,0 mg/l.

3.7.2 Turbidez

A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre da presença de material em suspensão, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (unidade Jackson ou nefelométrica).

Dentre os materiais que conferem turbidez à água, destacam-se a matéria sólida em suspensão (silte, argila, sílica, colóides), matéria orgânica e inorgânica finamente divididas, organismos microscópicos e algas. A origem desses materiais pode ser o solo (quando não há mata ciliar); a mineração (como a retirada de areia ou a exploração de argila); as indústrias; ou o esgoto doméstico, lançado no manancial sem tratamento.

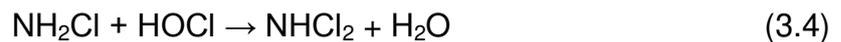
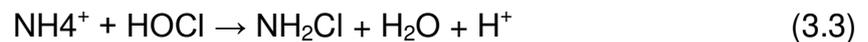
3.7.2.1 Significado da turbidez como indicador sentinela

Valores elevados de turbidez podem vir a prejudicar o processo de desinfecção no tratamento da água, em razão da maior demanda de cloro e proteção aos microrganismos patogênicos, dificultando o seu contato com o desinfetante aplicado. Na água filtrada, a turbidez assume a função de indicador sanitário e não, meramente estético. A remoção da turbidez mediante filtração indica a remoção de partículas em suspensão, incluindo cistos e oocistos de protozoários.

A Portaria nº. 518 (MS) estabelece que o valor máximo permitido seja de 1,0 UT para água subterrânea desinfetada e água filtrada após tratamento completo ou filtração direta. Para água resultante de filtração lenta o valor máximo permitido é 2,0 UT. Adota-se o valor de 5,0 UT como padrão de aceitação para consumo humano, ao longo da rede de distribuição de água.

3.7.3 Cloro residual combinado

Quando a água, contiver compostos amoniacais, a adição de cloro levará à formação de compostos clorados ativos, denominados cloraminas. O cloro presente sob a forma de cloraminas é denominado cloro residual combinado (OPAS, 1987; ROSSIN, 1987). O cloro sob a forma de ácido hipocloroso combina-se com o nitrogênio amoniacal, formando, subseqüentemente, monocloramina (NH_2Cl), dicloramina (NHCl_2) e tricloramina ou tricloreto de nitrogênio (NCl_3), de acordo com as reações abaixo.



A formação das espécies de cloraminas depende de uma variedade de fatores, tais como a proporção entre cloro e nitrogênio amoniacal, o tempo de contato, a temperatura e o pH.

A monocloramina e a dicloramina têm ação bactericida, ao contrário da tricloramina. A dicloramina apresenta, em certos casos, ação três vezes maior que a monocloramina. A maior ação bactericida é explicada pela baixa constante de hidrólise da monocloramina formando pouca quantidade de HOCl (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1991; SANTOS FILHO, 1985; CARSWELL et al., 1977).

3.7.4 pH

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a intensidade das condições ácidas ou básicas do meio líquido por meio da ação de íons hidrogênio (H^+). A concentração iônica é expressa em escala antilogarítmica, abrangendo a faixa de 0 a 14 (inferior a 7: condições ácidas; superior a 7: condições básicas). O valor do pH

influi na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias, favorecendo no potencial de toxicidade de várias substâncias químicas. A determinação do pH é uma das mais comuns e importantes no contexto da química da água. No campo do abastecimento de água o pH intervém na coagulação química, no controle da corrosão, no abrandamento e na desinfecção por cloro.

As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). Em águas de abastecimento, baixos valores de pH podem contribuir para sua corrosividade e agressividade, enquanto valores elevados aumentam a possibilidade da formação de incrustações.

O intervalo de pH recomendado para águas de abastecimento é estabelecido pela Portaria nº. 518 (MS) entre 6,5 e 9,5. Esse parâmetro objetiva minimizar os problemas de incrustação e corrosão das instalações hidráulicas e do sistema de distribuição, como também, garantir a estabilidade do cloro na água de abastecimento, a fim de obter um eficiente processo de desinfecção.

3.8 Planos de amostragem para vigilância da qualidade da água

São deveres e obrigações do Ministério da Saúde [...]: definir diretrizes específicas para o estabelecimento de um plano de amostragem a ser implementado pelos estados, Distrito Federal ou municípios, no exercício das atividades de vigilância da qualidade da água, no âmbito do sistema Único de Saúde – SUS (BRASIL, 2004, p. 3).

Segundo a Portaria nº. 518 (MS), cabe ao setor saúde no exercício das atividades de vigilância da qualidade da água, implementar um plano próprio de amostragem, consoante às diretrizes específicas elaboradas no âmbito do SUS.

Para a implantação de um plano de amostragem é primordial um planejamento centrado nas definições dos pontos de coleta, número e frequência de amostras e variáveis a serem analisadas, com a finalidade de se conseguir um diagnóstico da qualidade da água, de maneira representativa da realidade da região analisada.

O excesso ou insuficiência de dados acarretam desperdício de tempo e de recurso financeiro. Um plano de amostragem inadequado pode fazer com que se obtenham dados, mas não assegura que estes dados se traduzam em informações úteis. Não tem sentido a implementação rotineira de um programa incapaz de prestar a informação desejada.

Na elaboração de um plano de amostragem, devem-se levar em consideração os seguintes aspectos (BRASIL, 2006):

- mapa do município em escala adequada, de preferência cadastral, que facilite a visão da distribuição espacial da população;
- planta do sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água (manancial, estação de tratamento, reservatórios de distribuição, rede de distribuição, zonas de pressão, entre outras);
- planta do sistema de coleta de esgotos (rede coletora, pontos de lançamento, estações de tratamento, entre outras);
- população abastecida por rede de água;
- população atendida por rede de esgoto;
- relatório de inspeção sanitária do sistema, solução alternativa coletiva e individuais de abastecimento de água;
- resultados das análises do controle da qualidade da água para consumo humano realizadas pelos responsáveis pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento;
- dados ambientais de riscos e perigos de contaminação na água de consumo humano (esgotos sanitários, resíduos sólidos, efluentes industriais, áreas contaminadas, áreas sujeitas a inundações, secas, entre outras.);
- distribuição espacial e temporal de casos e surtos das doenças de veiculação hídrica;
- dados sobre a localização das obras e manutenção da rede de abastecimento e zonas de intermitência de água;
- localização das instituições que abriguem população considerada mais vulnerável, tais como escolas, hospitais, serviços de saúde, serviços de hemodiálise, creches, asilos ou outras que, pelo seu tipo ou porte, abasteçam grande quantidade de pessoas, tais como centros comerciais, terminais de passageiros, locais de realização de eventos, entre outras;

- localização e caracterização das fontes alternativas utilizadas regularmente para abastecimento de água pela população.

A possibilidade de implantação de tecnologias SIG para auxiliar no mapeamento de potenciais zonas de risco é outro fator de grande valia no sentido de elaborar um plano de amostragem para a vigilância da qualidade da água. Informações dessa natureza possibilitam a identificação de pontos nos quais não se pode negligenciar um acompanhamento mais rigoroso da qualidade da água, por exemplo, de sistemas coletivos sem rede de distribuição domiciliar, como poços, chafarizes e açudes. A ausência de serviço público com rede, por si só, já é um indicador de que essa parcela da população está exposta a riscos.

A caracterização do armazenamento, da pressão, do volume de água distribuída, da intermitência, etc. poderão auferir informações que indiquem a existência de áreas de risco, merecendo atenção das equipes envolvidas no controle e vigilância da água (GALVÃO et al., 1998).

Em particular, a intermitência do serviço de abastecimento merece atenção especial, pois pode interferir significativamente na qualidade da água por problemas de subpressão e contaminação na rede, além de induzir à busca de fontes de suprimento alternativo, alimentando, por exemplo, a “indústria de carros-pipa” (BRASIL, 2006).

Em resumo, os planos de amostragem tratam de cadastrar e mapear o abastecimento e o consumo de água, cujo detalhamento dependerá, obviamente, dos recursos locais, humanos e materiais disponíveis tanto no setor de saúde, quanto nas fontes de informações (prestador de serviços, órgãos ambientais, etc.).

3.8.1 Definição de pontos de amostragem

Na escolha de pontos de coleta para análise da qualidade da água é importante observar a representatividade das amostras, objetivando a obtenção de informações do abastecimento e consumo de um sistema de distribuição. Nesse sentido, para a definição dos pontos de coleta, se faz necessária a adoção de critérios relacionados à abrangência espacial do sistema, como também a

identificação de pontos estratégicos; tais como locais onde há grande circulação de pessoas, como terminais rodoviários, edifícios que abrigam grupos populacionais de risco (hospitais, creches, asilos, etc.), locais com sistemáticas notificações de agravos à saúde, possivelmente associados a agentes de veiculação hídrica e trechos mais vulneráveis do sistema de distribuição; como pontas de rede, pontos de queda de pressão, locais sujeitos à intermitência de abastecimento, reservatórios e locais afetados por manobras realizadas na rede. Na Tabela 5 são mostrados alguns critérios para a definição dos pontos de amostragem para a vigilância da qualidade da água.

Tabela 5 - Critérios para escolha dos pontos de amostragem

Critério	Pontos de amostragem
Distribuição geográfica	Saída do tratamento ou entrada no sistema de distribuição
	Saída de reservatórios de distribuição
	Pontos na rede de distribuição: <ul style="list-style-type: none"> • rede nova e antiga • zonas altas e zonas baixas • pontas de rede
	Áreas mais densamente povoadas
	Pontos não monitorados pelo controle: <ul style="list-style-type: none"> • soluções alternativas • fontes individuais no meio urbano • escolas na zona rural
Locais estratégicos	Áreas com populações em situação sanitária precária
	Consumidores mais vulneráveis (hospitais, escolas, creches, etc.)
	Áreas próximas a pontos de poluição (indústrias, lixões, pontos de lançamento de esgoto, cemitérios, etc.)
	Áreas sujeitas à pressão negativa na rede de distribuição
	Pontos em que os resultados do controle indiquem problemas recorrentes
	Soluções alternativas desprovidas de tratamento, de rede de distribuição ou sem identificação de responsável
	Veículo transportador
	Áreas que, do ponto de vista epidemiológico, justifiquem atenção especial (por exemplo, ocorrência de doenças de transmissão hídrica)

Fonte: BRASIL (2006)

3.8.2 Freqüência e número de amostras

A Portaria nº. 518 (MS) não detalha planos de amostragem a serem seguidos pelos responsáveis pela vigilância da qualidade da água para consumo humano. Cada município deverá definir seu plano de amostragem relacionado à vigilância, em conformidade com a quantidade e a freqüência definida nessa Portaria. Caberá aos estados orientarem e aprovarem o plano de amostragem dos municípios e cada município ou até mesmo o estado deverá alimentar o banco de dados na tabela básica do SISAGUA.

Em geral, as informações sobre qualidade de água referem-se a um período (horário, diário, semanal, mensal, etc.) durante o qual esta qualidade pode variar. Por isso, a periodicidade da amostragem deve ser estabelecida de forma que as análises mostrem as variações, de natureza aleatória ou sistemática, que ocorrem na qualidade da água. A freqüência com que são coletadas as amostras deve ser estabelecida com o objetivo de se obter as informações necessárias com o menor número possível de amostras, levando em conta o aspecto custo-benefício. Os resultados analíticos devem reproduzir a variação espacial e temporal da qualidade da água amostrada. A coleta de amostras pontuais, não distribuídas de modo a contemplar as variações sazonais da qualidade da água, produz informação incompleta e conduz a erros.

Para implantação da monitoração da vigilância da qualidade da água e outras ações relacionadas à vigilância é necessário considerar os recursos existentes como rede de laboratórios, recursos humanos qualificados, respaldo financeiro, facilidades de transportes, entre outras.

O número mínimo de amostras deverá ser calculado em função do indicador a ser analisado e da população total do município para as diversas formas de abastecimento de água, conforme as Tabelas 6 a 9. Cabe ao setor saúde definir o número de amostras a serem coletadas das diversas formas de abastecimento, em função dos resultados da análise e de outras características (se a água é submetida a tratamento ou não, tamanho da população abastecida, existência de consumidores vulneráveis, entre outras).

Tabela 6 - Número mínimo mensal de amostras para a vigilância da qualidade da água para consumo humano, para fins de análise de cloro residual livre e turbidez, em função do tipo da população total do município

Parâmetro	Tipo de manancial	População total do município					
		<5.000 hab.	5.001 a 10.000 hab.	10.001 a 20.000 hab.	20.001 a 50.000 hab.	50.001 a 100.000 hab.	> 100.000 hab.
CRL e turbidez	Superficial ou subterrâneo	10	14	18	25	36	53

Fonte: BRASIL (2006)

Tabela 7 - Número mínimo mensal de amostras para a vigilância da qualidade da água para consumo humano, para fins de análise química de fluoreto, em função do tipo da população total do município

Parâmetro	Tipo de manancial	População total do município					
		<50.000 hab.	50.001 a 100.000 hab.	100.001 a 1.000.000 hab.	1.000.001 a 2.000.000 hab.	2.000.001 a 10.000.000 hab.	> 10.000.000 hab.
Fluoreto	Superficial ou subterrâneo	5	10	18	27	54	68

Fonte: BRASIL (2006)

Tabela 8 - Número mínimo mensal de amostras para a vigilância da qualidade da água para consumo humano, para fins de análise bacteriológica, em função do tipo da população total do município

Parâmetro	Tipo de manancial	População total do município				
		<10.000 hab.	10.000 a 20.000 hab.	20.0001 a 50.000 hab.	50.001 a 100.000 hab.	>100.000 hab. 50.001 a
Coliformes Totais	Superficial ou subterrâneo	10	18	25	36	40

Fonte: BRASIL (2006)

Tabela 9 - Número mínimo anual de amostras para a vigilância da qualidade da água para consumo humano, para fins de análise de agrotóxicos e mercúrio

Parâmetro	Tipo de manancial	Número de amostras ¹
Agrotóxicos e mercúrio ²	Superficial ou subterrâneo	2

Fonte: BRASIL (2006)

Notas: ¹Para os parâmetros agrotóxicos e mercúrio definiu-se a realização de 1 (uma) amostra semestral independente da população total do município.

²Para os demais parâmetros, a frequência é a mesma.

3.8.3 Variáveis a serem analisadas

As variáveis analisadas em um programa de vigilância de qualidade da água devem ser de uso comum e geral, permitindo aos gestores do setor saúde conhecer as vulnerabilidades sanitárias dos sistemas de abastecimento de água, alertando aos prestadores de serviços de saneamento, quanto a eventuais fatores de riscos e impactos que as ações de saneamento, ou a falta delas, têm na saúde humana.

O SISAGUA vem contemplando os seguintes parâmetros para averiguação da qualidade da água: colimetria, turbidez e cloro residual, por constituírem indicadores fundamentais e de análise rotineira da qualidade microbiológica da água; fluoreto por ser o flúor uma substância de incorporação obrigatória à água e por seu significado de saúde, seja por deficiência, seja por excesso; agrotóxicos e mercúrio, por representarem, dentre as substâncias químicas que compõem o padrão de potabilidade, aquelas de mais fácil “cruzamento” com indicadores epidemiológicos disponíveis (intoxicação por mercúrio e agrotóxicos) (BRASIL, 2006).

Dependendo da capacidade instalada do município pode-se pensar na inclusão de outras variáveis, também de interesse imediato de saúde, tais como a contagem de bactérias heterotróficas, entre outros, de acordo com a necessidade e realidade do município.

Com relação aos demais parâmetros de avaliação da qualidade previstos na legislação (por exemplo, substâncias químicas orgânicas e inorgânicas, trihalometanos e agrotóxicos), considerando sua especificidade e custo de análise, a vigilância deverá estar atenta ao cumprimento da legislação por parte dos

responsáveis pelo controle de qualidade da água, incluindo a realização das análises e o envio de relatórios periódicos, e proceder à devida sistematização e interpretação dos resultados. Entretanto, a pesquisa de alguma outra variável específica por parte da vigilância, pode ser necessária, por exemplo, quando da ocorrência de acidentes ou de indícios de agravos à saúde associados à presença de uma determinada substância na água (BRASIL, 2006).

3.8.4 Métodos de amostragem laboratorial

Os métodos de amostragem utilizados para a monitoração das variáveis de qualidade da água deverão estar em acordo com as normas nacionais ou na falta destas as estabelecidas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater da American Public Health Association (APHA) American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF) ou de normas publicadas pela International Standardization Organization (ISSO), entre outras metodologias.

3.8.5 Vigilância da qualidade da água para consumo humano

Com a definição de um plano de amostragem, a implantação de programas de vigilância da qualidade da água para consumo humano poderá ser executada, visando os seguintes aspectos (BRASIL, 2006):

- avaliar a qualidade da água consumida pela população ao longo do tempo;
- subsidiar a correlação entre agravos à saúde e situações de vulnerabilidade;
- identificar pontos críticos/vulneráveis (fatores de risco) em sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento;
- identificar grupos populacionais expostos a situações de risco;
- monitorar a qualidade da água fornecida pelos responsáveis pelo controle;

- avaliar a qualidade da água consumida pela população não atendida pelos sistemas ou soluções alternativas coletivas;
- avaliar a eficiência do tratamento da água;
- avaliar a integridade do sistema de distribuição;
- orientar os responsáveis pela operação dos sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água na medida em que não-conformidades forem detectadas para a tomada de providências imediatas;
- orientar as medidas preventivas, tais como proteção de mananciais, otimização do tratamento, manutenção dos sistemas de distribuição, entre outras.

O programa de vigilância da qualidade da água para consumo humano tem por objetivo geral desenvolver ações de acompanhamento sistemático de eventos adversos à saúde, com o propósito de aprimorar as medidas de controle, garantindo à população o acesso à água em quantidade suficiente e qualidade compatível com o padrão de potabilidade estabelecido na legislação vigente.

Para o desenvolvimento pleno de um programa de vigilância da qualidade da água para consumo humano é importante dispor de um banco de dados que alimente um sistema de informações capaz de fornecer subsídios à definição de diretrizes gerais, ações de planejamento, alocação de recursos e avaliação de desempenho.

3.8.6 A vigilância da qualidade da água nos municípios brasileiros

Em um levantamento recente realizado por Bezerra et al. (2004), no ano de 2003, foi constatado que 78% dos estados e o Distrito Federal alimentaram o banco de dados do SISAGUA com informações sobre os sistemas de abastecimento, que, por sua vez, recebiam informações dos municípios. Entretanto, somente 19% dos estados realizaram avaliações sistemáticas da vigilância da qualidade da água, visando à redução da morbimortalidade das doenças de veiculação hídrica. Nesse mesmo levantamento, foi possível concluir que a Portaria nº. 518 (MS) encontrava-se parcialmente implantada nas unidades da federação, necessitando um maior

empenho em todos os níveis de governo para que as ações da vigilância da qualidade da água para consumo humano realmente se efetivassem. A Figura 2 mostra a situação da região nordeste quanto a informações de atividade de cadastro, controle e vigilância da qualidade da água no banco de dados do SISAGUA.

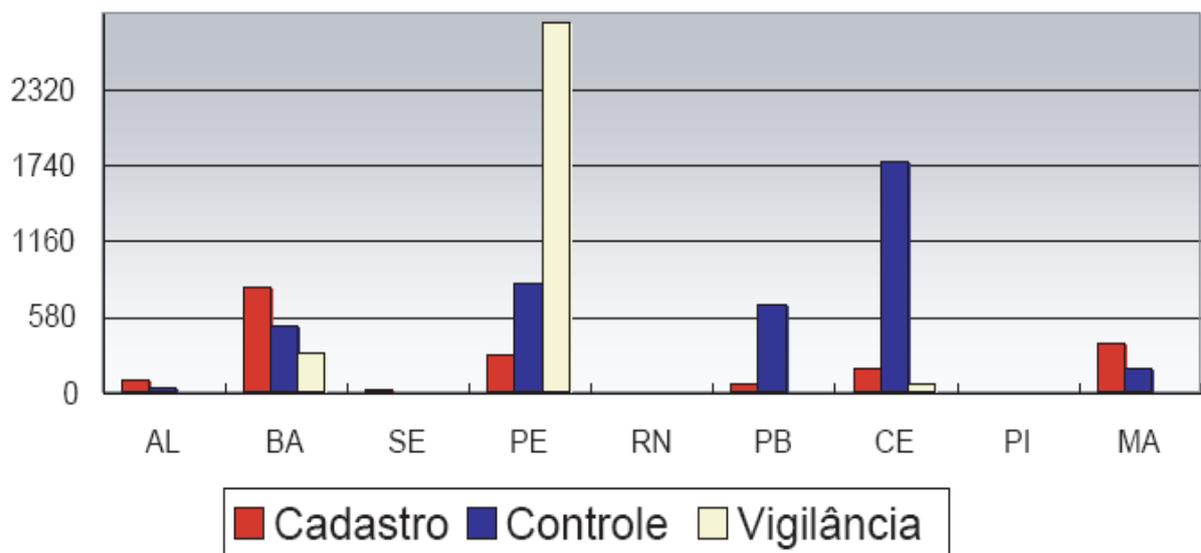


Figura 2 - Quantitativos de dados referentes a cadastro, controle e vigilância da região nordeste obtidos no SISAGUA no ano de 2002

Fonte: PEREIRA et al. (2002)

Na região nordeste, a exceção dos estados de Pernambuco e Bahia, as ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano ainda são incipientes e deficitárias, situação explicada pelo atual estágio da estruturação da vigilância ambiental em saúde relacionada à qualidade da água para consumo humano, em que as ações são executadas de forma pontual pelos estados e municípios, diante de uma estrutura física inadequada (carro, equipamentos, espaço físico, acesso a Internet, etc.); recursos humanos sem capacitação adequada; falta de acompanhamento sistemático das atividades de vigilância da qualidade da água para consumo humano por parte do setor saúde e ausência de laboratórios de baixa complexidade instalados nas regionais ou municípios para a realização das análises de água.

Diante da importância dos programas de vigilância da qualidade da água, no sentido de avaliar os riscos dos sistemas públicos de abastecimento e as condições de potabilidade da água, a FUNASA vem investindo em capacitação, publicação de material instrucional e assessoria técnica aos estados e municípios. Dessa maneira, alguns municípios brasileiros têm desenvolvido, por meio de suas secretarias de saúde, trabalhos relacionados à vigilância da qualidade da água para consumo humano. Neste contexto, destaca-se as ações implementadas pelo município de Salvador, capital do estado da Bahia, em que a Vigilância vem realizando um trabalho mais sistemático, dando prioridade à área do Subúrbio Ferroviário devido à vulnerabilidade do sistema de abastecimento de água naquela região. No ano de 1997, a Vigilância analisou 233 amostras de água procedentes da rede de distribuição dos sistemas de suprimento de água de Salvador. Das amostras em inconformidade com o padrão ou impróprias ao consumo, 29% se referiam à presença de conformes fecais, ao passo que, 71% indicavam presença de coliformes totais acima dos valores limites de tolerância permitidos. Os resultados das análises físico-químicas da água mostraram que 63% das amostras atendiam ao padrão de qualidade. Os parâmetros de cor, turbidez e ferro se encontravam fora dos limites estabelecidos em 36% das amostras. Os trabalhos de Lima e outros (1996) ao estudar a qualidade físico-química da água da cidade do Salvador, no período de 1992 e 1994, em 74 bairros, revelaram o comprometimento da qualidade da água fornecida à população. Das 326 amostras analisadas do ponto de vista físico-químico, 12,5% estavam em desacordo com os padrões admitidos para cor, turbidez e pH (apenas uma). Dos 74 bairros avaliados 29,7% apresentaram amostras fora dos padrões, independente da faixa de renda da população.

No município de Vitória, capital do estado do Espírito Santo, Silva e outros (2007) monitoraram pontos localizados na rede de distribuição da concessionária de água, totalizando 30 (trinta) pontos de amostragem distribuídos no município, no período de 2003 a 2006. Os pontos de coleta de amostras de água foram selecionados considerando a sua representatividade em função de locais onde existem populações sob riscos, seja em virtude de baixas condições sócio-econômicas, e/ou instaladas em regiões sujeitas à intermitência no fornecimento de água. Foi observado um percentual total de 9,2% para valores de CRL abaixo do mínimo permitido pela legislação (0,2 mg/l) e um percentual total de 3,1% para valores de CRL acima do máximo recomendado pela legislação (2,0 mg/l).

Outro relevante trabalho foi desenvolvido no sistema de abastecimento público da região de Campinas (SP) por Freitas et al. (2002). Foram analisadas, pelas as equipes da vigilância sanitária, com pontos de amostragem pré-definidos, em conformidade com legislação vigente, amostras de águas de abastecimento público da região de Campinas, entre os anos de 1991 e 1999, procedentes da rede pública de abastecimento (água tratada, 90%), de poços e de nascentes (água não tratada, 10%). Das 8.174 (90%) amostras de água analisadas que sofreram tratamento convencional, 41% estavam em desacordo com a legislação vigente. Das 519 (6%) amostras provenientes de nascentes, o índice de condenação foi de 14%, e das 385 (4%) de poços, 7,1% em desacordo. Assim, do total das amostras analisadas (9.078), verificou-se que 3.414 (38%) amostras estavam em desacordo com a legislação devido a pelo menos um dos parâmetros analisados. Das 8.279 amostras analisadas quanto ao teor de cloro residual, observou-se que 2.430 (29%) estavam em desacordo com os padrões de potabilidade vigente. Este dado pode ser considerado significativo, uma vez que é notória a eficiência da cloração na redução de doenças veiculadas pela água. Devido a importância comprovada da presença deste agente bactericida em teores adequados na água de consumo humano, ressalta-se que no início da década de 90 o país vivenciou a possibilidade de uma epidemia de cólera, o que resultou na elevação do teor mínimo de cloro residual na rede de abastecimento público de 0,2 para 0,5 ppm no estado de São Paulo, como uma medida emergencial de saúde pública. No tocante aos parâmetros cor e turbidez, estes apresentaram índices de condenação de 5,3 e 3,2%, respectivamente. Numa primeira análise pode-se considerar esses valores baixos, porém deve-se salientar que a presença de cor e turbidez compromete diretamente as características organolépticas da água e, portanto, a satisfação do consumidor e a idoneidade do produtor. Das 8.483 amostras analisadas, 606 (7%) foram condenadas pelo parâmetro pH.

A partir dos resultados obtidos em trabalhos dedicados à vigilância da qualidade da água para consumo humano, percebe-se que o monitoramento sistemático das águas de abastecimento público é bastante importante como medida de saúde pública no sentido de permitir a prevenção de doenças de veiculação hídrica.

3.9 Sistemas de abastecimento de água potável

Os sistemas de abastecimento de água têm por objetivo a prestação de um serviço público fundamental para a saúde e o bem estar das populações, que consiste em satisfazer as necessidades das comunidades em termos de fornecimento de água.

Num sistema clássico de abastecimento podem considerar-se diversas infra-estruturas, desde a origem da água até ao local de consumo. Em geral, os sistemas de abastecimento são compostos por unidades de captação, de elevação, de tratamento, de adução, de armazenamento e de distribuição.

A norma NBR 12.211 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (1989) trata dos estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Segundo essa norma, *estudos de concepção* é um estudo de arranjos, sob o ponto de vista qualitativo e quantitativo, das diferentes partes de um sistema, organizadas de modo a formarem um todo integrado, visando à melhor solução sob o ponto de vista técnico, econômico, financeiro e social.

A fase inicial para implantação de um sistema de abastecimento corresponde ao seu planejamento, fase em que ele é imaginado em termos gerais, tendo em conta, por um lado, o suporte físico em que se vai inserir e, por outro, os objetivos que dele se pretendem. Em seguida, tem-se a fase de elaboração do projeto, em que se detalha e especifica o sistema idealizado na fase anterior. Essa fase é constituída por diversas etapas, compreendendo o estudo de concepção, anteprojeto, projeto básico e projeto de execução. Efetivada a construção do sistema, segue a sua exploração, que compreende a operação e a manutenção, permitindo colocá-lo ao serviço da população a que se destina, e cuja duração se pretende que seja tão longa quanto possível. Se nenhuma outra intervenção se fizer, o envelhecimento natural e inevitável do sistema e/ou eventualmente o envelhecimento acelerado resultante de planejamento, projeto, construção ou exploração inadequados tenderá gradualmente a dificultar e mesmo a impossibilitar o cumprimento dos seus objetivos, conduzindo a prejuízos em termos de quantidade e qualidade da água fornecida.

A equipe necessária para bem conduzir um empreendimento de abastecimento de água, especialmente os de maior porte e de maior complexidade,

deve ser necessariamente multidisciplinar. Como referência, Okun e Ernst (1987) defendem que um projeto de abastecimento de água requer contribuições de pessoas com conhecimento e experiência em diversos campos, tais como demógrafo, topógrafo, hidrólogo, engenheiro civil e sanitário, economista, especialistas em saúde pública e geólogos.

Os agentes envolvidos no abastecimento de água são, em geral, as próprias entidades gestoras, que podem ser públicas, privadas ou mistas, destinadas a gerir os sistemas de abastecimento de água; a administração, responsável pelo planejamento geral e pela definição das políticas do setor ao nível nacional, regional e local; as entidades reguladoras, responsáveis por verificarem o cumprimento da legislação em vigor; as entidades financiadoras, orientadas para o financiamento dos investimentos necessários, uma vez que a indústria da água é um setor capital-intensivo; os prestadores de serviço, que preenchem as lacunas e carências de capacidade própria das entidades gestoras e a população, que mantém uma relação contratual com a entidade gestora ou que, não a tendo, podem ser afetados por ela.

3.9.1 Caracterização dos riscos de um sistema de abastecimento de água

Para assegurar a potabilidade da água para consumo humano fornecida por um sistema de distribuição nos termos definidos pela Portaria nº. 518 (MS) é essencial que a concepção, o projeto, a construção e, sobretudo, a manutenção e operação dessas unidades sejam desenvolvidas com a preocupação de minimizar riscos à saúde.

O primeiro passo na concepção de um sistema de abastecimento de água é a escolha de um manancial que atenda às necessidades da população em termos de quantidade e qualidade. Nesse sentido, é fundamental a preservação das áreas em torno dos mananciais, visando uma melhor qualidade da água e menor complexidade no seu tratamento, evitando gastos exorbitantes na elaboração de um sistema de abastecimento de água.

As principais fontes de risco nas unidades de um sistema de distribuição são os reservatórios. Segundo a FUNASA (2001), os reservatórios são sempre um ponto fraco no sistema de distribuição de água. Para evitar sua contaminação, é

necessário que sejam protegidos com estrutura adequada, tubo de ventilação, impermeabilização, cobertura, sistema de drenagem, abertura para limpeza, registro de descarga, ladrão e indicador de nível, sempre prevendo lavagens periódicas.

Geralmente, entre o tratamento e o consumo, são interpostos reservatórios de distribuição, os quais cumprem as seguintes finalidades: atender às variações de consumo na rede de distribuição ao longo do dia; proporcionar a continuidade no abastecimento da população em caso de paralisação da produção de água; manter pressões adequadas na rede de distribuição; garantir uma reserva estratégica para o combate a incêndios.

A localização topográfica dos reservatórios de distribuição estabelece as condições de pressão na rede. Pressões excessivas podem provocar vazamentos e, até mesmo, a ruptura de canalizações e conexões, o que resulta em perdas e desperdícios de água, além de riscos de contaminação na rede. Por outro lado, pressões insuficientes podem levar à descontinuidade do abastecimento em pontos de consumo distantes e/ou elevados, o que, adicionalmente, pode gerar condições de subpressão na rede e provocar a contaminação da água tratada. Portanto, os reservatórios devem ser estrategicamente localizados de forma a manter o funcionamento da rede de distribuição entre pressões estáticas máximas e pressões dinâmicas mínimas. As pressões estáticas máximas referem-se ao nível do eixo da via pública, em determinado ponto da rede, sob condição de consumo nulo e com ocorrência do nível máximo de água no respectivo reservatório de distribuição, já as pressões dinâmicas mínimas referem-se ao nível do eixo da via pública, em determinado ponto da rede, sob condição de utilização no dia e hora de maior consumo e com a ocorrência do nível mínimo de água no respectivo reservatório de distribuição.

Por vezes, em função da escala do sistema de distribuição ou das condições topográficas, faz-se necessário mais de um reservatório, sendo cada um responsável pela garantia da adequada pressurização nas respectivas zonas de pressão. No Brasil, a NBR 12.218 da ABNT (1994) estabelece em 100 kPa (aproximadamente 10 m.c.a.) a pressão dinâmica mínima em redes públicas de distribuição de água, e em 500 kPa (aproximadamente 50 m.c.a.) a pressão estática máxima.

Os perigos associados à reservação são (BRASIL, 2006):

- insuficiência de reserva para atender às variações horárias de consumo;
- insuficiência de adequada pressurização da rede de distribuição;
- material impróprio ou inadequado utilizado na construção dos reservatórios;
- reservatórios em mau estado de conservação, apresentando fendas e/ou falta de cobertura apropriada;
- reservatórios com sistemas de ventilação e extravasores que não evitem a entrada de pássaros, poeira, chuvas, insetos, etc.;
- aberturas na inspeção, tampas de tipo raso e tampas ou buracos de inspeção que permitem penetração de águas pluviais no reservatório ou unidade de armazenamento;
- drenos dos reservatórios descarregando nos esgotos ou em águas de superfície, favorecendo refluxos;
- hastes de registros não protegidas atravessando a cobertura do reservatório;
- negligência na limpeza periódica dos reservatórios, em especial após serviços de construção e reparos;
- negligência no controle da qualidade da água no interior dos reservatórios;
- inadequação de medidas de segurança, proteção e controle do acesso às instalações de reservação.

Usualmente, os projetos dos reservatórios de abastecimento enfatizam essencialmente a integridade estrutural, os aspectos funcionais e estéticos, a distância aos centros de consumo, entre outros. As questões associadas à qualidade da água nos reservatórios são usualmente tratadas como itens de importância secundária, resumindo-se à manutenção dessas unidades.

A respeito do sistema distribuidor, as canalizações de água devem, sempre que possível, ser assentadas em valas situadas a mais de três metros de distância da rede coletora de esgotos. Nos cruzamentos, a distância vertical deve ser superior a 1,8 metros. Caso esses limites não possam ser seguidos, devem ser tomados cuidados especiais para a proteção da canalização de água para que não haja contaminação, tais como o revestimento dos condutos de esgotos com concreto.

No assentamento de novas tubulações ou em caso de reparos das existentes, deve-se cuidar da desinfecção destas com uma solução concentrada de cloro (50

mgCl₂/l) durante 24 horas. A solução deve ser descarregada após esse período e as canalizações enchidas com água limpa. Devem ser feitos exames bacteriológicos para controlar essa operação.

Na operação das redes de distribuição, os vazamentos constituem um dos principais fatores intervenientes nas perdas do sistema de abastecimento. Considera-se vazamento toda água que é perdida no sistema, para a qual não há possibilidade de medição e cobrança. Teoricamente é possível construir um sistema absolutamente estanque, mas não é o que realmente ocorre com o decorrer do tempo, principalmente em razão das juntas mal executadas. Além da perda de receita do sistema de abastecimento, os vazamentos podem facilitar a entrada de água contaminada no interior da tubulação. Mesmo em sistemas continuamente sob pressão, há a possibilidade de ocorrência de pressões negativas e a conseqüente entrada de água do subsolo para a tubulação. Nas cidades, essa água é geralmente comprometida pelos vazamentos das galerias de esgotos e águas pluviais e pelas infiltrações da superfície. As pressões negativas podem ainda ocorrer pela descontinuidade de pressão decorrente do fechamento de válvulas para manutenção ou pelo subdimensionamento de tubulações, acarretando elevação da perda de carga na rede. Tais interrupções no abastecimento explicam a freqüente adoção de reservatórios domiciliares no país.

Ainda que menos freqüente, outro grave problema na operação e na manutenção das redes está relacionado com as rupturas dos condutos. A ruptura na rede pode ter como conseqüência a paralisação total ou parcial do abastecimento na região, além da contaminação. Todavia, em função do traçado da rede, se a linha rompida não estiver separada por registros em suas ligações, haverá necessidade de uma manobra maior, afetando regiões ainda maiores do sistema.

A ruptura de um conduto principal pode acarretar um prejuízo a toda uma região ou bairro. No caso de alguma linha de grande diâmetro e alta pressão, a correção do problema pode abrir grande escavação, afetando as construções próximas ao local. Caso a construção da rede pluvial na área não tenha sido muito eficiente, há também o risco de inundação de grande área enquanto é feito o esvaziamento da linha. Pode ocorrer também que, ao serem fechados os registros, ocorra uma onda de balanço na linha, de grande velocidade, provocando um golpe de aríete, o que pode causar até outra ruptura.

Com o passar do tempo, um problema que pode vir a ocorrer refere-se à redução da capacidade de escoamento das canalizações, provocadas por incrustações que promovem a diminuição da seção útil dos tubos.

Diante do exposto, as principais dificuldades em termos de qualidade da água enfrentadas pelas companhias de abastecimento público são (BRASIL, 2006):

- a qualidade cada vez mais comprometida dos mananciais de abastecimento (necessidade de, cada vez mais, aumentar a complexidade do tratamento);
- o aumento da demanda de água maior que a capacidade de investimentos para suprir as necessidades (risco de distribuir água com qualidade duvidosa, devido à produção acelerada para não faltar água);
- reservatórios em número e capacidade insuficientes para atender a demanda (risco de falta de água);
- dificuldade em manter as redes de distribuição de água com pressão positiva 100% (risco de ocorrerem infiltrações e no retorno da água apresentar cor, sujidades e contaminações);
- redes de abastecimento antigas (maior perda com vazamentos e aumento de cor e sedimentos);
- falta de descargas periódicas em pontas de rede (aumento de sedimentos depositados que pode comprometer a qualidade da água);
- juntas e conexões com imperfeições (perdas de água tratada e risco de ocorrerem infiltrações quando ocorre pressão negativa que pode contaminar a rede de distribuição).

4.0 O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE CAMPINA GRANDE

4.1 Descrição do sistema de abastecimento

A Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA) é a responsável pela administração, captação, tratamento e distribuição de água para a cidade de Campina Grande-PB. O sistema de abastecimento de água é integrado e abastece, além de Campina Grande, as sedes municipais de Barra de Santana, Queimadas, Caturité, Pocinhos e Lagoa Seca, além dos distritos de Galante e São José da Mata, com projeção de abastecimento para as cidades de Matinhas e Alagoa Nova.

A cidade de Campina Grande ($7^{\circ} 13' 50''$ Sul $35^{\circ} 52' 52''$ Oeste) localiza-se no interior do estado da Paraíba, no Agreste Paraibano, na parte oriental do Planalto da Borborema a uma altitude média de 552 m acima do nível do mar (Figura 3). A sede do município de Campina Grande cuja área abrange 620,63 km² possui uma população de 381.422 habitantes e uma densidade demográfica de 614 hab/km² (IBGE, 2008).

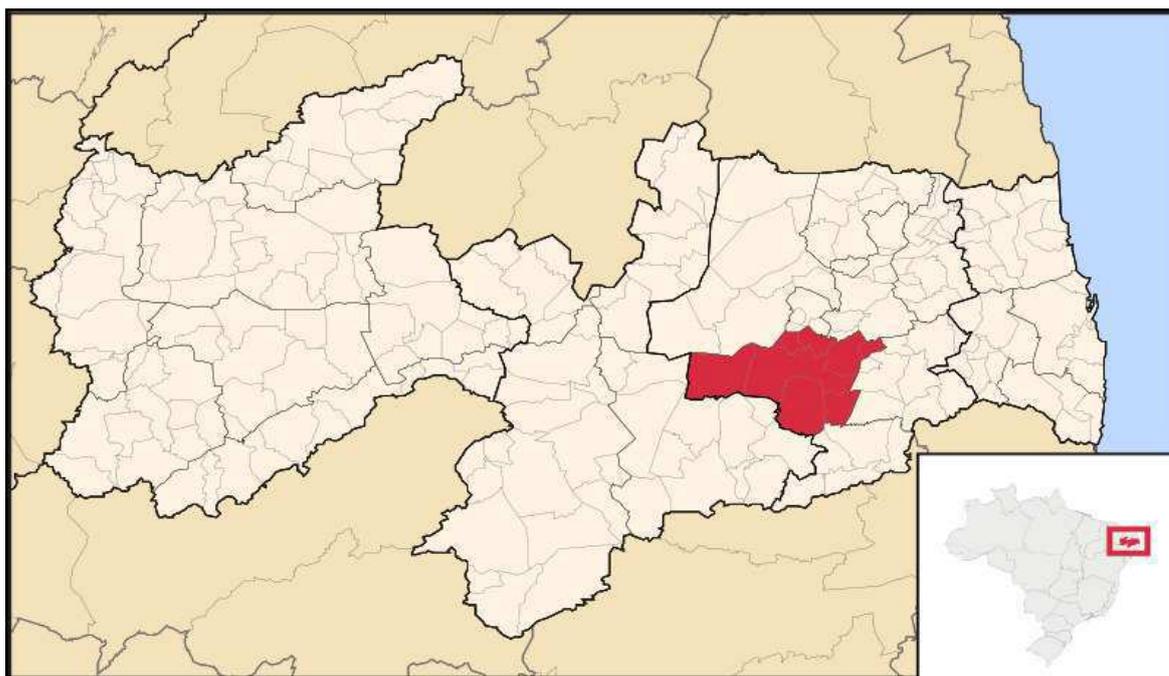


Figura 3 - Localização geográfica da cidade de Campina Grande - PB

O manancial que abastece a cidade de Campina Grande é o Açude Epitácio Pessoa, localizado no município de Boqueirão, distando 44 km de Campina Grande. O Açude Epitácio Pessoa, tem a capacidade de armazenar 575.000.000 m³ de água e sua disponibilidade de captação máxima é de 1.500 L/s. A água bruta é captada e transportada através de duas adutoras, sendo uma de 900 mm e a outra de 800 mm de diâmetro, a uma distância de 22 km até uma estação de tratamento de água (ETA) localizada a 23 km de Campina Grande, no Distrito de Gravatá. Na ETA, a água recebe tratamento convencional, passando por dosadores químicos (sulfato de alumínio e cal), flocculadores, decantadores, filtros (areia e antracito) e cloradores, sendo após o tratamento, transportada para a cidade de Campina Grande por meio de três linhas adutoras com diâmetros de 500, 700 e 800 mm. A água chega ao reservatório semi-enterrado R-9 (Figura 4), com capacidade de acumulação de 26.000 m³, que corresponde a cerca de um terço do volume médio (78.000 m³) de água produzida diariamente pela ETA. A partir desse reservatório saem canalizações que abastecem outros 29 reservatórios espalhados por toda a área da cidade, em pontos estratégicos, para atender toda a cidade e distritos, dando ao sistema de abastecimento uma reserva de 60.000 m³ de água. A Figura 5 ilustra, esquematicamente, o sistema de abastecimento de água da cidade de Campina Grande.



Figura 4 - Reservatório de distribuição de água R-9

O abastecimento de água de Campina Grande é feito através de uma rede de distribuição de 1.216 km de extensão composta por 108.269 ligações domiciliares, atendendo 99% da população urbana. A Tabela 10 discrimina a rede de distribuição de água da cidade de Campina Grande quanto as suas dimensões.

Tabela 10 - Dimensões das canalizações da rede de distribuição de água de Campina Grande

Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Diâmetro (mm)	Extensão (m)
20	9.354,31	200	40.458,00
25	10.169,00	250	46.388,00
32	20.836,00	300	18.418,69
40	1.730,00	350	18.585,00
50	244.716,08	400	9.692,74
60	521.262,45	450	1.624,61
75	54.097,75	500	16.480,74
85	10.586,77	550	2.003,99
100	80.704,00	600	3.592,91
110	1.047,07	700	7.719,24
125	5.537,56	800	7.016,49
140	4.226,24	900	83,23
150	76.149,58	1.000	70,26
160	3.345,17	TOTAL DA REDE	1.215.895,88

Fonte: CAGEPA (2008)

Considerações:

- 1) Dados de outubro de 2006, com exceção das redes dos Conjuntos Glória I e II e do Distrito de Catolé de Boa Vista que são mais recentes.
- 2) Os dados do Distrito de Galante não foram informados.

4.2 Zonas de pressão do sistema de abastecimento

O sistema de distribuição de água de Campina Grande, devido aos condicionantes do relevo da cidade, está dividido em quatro zonas de pressão, denominadas A, B, C e D, de modo que as pressões na rede atendam aos limites de valores, estático máximo de 500 kPa (50 m.c.a.) e dinâmico mínimo de 100 kPa (10 m.c.a.), estabelecidos pela NBR 12.218 (1994). Algumas dessas zonas são subdivididas em sub-zonas, apresentando estações elevatórias para o atendimento das condições de pressão.

5.0 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

No intuito de conhecer as características no tocante à qualidade da água ao longo da rede de distribuição da cidade de Campina Grande, foi definida como área de estudo a Zona de Pressão D do sistema de abastecimento público da cidade. A escolha desta zona foi motivada pela logística oferecida à realização da pesquisa, pois se tem uma área de abrangência menor em relação às demais e uma proximidade com o Laboratório de Análise de Água da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), base de apoio para o preparo dos reagentes e o recolhimento dos equipamentos de análise. Outro fator determinante para escolha foi a existência de setores distantes do ponto de tratamento da água, como é o caso do Distrito de São José da Mata, possibilitando conhecer o comportamento da qualidade da água em pontos afastados da rede de distribuição.

A zona contemplada para o desenvolvimento da pesquisa possui uma bacia hidráulica com 64,43 km² de área, tendo a finalidade de abastecer toda a população situada ao lado oeste da cidade, com aproximadamente 54 mil habitantes, abrangendo os bairros de Bodocongó, Novo Bodocongó, Ramadinha, Araxá, Serrotão e Jeremias, contemplando ainda, alguns sítios da zona rural da cidade de Campina Grande, como as comunidades do Sítio São Januário, Lagoa de Dentro e Monte Alegre. Faz parte, também, da área de abrangência da Zona de Pressão D, o Distrito de São José da Mata.

A Zona de Pressão D insere-se numa região bastante diversificada, pois contempla, ao mesmo tempo, elementos da área urbana e rural da cidade. Percebe-se ainda, um número significativo de indústrias dentro dessa zona, como também, uma quantidade relevante de estabelecimentos públicos, na sua maioria, instituições de ensino, como por exemplo, a Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), comportando, dessa forma, locais de grande fluxo de pessoas, aumentando a necessidade de quantidade e qualidade da água fornecida por esta zona de pressão. Outra peculiaridade da zona é a presença do Açude de Bodocongó,

conhecido por registrar índices elevados de poluição e encontrar-se eutrofizado, fato que pode trazer riscos à saúde da população atendida nas mediações do açude.

A Zona de Pressão D apresenta algumas sub-zonas devido as ampliações ocorridas na rede de distribuição e as condições topográficas do local, que apresentam diferenças de níveis acentuadas. A rede hidráulica contida dentro da zona possui uma extensão de 97,80 km, compreendendo 10.373 ligações domiciliares. Comporta ainda, um total de 08 reservatórios e 03 estações elevatórias (EE). No tocante a cobertura por rede de esgotamento sanitário, aproximadamente 24% das residências são atendidas por rede pública coletora de esgoto, revelando um baixo índice de cobertura desses serviços na Zona de Pressão D.

Conforme ilustrado, esquematicamente, na Figura 6, a água que atende a população situada dentro da Zona de Pressão D vem do Reservatório R-9, que abastece alguns trechos da rede de distribuição e, por gravidade, chega a Estação Elevatória 3 (EE3), de onde é bombeada para abastecer os Reservatórios R-10, R-11, R-12 e R-13. Antes de chegar ao EE3, há uma derivação que leva a água a uma pequena estação elevatória para atender o Reservatório R-18, que abastece o bairro do Mutirão. A partir do Reservatório R-13 a água chega à Estação Elevatória 4 (EE4) permitindo o bombeamento de água para o Reservatório R-14 que atende ao Distrito de São José da Mata. Desse ponto, a água é levada para Estação Elevatória 9 (EE9) que bombeia a água para os Reservatórios R-22 e R-23 para atender à população do município de Pocinhos.

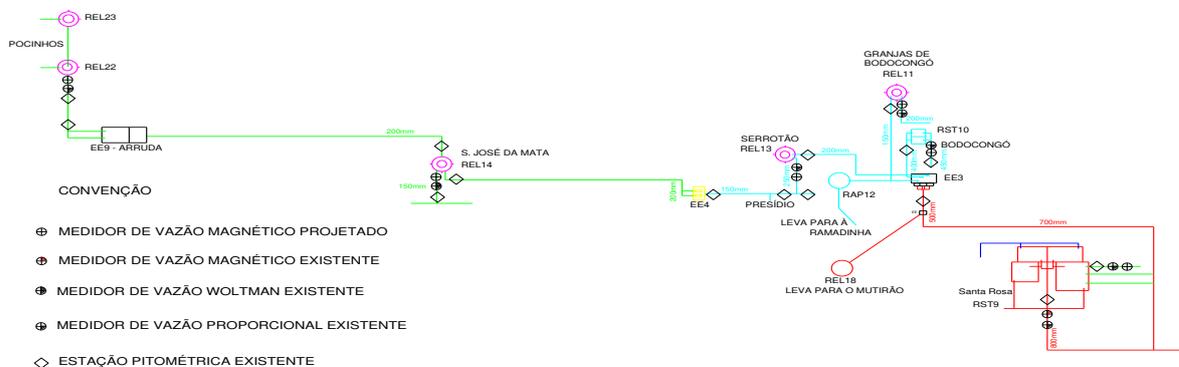


Figura 6 - Traçado da rede de água na Zona de Pressão D

Nas Tabelas 11 a 17 são mostrados algumas das características de projeto de elementos que compõe a rede de distribuição da Zona de Pressão D. As Figuras 7 a 9 mostram esses elementos de maneira mais detalhada.

Tabela 11 - Características da rede de distribuição de água na Zona de Pressão D

Diâmetro (mm)	Comprimento (m)	Material
500	1.766,60	Ferro fundido
400	1.517,36	Ferro fundido
350	849,96	Ferro fundido
300	976,85	Ferro fundido
250	5.116,95	Ferro fundido
200	5.605,56	Ferro fundido
160	121,98	Ferro fundido
150	11.018,44	Ferro fundido
140	218,99	Cimento amianto
125	245,24	Cimento amianto
100	9.820,84	Cimento amianto
85	1.796,65	PVC
75	3.626,54	PVC
60	36.661,00	PVC
50	16.001,50	PVC
40	304,36	PVC
32	683,82	PVC
25	560,39	PVC
20	877,27	PVC

Fonte: CAGEPA (2008)

A rede de distribuição de Campina Grande ainda apresenta tubulações de cimento amianto, que nos dias de hoje, vem sendo substituídas pela maioria das empresas responsáveis pelo abastecimento de água, por serem mais suscetíveis a

situações de vazamentos, em razão das baixas resistências desse material. Algumas das tubulações de ferro fundido, segundo informações do engenheiro da CAGEPA, possuem mais de 40 anos de uso, estando sujeitas ao desgaste natural do tempo e, provavelmente, apresentando problemas de incrustações, podendo afetar a qualidade da água.

Tabela 12 - Caracterização dos reservatórios de distribuição de água da Zona de Pressão D

Reservatório	Tipo	Capacidade (m³)	N.A		Nº. Câmaras	Indicador de nível	Zona de Pressão
			Max.	Mín.			
R-10	Apoiado	2.000	571	566	2	1	D1
ENDEREÇO: Rua Compositor Rosil Cavalcante, SN - Bodocongó							
R-11	Elevado	250	616,5	613	1	1	D2
ENDEREÇO: Rua Emiliano Rosendo, SN - Novo Bodocongó							
R-12	Apoiado circular	200	612,77	608,77	1	0	D2.1
ENDEREÇO: BR 230, SN - Sítio São Januário							
R-13	Elevado	250	665	662	1	1	D3.1
ENDEREÇO: Rua Nossa Senhora das dores, SN - Lagoa de Dentro							
R-14	Elevado	300	704,5	669	1	1	D
ENDEREÇO: Rua Francisco Nogueira, SN - São José da Mata							
R-18	Elevado	200	620	616	1	1	D
ENDEREÇO: Rua Maria Bandeira Silva, SN - Mutirão do Serrotão							
R-22	Elevado	200	679,6	674,4	0	0	D
ENDEREÇO: Pocinhos / ETA Nova Brasília							
R-23	Elevado	250	672,73	666,73	0	0	D
ENDEREÇO: Pocinhos / escritório							

Fonte: CAGEPA (2008)

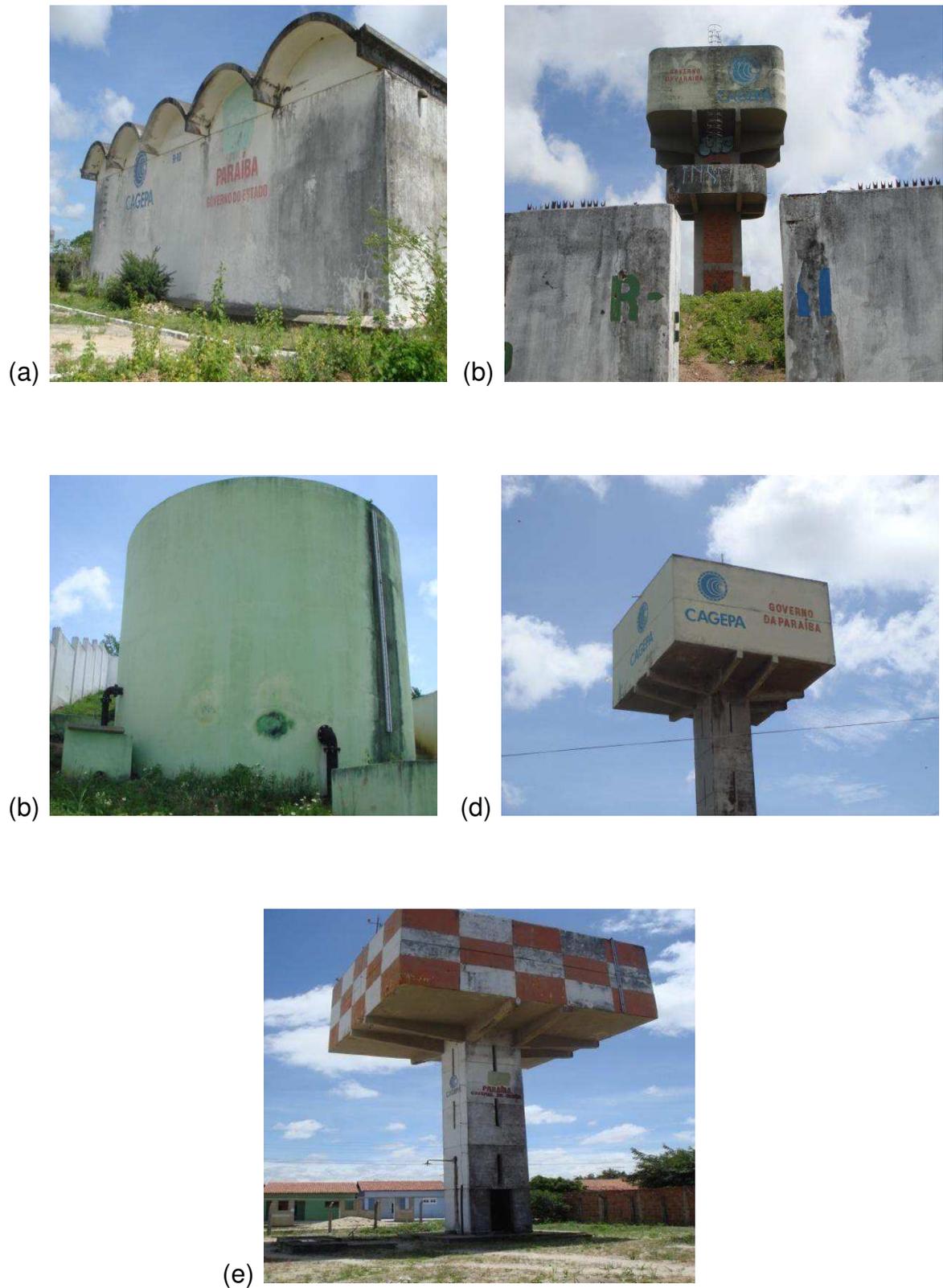


Figura 7 - Reservatórios R-10 (a), R-11 (b), R12 (c), R-13 (d) e R-14 (e) da Zona de Pressão D do sistema de abastecimento de Campina Grande

Tabela 13 - Características do conjunto elevatório instalado na EE3, localizada à Rua Rosendo Pereira, S/N, Bodocongó, para o R-10, na Zona de Pressão D

CARACTERÍSTICAS DA BOMBA		DADOS DE PROJETO	
Tipo (Marca)	WORTHINGTON	Potência da bomba (P)	100
Modelo	5 LRG	Vazão de recalque (Q_R)	420 m ³ /h (dois conjuntos)
Nº. de bombas	3	Altura manométrica total (H_T)	55 mca
Nº. de rotores	1	Altura geométrica (H_g)	147,138 m
Diâmetro dos rotores	*	Perda de carga total (ΔH_T)	*
Rotação	1750 rpm	Diâmetro de sucção (D_s)	*
Configuração do sistema	Paralelo (1 reserva)	Diâmetro de recalque (D_r)	*
Rendimento da bomba	*	Comprimento da linha de recalque (L)	*
Nº de horas de funcionamento	24 horas	Material da tubulação	Ferro fundido

Fonte: CAGEPA (2008)

* Dados não localizados no setor de cadastro da CAGEPA



Figura 8 - Esquema dos conjuntos moto-bombas da EE3

Tabela 14 - Características do conjunto elevatório instalado na EE3, localizada à Rua Rosendo Pereira, S/N, Bodocongó, para o R-11 e R-12, na Zona de Pressão D

CARACTERÍSTICAS DA BOMBA		DADOS DE PROJETO	
Tipo (Marca)	KSB	Potência da bomba (P)	50 CV
Modelo	*	Vazão de recalque (Q_R)	39,52 l/s
Nº. de bombas	2	Altura manométrica total (H_T)	*
Nº. de rotores	1	Altura geométrica (H_g)	*
Diâmetro dos rotores	*	Perda de carga total (ΔH_T)	*
Rotação	3550 rpm	Diâmetro de sucção (D_S)	*
Configuração do sistema	Paralelo (1 reserva)	Diâmetro de recalque (D_r)	*
Rendimento da bomba	*	Comprimento da linha de recalque (L)	*
Nº de horas de funcionamento	24 horas	Material da tubulação	Ferro fundido

Fonte: CAGEPA (2008)

* Dados não localizados no setor de cadastro da CAGEPA

Tabela 15 - Características do conjunto elevatório instalado na EE3, localizada à Rua Rosendo Pereira, S/N, Bodocongó, para o R-13, na Zona de Pressão D

CARACTERÍSTICAS DA BOMBA		DADOS DE PROJETO	
Tipo (Marca)	KSB	Potência da bomba (P)	125
Modelo	WKL 8072	Vazão de recalque (Q_R)	40,02 l/s
Nº. de bombas	3	Altura manométrica total (H_T)	170 mca
Nº. de rotores	1	Altura geométrica (H_g)	147,138 m
Diâmetro dos rotores	*	Perda de carga total (ΔH_T)	*
Rotação	3575	Diâmetro de sucção (D_S)	250
Configuração do sistema	Paralelo (1 reserva)	Diâmetro de recalque (D_r)	200
Rendimento da bomba	*	Comprimento da linha de recalque (L)	2.390 m
Nº de horas de funcionamento	24 horas	Material da tubulação	Ferro fundido

Fonte: CAGEPA (2008)

* Dados não localizados no setor de cadastro da CAGEPA

Tabela 16 - Características do conjunto elevatório instalado na EE4, localizado às margens da BR-230 (169 km), São José da Mata, para o R-14

CARACTERÍSTICAS DA BOMBA		DADOS DE PROJETO	
Tipo (Marca)	WORTHINGTON	Potência da bomba (P)	100 CV
Modelo	D814 - 4x5x10	Vazão de recalque (Q _R)	50 l/s
Nº. de bombas	1	Altura manométrica total (H _T)	120,00
Nº. de rotores	1	Altura geométrica (H _g)	32,545 m
Diâmetro dos rotores	9,9"	Perda de carga total (ΔH _T)	*
Rotação	3500 rpm	Diâmetro de sucção (D _s)	200
Configuração do sistema	Paralelo	Diâmetro de recalque (D _r)	150
Rendimento da bomba	*	Comprimento da linha de recalque (L)	2.150 m
Nº de horas de funcionamento	24	Material da tubulação	Ferro fundido

Fonte: CAGEPA (2008)

* Dados não localizados no setor de cadastro da CAGEPA

Tabela 17 - Características do conjunto elevatório instalado na EE4, localizado às margens da BR230 (169 km), São José da Mata, para o R-14

CARACTERÍSTICAS DA BOMBA		DADOS DE PROJETO	
Tipo (Marca)	FAL	Potência da bomba (P)	100 CV
Modelo	100X80X26	Vazão de recalque (Q _R)	50 l/s
Nº. de bombas	1	Altura manométrica total (H _T)	110,00
Nº. de rotores	1	Altura geométrica (H _g)	32,545 m
Diâmetro dos rotores	260 mm	Perda de carga total (ΔH _T)	*
Rotação	3500 rpm	Diâmetro de sucção (D _s)	200
Configuração do sistema	Paralelo	Diâmetro de recalque (D _r)	150
Rendimento da bomba	*	Comprimento da linha de recalque (L)	2.150 m
Nº de horas de funcionamento	Reserva	Material da tubulação	Ferro fundido

Fonte: CAGEPA (2008)

* Dados não localizados no setor de cadastro da CAGEPA



Figura 9 - Esquema dos conjuntos moto-bombas da EE4

5.2 Os pontos de coleta

Foram escolhidos três pontos de coleta para a monitoração de indicadores da qualidade da água, partindo da análise das plantas do sistema de distribuição de água fornecida pela CAGEPA. O critério de escolha dos pontos de coleta foi baseado nas recomendações preconizadas na publicação do Ministério da Saúde “Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano”, levando em consideração fatores de ordem geográfica, como a distância da rede à estação de tratamento, e fatores de ordem estratégica, como locais que comportam um fluxo intenso de pessoas. A localização da Zona de Pressão D e a distribuição dos pontos de coleta juntamente com os componentes hidráulicos do sistema de abastecimento são observadas nas Figuras 10 e 11. Os pontos de coleta contemplaram localidades que comportam uma grande movimentação de pessoas, como estabelecimentos de ensino e, também, um ponto situado no final da rede de distribuição da cidade de Campina Grande, de acordo com a seguinte descrição, na intenção de observar a qualidade da água e possíveis descumprimentos a Portaria nº. 518 (MS) em pontos estratégicos do sistema de abastecimento de água.

- ✓ **Ponto 1 - (P₁):** localizado na UEPB – (Departamento de Educação Física), situado a Rua das Baraúnas, s/n, bairro Bodocongó, distante 31,04 km da estação de tratamento de água, abastecido pelo reservatório R-10.

- ✓ **Ponto 2 - (P₂):** localizado na Escola Estadual São Miguel Leão, Distrito de São José da Mata, situado a Rua José Miguel, s/n distante 38,25 km da estação de tratamento de água, abastecido pelo reservatório R-14.

- ✓ **Ponto 3 - (P₃):** localizado na Escola Estadual Severino Cabral, situado a Rua Joaquim Amorim Júnior, s/n, bairro Severino Cabral, encontrando-se vizinho as mediações que delimitam a Zona de Pressão D, distante 27,54 km da estação de tratamento de água, sendo abastecido diretamente pelo reservatório R-9.



Figura 10 - Localização esquemática da Zona de Pressão D do sistema de abastecimento de água de Campina Grande

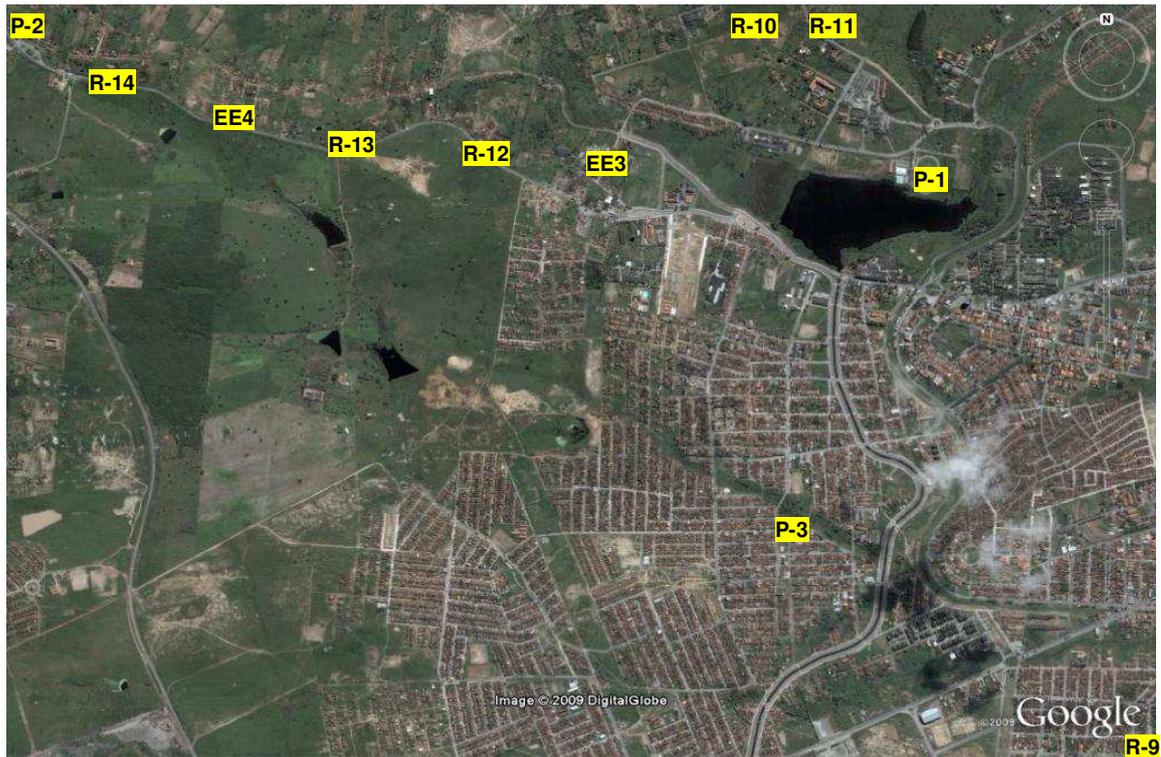


Figura 11 - Detalhe da distribuição dos pontos de coleta e componentes hidráulicos na Zona de Pressão D

5.3 Frequência e número de amostras

As análises dos indicadores da qualidade da água, em cada ponto de coleta, foram levadas a efeito semanalmente, em dias distintos, ao longo de seis meses, no período de junho a dezembro de 2008.

A monitoração dos indicadores foi baseada na análise de três amostras coletadas e analisadas subsequentemente, *in loco*, ao longo do dia, nos seguintes horários:

- 07:00 horas: coleta de amostras representativas das condições prevalentes no período noturno;
- entre 11:00 e 13:00 horas: coleta de amostras representativas do período de maior consumo de água no sistema de distribuição;
- 17:30 horas: coleta de amostras representativas do final do ciclo diurno e início do ciclo noturno de abastecimento.

5.4 Determinação dos indicadores

A pesquisa foi fundamentada na monitoração dos indicadores sentinelas cloro residual livre e turbidez e dos indicadores auxiliares cloro residual combinado e pH.

A determinação analítica da concentração de cloro residual seguiu o método titulométrico DPD-SFA, baseado na reação de cloro com sulfato ferroso amoniacal (SFA) usando N,N – dietil – p – fenilenediamina (DPD) como indicador. Esse método possibilita a determinação de, praticamente, todas as frações de cloro residual, (cloro residual livre e cloro residual combinado), sendo dinâmico o suficiente para permitir o controle de um expressivo número de interferências.

As determinações de pH e turbidez foram levadas a efeito por meio de um pHmetro portátil modelo *mPA210 P* e um turbidímetro portátil modelo 966, respectivamente. O medidor de pH foi calibrado com soluções tamponadas de pH 4,0 e 7,0. O aparelho de turbidez foi calibrado mensalmente por meio de um padrão primário (zero e 40,0 UT).

As amostras de água nos pontos monitorados foram coletadas após deixar a água escorrer por dois minutos. Os procedimentos de coleta, bem como as metodologias analíticas utilizadas seguiram as recomendações estabelecidas no Standad Methods for the Examination of Water and Wanstewater (APHA; AWWA; WPCF, 1999), conforme descrito por Silva e Oliveira (2001). A Figura 12 apresenta as condições e procedimentos para a realização das análises de monitoração da qualidade da água.



Figura 12 - Procedimentos de análises dos indicadores nos locais de coleta

6.0 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste tópico, é feita a interpretação dos resultados da monitoração dos indicadores em cada ponto de coleta no período de junho a dezembro de 2008.

Uma demonstração quantitativa das análises realizadas nos pontos de coleta (P_1), (P_2) e (P_3) na Zona de Pressão D do sistema de distribuição de água da cidade de Campina Grande é mostrada na Tabela 18. Ocasionalmente, em virtude de circunstâncias alheias, como ausência de funcionário no recinto, falta de água e outros problemas relacionados ao trabalho *in loco*, algumas análises não foram efetuadas.

Tabela 18 - Demonstrativo do quantitativo das análises nos pontos de coleta

Pontos	Indicadores	Horários	Análises realizadas	Análises não realizadas
P_1	CLORO RESIDUAL	07:30hs	28	0
	TURBIDEZ		28	0
	PH		24	4
	CLORO RESIDUAL	12:00hs	27	1
	TURBIDEZ		28	0
	PH		24	4
	CLORO RESIDUAL	17:30hs	27	1
	TURBIDEZ		27	1
	PH		25	3
P_2	CLORO RESIDUAL	07:30hs	26	2
	TURBIDEZ		27	1
	PH		26	2
	CLORO RESIDUAL	12:00hs	24	4
	TURBIDEZ		24	4
	PH		24	4
	CLORO RESIDUAL	17:30hs	27	1
	TURBIDEZ		27	1
	PH		26	2
P_3	CLORO RESIDUAL	07:30hs	27	0
	TURBIDEZ		27	0
	PH		25	2
	CLORO RESIDUAL	12:00hs	25	2
	TURBIDEZ		25	2
	PH		22	5
	CLORO RESIDUAL	17:30hs	25	2
	TURBIDEZ		26	1
	PH		24	3

6.1 Indicadores analisados

6.1.1 Cloro residual

A monitoração dos indicadores referente às espécies de cloro residual no período de junho a dezembro de 2008 permitiu conhecer a concentração média e o desvio padrão das amostras para cada ponto de coleta analisado da Zona de Pressão D do sistema de distribuição de água de Campina Grande, como mostra a Tabela 19. O ponto de coleta (P₂) apresentou a menor concentração média de cloro residual livre, provavelmente relacionada à sua localização, caracterizada como uma ponta de rede do sistema de distribuição. Foi verificado ainda, que o cloro residual presente na rede é, na sua grande maioria, formado pelo cloro residual combinado, que apresenta baixo poder de desinfecção. O cloro residual combinado tem um poder de desinfecção cerca de 200 vezes menor que o cloro residual livre (USEPA, 1999). Dentre as frações de cloro residual combinado, a maior concentração observada foi a do grupo das tricloraminas, que não apresenta efeito bactericida. A Figura 10 ilustra o percentual de cada espécie de cloro nos três pontos de coleta.

Tabela 19 - Concentração média e desvio padrão das espécies de cloro residual monitorados nos pontos de coleta

Cloro Residual (mgCl ₂ /l)	P ₁		P ₂		P ₃	
	média	d. padrão	média	d. padrão	média	d. padrão
CRL	0,61	0,57	0,58	0,55	0,77	0,65
Monocloramina	0,87	0,55	1,23	0,71	1,58	0,72
Dicloramina	0,33	0,10	0,32	0,11	0,32	0,10
Tricloramina	1,76	1,11	2,50	1,44	3,22	1,48

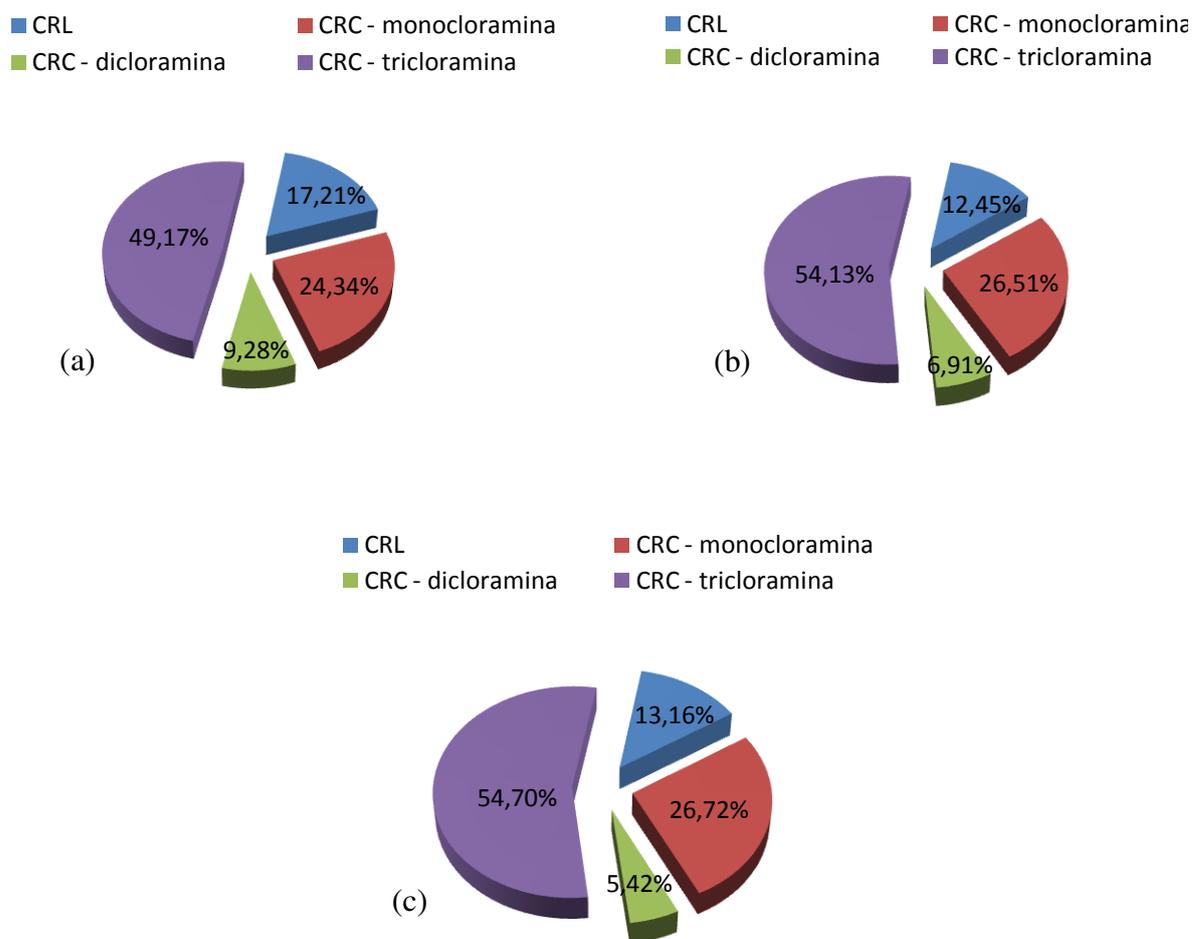


Figura 13 - Percentual das espécies de cloro residual nos pontos de coleta - P₁ (a), P₂ (b) e P₃ (c)

No período de análise, constataram-se em todos os pontos de coleta, em diferentes dias e horários das análises, concentrações de cloro residual livre abaixo do recomendado pela Portaria nº. 518 (MS), que estabelece em qualquer ponto da rede de distribuição uma concentração mínima de 0,2 mgCl₂/l, caracterizando, dessa maneira, uma situação de potencial risco à saúde da população atendida por essa zona de pressão. A Figura 14 ilustra a frequência de amostras em desacordo com a legislação vigente concernente a concentração mínima de cloro residual livre nos pontos de coleta na rede de distribuição de água. O ponto (P₂) apresentou a maior frequência das análises em desacordo com a Portaria nº. 518 (MS). Em 30% das amostras coletadas e analisadas nesse ponto de coleta, ocorreu a violação da legislação, reforçando, ainda mais, que pontos da rede de distribuição distantes da

ETA, onde usualmente acontecem os processos de cloração, favorecem a ocorrência de baixas concentrações de cloro residual livre, indicando setores críticos de um sistema de abastecimento, quanto à manutenção do desinfetante na rede e, conseqüentemente, afetando a qualidade da água distribuída à população.

Nos pontos de coleta (P_2) e (P_3) foram observadas concentrações de cloro residual livre acima do valor máximo recomendado pela legislação de $2,0 \text{ mgCl}_2/\text{l}$, indicando uma supercloração ocorrida na estação de tratamento da companhia de água, na tentativa de manter a concentração mínima recomendada, conferindo aspecto diferente a água comumente abastecida no que diz respeito as características organolépticas. Existem, pesquisas comprovando que, quanto maior a concentração de cloro residual livre maior será a concentração final de trihalometanos na água de abastecimento (SYMONS et al., 1981; JOHNSON; JENSEN, 1983, SANTOS, 1988; MACÊDO, 1997; FIGUEIREDO; PARDO; CORAUCCI FILHO, 1999), cujos indícios de serem carcinogênicos são muito fortes.

Para o ponto de coleta (P_1) não houve valores de cloro residual livre acima do que preconiza a legislação vigente, provavelmente relacionado a valores mais elevados de turbidez encontrados nesse setor da rede de distribuição, promovendo assim, maior demanda de cloro e, conseqüentemente, diminuição nas concentrações de cloro residual livre.

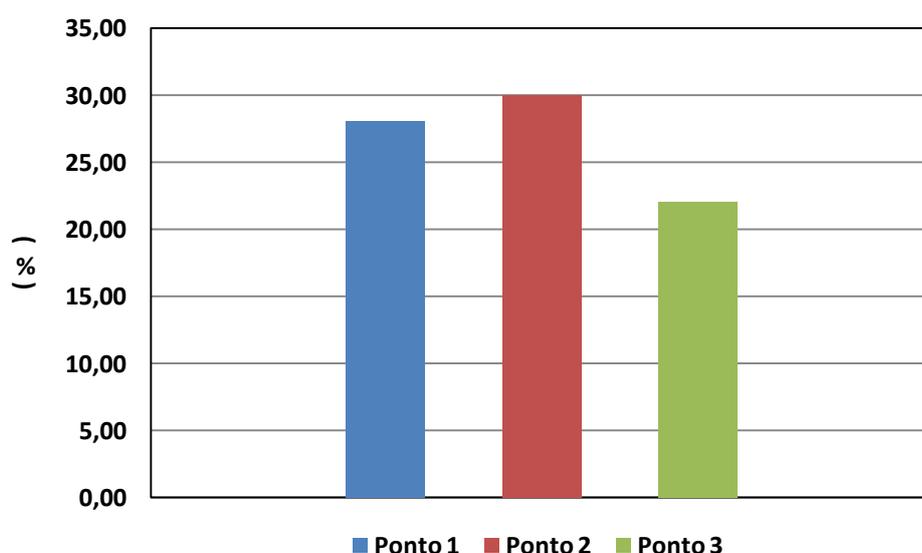
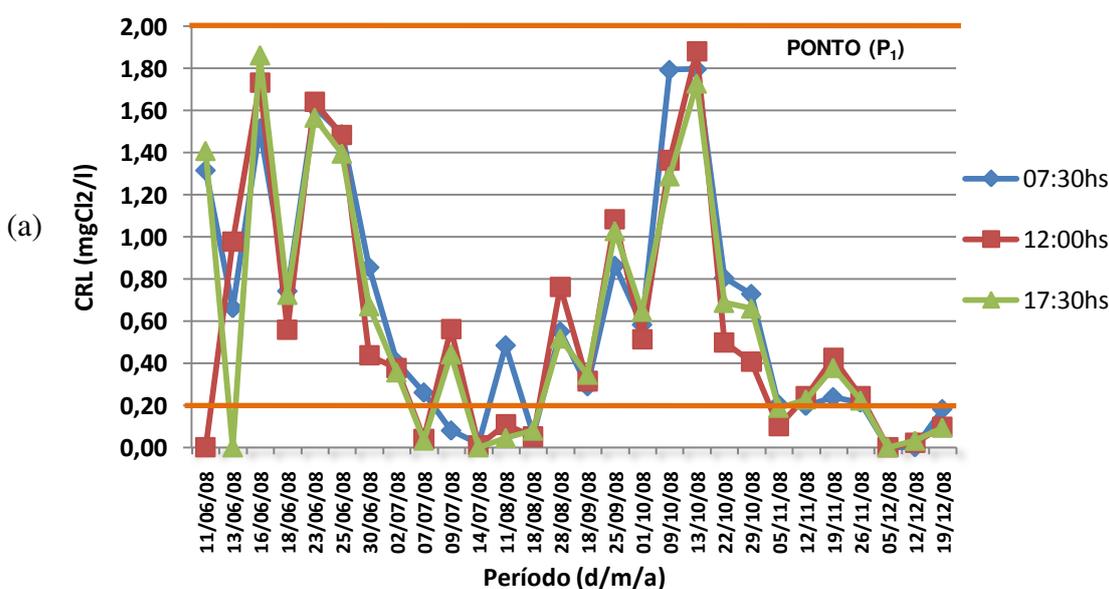


Figura 14 - Percentual das amostras de cloro residual livre abaixo do mínimo permitido pela Portaria nº. 518 (MS)

Do ponto de vista das doenças de veiculação hídrica a ocorrência de concentrações de cloro residual livre abaixo do mínimo estabelecido pela legislação assume uma importância maior que a ocorrência de valores acima do máximo. Na visão da OMS, os riscos à saúde impostos pelas substâncias químicas (de efeito crônico e longo prazo, por vezes não muito bem fundamentados do ponto de vista toxicológico e epidemiológico) não devem ser comparados aos riscos microbiológicos de transmissão de doenças (de efeito agudo e curto prazo, inquestionáveis e de grande impacto). Em termos gerais, guardada a importância relativa e específica de cada um, a garantia da qualidade microbiológica da água deve receber prioridade (OMS, 2004 apud BRASIL, 2006). Nesse sentido, a supercloração é uma tentativa de manter um residual do desinfetante em pontos vulneráveis da rede. A manutenção de um residual de cloro adequado é um dos principais instrumentos de controle da qualidade da água nos sistemas de transporte e distribuição de água. A simulação dos sistemas tendo por base este parâmetro revela-se de grande utilidade, quer em nível de projeto, quer em nível de operação, permitindo, em particular, efetuar a otimização de planos de amostragem na rede e a definição de pontos de recloração (dosagens de desinfetante e localização). A variação temporal do cloro residual livre observada nos três pontos de coleta pode ser vista na Figura 15.



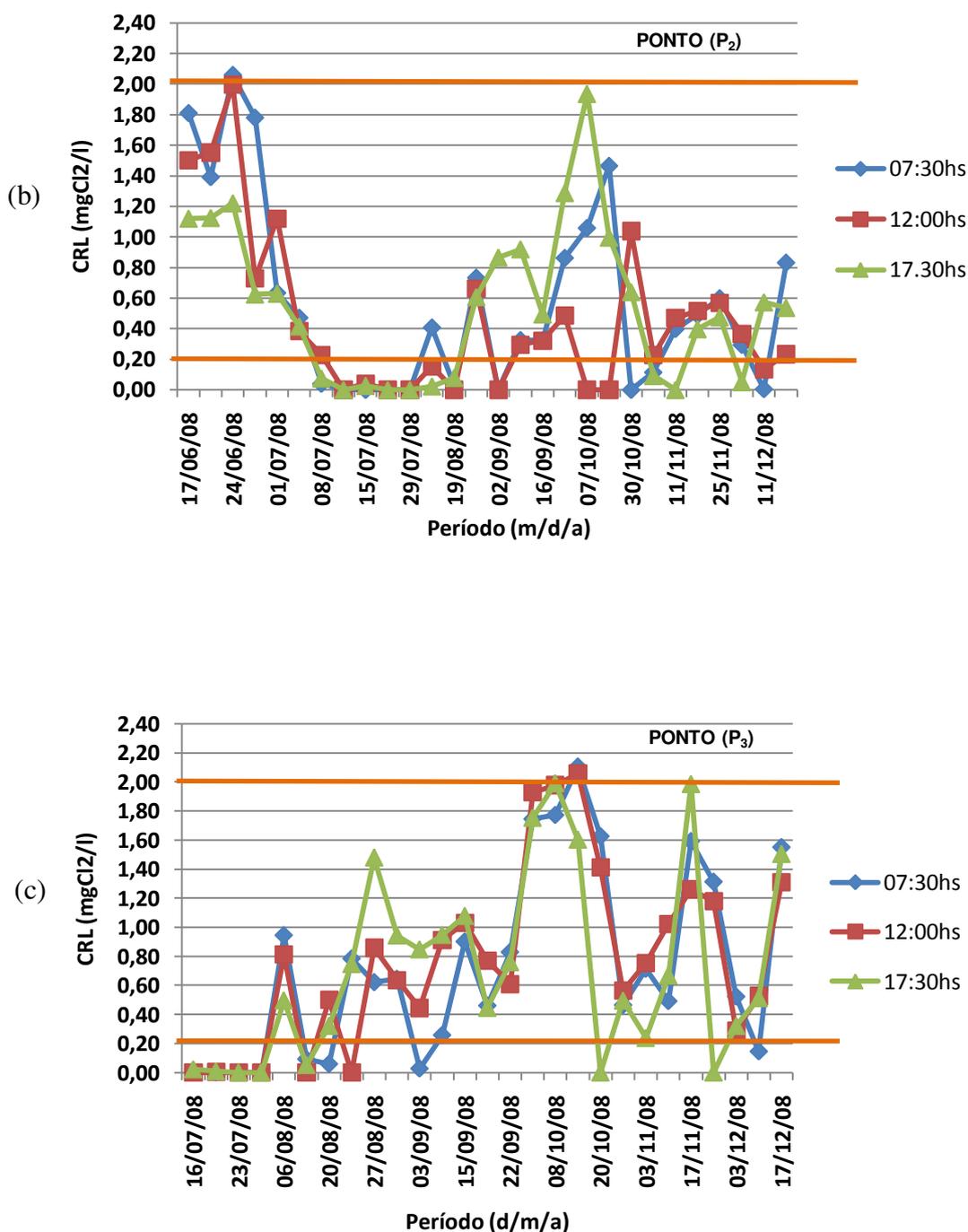
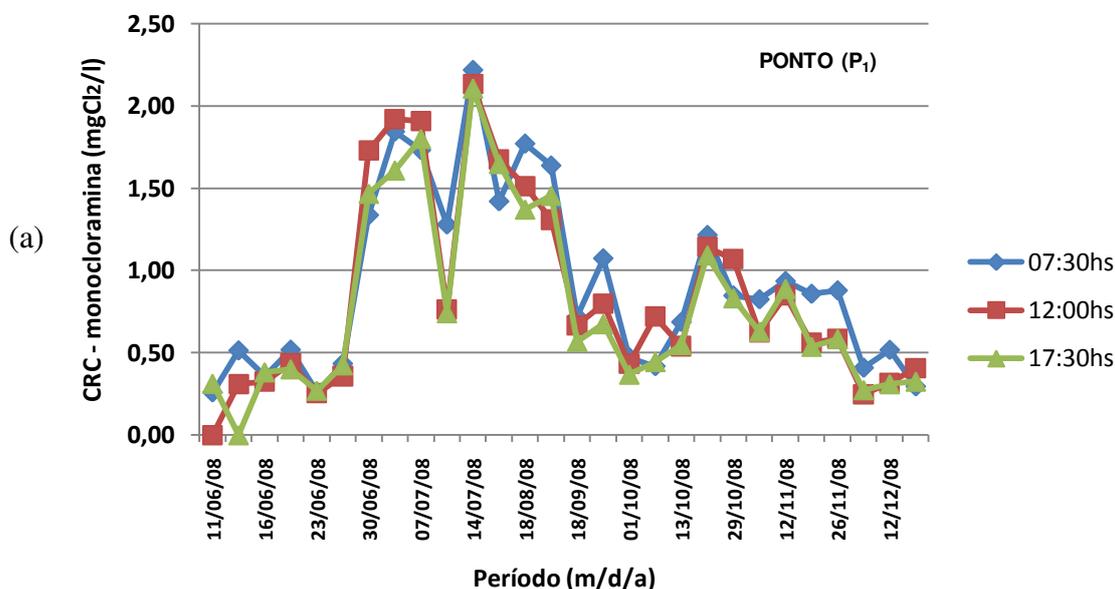


Figura 15 - Variação temporal do CRL nos pontos de coleta - P₁ (a), P₂ (b) e P₃ (c)

O comportamento da variação temporal das espécies de cloro residual combinado é ilustrado nas Figuras 16 a 18. Os picos de maiores concentrações de cloro residual combinado foram verificados nos meses com maior incidência de chuva (julho e agosto). Segundo dados da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), o mês de julho apresentou a maior precipitação

média do ano de 2008, chegando a 115,84 mm. A ocorrência de chuvas favorece o carreamento de materiais particulados de origem nitrogenada para as águas do manancial e, caso não removidos nas etapas de tratamento, atingem a rede de distribuição, favorecendo a concentração de CRC. Dependendo das condições locais, no que tange a presença de fontes poluidoras, a concentração de CRC pode aumentar, quando do surgimento de pressões negativas e vazamentos na rede de distribuição. No ponto (P₁), nenhuma análise para monoclорamina apresentou valores superiores a 3,0 mgCl₂/l, entretanto, no ponto (P₂), precisamente no dia 15 de julho do corrente ano, ocorreram nos três períodos de análises concentrações de monoclорamina superiores a 3,0 mgCl₂/l e no ponto (P₃) houve a ocorrência de quatro análises com valores superiores 3,0 mgCl₂/l. A Portaria nº. 518 (MS) recomenda uma concentração máxima de monoclорamina de 3,0 mgCl₂/l. A concentração acima do recomendado, além de prejudicar a manutenção do cloro residual livre, confere odor e sabor a água fornecida a população, podendo também, ocasionar doenças como a metahemoglobinemia, a hemólise e, até mesmo, provocar um quadro de anemia severa. Os estudos de corte de Fluck et al. (1999) e Richardson et al. (1999) relatam o aumento da anemia em centros de hemodiálise, causado por hemólise em pacientes expostos a teores elevados de cloramina, em decorrência do aumento das concentrações de cloro nos respectivos sistemas públicos de abastecimento de água.



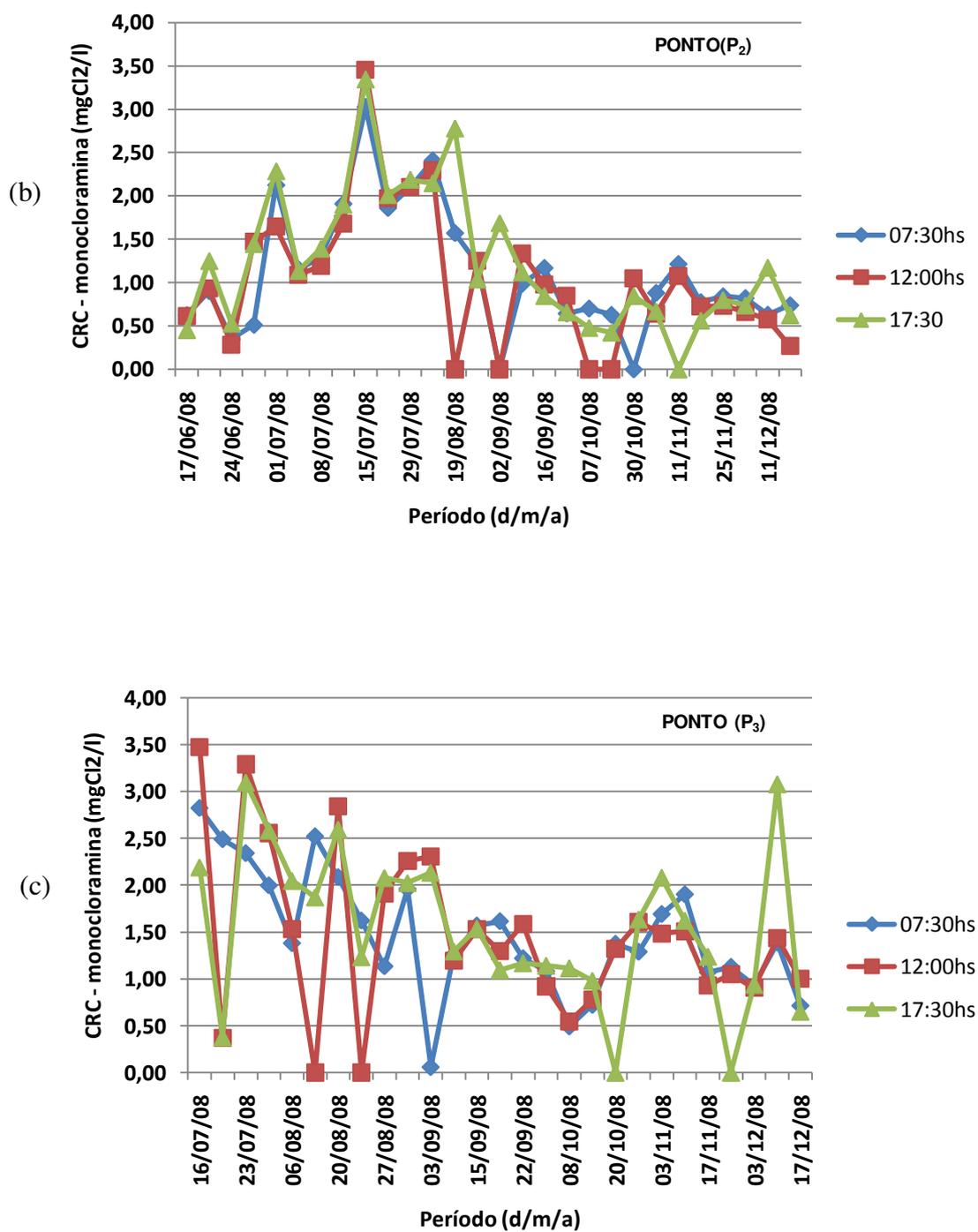
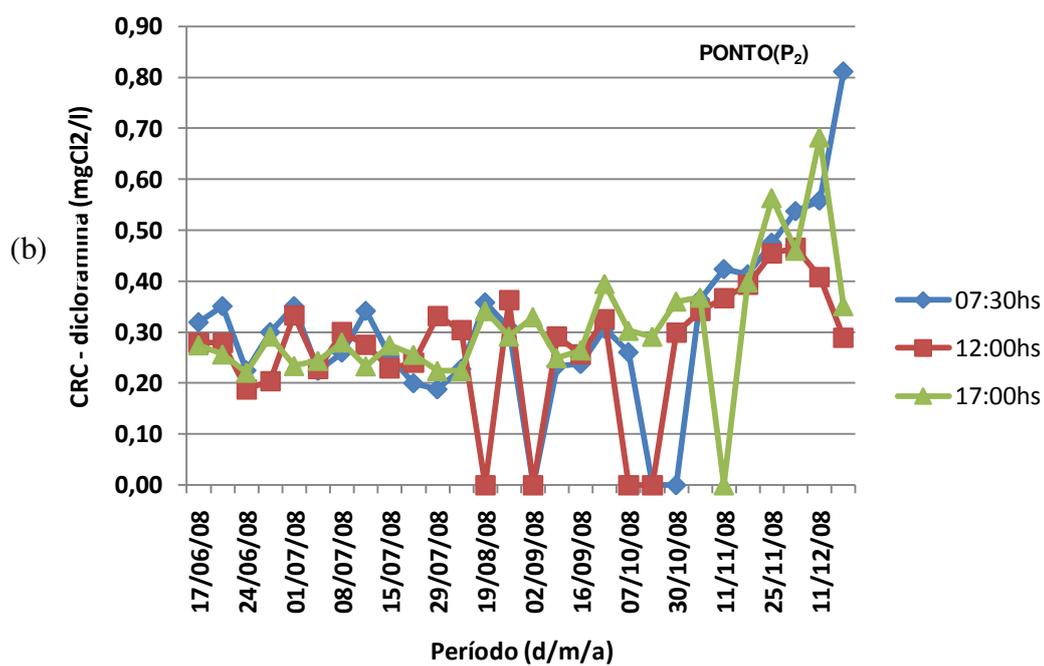
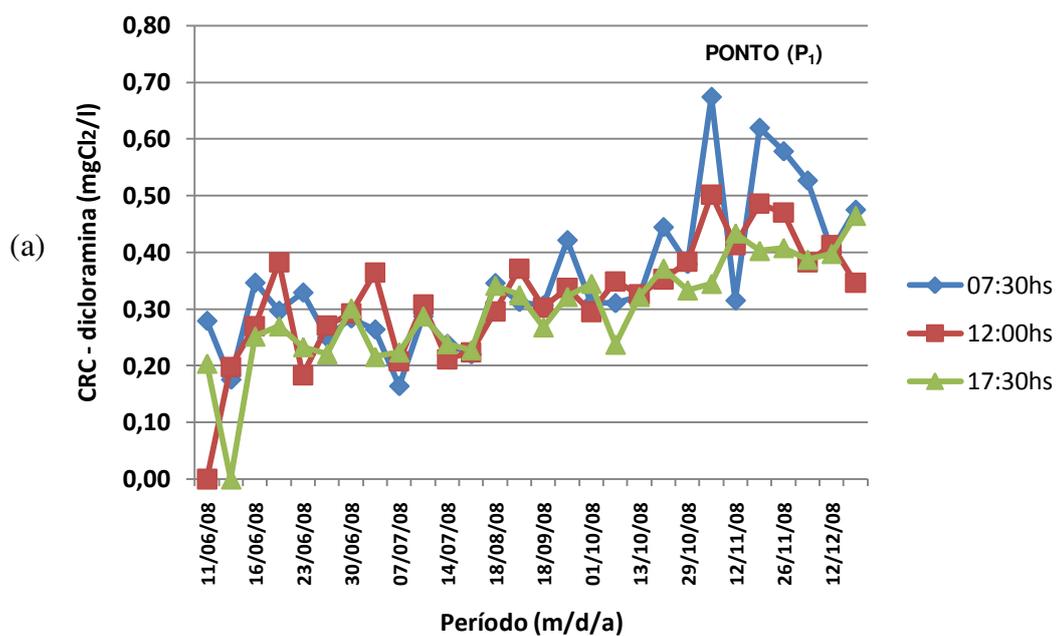


Figura 16 - Variação temporal da monocloramina nos pontos de coleta - P₁ (a), P₂ (b) e P₃ (c)



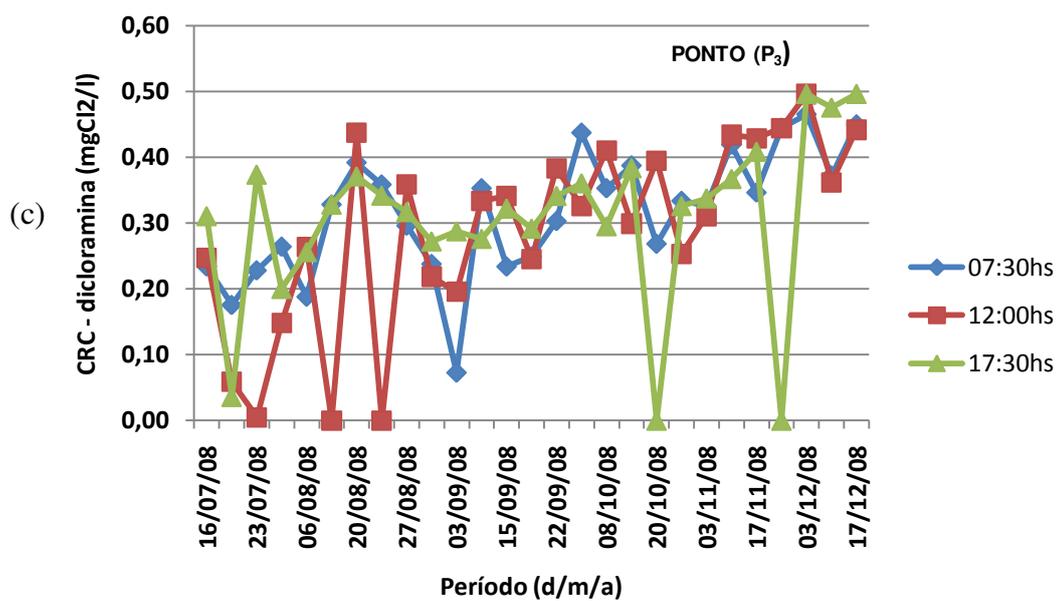
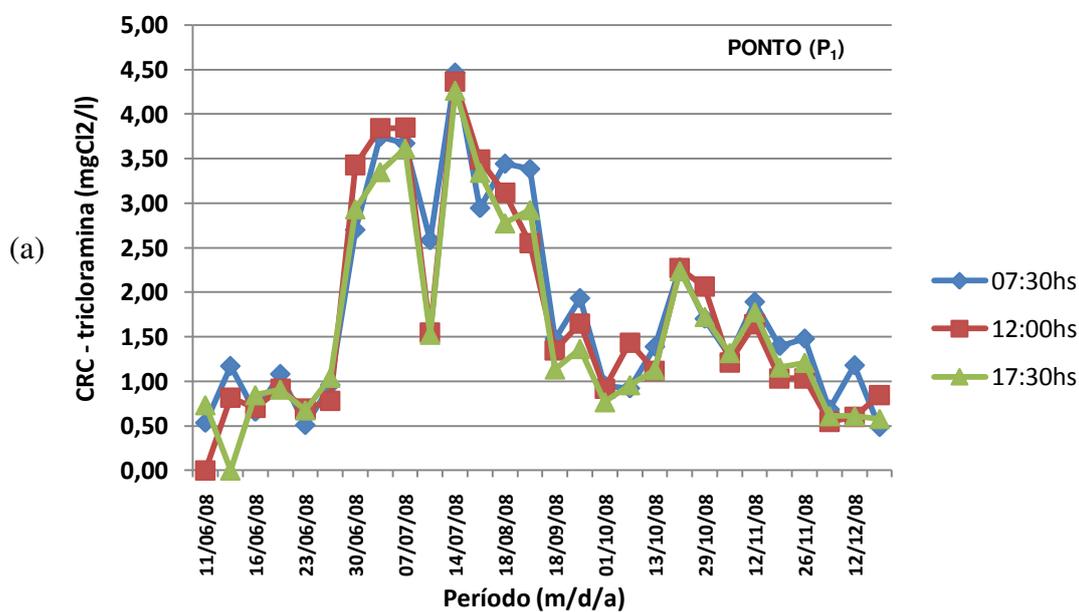


Figura 17 - Variação temporal da dicloramina nos pontos de coleta - P₁ (a), P₂ (b) e P₃ (c)



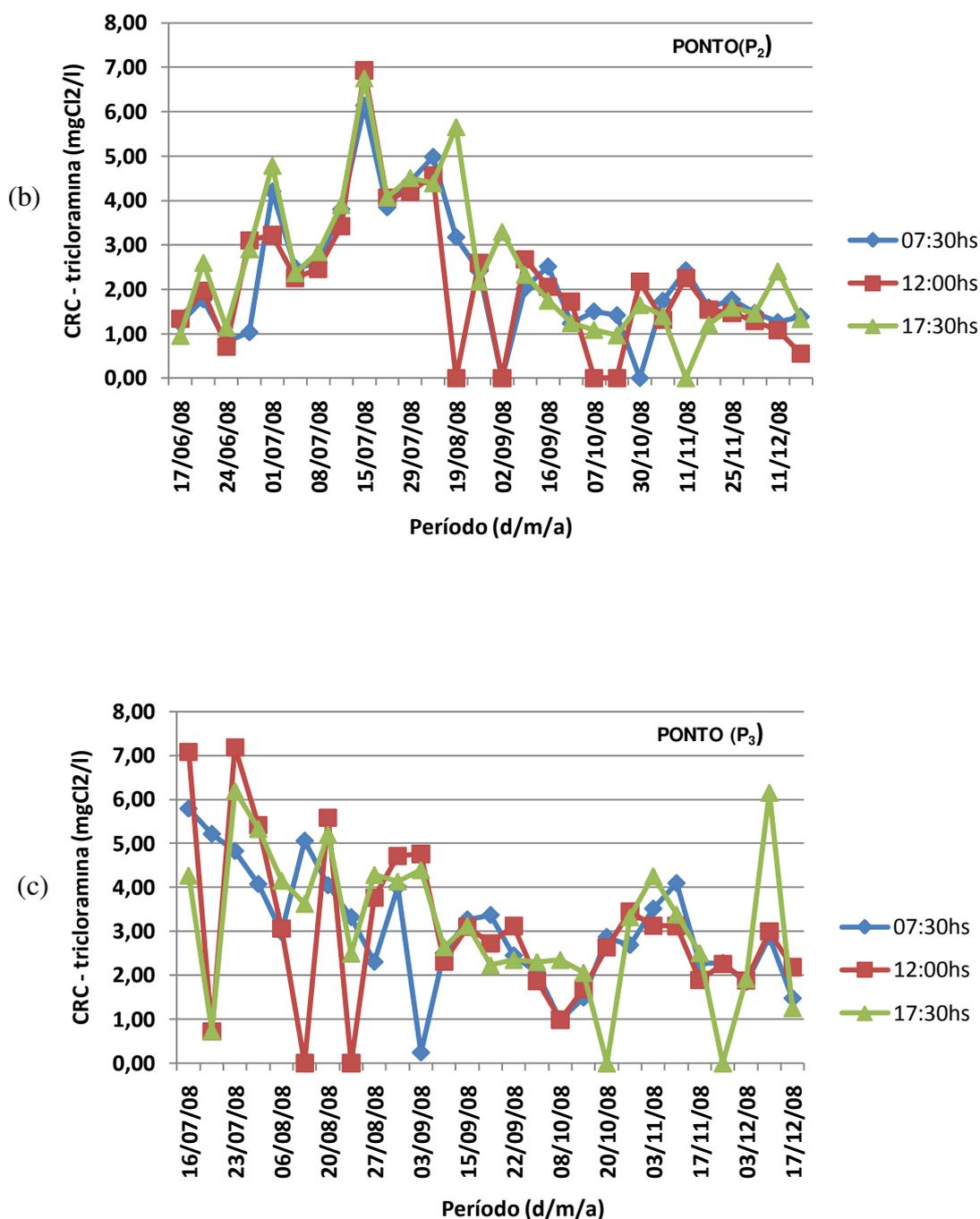


Figura 18 - Variação temporal da triclорamina nos pontos de coleta - P₁ (a), P₂ (b) e P₃ (c)

As características da água como a relação cloro/nitrogênio (C:N), temperatura e, principalmente, o pH determinam a predominância das espécies de cloro residual combinado. A variação temporal dessas espécies mostrou um comportamento semelhante entre a monocloramina e a triclорamina, revelando que essas duas

espécies desenvolveram-se sob as mesmas condições no tocante as características físico-químicas da água. A espécie dicloramina não apresentou tal semelhança, indicando que seu desenvolvimento depende de condições distintas das outras duas espécies.

Estudos realizados por Pallin (1950) mostraram que as espécies de tricloraminas desenvolviam-se, predominantemente, em pH abaixo de 3,5. Fato este, não observado durante o período de monitoração das espécies de CRC. O pH da água distribuída à população pela Zona de Pressão D, em média, foi de 7,29. Nesse pH, as espécies de cloro combinado dominante foram as monocloraminas e, principalmente, as tricloraminas. A incidência maior das tricloraminas na água de abastecimento de Campina Grande, provavelmente, está associada com os procedimentos de dosagens do desinfetante cloro nas unidades tratamento e a concentração de nitrogênio amoniacal presente na rede distribuição, favorecendo uma proporção (C:N) adequada a formação das tricloraminas.

Entre as espécies de cloro combinado, as dicloraminas apresentaram as mais baixas concentrações em todos os pontos monitorados. Como a dicloramina é a espécie de CRC que tem maior efeito bactericida, tal fato, reforçar ainda mais, a vulnerabilidade da rede de distribuição de Campina Grande às doenças de veiculação hídrica.

6.1.2 Turbidez

Das 239 análises referentes à turbidez nos três pontos de coleta, 9,0% apresentaram valores superiores a 5,0 UT recomendados pela Portaria nº. 518 (MS). A Figura 19 destaca a freqüência dessa não conformidade do indicador turbidez nos pontos de coleta. O ponto (P₁) registrou as maiores freqüências de violação a legislação quanto à turbidez da água, provavelmente, em decorrência da falta de manutenção da rede de distribuição e do Reservatório R-10 que abastece esse trecho do sistema de abastecimento da cidade.

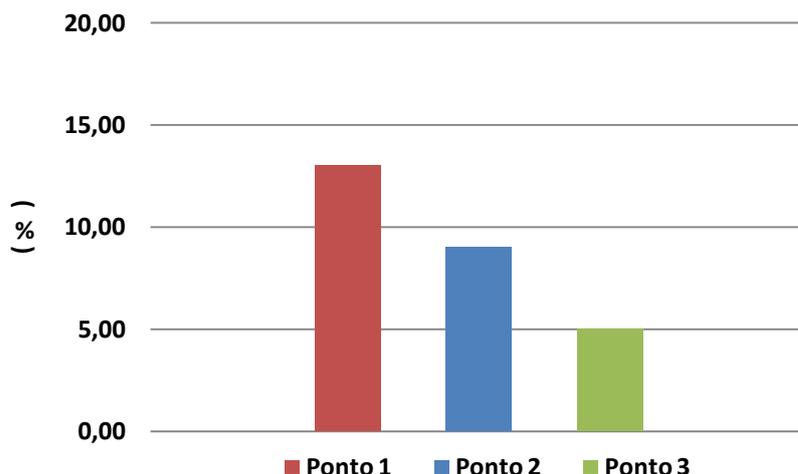


Figura 19 - Frequência de amostras de turbidez em desacordo com a Portaria nº. 518 (MS) nos pontos de coleta

A maior parte dos valores que infringiram a legislação se concentrou no período de junho a agosto do ano de 2008, situação semelhante à ocorrida com os valores de CRC, coincidindo com o período de maior precipitação pluviométrica registrada durante a realização das análises. Nessas circunstâncias, ocorre o carreamento, para as águas do manancial que abastece o município, de partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha, matéria orgânica e óxidos metálicos do solo, o que exige atenção redobrada na operação da ETA. O carreamento de todo esse material faz aumentar a turbidez da água, prejudicando a manutenção do cloro residual livre na rede de distribuição, em razão do maior consumo do produto cloro para oxidação do material particulado que se acumula em trechos da rede.

Na figura 20 tem-se a variação temporal da turbidez ao longo do período de análises para os pontos de coleta. No ponto de coleta (P_2) ocorreu no dia 12/11/2008 no período da manhã, um valor extremamente alto para turbidez, chegando a 18,0 UT. O registro desse valor foi em decorrência de reparos realizados na rede, no dia anterior, antes do ponto de coleta.

Uma manutenção corretiva da rede, com vistas à eliminação de vazamentos ao longo de um sistema de distribuição, pode vir a contaminar a água devido às sujeiras que são arrastadas quando do reparo desses vazamentos. Outra consequência advinda das sujeiras que invadem as tubulações das redes é o surgimento dos biofilmes, que são associações de microrganismos e de seus

produtos extracelulares, os quais se encontram aderidos a superfícies das tubulações, representando sistemas biológicos altamente organizados, onde as bactérias estabelecem comunidades funcionais estruturadas e coordenadas, resistentes à ação do cloro. Nesse sentido, quando de atividades corretivas no sistema de abastecimento, se faz necessário que as equipes de manutenção de uma empresa distribuidora de água tenham treinamentos específicos, orientados por um profissional especialista no assunto, visando sempre, a obtenção de um produto de qualidade e seguro para a população.



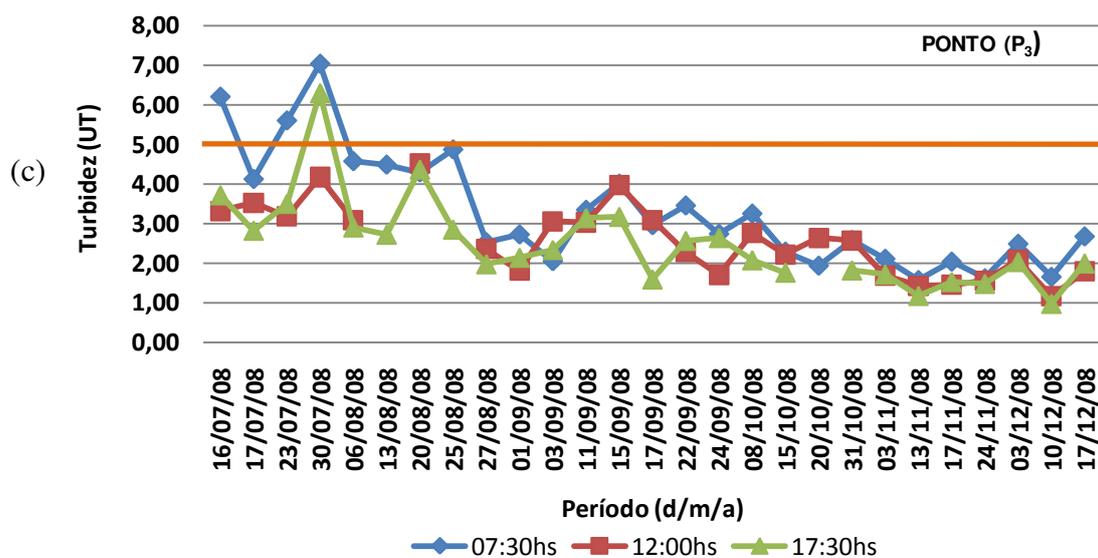


Figura 20 - Variação temporal da turbidez nos pontos de coleta - P₁ (a), P₂ (b) e P₃ (c)

6.1.3 pH

Os conjuntos de dados obtidos para o parâmetro pH em todos os pontos de coleta ficaram dentro da faixa estabelecida pela Portaria n^o. 518 (MS), ou seja, entre 6,5 e 9,5, como ilustra a Figura 21, que retrata a variação temporal do indicador pH. Durante o período estudado, o pH da água de abastecimento variou entre 6,74 a 7,96 a uma temperatura média de 24,9 °C.

Do ponto de vista químico, a medida do pH é um dos testes mais importantes para a caracterização físico-química da água e é utilizado praticamente em todas as fases do tratamento destinado a potabilidade da água. Alguns processos como coagulação, precipitação, desinfecção e corrosão entre outros, são dependentes do pH.

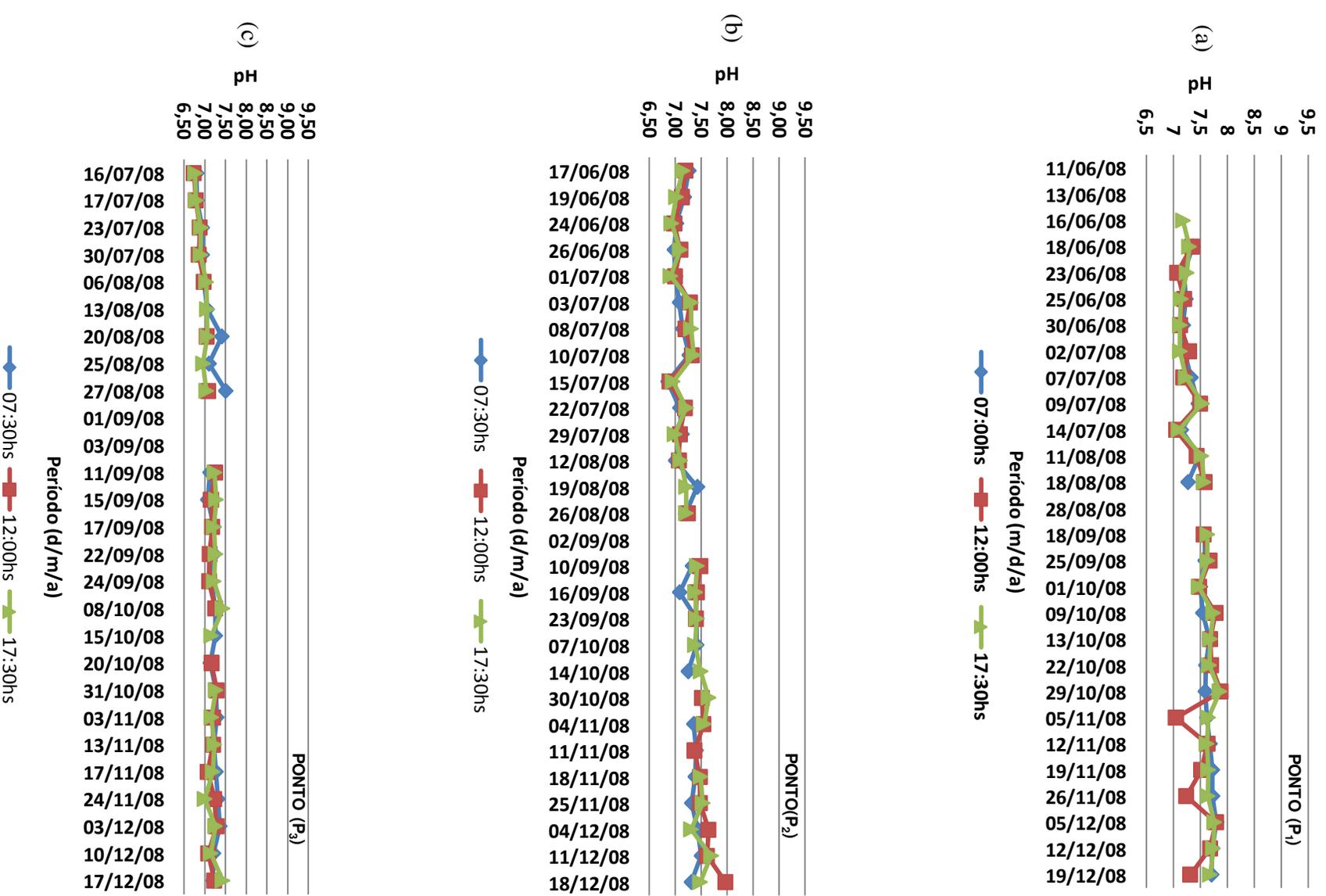


Figura 21 - Variação temporal do pH da água nos pontos de coleta - P₁ (a), P₂ (b) e P₃ (c)

6.2 Análise estatística dos dados

Os conjuntos de dados amostrais de cada indicador foram submetidos à análise de variância (ANOVA), de único fator, ao nível de significância de 5%, por meio do programa estatístico SPSS for Windows, versão 13.0, no intuito de observar a variabilidade desses indicadores nos diferentes horários de análises como também entre os pontos de coleta.

O F crítico do conjunto de dados de cada indicador calculado para os horários de realização das coletas ($F_{\text{crítico}} \approx 3,12$) quando comparado aos resultados obtidos da análise de variância (Tabelas 20 a 22) demonstraram que os efeitos decorrentes dos três horários, exceto para a turbidez no ponto de coleta (P_3), não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as médias de cada indicador. Portanto, de uma maneira geral, os horários de coleta não exerceram influência direta no comportamento dos indicadores ao longo do dia.

Tabela 20 - Análise de variância dos indicadores para cada horário no ponto de coleta (P_1)

		Soma Quadrática	df	Média Quadrática	F	Sig.
Conc. de cloro residual livre (mgCl ₂ /l)	Entre Grupos	,036	2	,018	,054	,947
	Dentro de Grupos	26,195	79	,332		
	Total	26,231	81			
Conc. de monocloramina (mgCl ₂ /l)	Entre Grupos	,143	2	,072	,228	,797
	Dentro de Grupos	24,799	79	,314		
	Total	24,943	81			
Conc. de dicloramina (mgCl ₂ /l)	Entre Grupos	,027	2	,013	1,375	,259
	Dentro de Grupos	,763	79	,010		
	Total	,790	81			
Conc. de tricloramina (mgCl ₂ /l)	Entre Grupos	,244	2	,122	,096	,908
	Dentro de Grupos	100,135	79	1,268		
	Total	100,379	81			
Turbidez (UT)	Entre Grupos	3,493	2	1,746	,428	,653
	Dentro de Grupos	326,446	80	4,081		
	Total	329,939	82			
pH	Entre Grupos	,041	2	,020	,367	,694
	Dentro de Grupos	3,863	70	,055		
	Total	3,904	72			

Tabela 21 - Análise de variância dos indicadores para cada horário no ponto de coleta (P₂)

		Soma Quadrática	df	Média Quadrática	F	Sig.
Conc. de cloro residual livre (mgCl ₂ /l)	Entre Grupos	,079	2	,039	,128	,880
	Dentro de grupos	22,784	74	,308		
	Total	22,862	76			
Conc. de monocloramina (mgCl ₂ /l)	Entre Grupos	,117	2	,058	,111	,895
	Dentro de grupos	38,787	74	,524		
	Total	38,903	76			
Conc. de dicloramina (mgCl ₂ /l)	Entre Grupos	,004	2	,002	,151	,860
	Dentro de grupos	1,002	74	,014		
	Total	1,006	76			
Conc. de tricloramina (mgCl ₂ /l)	Entre Grupos	,572	2	,286	,134	,875
	Dentro de grupos	157,999	74	2,135		
	Total	158,572	76			
Turbidez (UT)	Entre Grupos	4,268	2	2,134	,397	,674
	Dentro de grupos	403,403	75	5,379		
	Total	407,671	77			
pH	Entre Grupos	,113	2	,056	1,197	,308
	Dentro de grupos	3,441	73	,047		
	Total	3,554	75			

Tabela 22 - Análise de variância dos indicadores para cada horário no ponto de coleta (P₃)

		Soma Quadrática	df	Média Quadrática	F	Sig.
Conc. de cloro residual livre (mgCl ₂ /l)	Entre Grupos	,151	2	,076	,192	,826
	Dentro de Grupos	29,147	74	,394		
	Total	29,298	76			
Conc. de monocloramina (mgCl ₂ /l)	Entre Grupos	,515	2	,257	,490	,615
	Dentro de Grupos	38,857	74	,525		
	Total	39,372	76			
Conc. de dicloramina (mgCl ₂ /l)	Entre Grupos	,005	2	,003	,247	,782
	Dentro de Grupos	,806	74	,011		
	Total	,811	76			
Conc. de tricloramina (mgCl ₂ /l)	Entre Grupos	1,755	2	,877	,396	,674
	Dentro de Grupos	164,018	74	2,216		
	Total	165,773	76			
Turbidez (UT)	Entre Grupos	10,258	2	5,129	3,653	,031
	Dentro de Grupos	105,301	75	1,404		
	Total	115,559	77			
pH	Entre Grupos	,054	2	,027	,920	,403
	Dentro de Grupos	1,984	68	,029		
	Total	2,037	70			

Aplicando a análise de variância entre os pontos de coleta para cada indicador analisado (Tabela 23) e comparando com o F crítico da estatística de teste ($F_{\text{crítico}} \approx 3,00$), constataram-se, ao nível de significância de 5%, diferenças estatísticas significativas nas médias dos indicadores que compreendem o cloro residual combinado, mas precisamente, nas espécies de monocloramina e tricloramina. Também foi verificada diferença significativa no que se refere a valores de pH entre os pontos de coleta. Adotando-se o Teste de Tukey (Tabela 24) para a comparação das médias entre os grupos desses indicadores dentro de cada ponto monitorado, foi observado que todos apresentaram diferenças significativas entre si, mostrando a dinâmica da qualidade da água num sistema de distribuição. Dessa maneira, diferentes setores e trechos de uma rede de distribuição de água poderão apresentar divergências significativas quanto aos padrões de qualidade, em consequência das condições de projeto, operação, manutenção e infra-estrutura local. As Figuras 22 a 24 evidenciam as diferenças encontradas entre os pontos de coleta para a monocloramina, tricloramina e pH.

Tabela 23 - Análise de variância dos indicadores entre os pontos de coleta

		Soma Quadrática	df	Média Quadrática	F	Sig.
Cloro residual livre (mgCl ₂ /l)	Entre Grupos	1,716	2	,858	2,550	,080
	Dentro de Grupos	78,391	233	,336		
	Total	80,107	235			
Monocloramina (mgCl ₂ /l)	Entre Grupos	19,740	2	9,870	22,280	,000
	Dentro de Grupos	103,217	233	,443		
	Total	122,957	235			
Dicloramina (mgCl ₂ /l)	Entre Grupos	,007	2	,004	,334	,716
	Dentro de Grupos	2,608	233	,011		
	Total	2,615	235			
Tricloramina (mgCl ₂ /l)	Entre Grupos	85,340	2	42,670	23,408	,000
	Dentro de Grupos	424,724	233	1,823		
	Total	510,064	235			
Turbidez (UT)	Entre Grupos	16,214	2	8,107	2,242	,108
	Dentro de Grupos	853,169	236	3,615		
	Total	869,383	238			
pH	Entre Grupos	4,409	2	2,204	50,375	,000
	Dentro de Grupos	9,495	217	,044		
	Total	13,904	219			

Tabela 24 - Comparação das médias dos pontos de coleta para cada indicador analisado através do Teste de Tukey

Tukey HSD

Variável Dependente	(I) Pontos de Coleta	(J) Pontos de Coleta	Diferença de Média (I-J)	Des. do erro	Sig.	Intervalo de Confiança - 95%	
						Limite Inferior	Limite Superior
Cloro residual livre (mgCl ₂ /l)	Ponto 1 (UEPB)	Ponto 2 (S.J.Mata)	,03926	,09205	,905	-,1779	,2564
		Ponto 3 (S. Cabral)	-,15957	,09205	,195	-,3767	,0575
	Ponto 2 (S.J.Mata)	Ponto 1 (UEPB)	-,03926	,09205	,905	-,2564	,1779
		Ponto 3 (S. Cabral)	-,19883	,09348	,087	-,4193	,0217
	Ponto 3 (S. Cabral)	Ponto 1 (UEPB)	,15957	,09205	,195	-,0575	,3767
		Ponto 2 (S.J.Mata)	,19883	,09348	,087	-,0217	,4193
Monocloramina (mgCl ₂ /l)	Ponto 1 (UEPB)	Ponto 2 (S.J.Mata)	-,35703*	,10562	,002	-,6062	-,1079
		Ponto 3 (S. Cabral)	-,70482*	,10562	,000	-,9540	-,4557
	Ponto 2 (S.J.Mata)	Ponto 1 (UEPB)	,35703*	,10562	,002	,1079	,6062
		Ponto 3 (S. Cabral)	-,34779*	,10727	,004	-,6008	-,0948
	Ponto 3 (S. Cabral)	Ponto 1 (UEPB)	,70482*	,10562	,000	,4557	,9540
		Ponto 2 (S.J.Mata)	,34779*	,10727	,004	,0948	,6008
Dicloramina (mgCl ₂ /l)	Ponto 1 (UEPB)	Ponto 2 (S.J.Mata)	,01225	,01679	,746	-,0273	,0518
		Ponto 3 (S. Cabral)	,01134	,01679	,778	-,0283	,0509
	Ponto 2 (S.J.Mata)	Ponto 1 (UEPB)	-,01225	,01679	,746	-,0518	,0273
		Ponto 3 (S. Cabral)	-,00091	,01705	,998	-,0411	,0393
	Ponto 3 (S. Cabral)	Ponto 1 (UEPB)	-,01134	,01679	,778	-,0509	,0283
		Ponto 2 (S.J.Mata)	,00091	,01705	,998	-,0393	,0411
Tricloramina (mgCl ₂ /l)	Ponto 1 (UEPB)	Ponto 2 (S.J.Mata)	-,74690*	,21425	,002	-1,2523	-,2415
		Ponto 3 (S. Cabral)	-1,46534*	,21425	,000	-1,9707	-,9600
	Ponto 2 (S.J.Mata)	Ponto 1 (UEPB)	,74690*	,21425	,002	,2415	1,2523
		Ponto 3 (S. Cabral)	-,71844*	,21759	,003	-1,2317	-,2052
	Ponto 3 (S. Cabral)	Ponto 1 (UEPB)	1,46534*	,21425	,000	,9600	1,9707
		Ponto 2 (S.J.Mata)	,71844*	,21759	,003	,2052	1,2317
Turbidez (UT)	Ponto 1 (UEPB)	Ponto 2 (S.J.Mata)	,35302	,29984	,468	-,3542	1,0602
		Ponto 3 (S. Cabral)	,63277	,29984	,090	-,0744	1,3400
	Ponto 2 (S.J.Mata)	Ponto 1 (UEPB)	-,35302	,29984	,468	-1,0602	,3542
		Ponto 3 (S. Cabral)	,27974	,30446	,629	-,4384	,9978
	Ponto 3 (S. Cabral)	Ponto 1 (UEPB)	-,63277	,29984	,090	-1,3400	,0744
		Ponto 2 (S.J.Mata)	-,27974	,30446	,629	-,9978	,4384
pH	Ponto 1 (UEPB)	Ponto 2 (S.J.Mata)	,20791*	,03428	,000	,1270	,2888
		Ponto 3 (S. Cabral)	,34732*	,03487	,000	,2650	,4296
	Ponto 2 (S.J.Mata)	Ponto 1 (UEPB)	-,20791*	,03428	,000	-,2888	-,1270
		Ponto 3 (S. Cabral)	,13941*	,03453	,000	,0579	,2209
	Ponto 3 (S. Cabral)	Ponto 1 (UEPB)	-,34732*	,03487	,000	-,4296	-,2650
		Ponto 2 (S.J.Mata)	-,13941*	,03453	,000	-,2209	-,0579

*. A diferença de média é significativa ao nível de 0.05

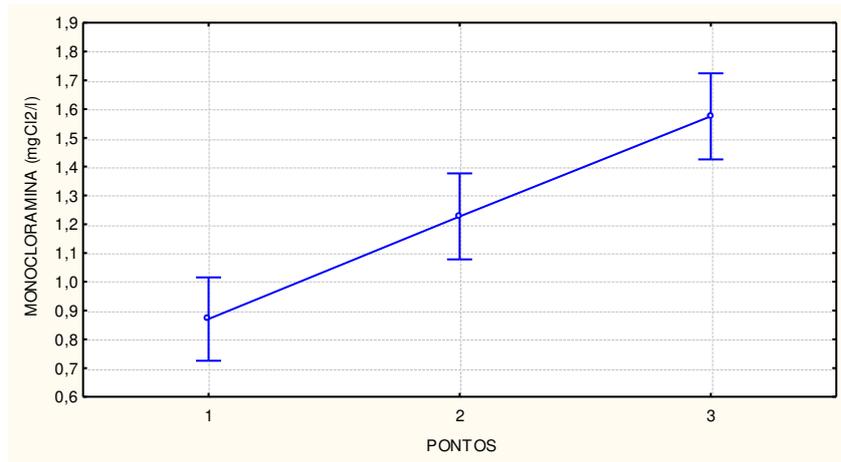


Figura 22 - Influência dos pontos de coleta sobre a espécie monocloramina

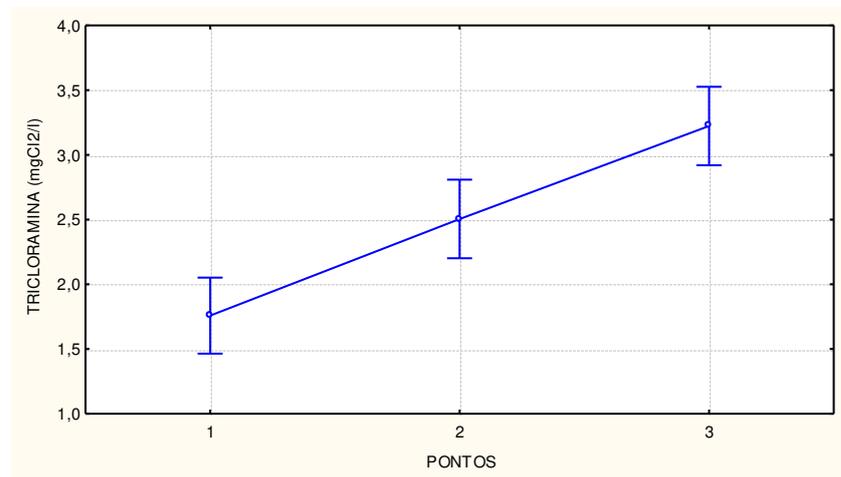


Figura 23 - Influência dos pontos de coleta sobre a espécie tricloramina

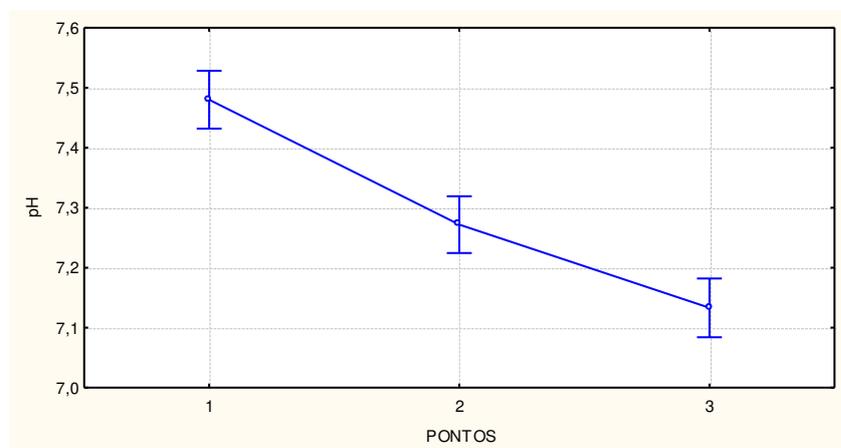


Figura 24 - Influência dos pontos de coleta sobre o indicador auxiliar pH

Os coeficientes de correlação de Pearson (Tabela 25), quando comparados com o coeficiente crítico de correlação dos indicadores analisados ($r_{\text{crítico}} \approx 0,13$), revelaram significância ao nível de 1% de probabilidade, para os indicadores CRL x monoclорamina ($r = - 0,406^{**}$) e CRL x tricloramina ($r = - 0,394^{**}$), indicando uma correlação negativa entre as frações de cloro residual livre e cloro residual combinado. A formação de cloraminas no sistema de abastecimento de água de Campina Grande é um fator limitante para a manutenção de cloro residual livre na rede de distribuição.

Os resultados dos estudos de correlação dos indicadores revelaram, também, a interação significativa entre turbidez x monoclорamina ($r = 0,188^{**}$) e turbidez x tricloramina ($r = 0,186^{**}$) ao nível de significância de 1%. Ocorreu uma interação significativa, ao nível de 5% de probabilidade, entre turbidez x dicloramina ($r = - 0,140^*$). Esses resultados mostram que a turbidez da água possui uma ligeira associação com compostos nitrogenados que contribuem para a formação do cloro residual combinado.

O pH da água analisada apresentou uma correlação negativa estatisticamente significativa ao nível de 1% de probabilidade com os indicadores turbidez ($r = - 0,258^{**}$), monoclорamina ($r = - 0,580^{**}$) e tricloramina ($r = - 0,592^{**}$). Já para a dicloramina houve uma correlação positiva ($r = 0,447^{**}$). Dentre as espécies de cloro residual combinado houve uma forte correlação positiva ao nível de 1% de probabilidade entre as espécies monoclорamina e tricloramina ($r = 0,998^{**}$). Já a dicloramina apresentou uma correlação negativa com essas espécies. Os resultados mostraram que as características da água, como as condições de pH e turbidez, influenciaram na formação das espécies de cloro residual combinado. A formação das espécies monoclорamina e tricloramina se deu em condições semelhantes quanto às características físico-químicas da água, ao contrário da formação da dicloramina.

Nenhuma correlação significativa foi constatada entre os indicadores CRL x turbidez e CRL x pH. Apenas foi observada uma associação negativa entre essas correlações, que de certo modo, já era esperada, pois a manutenção de cloro residual livre na rede de distribuição de água é mais favorável em condições de turbidez e pH baixos.

Tabela 25 - Análise de correlação entre os indicadores monitorados

		Cloro residual livre (mgCl ₂ /l)	Monocloramina (mgCl ₂ /l)	Dicloramina (mgCl ₂ /l)	Tricloramina (mgCl ₂ /l)	Turbidez (UT)	pH
Cloro residual livre (mgCl ₂ /l)	Correlação de Pearson	1	-,406**	,006	-,394**	-,058	-,030
	Sig. (Bi-caudal)		,000	,926	,000	,377	,654
	N	236	236	236	236	236	219
Monocloramina (mgCl ₂ /l)	Correlação de Pearson	-,406**	1	-,227**	,998**	,188**	-,580**
	Sig. (Bi-caudal)	,000		,000	,000	,004	,000
	N	236	236	236	236	236	219
Dicloramina (mgCl ₂ /l)	Correlação de Pearson	,006	-,227**	1	-,264**	-,140*	,447**
	Sig. (Bi-caudal)	,926	,000		,000	,031	,000
	N	236	236	236	236	236	219
Tricloramina (mgCl ₂ /l)	Correlação de Pearson	-,394**	,998**	-,264**	1	,186**	-,592**
	Sig. (Bi-caudal)	,000	,000	,000		,004	,000
	N	236	236	236	236	236	219
Turbidez (UT)	Correlação de Pearson	-,058	,188**	-,140*	,186**	1	-,258**
	Sig. (Bi-caudal)	,377	,004	,031	,004		,000
	N	236	236	236	236	239	220
pH	Correlação de Pearson	-,030	-,580**	,447**	-,592**	-,258**	1
	Sig. (Bi-caudal)	,654	,000	,000	,000	,000	
	N	219	219	219	219	220	220

** - Correlação é significativa ao nível de 0.01 (Bi-caudal).

* - Correlação é significativa ao nível de 0.05 (Bi-caudal).

7 DISCUSSÃO

7.1 A situação da qualidade da água de abastecimento de Campina Grande

Os resultados da monitoração dos indicadores sentinelas, visando à implantação de um modelo de vigilância da qualidade da água, revelaram que parâmetros como a turbidez e, principalmente, o cloro residual livre não apresentaram atendimento integral aos padrões de qualidade recomendados pela Portaria nº. 518 (MS) em nenhum dos pontos analisados, sinalizando a existência de condições favoráveis ao desenvolvimento de enfermidades na população da área estudada, sobretudo nos extremos (crianças, idosos) por não terem estes um sistema imunológico que funcione ativamente nem resistência a infestações, razão pela qual, caso contaminados, a doença se apresentará com maior severidade.

Em todos os pontos de coleta, durante o período de monitoração, ocorreu uma considerável variação nas concentrações de cloro residual livre. Em 28% das amostras coletadas e analisadas houve desacordo com a legislação vigente, sendo que 95% desse total correspondiam a concentrações de cloro residual livre abaixo do mínimo recomendado pela Portaria nº. 518 (MS), situação que pode estar relacionada com a ocorrência de vazamentos ou de negligências nas operações de manutenção das tubulações e reservatórios do sistema de abastecimento, as quais podem promover contaminações que reduzem o teor de cloro na rede de distribuição.

O cloro é o produto mais utilizado na desinfecção da água, sendo a sua presença em concentração suficiente, fundamental como agente bactericida. Desta forma, a baixa concentração de cloro residual livre verificada na rede de distribuição de água da cidade pode ser considerada relevante, uma vez que é notória a eficiência da cloração na redução de doenças veiculadas pela água, principalmente aquelas causadas por bactérias patogênicas.

O ponto de coleta (P₂) apresentou, de uma maneira geral, as menores concentrações de cloro residual livre devido a sua grande distância para a estação de tratamento. O cloro, além de ser um agente químico bastante volátil, é um forte oxidante. As grandes extensões de rede aliadas à falta de programas de

manutenção, de maneira planejada e continuada, do sistema de abastecimento e a provável presença de compostos redutores e amoniacais na água de abastecimento contribuíram para a diminuição da concentração do cloro residual livre. Dessa maneira, os trechos da rede de distribuição mais afastados dos pontos de cloração são considerados como pontos vulneráveis do sistema de abastecimento de água, podendo oferecer riscos a população consumidora. Vários outros fatores como o tipo de material das canalizações, grandes oscilações de pressões na rede e a idade do sistema podem também ter contribuído para o comprometimento da qualidade da água durante o seu percurso até as residências. Nesse sentido, pode-se pensar em novos pontos de cloração em trechos da rede de distribuição considerados mais suscetíveis a alterações na qualidade da água.

Em todos os pontos monitorados houve à predominância das espécies de cloro residual combinado, principalmente as tricloraminas, revelando um índice elevado de material nitrogenado presente na água de abastecimento. Um fator que favorece tal resultado é o provável comprometimento da qualidade da água do manancial que abastece a cidade, o Açude Epitácio Pessoa – “Boqueirão”. A deterioração da qualidade da água pode ser justificada por fatores de origem antropogênicas e climáticas. Nas proximidades das margens que circundam o açude Boqueirão, há plantações de culturas diversificadas de leguminosas, cultivadas à base de fertilizantes, que em períodos de chuvas, são carregados para as águas do manancial, aumentando as concentrações de nitrogênio amoniacal. Possíveis falhas nas operações da estação de tratamento e as incidências de vazamentos ocorridas na rede de distribuição registradas pelo Distrito Operacional da CAGEPA localizado no bairro do Monte Santo podem favorecer o surgimento das espécies de cloro residual combinado, que possuem baixo poder de desinfecção. Essa situação implica em baixas concentrações de cloro residual livre na rede, em virtude da maior demanda de cloro necessária para oxidação das espécies de cloraminas, tornando o sistema de abastecimento público de água vulnerável a contaminações, não oferecendo a proteção sanitária adequada aos usuários da água.

A maior concentração de cloro residual combinado foi verificada no ponto de coleta (P₃). Razão que pode ser explicada, pelo fato do setor localizar-se em uma área de maior risco de contaminação da rede de distribuição, devido à sua proximidade com potenciais fontes poluidoras como o cemitério de Bodocongó e um leito de riacho seco que passa por trás da Escola Estadual Severino Cabral (Figura

25), no qual podem ser observadas práticas de cultivo, criação de animais e lançamento de águas residuárias domésticas *in natura* e resíduos sólidos. Essas fontes podem liberar grandes quantidades de matéria orgânica e outros compostos com alto poder contaminante para o solo, que podem ser arrastados para dentro das tubulações devido a pressões negativas na rede em razão de interrupções momentâneas no sistema de abastecimento.

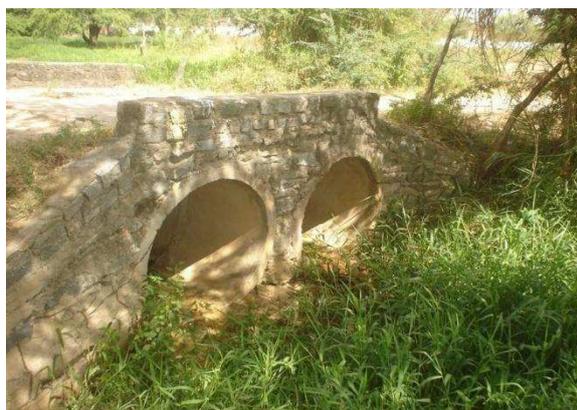


Figura 25 - Leito do riacho situado nas proximidades do ponto de coleta (P₃)

No tocante a turbidez da água, apenas 9,0% das análises realizadas nos três pontos de coleta apresentaram valores de turbidez superiores ao estabelecido pela Portaria nº. 518 (MS). Numa primeira análise pode-se considerar este resultado satisfatório, porém deve-se salientar que a presença de turbidez compromete diretamente as características organolépticas da água e, portanto, a satisfação do consumidor e a idoneidade da empresa responsável pelo fornecimento de água. É importante ressaltar que valores elevados de turbidez devem ser sempre entendidos como uma situação de perigo, pois compromete a eficiência do processo de desinfecção. As análises deste parâmetro fornecem subsídios para a verificação das condições de implantação de um sistema de abastecimento, permitindo detectar pontos mais favoráveis, quanto à qualidade, para a captação de água em um manancial e, fundamental, na seleção de tecnologia e controle operacional dos processos de tratamento.

Os resultados revelaram que a turbidez sofreu aumentos significativos nos períodos de maiores precipitações pluviométricas. Alguns pesquisadores como

Amaral et al. (2003) e Nogueira et al. (2003) constataram a interferência do clima na qualidade da água, nos períodos quentes e úmidos. Em períodos de chuvas, as equipes de controle da qualidade da água devem está sempre alerta para as mudanças ocorridas nos parâmetros físico-químicos da água, evitando que o padrão de potabilidade da água seja afetado. A remoção de turbidez, na estação de tratamento, por meio da filtração, indica a remoção de partículas em suspensão, incluindo enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp. A turbidez é um potencial indicador de doenças de veiculação hídrica, revelando a importância do seu monitoramento em pesquisas de vigilância da qualidade da água.

Quanto ao pH da água nos três pontos de coleta, foi constatado que todas as leituras de pH estiveram dentro dos limites desejáveis (6,0 a 9,5) recomendados pela Portaria nº. 518 (MS). De um modo geral, os valores obtidos para cada ponto monitorado obedeceram a uma tendência, no sentido de não haver oscilações significativas ao longo do período de análises. O ponto de coleta (P₃) apresentou, em comparação aos demais pontos, valores mais baixos de pH, situação que pode ser justificada pela maior suscetibilidade do local à contaminação por matéria orgânica que, provavelmente, atinge a rede de distribuição devido a negligências quanto a manutenção do sistema, causando no interior das tubulações um processo de decomposição da matéria orgânica, promovendo o aumento da concentração de gás carbônico que, ao dissolver-se na água, forma o ácido carbônico, reduzindo, portanto, o pH da água.

O pH é um parâmetro físico-químico importante no controle de qualidade de águas de abastecimento, podendo ser utilizado para avaliar a qualidade do tratamento realizado, além de comandar grande parte das reações químicas, e quando em valores inadequados pode contribuir para a corrosão das instalações hidráulicas e do sistema de distribuição. Diante disso, destaca-se a importância do monitoramento do pH em todos os setores de um sistema de abastecimento de água, onde valores não condizentes aos estabelecidos pela legislação indicará indícios de falhas no sistema e conseqüentemente prejuízos a qualidade da água fornecida.

Em suma, têm-se como prováveis fatores que contribuíram para o comprometimento da qualidade da água na cidade de Campina Grande, os seguintes fatores:

- alteração da qualidade da água do manancial que abastece a cidade;
- possível negligência na operação da ETA;
- intermitência do abastecimento de água pelas manobras realizadas na rede de distribuição em função da idade da rede de distribuição e falta de capacidade dos reservatórios em atender à demanda da população, gerando pressão negativa na rede e, conseqüentemente, entrada de águas poluídas;
- manutenção pouco efetiva na rede de distribuição;
- a falta de esgotamento sanitário em alguns setores da cidade.

7.2 A vigilância da qualidade da água em Campina Grande

A perspectiva adotada nas legislações e instrumentos legais brasileiros que tratam da qualidade da água para consumo humano, conforme explicitado no Inciso VI do Art. 7º da Portaria nº 518 (MS) (BRASIL, 2004, p. 4), que integra o Programa Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA):

São deveres e obrigações das Secretarias Municipais de Saúde [...] efetuar, sistemática e permanentemente, avaliação de risco à saúde humana de cada sistema de abastecimento ou solução alternativa, por meio de informações sobre as características físicas dos sistemas, as práticas operacionais e de controle da qualidade da água, o histórico da qualidade da água produzida e distribuída, a associação entre agravos à saúde e situações de vulnerabilidade do sistema.

A Secretaria de Saúde da cidade de Campina Grande não possui um programa de amostragem para a vigilância da qualidade da água produzida e distribuída à população da cidade, adotando como parâmetros de atividades de vigilância, os dados fornecidos pela CAGEPA no tocante ao controle da qualidade da água. Esse fato não é exclusividade da cidade de Campina Grande. A grande maioria dos municípios brasileiros ainda não tem um programa de vigilância da qualidade da água para consumo humano, descumprindo as diretrizes e recomendações estabelecidas pelo Ministério da Saúde. Estudo desenvolvido por Teixeira (2005) em Juiz de Fora (MG) corrobora com esta situação preocupante.

Até o momento, segundo informações obtidas na própria Secretaria de Saúde da cidade de Campina Grande, apenas atividades de cadastramento de fontes de abastecimento de água coletivas e individuais foram realizadas, o que é muito pouco para a garantia de atendimento aos padrões de potabilidade exigidos pela Portaria nº. 518 (MS). A falta de investimentos e a inobservância dos preceitos legais destinados a qualidade da água por parte dos gestores públicos e técnicos envolvidos desse setor é uma constante verificada na esfera municipal. É notória, dentro da composição e gerenciamento do Poder Público, a necessidade de um melhor aparelhamento das infra-estruturas dos órgãos que compõem a administração, visando à eficácia e informatização dos serviços de vigilância, bem como, a prática de investimentos em política de recursos humanos mais específicas, adequada às ações de saúde coletiva, que leve em conta as necessidades e peculiaridades destas atividades, com definições mais claras do perfil dos profissionais que devem participar do sistema e com o estabelecimento de um quadro de recursos humanos suficiente e capacitados, conhecedores da legislação que versa sobre a qualidade da água para consumo humano.

A cidade de Campina Grande precisa estruturar as questões que envolvem políticas públicas voltadas à saúde da população, assumindo efetivamente suas atribuições, de maneira que possa cumprir com as exigências estabelecidas em legislações que tratam do assunto. Nesse sentido, a formação de uma rede intersetorial, com a participação do estado, município e demais entidades ligadas ao setor saneamento, venha estimular o envolvimento dos gestores públicos em áreas voltadas a promoção da saúde, iniciando um processo de discussão e inserção de planos de amostragem para vigilância da qualidade da água para consumo humano.

Para garantir acesso à água em quantidade e qualidade dentro das normas e padrões de potabilidade, visando o bem-estar da população atendida pelos os serviços de abastecimento público, as autoridades de saúde do município precisam investir seriamente em programas de vigilância sanitária e monitoramento intensivo da qualidade da água (COSTA E SILVA; IBRAIM HALLACK, 1991; TRICARD, 1994). O exercício da vigilância da qualidade da água, garantida pela integração dos setores saúde, meio ambiente e saneamento, proporcionará a melhoria dos serviços, possibilitando aos gestores tomarem as decisões em torno dos sistemas de abastecimento coletivos e alternativos, no sentido de se exigirem as intervenções adequadas, quando há ocorrência de não-conformidades com a qualidade da água.

Este diagnóstico também pode permitir o mapeamento de áreas ou sistemas de maior vulnerabilidade ambiental e técnica, ajudando a definir as que são prioritárias. E ainda que os dados gerados e analisados resultem em informações que permitam o acompanhamento das condições de saúde da população e o desenvolvimento de estratégias de redução da morbimortalidade e promoção da saúde. A tentativa de promover a vigilância da qualidade da água é um importante desafio ao setor saúde e essencial a população assistidas por sistemas coletivos e alternativos de abastecimento de água.

É importante ressaltar, que a viabilização e a efetivação de um plano de amostragem para o atendimento de programas de vigilância da qualidade da água passam, obrigatoriamente, por questões de ordem política e financeira, sendo concluída após ampla divulgação das informações obtidas a população consumidora visando à ampliação da consciência sanitária e à participação da população nas atividades de vigilância e controle de agravos.

A participação social prevista na Lei nº 8.080/1990, que regulamenta o capítulo sobre saúde da Constituição Federal de 1988, e no Código de Defesa do Consumidor garante a democratização das informações geradas pelas ações da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano permitindo à população exercer efetivamente o controle social previsto pelo SUS. A democratização da informação se constitui em estratégia fundamental para que o consumidor se torne efetivamente sujeito ativo da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano. As informações sobre a qualidade da água para consumo humano e riscos associados à saúde devem estar disponíveis ao consumidor, conforme determina a legislação vigente.

7.3 O Controle da qualidade da água em Campina Grande

A CAGEPA promove o controle da qualidade da água distribuída por meio de análises físico-químicas e microbiológicas. Geralmente, essas análises são realizadas mensalmente para cada ponto de coleta pré-definido na rede de distribuição, combinando critérios de abrangência espacial e pontos estratégicos, tais como locais de grande circulação de pessoas, locais afetados por manobras no

sistema, pontas de rede, reservatórios entre outros. Os resultados do controle da qualidade da água no período compreendido entre junho a dezembro de 2008 em pontos próximos aos da pesquisa, quanto aos indicadores CRL, turbidez e pH, de uma maneira geral, mostraram consonância com as recomendações da Portaria nº. 518 (MS) (Tabela 26). Somente em um ponto, foi verificada uma concentração de cloro residual livre acima dos limites recomendados. Por motivos operacionais, a CAGEPA deixou de realizar, em alguns meses do período das análises da pesquisa, o controle da qualidade da água nos pontos de coleta, comprometendo a confiabilidade, quanto ao fornecimento de água potável à população da região.

Tabela 26 - Controle da qualidade da água realizado pela CAGEPA no período de junho a dezembro de 2008

DATA	HORÁRIO	PONTOS	INDICADORES		
			CRL (mg/l)	TURB. (UT)	pH
11/06/2008	14:17	74	1,5	3,06	7,3
	15:11	83	0,8	2,05	7,1
	*	86	*	*	*
23/07/2008	08:59	74	1	4,67	7,2
	10:01	83	0,5	2,02	7,2
	08:38	86	1,5	3,73	6,8
13/08/2008	08:51	74	0,5	4,03	7,4
	09:36	83	0,8	1,97	7,1
	08:48	86	2	3,89	7,2
18/09/2008	*	74	*	*	*
	*	83	*	*	*
	08:52	86	0,5	2,05	7,1
08/10/2008	09:45	74	1,0	2,04	7,4
	10:33	83	3,0	1,9	6,9
	*	86	*	*	*
15/10/2008	08:35	74	1,0	3,21	7,5
	09:31	83	0,5	1,96	7,1
16/10/2008	08:30	86	1,0	2,01	7,1
29/10/2008	08:29	74	0,5	3,86	7,4
	09:15	83	1,5	1,42	6,8
	*	86	*	*	*
11/11/2008	14:37	74	0,3	1,21	8,0
	*	83	*	*	*
13/11/2008	08:50	86	0,5	1,98	7,8

Fonte: CAGEPA (2008)

Nota: * não foi realizada análise.

A monitoração nos pontos 74, 83 e 86 realizada pelo controle da CAGEPA é equivalente aos pontos de coleta da pesquisa (P₁), (P₃) e (P₂) respectivamente.

No mês de dezembro, não houve a monitoração nos pontos 74, 83 e 86.

No tocante ao indicador sentinela cloro residual livre, o controle realizado pela CAGEPA apresentou valores superiores aos obtidos na pesquisa. Essa situação pode ser atribuída, ao fato da CAGEPA, como a maioria das empresas de saneamento do Brasil, que operam sistemas de abastecimento de água, utilizar como método de determinação da concentração de CRL a ortotolidina, que é um método impreciso para distinguir formas de cloro. Os resultados obtidos na pesquisa mostraram que o sistema de distribuição de água de Campina Grande tem cloro residual combinado em níveis variáveis o que pode, como uma primeira consequência, estar mascarando os resultados de cloro residual livre monitorado pela CAGEPA na sua ação de controle da qualidade da água distribuída a cidade de Campina Grande. A 13ª edição do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater foi a última em que o método da ortotolidina foi citado, pois experimentos realizados entre 64 laboratórios nos Estados Unidos concluíram que além de ser a ortotolidina um reagente cancerígeno, o método apresentava erros relativos na ordem de 20,2 a 42,5%, ocasionando erros na dosagem do desinfetante cloro, e portanto, uma maior despesa operacional era verificada nas ETA's (NOLL; OLIVEIRA; PESCADOR, 2000).

A existência de um programa de controle de qualidade da água é essencial para a operação de qualquer sistema de abastecimento de água, não somente na estação de tratamento, mas em todo sistema, por ser uma medida de necessidade para a garantia da saúde da população. O controle da qualidade da água é uma atividade de caráter dinâmico, e que deve ser exercido nos sistemas de abastecimento de água tanto no meio urbano como no meio rural.

O controle da qualidade da água não deve se restringir somente a verificar por meio de exames e análises físico-químicas e bacteriológicas, se a mesma está preenchendo os padrões de potabilidade regulamentares, mas deve se estender a outros aspectos ligados ao projeto, construção, operação e manutenção do sistema de abastecimento de água. Nesse sentido, um sistema de abastecimento de água pode ser considerado como uma indústria de transformação e desta forma pode-se aplicar os conceitos de processo produtivo a “água potável” para identificarmos as fases de controle da qualidade do produto (BATALHA, 1977).

7.4 Proposta para um plano de amostragem da qualidade da água

A elaboração do Plano de Amostragem de Vigilância da Qualidade da Água de abastecimento de Campina Grande constitui-se em uma experiência de desenvolvimento e consolidação de uma metodologia de trabalho cujo caráter público e participativo é o centro de sua realização. Nesse sentido, o presente trabalho propõe a elaboração de um plano de amostragem baseado na monitoração de indicadores sentinelas, fornecendo subsídios para avaliação da qualidade da água e do risco de doenças de veiculação hídrica, no intuito de desenvolver estratégias de ações preventivas e corretivas no sistema de abastecimento, garantindo a potabilidade da água fornecida à população do município.

A rede de distribuição de água de Campina Grande possui vários pontos onde podem ser coletadas amostras para análises. Diante da impossibilidade de se dispor de condições operacionais e financeiras para coleta e análise em todos esses pontos, há necessidade de considerar um determinado número de pontos distribuídos equitativamente no espaço e no tempo, de modo obter-se uma imagem representativa da qualidade da água distribuída, através de um estudo minucioso do sistema de abastecimento, levando em consideração a partição do sistema em setores mais reduzidos, como por exemplo, a divisão em zonas de pressão, a fim de facilitar a localização dos pontos de coleta. A distribuição dos pontos de amostragem deve contemplar setores de maior responsabilidade social, ou seja, pontos onde a população está mais concentrada, como também, pontos com maior probabilidade de contaminação, tais como as pontas de rede, os pontos situados em locais que não têm rede coletora de esgoto, pontos com rupturas freqüentes na rede, pontos de pressão variável e outros que atendam a eventualidades que venham a ocorrer no sistema de abastecimento. É importante que os técnicos responsáveis pela escolha dos pontos de amostragem, tenham em mente as características dinâmicas da rede de distribuição, para que os locais de coleta sejam estabelecidos de maneira a cobrir toda a rede e para evitar que, sob determinadas condições, algum trecho da rede fique fora da cobertura da vigilância.

O número de amostras que devem ser coletadas e a quantidade de pontos de coleta deverão obedecer a recomendações da Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água

para consumo humano, considerando aspectos como o número de habitantes e o tipo de manancial que abastece o município.

Os resultados da pesquisa mostraram que os horários de análise não apresentaram diferenças estatísticas significativas quanto ao valor do indicador analisado. Dessa maneira, o plano de amostragem a ser proposto para a cidade de Campina Grande sugere a realização de análises em um único horário ao longo do dia para cada ponto de coleta escolhido, com frequência diária, no sentido de manter a rede de distribuição de água sob vigilância permanente, quanto à sua potabilidade, desde a saída do reservatório (R-9) até as ligações domiciliares. Também se faz necessárias análises em pontos situados antes e após as unidades de tratamento, no intuito de detectar falhas no processo, principalmente na etapa de desinfecção, auxiliando os responsáveis pelo fornecimento e controle da qualidade da água (CAGEPA), em medidas corretivas e preventivas no sistema de abastecimento como um todo, desde o manancial até as unidades de consumo.

8 CONCLUSÃO

A água distribuída à população atendida pela Zona de Pressão D do sistema de abastecimento de Campina Grande apresentou concentrações expressivas de cloro residual combinado, principalmente na forma de tricloraminas, as quais não têm poder desinfetante, prejudicando sobremaneira, o processo de desinfecção. Os resultados das análises estatísticas indicaram uma associação negativa significativa entre as espécies de CRC e CRL, mostrando que concentrações elevadas de cloro residual combinado afetam a manutenção do cloro residual livre na rede de distribuição.

A concentração de CRL, em determinadas circunstâncias, esteve abaixo das recomendações da Portaria nº. 518 (MS), constatando-se, em algumas ocasiões, a ausência de CRL na rede de distribuição. Tal fato revela a vulnerabilidade do sistema de abastecimento quanto à incidência de doenças e agravos relacionada à água fornecida a população, infringindo as normas e padrões de potabilidade preconizados pelo Ministério da Saúde.

Os resultados constataram que pontos da rede de distribuição mais afastados da cloração do sistema (P_2) como também pontos inseridos em zonas com possíveis fontes de contaminação e problemas relacionados à infra-estrutura urbana, tais como baixos índices de serviços de esgotamento sanitário e limpeza urbana deficitária (P_3), são setores vulneráveis do sistema de abastecimento de Campina Grande, exigindo maior atenção dos responsáveis pelo controle da qualidade da água realizado pela CAGEPA.

Também foi verificado, a partir dos resultados, que a água de abastecimento sofreu alterações sazonais em sua qualidade, em virtude de fatores climáticos, apontando alterações significativas em parâmetros como turbidez e cloro residual em dias de maiores índices pluviométricos, havendo a necessidade de equipes técnicas bem aparelhadas e qualificadas para promoverem as medidas corretivas na estação de tratamento bem como na rede de distribuição de água.

As visitas nos diversos setores que compõe a Zona de Pressão D do sistema de abastecimento puderam constatar a falta de conservação e manutenção das instalações físicas das edificações que abrigam as estações elevatórias como também das condições dos reservatórios, criando situações de vulnerabilidade no

sistema. Foi observado o total abandono dos Reservatórios R-10 e R-11, que vem servindo de abrigo para vândalos e marginais. A estrutura física das edificações encontra-se em má estado de conservação, principalmente as instalações hidro-sanitárias desses ambientes, não oferecendo condições adequadas de trabalho para os operadores encarregados desses setores. Portanto, aspectos relacionados à manutenção do sistema podem ter contribuído para o comprometimento da qualidade da água abastecida, pois promovem alterações nas características físico-químicas e microbiológica da água.

Verificou-se a importância do papel desempenhado pelo acompanhamento sistemático de indicadores sentinelas e auxiliares como medida de vigilância da qualidade da água de Campina Grande, haja vista a possibilidade de criação e alimentação de um sistema de informações, cuja análise regular permita a identificação de fatores de risco (fontes e sistemas de abastecimento de água para consumo humano) e populações vulneráveis, ou seja, expostas ao risco (consumo de água), subsidiando o desencadeamento de medidas de controle, preventivas ou corretivas e, sobretudo, estimulando políticas sociais no setor saúde mais adequadas à nossa realidade e necessidades, fortalecendo a capacidade do SUS de responder a situações inusitadas e de relevância emergente, assim como de aprimorar continuamente os serviços de saúde incorporando novos conhecimentos científicos e tecnológicos.

RECOMENDAÇÕES

Diante das análises realizadas, é recomendável que a empresa responsável pelo funcionamento do sistema de distribuição de água ofereça melhores condições de operação e manutenção das partes que compreendem o sistema, tais como a estação de tratamento, os reservatórios e as tubulações da rede de distribuição.

A empresa pode implantar pontos de cloração em trechos críticos da rede para promover a estabilização dos níveis de cloro e aumentar a frequência das análises nesses pontos, contemplando, se possível, a análise de mais parâmetros em atendimento a Portaria nº. 518 (MS), como forma de garantir o padrão de qualidade da água para consumo humano.

Os recursos humanos envolvidos no processo de controle e vigilância da qualidade da água devem ser submetidos a cursos e treinamentos, devendo esta atividade ser desenvolvida constantemente pela prestadora dos serviços de abastecimento e pelas autoridades públicas de saúde.

A participação dos gestores e técnicos que atuam na vigilância e controle, como também dos conselhos de saúde e meio ambiente, na promoção de campanhas voltadas à conscientização ambiental da sociedade, promovendo a prática da preservação dos mananciais e do meio ambiente como um todo, prevenindo as fontes hídricas contra possíveis fontes poluidoras.

As ações da vigilância da qualidade da água devem ser estendidas além do hidrômetro dos estabelecimentos, constatando a real situação da água consumida pela população, pois se têm nos reservatórios domiciliares, as principais fontes de contaminação da água.

Os dados resultantes das ações de controle e vigilância devem ser divulgados de forma contínua ao público em geral visando à ampliação da consciência sanitária e à participação da população nas atividades de vigilância e controle de agravos.

Recomenda-se a continuidade de estudos nesse sentido, inclusive no aperfeiçoamento e validação da referida proposta, de forma a facilitar e desenvolver, em pleno potencial, as ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano, não só na cidade de Campina Grande, como em todo o país. A monitoração dos indicadores sentinelas envolvidos na verificação dos padrões da potabilidade da água neste trabalho sugere um estudo mais amplo envolvendo todo o sistema de distribuição da cidade para identificação de outros fatores que possam estar afetando a potabilidade da água de Campina Grande.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 21, Capítulo 18. *Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos*. 1999. Disponível em: <<http://www.undp.org.br/ag21pt18.txt>>. Acesso em: 15 jun. 2009.

AMARAL, L. A. et al. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. *Saúde Pública*, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 510-514, 2003.

APHA, AWWA, WPCF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th ed., Washington, D.C: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 1999. 1220p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12.211: estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água*. Rio de Janeiro, 1989.

_____. *NBR 12.218: projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público*. Rio de Janeiro, 1994.

BARCELLOS, C. et al. Inter-relacionamento de dados ambientais e de saúde: análise de risco à saúde aplicada ao abastecimento de água do Rio de Janeiro utilizando Sistemas de Informações Geográficas. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 597-605, jul./set. 1998.

BASTOS, R. K.; HELLER, L.; PRINCE, A. A.; BRANDÃO, C. C. S.; COSTA, S. *Manual de boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde (versão preliminar)*. FUNASA/OPAS, 2003. No prelo.

BATALHA, B. L.; PARLATORE, A. C. *Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais*. São Paulo: CETESB, 1977.

BEVILACQUA, P. D.; BASTOS, R. K. X; HELLER, L.; OLIVEIRA, A. A.; MARTINS, M. B. C.; BRITO, L. L. A. Densidades de *Giardia* e *Cryptosporidium* em mananciais de abastecimento de água e prevalência de giardiase: uso e aplicações do modelo teórico de avaliação de risco. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28., 2002, Cancún, México. *Anais...* Cidade do México: Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002.

BEZERRA, N. R.; BONINI, E. M.; OLIVEIRA, M. R. L.; NETTO, G. F.; DANTAS, M. H. P. Vigilância da qualidade da água para consumo humano no Brasil: a aplicação da Portaria MS nº. 1469/2000 pelo setor saúde. In: I CONGRESSO INTERAMERICANO DE SAÚDE AMBIENTAL, 1., 2004, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: [s.n.], 2004.

BRANCO, S. M. Água, Meio Ambiente e Saúde. *Águas Doces no Brasil*. São Paulo, Escrituras Editora, 1999. p. 227, 248.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Portaria nº 125, de 14 de fevereiro de 1999. Adequa as competências e atribuições do regimento Interno da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). *Diário Oficial*, Brasília, Seção I, nº 33, 19 fev. 1999.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). *Vigilância ambiental em saúde*. Brasília: FUNASA/MS, 2001.

_____. Ministério da Saúde. Portaria n.º 1.469, de 29 de dezembro de 2000. 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 União*, Brasília, DF. 22 fev. 2001. Seção 1. Republicada.

_____. Ministério da Saúde. Portaria nº. 518. 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 União*, Brasília, DF. 26 mar. 2004. Seção 1. Republicada.

_____. 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, 2006. 60p.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Inspeção sanitária em abastecimento de água*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 84p.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212p.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE). *Censos Demográficos*. Brasília: 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso: 18 de abril de 2008.

_____. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE). *Síntese de Indicadores Sociais*. Brasília: 2007. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=987&id_pagina=1. Acesso: 10 de fev. de 2009.

BRISCOE, J. Abastecimento de água y servicios de saneamiento: su función em La revolución de La supervivência infantil. *Boletín de La Oficina Sanitaria Panamericana*, v. 103, n. 4, 1987, p. 325-39.

BROMBERG, M. *Safe drinking water: Microbial standards help ensure water quality for consumers*, 1995.

CABRAL, N. M. T. *Comportamento dos indicadores de contaminação por efluentes domésticos nas águas do aquífero Barreiras nos bairros do Reduto, Nazaré e Umarizal – Belém/PA*. 2005. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/congresso/comp_ind.pdf>. Acesso em 21 jun. 2009.

CARSWELL, J. K., CLARK, M. R.; DORSEY, P. et al. Ozone, chlorine dioxide and chloramines as alternatives to chlorine for disinfection of drinking water. In: CONFERENCE ON WATER CHLORINATION: Environmental Impact and Health Effects, 2, 1977, Gatlinburg. *Anais...* Gatlinburg: Office of Research and Development U. S. Environmental Protection Agency - EPA, 1977. p.1-84.

COHN, P. D.; COX, M.; BERGER, P. S. Health and aesthetic aspects of water quality. In: *water quality and treatment*. 5 ed. USA, McGraw-Hill Ind., 1999.

COSTA E SILVA, R. J.; IBRAIM HALLACK, P. L. *O produto água*. Revista DAE - Sabesp, São Paulo, v. 51, n. 162, 1991.

COSTA, Nilson do Rosário Lutas Urbanas e Controle Sanitário: *Origens das políticas de saúde no Brasil*. Petrópolis: Vozes, 1985.

DANIEL, L. A. *Processos de Desinfecção e Desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável*. Prosab: São Carlos, 2001.

EC (Europe Community). *Scientific synthesis report drinking water seminar. 27 and 28 october 2003*, Brussels, Belgium, 2003. Disponível em <<http://europa.eu.int/>> Acessado em: 15 de abril de 2008.

ESREY, S. A.; POTASH, J. B.; ROBERTS, L.; SHIFTH, C. Effects of improved water supply and sanitation os ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, shistosomiasis, and trachoma. *Bulletin of the wolrld Health Organizacion*, v. 59, n. 50, 1981. p. 609-621.

FEWTRELL, L. et al. Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and metaanalysis. *The Lancet Infect Dis.*, v. 1, n. 5, p. 42-52, 2005.

FIGUEIREDO, R. F.; PARDO, S. D. A.; CORAUCCI FILHO, B. *Fatores que influenciam a formação de trihalometanos em águas de abastecimento*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL, 20. 1999, Rio de Janeiro. *Anais...*, Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária Ambiental, 1999, p.1362-1368.

FLUCK, S.; MCKANE, W.; CAIRNS, T.; FAIRCHILD, V.; LAWRENCE, A.; LEE, J. et al. Chloramine-induced haemolysis presenting as erythropoietin resistance. *Nephrol Dial Transplant* , 1999; 14:1687-91.

FORMAGGIA, D. M. E.; PERRONE, M. A.; MARINHO, M. J. F.; SOUZA, R. M. G. L. Portaria 36 GM de 19/01/90: necessidade de revisão. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 1(2), 1996. p. 5-10.

FREITAS, M. B.; FREITAS, C. M. A vigilância da qualidade da água para consumo humano – desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. *Ciênc. Saúde coletiva*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4. Não paginado, out./dez. 2005.

FREITAS, V. P. S. et al. Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, [S.l.], v. 61, n. 1, p. 51-58, 2002.

GALVÃO L. A.; OLIVEIRA, M. L. C.; AUGUSTO, L. G. S.; CÂNCIO, J. Indicadores de saúde e ambiente. Relatório da Oficina de Trabalho realizada durante o IV Congresso Brasileiro de Epidemiologia – EPIRIO – 98. *Informe Epidemiológico do SUS*, n. 2, p. 45-53, 1998.

GRAY, N. F. *Calidad Del água potable*. Zaragoza: Acribia, 1994. 365p.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. *Abastecimento de água para consumo humano*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2006. 859p.

HELLER, L. *Saneamento e saúde*. Brasília: OPAS/OMS, 1997. 97p.

HELLER, L. *Saneamiento y Salud*. Washington, D.C.: CEPIS/OPS, 1998.

HESPANHOL, I. Água e saneamento básico – uma visão realista. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (orgs). *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras, p. 249-303, 1999.

HOFSTRA, H.; HUISIN'T VELD, J. H. J. Methods for the detection and isolation of *Escherichia coli* including pathogenic strains. *Journal of Applied Bacteriology Symposium Supplement*, 1988, p.197-212, 1988.

JOHNSON, J. D.; JENSEN, J. THM and toxicity formation - routes, rates and precursors. In: AWWA SEMINAR PROCEEDINGS – STRATEGIES FOR THE CONTROL OF TRIHALOMETHANES, Las Vegas, 1983. *Anais...* Las Vegas: American Waters Works Association - AWWA, p.1-21, 1983.

KONEMAN, E. W.; ALLEN, S. D.; JANDA, W. M.; SCHRECKENBERGER, P. C.; WINN Jr., W. C. *Diagnóstico Microbiológico*. 5. ed., Rio de Janeiro: MEDSI, 1465p., 2001.

LAST, J. M. A. *A dictionary of epidemiology*. New York: Oxford University Press, 1988.

LAUBUSCH, E. J. Chlorination and other disinfection processes. In: *Water Quality and Treatment: A Handbook of Public Water Supplies (American Water Works Association)*, New York: McGraw-Hill Book Company, p.158-224, 1971.

LIMA, E. M. D. et al. Avaliação da qualidade micro-biológica e físico-química da água de abastecimento público da cidade de Salvador-Ba durante o período de 1992 a 1994. In: CONGRESSO BAIANO DE MEIO AMBIENTE, 1., 1996, Salvador. *Anais...* Salvador: UFBA/UEFS/UESC/UNEB/UCSal/UESC/CRA/IBAMA/EXPOGEO, 1996. p. 69-70.

MACÊDO, J. A. B., *Determinação de Trihalometanos em Águas de Abastecimento Público e Indústria de Alimentos*. Viçosa, MG. 1997, 90p. Dissertação (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) da Universidade Federal de Viçosa, 1997.

MARTINS, G.; LATORRE, M. R. D. O.; BORANGA, J. A.; PEREIRA, H. A. S. L. Curar é mais barato do que prevenir. Certo ou errado? In: XII ENCONTRO TÉCNICO DA ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS DA SABESP, 2001, São Paulo. *Revista SANEAS*, 2001.

MURRAY, P. R.; BARON, E. J.; PHALLER, M. A.; TENOVER, F. C.; YOLKEN, R. H., *Manual of Clinical Microbiology*. 7 ed. Washington: ASM Press, 2000.

NEVES, D. P. *Parasitologia humana*. 7 ed. São Paulo: Atheneu, 1988. 462p.

NOGUEIRA, G. et al. Microbiological Quality of drinking water of urban and rural communities, Brazil. *Saúde Pública*, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 232-236, 2003.

NOLL, R.; OLIVEIRA, I. L.; PESCADOR, J. Avaliação de dois métodos concorrentes usado na determinação do cloro em água tratada. In: I CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. [S.l.: s.n., 2000?]. Disponível em: <<http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/saneab/xi-019.pdf>>. Acesso em 13 de maio de 2009.

OKUN, D. A.; ERNST, W. R. *Community piped water supply systems in developing countries: a planning manual*. Washington: The World Bank, 1987. 249p. (World Bank Technical Paper number 60).

OPAS (Organización Panamericana de la Salud). *Guias para la Calidad del Agua Potable*. Volumes I, II e III. Genebra: Opas, 1987.

PALIN, A. A. Study of the Chloro Derivatives of Ammonia. *Water and Water Engineering*, v. 54, p. 248-258, 1950.

PEREIRA, I. S. et al. *Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano-Sisagua: Situação atual*. [S.l.: s.n., 2002?]. Disponível em: <<http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/sisagua.pdf>>. Acesso: 02 de fev. de 2009.

RICHARDSON D.; BARTLETT C.; GOUTCHER E.; JONES C.; DAVISON A.; WILL E. Erythropoietin resistance due to dialysate chloramine: the two-way traffic of solutes in haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant*, 1999, 14:2625- 7.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. *Tratamento de água*. São Paulo: Edgard Blucher, 1991. 332p.

ROSSIN, A. C. Desinfecção. In: *Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água (Tratamento de Água)*, São Paulo: CETESB/ASCETESB, v. 2, 1987.

SANTOS, C. L. *O controle de trihalometanos (THM) nas águas de abastecimento público*. São Paulo: USP, 1988. 217p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Universidade de São Paulo, 1988.

SANTOS FILHO, D. F. S. *Tecnologia de tratamento de água*. São Paulo: Nobel, 1985. 251p.

SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; LAUTERT, L. F. *Hidrometria Aplicada*. LACTEC- Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Curitiba, PR, 2001, 372p.

SILVA, C. H. P. M. *Bacteriologia: Um texto ilustrado*. Minas Gerais: PUC, PUC Eventos, 1999. 531p.

SILVA, L. M.; ARREBOLA, T. M., JESUS, G. A. *Monitoramento Sistemático de Cloro Residual Livre na Rede de Abastecimento de Água do Município de Vitória/ES: Sistema de Vigilância Para Prevenção de Danos à Saúde*. [S.l.: s.n., ca. 2007].

SILVA; S. A.; OLIVEIRA, R. *Manual de análise físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias*. Campina Grande, PB: O Autor, 2001. 266p.

SNOW, J. *Sobre a maneira de transmissão do cólera*. 2.ed. São Paulo: HUCITEC, 1999, 250p.

SOUZA, L. C. Bactérias coliformes totais e coliformes de origem fecal em águas usadas na dessedentação de animais. *Revista Saúde Pública*, São Paulo, v. 17, n. 2, 1983. p. 112-122.

SYMONS, J. M.; STEVENS, A. A.; CLARK, R. M. et al., *Treatment techniques for controlling trihalomethanes in drinking water*. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency, 1981. 289p.

TEIXEIRA, J. C. Vigilância da qualidade da água para consumo humano – utopia ou realidade? Estudo de caso: Juiz de Fora (MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 2005.

TRICARD, D. *Vers une gestion de la qualité*. Quelques réflexions. Direction Générale de la Santé, Paris, p. 7, 1994.

USEPA – U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY EPA-815/R-99-014 – *Guidance manual alternative disinfectants and oxidants*. Washington, 1999.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte, DESA-UFG, 1995. 240p.

WALDMAN, E. A. Usos da vigilância e da monitorização em saúde pública. *Informe Epidemiológico do SUS*, ano VII, n. 3, p. 7-20, 1998.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for drinking-water quality*, v. 2. WHO, Geneva, 1996.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *WHO report Health and Environment in Sustainable Development: Five Years after the Earth Summit*. Geneva: WHO, D. C. 1997. 222p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND. *Global water supply and sanitation and assessment 2000*. Report Geneva: WHO/UNICEF, 2000. Disponível em:
<http://www.who.int/water_sanitation_health/Globassessment/GlobalTOC.ht> .
Acesso em: 15 jun. 2009.

WHO - Technical aspects (disinfection). In: WHO SEMINAR PACK FOR DRINKING-WATER QUALITY 2004. Disponível em: < http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/S13.pdf>. Acesso em 24 de junho de 2009.