

Programa de Pós-Graduação em **Engenharia Civil e Ambiental**

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Departamento de Engenharia Civil

**EFEITO DA RESERVAÇÃO PREDIAL NA DETERIORAÇÃO DA
QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO HUMANO**

KALINNE CLEMENTINO OLIVEIRA COUTINHO

Campina Grande
Data: FEVEREIRO - 2011



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

KALINNE CLEMENTINO OLIVEIRA COUTINHO

**EFEITO DA RESERVAÇÃO PREDIAL NA DETERIORAÇÃO DA
QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO HUMANO**

Campina Grande-PB
Fevereiro 2011

KALINNE CLEMENTINO OLIVEIRA COUTINHO

**EFEITO DA RESERVAÇÃO PREDIAL NA DETERIORAÇÃO DA
QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO HUMANO**

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

Área de concentração: Engenharia de Recursos Hídricos e Sanitária

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

Prof^ª. Dr^ª. Mônica de Amorim Coura

Campina Grande-PB
Fevereiro 2011



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

- C871e Coutinho, Kalinne Clementino Oliveira
Efeito da reservação predial na deterioração da qualidade da água de abastecimento humano / Kalinne Clementino Oliveira Coutinho. — Campina Grande, 2011.
88 f.: il. col.
- Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.
Orientadores: Prof^a. Dr^a. Celeide Maria Belmont Sabino Meira, Prof^a. Dr^a. Mônica de Amorim Coura
- Referências.
1. Monitoramento da qualidade da água. 2. Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. 3. Reservação predial de água. I. Título.

CDU 351.778.3(043)

KALINNE CLEMENTINO OLIVEIRA COUTINHO

**EFEITO DA RESERVAÇÃO PREDIAL NA DETERIORAÇÃO DA
QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO HUMANO**

Dissertação aprovada em 28 de fevereiro de 2011.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof.^a. Dr.^a. Celeide Maria Belmont Sabino Meira
Orientadora



Prof.^a. Dr.^a. Mônica de Amorim Coura
Orientadora



Prof. Dr. Rui de Oliveira
Examinador Interno


Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior
Examinador Externo

*À Deus, aos meus pais João e
Cida, ao meu esposo Frederico, à
paixão da minha vida Sophia,
e à minha amada avó
Esmeraldina, DEDICO.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre me abençoar com saúde e proteção em todos os momentos de minha vida.

Ao meu pai, João Clementino, pelo generoso amor que me dedica, e a minha mãe, Aparecida Clementino, pelo apoio e incentivo em todas as horas.

Ao meu esposo Frederico, agradeço com amor, admiração e gratidão, por seu incentivo, compreensão, presença e pelo apoio incondicional não apenas no período de elaboração deste trabalho, mas em onze anos de companheirismo.

À minha filha Sophia, por alegrar todos os dias a minha vida.

Melzinha, obrigada por sempre me fazer companhia.

As minhas irmãs Fernanda e Samara.

Às minhas tias Goretti e Teresinha pelo carinho e incentivo.

As minhas orientadoras Celeide Maria Belmont Sabino Meira e Mônica de Amorim Coura pela oportunidade, confiança e paciência com que conduziram a orientação, pela dedicação, estímulo e pelo tempo dedicado que colaboraram tanto para o meu crescimento pessoal quanto para o aprimoramento da pesquisa.

Ao professor Rui de Oliveira pela sábia orientação e disposição em me atender em todas as etapas desta pesquisa.

Aos meus amigos de pesquisa Sarah, Igor, Emanuel, Amanda, Edilma, Ianina, Yasmin, Juscelino, Lucas, Cayo, Vinícius, André, Nayrlon e Dayvson, e todos os outros que compõem o grupo de pesquisa, pelo compromisso e apoio na realização das análises, sendo fundamentais para conclusão desse trabalho.

Aos diretores e funcionários das unidades escolares estudadas, principalmente a Dona Socorro diretora da Escola Municipal Ana Azevedo por sempre estar disposta a nos receber com carinho, atenção e entusiasmo.

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Água/ UFCG em especial, Walmária, Savana e Cristina sempre estarem dispostas a ajudar.

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

Por fim, meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para que a concretização desse trabalho fosse possível.

RESUMO

A água destinada ao consumo humano deve ser adequada para a manutenção da saúde e, para isso, não só o tratamento, mas também a reservação da água deve ser realizada de maneira adequada. 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. Durante o período de abril a novembro de 2010 amostras de água proveniente da rede de abastecimento público (ARAP) e de água do reservatório predial superior (ARPS) de sete escolares da cidade de Campina Grande foram analisadas com a finalidade de verificar o efeito da reservação predial sobre a degradação da qualidade da água de abastecimento dessas unidades e se o grau de deterioração verificado pode levar a violações em relação ao padrão de potabilidade estabelecido na Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. Os resultados demonstraram que apesar de terem ocorrido violações de padrões, principalmente no cloro residual livre, a qualidade da ARAP é melhor do que a ARPS, que se apresentou mais degradada, pois, frequentemente, as ações de manutenção e limpeza de reservatórios prediais são negligenciadas, tornando-se estas fontes de doenças de veiculação hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: Monitoramento da qualidade da água. Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. Reservação predial de água.

ABSTRACT

Water for human consumption should be adequate for maintaining health and for that, not only treatment but also the reservation of water must be performed properly. Water treatment in itself does not guarantee the maintenance of the condition of drinking, since water quality can deteriorate between the processing, distribution, and consumption reservation. During the period from April to November 2010 samples of water from public supply systems (ARAP) and samples from the upper reservoir (ARPS) of seven schools from the city of Campina Grande were analyzed in order to verify the effect of reservation on the degradation of water quality of supply to these units and the degree of deterioration can lead to violations found in relation to the potability standards established by Ordinance of the Ministry of Health 518/2004. The results showed that though there have been violations of standards, especially of free residual chlorine, the quality of the ARAP is better than the ARPS, which was more degraded because often, the actions of maintenance and cleaning are neglected making the reservoirs possible sources of waterborne diseases.

KEYWORDS: Monitoring water quality. The Health 518/2004 Ministry Ordinance. Water reservoir.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Unidades componentes de um sistema de abastecimento de água.....	17
Figura 2 -	Fluxograma para elaboração e aplicação do PSA.....	20
Figura 3 -	Riscos e benefícios da cloração da água.....	24
Figura 4 -	Efeito do pH na distribuição do ácido hipocloroso e do íon hipoclorito na água....	26
Figura 5 -	Instalação predial de água fria.....	31
Figura 6 -	Classificação do sistema predial de água fria em função do tipo de abastecimento sistema direto (a); sistema indireto (b).....	32
Figura 7 -	Sistema de abastecimento direto: sem bombeamento (a); com bombeamento (b)..	33
Figura 8 -	Sistema indireto: com uso de reservatório superior (a); com bombeamento de água diretamente da rede pública de abastecimento ao reservatório superior (b); contendo reservatórios inferior e superior e dispositivo de bombeamento da água (c).....	34
Figura 09 -	Localização geográfica da cidade de Campina Grande-PB.....	36
Figura 10 -	Sistema de abastecimento de água de Campina Grande- PB.....	37
Figura 11 -	Localização esquemática das Zonas de Pressão do sistema de distribuição de água de Campina Grande.....	38
Figura 12 -	Ferramenta de apoio para definição das rotas.....	42
Figura 13 -	Garrafas para coleta microbiológica (a); autoclave utilizada na esterilização de recipientes (b).....	43
Figura 14 -	Procedimentos para execução das análises: coleta para análise microbiológica (a); coleta para análise físico-química (b).....	44
Figura 15 -	Laboratório montado <i>in loco</i> para as coletas e análises físico-químicas.....	44
Figura 16 -	Termômetro de filamento de mercúrio.....	45
Figura 17 -	pH metro portátil.....	46
Figura 18 -	Turbidímetro portátil.....	46
Figura 19 -	Colorímetro.....	47
Figura 20 -	Procedimento: Bico de Bunsen (a), Tubos de ensaio (b), Meio de cultura em banho-maria (c), Placas na estufa (d), Leitura das placas no contador de colônias (e).....	50
Figura 21 -	Comportamento do pH na ARAP e na ARPS dos pontos estudados.....	56
Figura 22 -	Comportamento da Turbidez na ARAP e na ARPS dos pontos estudados.....	58

Figura 23 - Comportamento da Cor Aparente na ARAP e na ARPS dos pontos estudados.....	60
Figura 24 - Comportamento do Cloro Residual Livre na ARAP e na ARPS dos pontos estudados.....	63
Figura 25 - Comportamento do Cloro Residual Combinado, Monocloramina, Dicloramina e Tricloramina nos pontos P1 e P3.....	67
Figura 26 - Comportamento do Cloro Residual Combinado, Monocloramina, Dicloramina e Tricloramina nos pontos P4 e P6.....	69
Figura 27 - Comportamento do Cloro Residual Combinado, Monocloramina, Dicloramina e Tricloramina nos pontos P7 e P8.....	70
Figura 28 - Comportamento do Cloro Residual Combinado, Monocloramina, Dicloramina e Tricloramina no ponto P9.....	71
Figura 29 - Comportamento da Temperatura na ARAP e na ARPS dos pontos estudados.....	73
Figura 30 - Comportamento das Bactérias Heterotróficas na ARAP e na ARPS dos pontos estudados.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Etapas, objetivos e informações para a estruturação do PSA.....	21
Tabela 2 -	Pontos de coletas, localização, coordenadas UTM, reservatório de distribuição e comprimento da rede do reservatório à unidade de ensino.....	40
Tabela 3 -	Exemplo da rotina semanal de coleta das amostras.....	42
Tabela 4 -	Quantidade de amostras utilizadas nas placas para análise de bactérias heterotróficas.....	48
Tabela 5 -	Padrão de potabilidade dos pontos P1, P3, P4, P6, P7, P8 e P9 baseado na Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.....	53
Tabela 6 -	Resultado da análise descritiva dos dados coletados nos pontos P1, P3, P4, P6, P7, P8 e P9.....	54
Tabela 7 -	Resultado da análise de variância de um fator aplicada aos dados de pH.....	55
Tabela 8 -	Resultado da análise de variância de um fator aplicada aos dados de Turbidez.....	57
Tabela 9 -	Resultado da análise de variância de um fator aplicada aos dados da variável Cor Aparente.....	59
Tabela 10 -	Resultado da análise de variância de um fator aplicada aos dados da variável CRL.....	62
Tabela 11 -	Resultado da análise de variância de um fator aplicada aos dados da variável Monocloramina.....	65
Tabela 12 -	Resultado da análise de variância de um fator aplicada aos dados da variável Dicloramina.....	66
Tabela 13 -	Resultado da análise de variância de um fator aplicada aos dados da variável Tricloramina.....	66
Tabela 14 -	Resultado da análise de variância de um fator aplicada aos dados da variável Temperatura.....	72
Tabela 15 -	Resultado da análise de variância de um fator aplicada aos dados da variável Bactérias Heterotróficas.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas técnicas.
- APHA - American Public Health Association.
- ARAP - Água da Rede de Abastecimento Público.
- ARPS - Água dos Reservatórios Prediais Superiores.
- CAGEPA - Companhia de Água e Esgoto da Paraíba.
- CRC - Cloro Residual Combinado.
- CRL - Cloro Residual Livre.
- DPD - N, N-dietil-p-fenilenediamina.
- ETA - Estação de Tratamento de Água.
- GPS - Sistema de Posicionamento Global.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- MS - Ministério da Saúde.
- OMS - Organização Mundial de Saúde.
- PSA - Plano de Segurança da Água.
- SAA - Sistemas de Abastecimento de Água.
- SUS - Sistema Único de Saúde.
- UFC - Unidades Formadoras de Colônias.
- UFCG - Universidade Federal de Campina Grande.
- USEPA - United States Environmental Protection Agency.
- VIGIAGUA - Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano.
- WHO - World Health Organization.

SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Objetivo Geral.....	15
1.2	Objetivos Específicos.....	15
2.0	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1	Microrganismos e a água.....	18
2.2	Plano de Segurança da Água (PSA).....	19
2.3	Controle da qualidade da água de abastecimento.....	21
2.4	Vigilância da qualidade da água de abastecimento.....	22
2.5	Desinfecção da água com utilização de cloro.....	23
2.6	Indicadores de qualidade da água.....	25
2.6.1	<i>Indicadores sentinelas</i>	26
2.6.2	<i>Cloro Residual Combinado (CRC)</i>	28
2.6.3	<i>Potencial Hidrogeniônico</i>	28
2.6.4	<i>Cor</i>	29
2.6.5	<i>Bactérias Heterotróficas</i>	30
2.7	Sistema predial de água fria	31
2.7.1	<i>Classificação dos sistemas de abastecimento predial</i>	32
2.8	Manutenção da qualidade da água.....	35
3.0	MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
3.1	Descrição do sistema de distribuição de água de Campina Grande.....	36
3.2	Caracterização dos pontos de coleta.....	39
3.2.1	<i>Classificação dos sistemas de abastecimento predial</i>	40
3.3	Cronograma de coleta.....	41
3.4	Metodologia de coleta.....	43
3.5	Procedimentos analíticos.....	45
3.5.1	<i>Cloro residual (CRL e CRC)</i>	45
3.5.2	<i>Temperatura (T)</i>	45
3.5.3	<i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	46
3.5.4	<i>Turbidez</i>	46
3.5.5	<i>Cor Aparente</i>	47

3.5.6 <i>Bactérias Heterotróficas</i>	47
3.6 Análises estatísticas.....	50
3.7 Pesquisa sobre a vigilância da qualidade da água de abastecimento nas unidades de ensino.....	51
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1 pH.....	55
4.2 Turbidez.....	57
4.3 Cor Aparente.....	59
4.4 Cloro Residual Livre.....	61
4.5 Cloro Residual Combinado.....	64
4.6 Temperatura.....	71
4.7 <i>Bactérias Heterotróficas</i>	74
5.0 CONCLUSÕES	78
6.0 RECOMENDAÇÕES	79
REFERÊNCIAS	80
APÊNDICE A	85
APÊNDICE B	86
APÊNDICE C	87
APÊNDICE D	88

1.0 INTRODUÇÃO

A água é um recurso ambiental indispensável para a manutenção da vida, mas pode veicular microrganismos nocivos à saúde humana. O uso de indicadores de qualidade da água é necessário, pois possibilita a atuação preventiva antecipando problemas de contaminação e atuando de maneira corretiva, a partir do momento que houver violação dos padrões de potabilidade da água. Conforme a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, água potável é a água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde.

Sendo a vigilância da qualidade da água nas redes de abastecimento um processo que visa manter a boa qualidade da mesma, é necessário que esta seja estendida também para o interior de prédios a fim de que esta boa qualidade se mantenha até o ponto final de consumo. No Brasil, a etapa do consumo impõe elevados riscos à saúde, a ponto de todo o esforço desenvolvido nas diversas fases do sistema público ser inviabilizado por conta de um manuseio inadequado da água no nível intradomiciliar (BRASIL, 2006).

A necessidade do armazenamento de água potável fez com que surgissem os reservatórios utilizados em caso de interrupção no sistema de abastecimento ou onde a pressão no sistema de distribuição é insuficiente. Todavia, estes reservatórios necessitam de manutenção para prevenir a contaminação da água que será utilizada para consumo humano, evitando que impurezas prejudiquem o sistema e ajudando na melhoria da saúde da população.

Este trabalho descreve os resultados de uma investigação sobre a degradação da qualidade da água de consumo humano suprida por um sistema de abastecimento de médio porte. Foram selecionadas sete unidades escolares localizadas em diferentes zonas de pressão do sistema de distribuição de água de Campina Grande-PB, com base na “Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano” (BRASIL, 2006), e suas águas analisadas para a determinação dos indicadores cloro residual, pH, temperatura, cor, turbidez e bactérias heterotróficas com a finalidade de verificar o efeito da reservação predial na deterioração da qualidade da água para consumo humano.

1.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da reservação predial na qualidade de água para consumo humano.

1.2 Objetivos Específicos

- Descrição dos tipos de abastecimento de água nos pontos de monitoração;
- Comparar a qualidade da água fornecida pelo serviço de abastecimento com a qualidade da água reservada em sistemas de reservação predial;
- Verificar o grau de conformidade da qualidade da água analisada com o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

A água é uma das substâncias mais comuns existentes na natureza, é um elemento essencial à vida. Seus múltiplos usos são indispensáveis, principalmente em relação ao abastecimento público e industrial, irrigação, produção de energia e manutenção da vida aquática. No entanto, a disponibilidade de água não é igual para todas as pessoas em muitas sociedades, de acordo com o portal do Governo Federal do Brasil, no mundo cerca de 1,2 bilhão de pessoas não têm acesso à água potável e cerca de 5 milhões de pessoas morrem a cada ano por doenças relacionadas à falta de água de abastecimento (BRASIL, 2010).

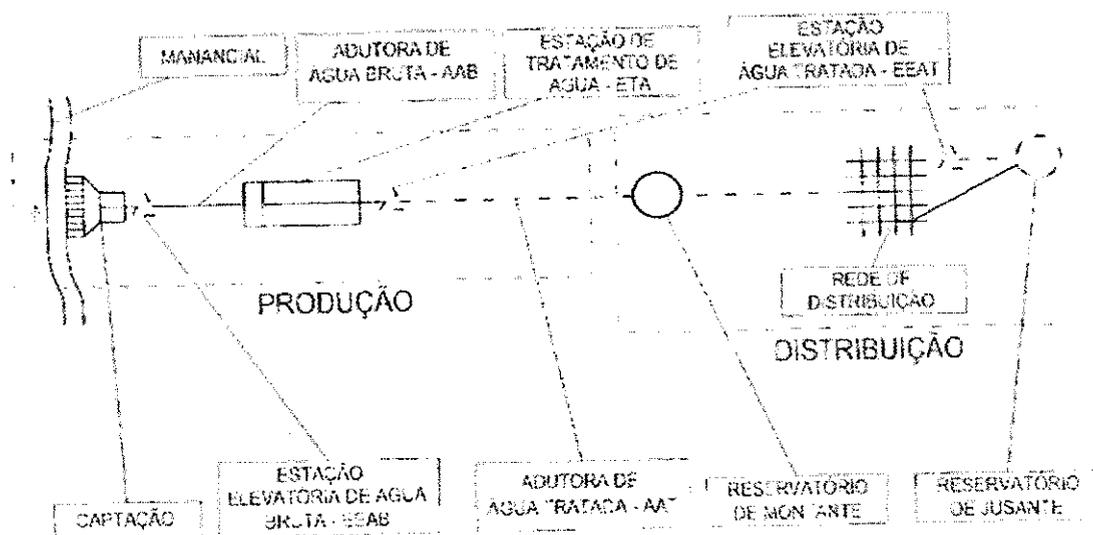
Para a Organização Mundial de Saúde (OMS), “todas as pessoas em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições sócio-econômicas têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e segura”. Visando assegurar esse direito, os sistemas de abastecimento de água desempenham papel importante, uma vez que, nesses sistemas a água bruta passa por diferentes processos até que se torne potável e não ofereça risco à saúde da população.

Os sistemas de abastecimento de água são instalações compostas por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinada à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão, de maneira que assegure a população o recebimento de um produto que não ofereça risco à saúde. Em um sistema clássico de abastecimento podem considerar-se diversas infra-estruturas, desde a origem da água até ao local de consumo.

Segundo Heller e Pádua (2006), os sistemas de abastecimento de água (Figura 1) são compostos pelas unidades de produção (captação no manancial, adução de água bruta, tratamento e adução de água tratada), distribuição (reservatórios e a rede de distribuição) e transporte (estação elevatória e a adutora).

Para a implantação do sistema de abastecimento faz-se necessário um estudo e elaboração do projeto com vistas à definição das obras a serem empreendidas. Essas obras deverão ter suas capacidades determinadas não somente para as necessidades atuais, mas para atendimento futuro das comunidades. O primeiro passo na concepção de um sistema de abastecimento de água é a escolha de um manancial com disponibilidade de água, significando que a água esteja presente não somente em quantidades adequadas de modo a

atender todas as necessidades de consumo, mas também que sua qualidade deve ser satisfatória para suprir as necessidades da população.



Fonte: Heller e Pádua (2006).

Figura 1 – Unidades componentes de um sistema de abastecimento de água.

Após a escolha do manancial, é necessário que haja uma estrutura responsável pela extração de água a fim de tornar disponível seu transporte aos locais de utilização, denominada de captação. A adução é a responsável pelo transporte da água, interligando unidades de captação, tratamento, estações elevatórias, reservação e rede de distribuição. As estações elevatórias são utilizadas quando a água necessita atingir níveis mais elevados, vencendo desníveis geométricos. É na unidade componente tratamento que a água bruta passa por transformações de maneira que se torne potável. E os reservatórios se destinam, entre outras funções, a realizar a compensação entre a vazão de produção e as vazões de consumo. Por fim, as redes de distribuição que têm por função distribuir água para a população. Constituindo-se de um serviço público necessário, a implantação de um sistema de abastecimento de água aliado a outras providências, como proteção dos mananciais e da área de drenagem, além de medidas para evitar a contaminação da água em todo sistema de distribuição são atitudes que contribuem para reduzir as chances de contaminação da água potável.

2.1 Microrganismos e a água

Graças à extraordinária capacidade de dissolução e transporte das mais variadas formas de matérias, a água representa o elemento ideal nas funções de limpeza de ambientes, constituindo, ao mesmo tempo, o veículo transmissor de toda sorte de impurezas. Estas, na forma de substâncias tóxicas ou microrganismos patogênicos, atingindo o corpo humano tanto externamente quanto internamente, podendo transmitir uma série de estados mórbidos ou indesejáveis. É conveniente dizer que tais microrganismos não se desenvolvem espontaneamente nos rios ou em corpos de água, mas são introduzidos graças à prática do emprego da água de lavagem ou destino final de resíduos de habitação ou de áreas contaminadas por excrementos de origem humana (REBOUÇAS *et al.*, 2006).

Os microrganismos presentes nas águas naturais são, em sua maioria, inofensivos à saúde humana. Mas, devido à contaminação por esgoto sanitário, estão presentes microrganismos que podem ser nocivos para a saúde humana. Dentre os microrganismos patogênicos incluem-se vírus, bactérias, protozoários e helmintos (DANIEL, 2001).

A presença de bactérias nas redes de distribuição tem sido detectada desde o início do século XX, mesmo nos sistemas que apresentam água tratada aparentemente isenta de microrganismos. A partir do desenvolvimento de novas tecnologias, foram realizadas pesquisas que apontaram a existência de comunidades de microrganismos aderidas às paredes das tubulações. A hipótese mais provável consiste na sobrevivência dos microrganismos e posterior readaptação no interior dos condutos formando os biofilmes. Dessa forma, bactérias, oportunistas ou não, persistem ao penetrarem no sistema de distribuição, por intermédio de vazamentos ou em pontos da rede submetidos a pressões negativas, podendo se desenvolver no interior dos biofilmes, mesmo quando a água apresentar concentração elevada de cloro residual (BRASIL, 2006).

A ausência de saneamento, principalmente nos municípios menos favorecidos, acarreta um problema de saúde pública, mas fica evidente a redução da incidência de doenças entéricas nas populações, na medida em que estas foram sendo beneficiadas com o tratamento de águas de abastecimento.

2.2 Plano de Segurança da Água (PSA)

Para que a água seja considerada potável ela deve passar pelo controle de qualidade e atender aos padrões de potabilidade estabelecidos por normas de qualidade, fazendo uso de programas de monitoração através de análises e exames de maneira proporcional à população atendida pelo sistema de abastecimento. Apesar da frequente monitoração, há o surgimento de doenças relacionadas com o consumo de água contaminada devido a problemas que não foram descobertos ou solucionados em tempo hábil, evidenciando a falta de eficiência no tratamento para o fornecimento de água limpa à população. Sendo assim, a Organização Mundial de Saúde recomenda a implementação do Plano de Segurança da Água (PSA) para consumo humano, com o qual se pretende pôr em prática uma mudança na abordagem dos mecanismos de controle de qualidade da água para um processo de gestão de segurança, englobando desde o manancial até o consumo.

O PSA, tal como preconizado pela Organização Mundial de Saúde (2004) é definido como um documento que identifica e prioriza riscos plausíveis que podem verificar-se num sistema de abastecimento, desde a origem de água bruta até a torneira do consumidor, estabelecendo medidas de controle para verificar a eficiência da gestão dos sistemas de abastecimento e a qualidade da água produzida.

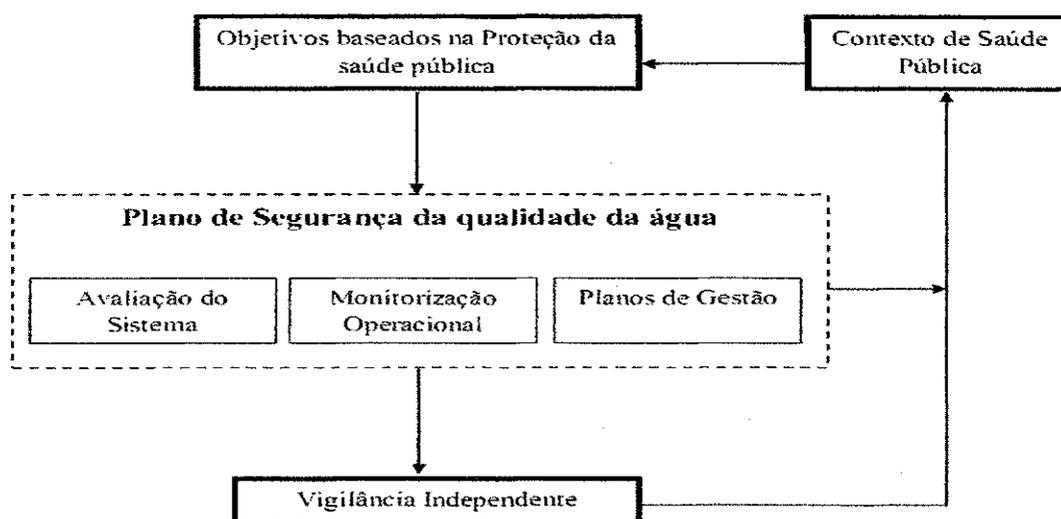
Tendo como principal objetivo a garantia da qualidade da água para consumo humano através da utilização de boas práticas no sistema de abastecimento de água, tais como: minimização da contaminação na captação de água, redução ou remoção da contaminação durante o processo de tratamento e a prevenção de pós-contaminação durante o armazenamento, a distribuição e o manuseamento da água na distribuição.

De acordo com Vieira e Moraes (2005), o processo de estabelecimento de objetivos de qualidade da água deve ser confiado às autoridades sanitárias, levando em consideração as especificidades de saúde locais. Este processo estrutura-se num ciclo iterativo, compreendendo uma avaliação de estado da saúde pública e uma avaliação de riscos, tendo como base aspectos de exposição ambiental e de “riscos aceitáveis”. Nesta avaliação poderão ser usados procedimentos epidemiológicos ou de avaliação quantitativa de riscos, tanto para substâncias químicas como para microrganismos.

WHO (2004) enfatiza que o fornecimento, em segurança, de água para consumo humano é conseguido de uma forma mais efetiva se for adotado um processo de gestão de riscos, através de um Fluxograma para elaboração e aplicação do PSA (Figura 2) para o

abastecimento público da água para consumo humano, contemplando cinco etapas fundamentais: o estabelecimento de objetivos para a qualidade da água destinada ao consumo humano, baseados na proteção da saúde pública; avaliação do sistema como um todo (manancial, tratamento e distribuição); a monitoração operacional do sistema visando um fornecimento de água com qualidade de acordo com os objetivos estabelecidos; elaboração de planos de gestão que identifiquem medidas de controle, garantam o controle dos riscos detectados e que assegurem que sejam alcançados os objetivos de qualidade da água, na perspectiva de saúde pública e o funcionamento de um sistema de vigilância independente.

O PSA apresenta uma estrutura organizada de um sistema operacional de gestão da qualidade da água. Neste contexto são identificadas três etapas fundamentais: a avaliação do sistema, a monitoração operacional e os planos de gestão. A Tabela 1 apresenta as três principais etapas, objetivos e informações para a estruturação do PSA.



Fonte: Vieira e Moraes (2005), adaptado de WHO (2004).

Figura 2 – Fluxograma para elaboração e aplicação do PSA.

No entanto, para a obtenção de êxito na aplicação do PSA, a entidade gestora do sistema de abastecimento de água deverá dispor de condições operacionais e de recursos humanos adequados a uma efetiva gestão de controle, incluindo: a constituição de uma equipe multidisciplinar com conhecimento de todo o sistema e com competência para fazer uma avaliação inicial do mesmo; a identificação dos locais onde pode ocorrer contaminação e as medidas de controle que devem ser aplicadas para prevenir, reduzir ou eliminar a

contaminação; a validação dos métodos utilizados no controle dos perigos; a aplicação de um sistema de monitorização que garanta a qualidade da água de todo o sistema de abastecimento, consistente com as Normas legais em vigor; e ações corretivas para dar uma resposta imediata para desvios dos objetivos de qualidade previstos no PSA.

Tabela 1 - Etapas, objetivos e informações para a estruturação do PSA.

ETAPA	OBJETIVO	INFORMAÇÃO
Avaliação do sistema	Assegurar que o sistema de abastecimento de água, como um todo, forneça água com uma qualidade que garanta os objetivos de saúde estabelecidos	Identificação de perigos. Caracterização de riscos, identificação e avaliação de medidas de controle.
Monitoramento operacional	Garantir o controle dos riscos detectados e assegurar que sejam alcançados os objetivos de qualidade da água.	Estabelecimento de limites. Estabelecimento de procedimentos de monitoramento. Estabelecimento de ações corretivas.
Plano de Gestão	Assegurar que descrevam as ações a realizar e documentar a avaliação do monitoramento do sistema.	Estabelecimento de procedimentos para a gestão de rotina. Estabelecimento de procedimentos para a gestão em condições excepcionais. Estabelecimento de documentação e de protocolos de comunicação.

Fonte: Vieira e Moraes (2005).

2.3 Controle da qualidade da água de abastecimento

O controle da qualidade da água de abastecimento está relacionado ao monitoramento das características físicas, químicas e biológicas da água e está associado a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em toda sua bacia de drenagem (BRASIL, 2006).

A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, define controle como o conjunto de atividades exercidas de forma contínua pelo(s) responsável(is) 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 desta condição. O controle da qualidade da água é realizado pela concessionária responsável pela operação do serviço de abastecimento

de água, companhia estadual de saneamento, autarquia municipal, prefeitura ou empresa privada.

Segundo a Diretriz Nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2006), monitoramento de investigação consiste em buscar informações sobre a qualidade da água nos casos de acidentes ou eventos de surto/epidemia de doença de transmissão hídrica, representando, na segunda circunstância, uma ferramenta de investigação epidemiológica. Na prática, as ações de controle da qualidade da água para consumo humano se resumem em evitar ou descobrir possíveis procedimentos inadequados e assim corrigi-los antes que possam comprometer ou influenciar na potabilidade da água consumida pela população.

2.4 Vigilância da qualidade da água de abastecimento

A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, define como vigilância, o conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública, a fim de verificar se a água consumida pela população atende à norma e avalia os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana. A realização da vigilância cabe ao Ministério da Saúde ou, por delegação, das Secretarias Estaduais de Saúde, no sentido de verificar se a água distribuída atende às premissas estabelecidas pelo padrão de potabilidade, além de avaliar os riscos à saúde da população abastecida.

De acordo com Diretriz Nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2006), o monitoramento de vigilância consiste em avaliar a qualidade da água consumida pela população, permitindo a identificação de fatores de riscos e a definição de estratégias de melhoria da situação existente.

O termo vigilância pode ser entendido como uma avaliação frequente e continuada de vários aspectos, com o objetivo de identificar riscos potenciais à saúde humana, possibilitando formas de intervenção ou controle, assumindo caráter rotineiro e preventivo (GUIMARÃES, 2010). Nesse contexto quando relacionada à qualidade da água para consumo humano, o caráter preventivo representa um grande desafio para os envolvidos na vigilância,

por ser a água dinâmica no tempo e no espaço, e a monitoração deve ser realizada ao mesmo tempo em que a água é captada, distribuída e consumida.

Atualmente, existe o Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA) concebido segundo os princípios e diretrizes do SUS, consistindo num conjunto de ações adotadas continuamente pelas autoridades de saúde pública para garantir que a água consumida pela população atenda ao padrão e normas estabelecidas na legislação vigente e para avaliar os riscos que a água consumida representa para a saúde humana (BRASIL, 2006).

A implementação da Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde no país constitui importante instrumento para o efetivo exercício do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano, com vistas a garantir a prevenção de doenças e a promoção da saúde da população (SILVA *et al.*, 2009).

2.5 Desinfecção da água com a utilização de cloro

Os processos de desinfecção podem ocorrer através de dois tipos de tratamento: químico e físico. Os agentes físicos são menos difundidos que os químicos devido ao alto custo implementação e a não garantia de um subproduto desinfetante que confira credibilidade na água fornecida. Os agentes químicos são mais utilizados devido ao baixo custo de operação e manutenção, em relação aos físicos, e pelo fato de conseguirem gerar subprodutos da desinfecção que permitem uma confiabilidade da água a ser consumida.

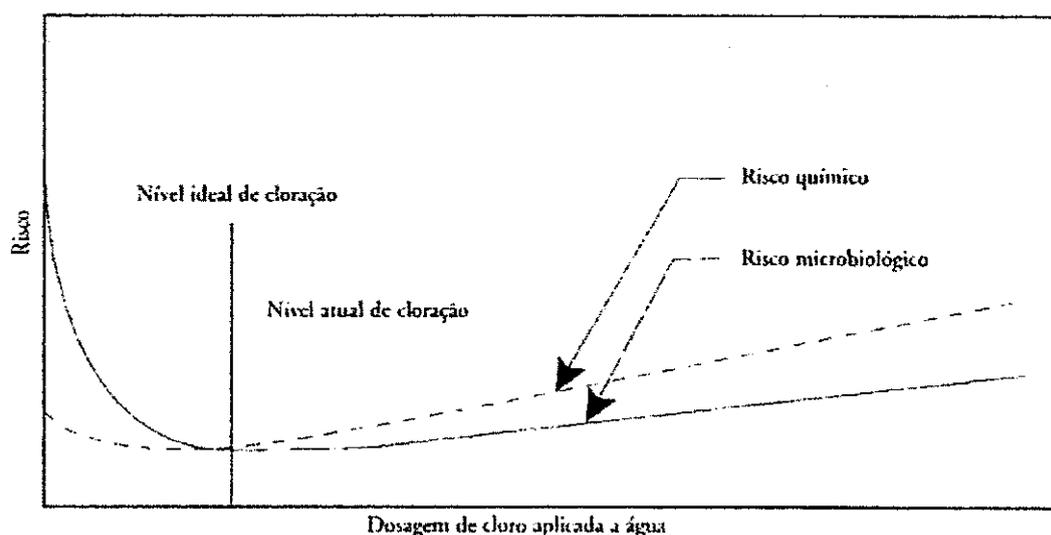
Daniel (2001) afirma que existem três mecanismos principais utilizados pelos agentes químicos na inativação de organismos patogênicos, que são: ataque aos principais constituintes celulares causando sua destruição ou desarranjo estrutural (destruindo a parede celular ou modificando as funções de semipermeabilidade da membrana), interferência no metabolismo energético (tornando as enzimas não funcionais) e interferência na biossíntese e no crescimento (pelo prejuízo à síntese de proteínas, ácidos nucleicos, coenzimas ou parede celular).

O desinfetante químico mais comumente utilizado na desinfecção para a produção de água potável é o cloro em sua forma gasosa (Cl_2) ou em suas formas líquidas. Ele tem sido empregado como desinfetante primário na vasta maioria das estações de tratamento de água

superficial ou subterrânea, tanto como pré-desinfetante quanto como pós-desinfetante (manutenção do residual na rede) (ibidem).

Numa perspectiva mundial, o controle da transmissão de doenças infecciosas em sistemas de abastecimento de água, é efetuado pela desinfecção com cloro. No que concerne à remoção de patógenos, a desinfecção é inquestionavelmente a operação unitária mais importante no tratamento de águas para abastecimento público. Apesar de existir atualmente diversas técnicas de desinfecção, ainda se considera, em nível mundial, a aplicação de cloro e seus produtos, como a metodologia de desinfecção mais adequada, tanto dos pontos de vista técnico e econômico-financeiro, como sob o aspecto cultural (REBOUÇAS *et al.*, 2006). O artigo 22º da Portaria nº 518/2004 determina que toda água fornecida coletivamente deve ser submetida a processo de desinfecção, concebido e operado de forma que garanta o atendimento ao padrão microbiológico recomendado.

A Figura 3 evidencia os riscos e benefícios da cloração da água. Os riscos relativos às doenças de veiculação hídrica são elevados quando a cloração não é efetuada, caindo para índices muito baixos quando as concentrações de cloro aplicadas são adequadas. Nota-se que os riscos, tanto microbiológicos como os provocados pela formação de subprodutos da cloração, podem ser reduzidos praticando-se a cloração controlada, ou seja, reduzindo as dosagens de cloro aplicado na água e aumentando-se o tempo de contato, de maneira que o produto dosagem x tempo de contato mantenha-se constante.



Fonte: Rebouças *et al.*, (2006).

Figura 3 – Riscos e benefícios da cloração da água.

2.6 Indicadores de qualidade da água

Na água podem ser encontrados inúmeros constituintes de natureza física, química ou biológica, que podem servir como indicadores nos programas de monitoração da qualidade da água. Nesse sentido o Ministério da Saúde, através da Portaria nº 518/2004, aprovou as normas e padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano no Brasil. A Portaria incorpora o significado e a importância dados à qualidade da água pela Organização Mundial da Saúde, estabelecendo limites através de Valores Máximos Permitidos (VMP) para cada parâmetro, de maneira que os constituintes existentes na água potável não ofereçam riscos à saúde da população.

Em relação aos constituintes de natureza física, a estratégia principal consiste na identificação de parâmetros que representem, de forma indireta, a concentração de sólidos, em suspensão ou dissolvidos na água. Para os constituintes de natureza química, são realizadas análises com métodos laboratoriais específicos, tendo como base a avaliação de substâncias que, em excesso ou acumulada durante anos, podem trazer danos à saúde da população.

A avaliação da qualidade microbiológica da água, em vista do elevado número e da grande diversidade de microrganismos que podem estar presentes na água, deve ser feita para evitar danos à saúde da população. Grandes quantidades de microrganismos presentes em um corpo de água geralmente indicam altos níveis de nutrientes na água. Águas contaminadas pelos sistemas e esgoto ou por resíduos orgânicos industriais biodegradáveis apresentam uma contagem bacteriana relativamente alta (TORTORA *et al.*, 2005). A contagem de bactérias heterotróficas é um indicador comumente empregado como auxiliar dos coliformes totais na avaliação de possível deterioração da qualidade da água no sistema de distribuição (BRASIL, 2006).

Os indicadores físico-químicos revestem-se de grande valor em vista de serem determinados através de métodos mais simples, rápidos e de menor custo, quando comparado a indicadores microbiológicos, podendo também ser utilizados como indicadores sentinelas da qualidade da água. Empregado para os indicadores sanitários, o termo pretende conferir aos mesmos a condição de instrumentos de identificação precoce de situações de risco, em relação à água consumida pela população, as quais podem resultar em doenças de veiculação hídrica. Os indicadores sentinelas referidos na “Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano” (BRASIL, 2006) são a turbidez e o cloro residual livre (CRL) (MEIRA *et al.*, 2009).

2.6.1 Indicadores sentinelas

O termo sentinela é utilizado em analogia às chamadas fontes sentinelas e aos sistemas de vigilância empregados na Epidemiologia. Fontes sentinelas, quando bem selecionadas, asseguram representatividade e qualidade às informações produzidas, conferindo aos indicadores condição de identificação precoce de situações de risco em relação à água consumida pela população (ibidem).

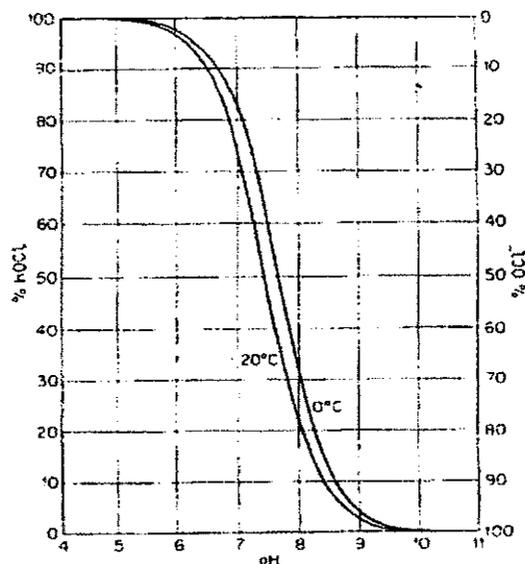
Cloro Residual Livre

A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde recomenda que após o processo de desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg Cl₂/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg Cl₂/L em qualquer ponto da rede de distribuição, e recomenda ainda que a cloração deve ser realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos e que o teor máximo desse cloro residual seja de 2,0 mg Cl₂/L em qualquer ponto do sistema de abastecimento. Como indicador sentinela o cloro residual livre apresenta uma maior sensibilidade comparado ao indicador turbidez.

Quando o cloro é adicionado à água isenta de impurezas é hidrolisado e ocorre a formação de ácido hipocloroso, (Equação 1), que se dissocia, rapidamente em hidrogênio e íon hipoclorito (Equação 2).



A Figura 4 representa o efeito do pH na distribuição das concentrações relativas do ácido hipocloroso e do íon hipoclorito na água. As concentrações de cloro na água sob as formas de ácido hipocloroso e hipoclorito são dependentes do pH e da temperatura, sua soma é denominada cloro residual livre (CRL) e constitui a mais importante variável de controle de qualidade na prática da cloração de águas de abastecimento (SILVA e OLIVEIRA, 2001).



Fonte: WHO (2004) adaptado de Morris (1951).

Figura 4 – Efeito do pH na distribuição do ácido hipocloroso e do íon hipoclorito na água.

Turbidez

A turbidez é definida como a redução da transparência da água devido à presença de material em suspensão. Nas águas superficiais a turbidez presente é devido, principalmente, à presença de partículas coloidais (argilas), em suspensão (silte), matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros microrganismos. A medida da turbidez na água bruta é de fundamental importância para seleção da tecnologia de tratamento e controle operacional dos processos de tratamento. A turbidez corresponde ao outro indicador sentinela estabelecido pela legislação brasileira e as variações da turbidez na rede de distribuição podem estar associadas ao material e ao estado de conservação das canalizações e à estanqueidade da rede.

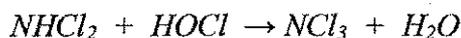
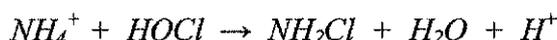
Na água filtrada, a turbidez assume a função de indicador sanitário e não meramente estético, sendo também um parâmetro de controle da eficiência da desinfecção, no entendimento de que partículas em suspensão podem proteger os microrganismos da ação do desinfetante em água precedida ou não de filtração (MEIRA *et al.*, 2009).

Atividades de mineração, erosão dos solos, assim como o lançamento de esgotos e de efluentes industriais, também são fontes importantes que causam uma elevação da turbidez das águas. O aumento da turbidez faz com que quantidades maiores de produtos químicos (ex: coagulantes) sejam utilizados nas ETA, onerando os custos de tratamento. Além disso, a alta turbidez também afeta a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e as atividades de recreação.

O padrão de potabilidade existente no Brasil, estabelece que a turbidez deve assumir, no máximo, o valor de 1 UT na saída da ETA e 5 UT no ponto mais desfavorável da rede de distribuição.

2.6.2 Cloro Residual Combinado (CRC)

A adição de cloro em águas de abastecimento, associada à presença de nitrogênio amoniacal, acarretará na formação de compostos clorados com pequeno poder desinfetante, denominados cloraminas. O cloro presente sob a forma de cloraminas é denominado cloro residual combinado, cujas frações dependerão da relação entre a dosagem de cloro aplicado e a concentração de nitrogênio amoniacal, pH, temperatura e tempo de reação (SILVA e OLIVEIRA, 2001). O cloro sob a forma de ácido hipocloroso combina-se com a amônia presente na água, formando a monocloramina (NH_2Cl), dicloramina (NHCl_2) e tricloramina ou tricloreto de nitrogênio (NCl_3), conforme as equações a seguir:



A dicloramina tem maior efeito bactericida, seguida da monocloramina; e a tricloramina praticamente não possui efeito desinfetante (MEYER, 1994).

2.6.3 Potencial Hidrogeniônico

O termo pH potencial hidrogeniônico da água é a medida da atividade dos íons hidrogênio e expressa a intensidade de condições ácidas ($\text{pH} < 7,0$) ou alcalinas ($\text{pH} > 7,0$). O valor do pH influi na solubilidade de diversas substâncias, na forma em que estas se apresentam na água e em sua toxicidade. No sistema de abastecimento e distribuição os valores de pH assumem importância no que diz respeito ao estado de conservação das tubulações, pois a combinação de valores de pH muito altos e águas duras causam

incrustações nas canalizações e valores de pH muito baixos caracterizam águas agressivas e causam corrosão.

O pH também é de fundamental importância no controle da desinfecção da água, pois valores elevados de pH contribui de forma negativa na desinfecção pois aceleram a dissociação do ácido hipocloroso, que dentre os componentes do CRL, possui um poder bactericida em algumas circunstâncias até 80 vezes maior que o íon hipoclorito (GUIMARÃES, 2010). No Brasil, a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece que o pH da água no sistema de distribuição seja mantido entre 6,0 e 9,5.

2.6.4 Cor

A cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas de dimensões inferiores a 1 μm , denominadas colóides, finamente dispersas, de origem orgânica ou mineral (resíduos industriais, compostos de ferro e manganês). Para efeito de caracterização de águas para abastecimento, distingue-se a cor aparente, na qual se consideram as partículas suspensas, da cor verdadeira. A determinação da cor verdadeira realiza-se após centrifugação da amostra.

Corpos d'água de cores naturalmente escuras são encontrados em regiões ricas em vegetação, em decorrência da maior produção de ácidos húmicos. As águas naturais apresentam, em geral, intensidades de cor variando de 0 a 200 unidades. Valores inferiores a 10 unidades são dificilmente perceptíveis. A cloração de águas coloridas com a finalidade de abastecimento doméstico pode gerar produtos potencialmente cancerígenos (trihalometanos), derivados da complexação do cloro com a matéria orgânica em solução (BRASIL, 2006).

A cor, em sistemas públicos de abastecimento de água, é esteticamente indesejável, a sua medida é de fundamental importância, visto que água de cor elevada provoca a sua rejeição por parte do consumidor. A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece para a cor aparente o VMP de 15 uH como padrão de aceitação para consumo humano.

2.6.5 Bactérias Heterotróficas

Tendo em vista o elevado número e a grande diversidade de microrganismos patogênicos que podem estar presentes na água, a avaliação da qualidade microbiológica desempenha um papel muito importante no processo de verificação da qualidade da água. Mas, em virtude da quase impossibilidade de avaliar a presença de todos os microrganismos presentes na água, a técnica adotada é a verificação da presença de organismos indicadores.

Bactérias heterotróficas são genericamente definidas como microrganismos que requerem carbono orgânico como fonte de nutrientes e sua contagem fornecem informações sobre a qualidade bacteriológica da água de uma forma ampla. Essa detecção, inespecífica, indica a presença de bactérias ou esporos de bactérias, sejam de origem fecal, componentes da flora natural da água ou resultantes da formação de biofilmes no sistema de distribuição. Sendo consideradas como indicadores auxiliares da qualidade da água, fornecem informações adicionais sobre eventuais falhas na desinfecção, colonização e formação de biofilmes no sistema de distribuição (DOMINGUES *et al.*, 2007).

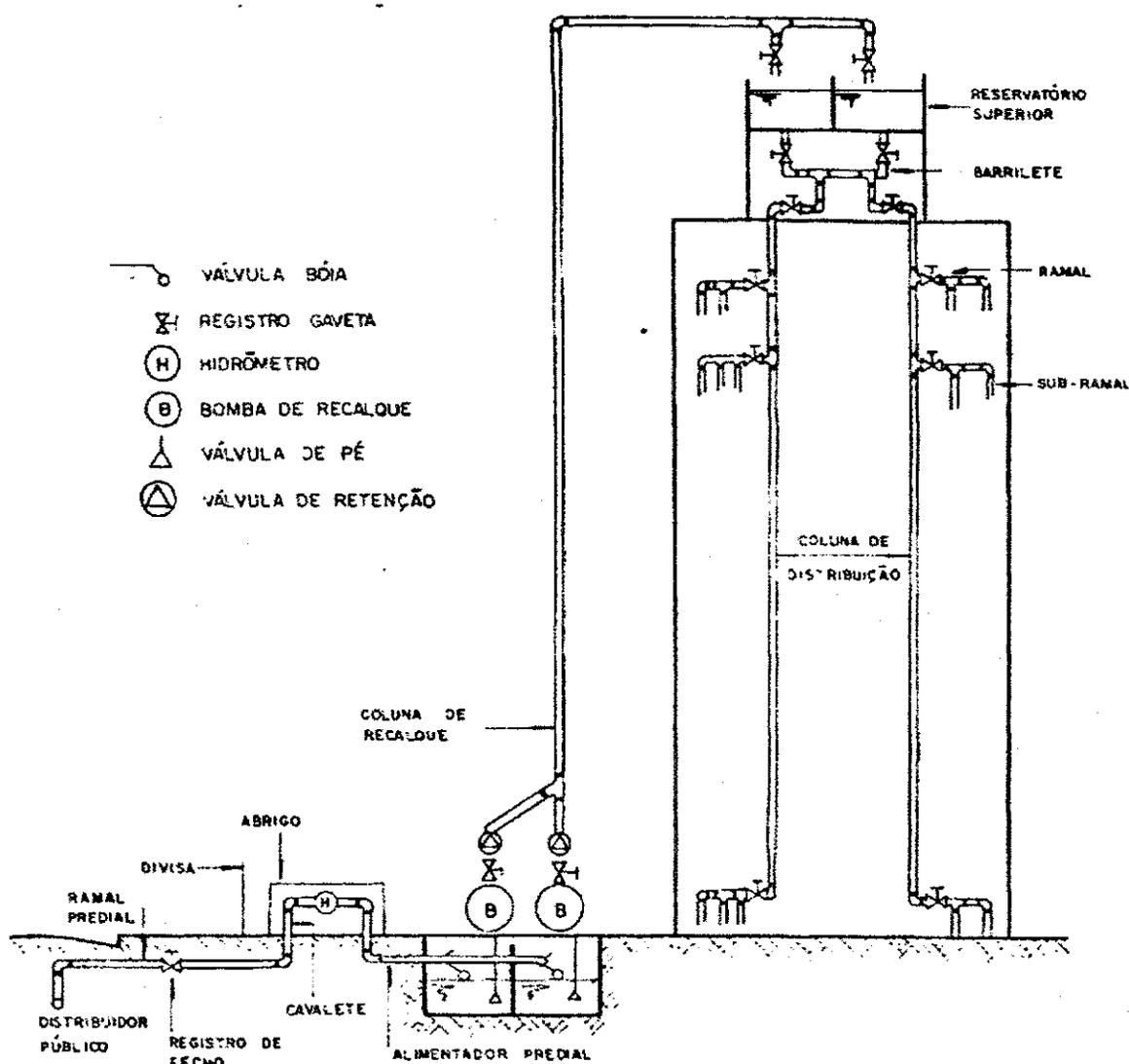
As bactérias heterotróficas não são consideradas patogênicas, mas sua determinação auxilia na avaliação das condições higiênicas dos sistemas de distribuição de água para consumo humano, pois são responsáveis pela formação de biofilmes nas redes de distribuição de água e fornecem proteção para microrganismos patogênicos contra a inativação por agentes desinfetantes, contaminando assim as águas de abastecimento. As bactérias heterotróficas são microrganismos capazes de produzir unidades formadoras de colônias - UFC, na presença de compostos orgânicos contidos em meio de cultura apropriado.

A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, estabelece que em 20% das amostras mensais para análise de coliformes totais nos sistemas de distribuição, deve ser efetuada a contagem de bactérias heterotróficas e, uma vez excedidas 500 UFC por ml, devem ser providenciadas imediata coleta, inspeção local e, se constatada irregularidade, outras providências cabíveis. Esse tipo de contagem é uma ferramenta para acompanhar a eficiência das diferentes etapas de tratamento da água e permite ainda verificar as condições em distintos pontos da rede de distribuição (SILVA *et al.*, 2005).

2.7 Sistema predial de água fria

O sistema predial de água fria se constitui na extremidade do sistema público de abastecimento de água onde se estabelece o elo com o usuário final, NBR 5626 (ABNT, 1998).

A instalação predial de água fria, ilustrada na Figura 5, compreende os encanamentos, hidrômetro, conexões, válvulas, equipamento, reservatórios, aparelhos e peças de utilização que permitem o suprimento, a medição, o armazenamento, o comando, o controle e a distribuição de água aos pontos de utilização tais como torneiras, chuveiros, pias, etc.



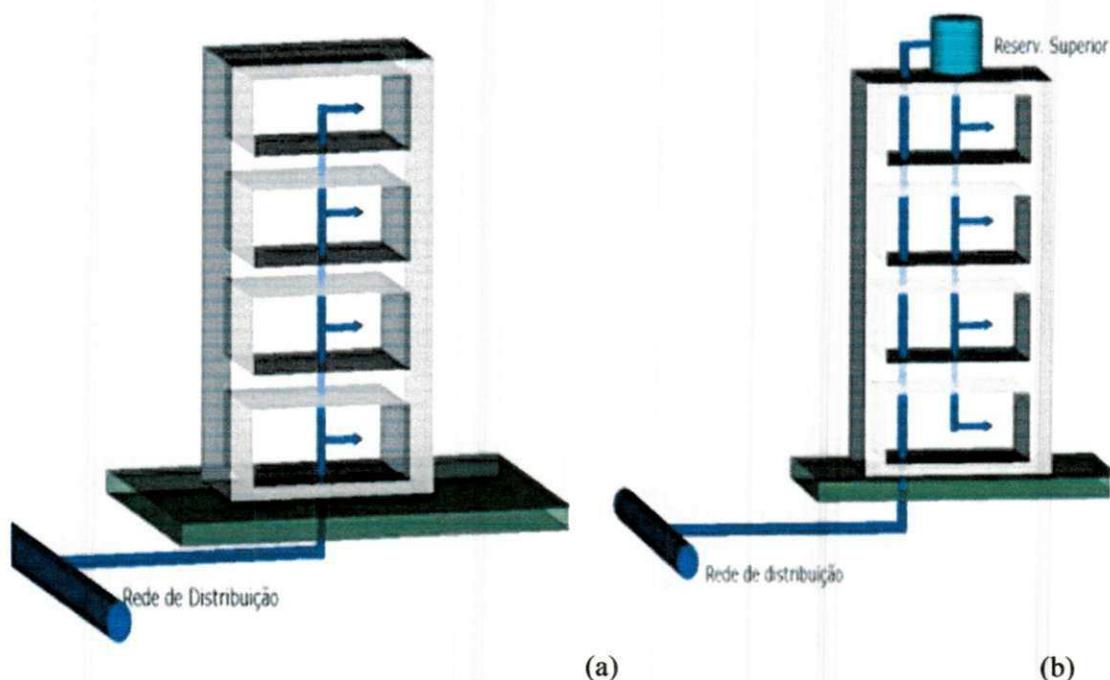
Fonte: Ilha e Gonçalves (1994).

Figura 5 – Instalação predial de água fria.

Para o abastecimento de água em edificações verticais é utilizado um ramal predial ou ramal externo (trecho entre o sistema de distribuição pública de água e a instalação predial caracterizada pelo aparelho medidor - hidrômetro) e o alimentador predial ou ramal interno de alimentação (trecho a partir do medidor até a primeira derivação ou torneira de bóia), (CREDER, 2006; MACINTYRE, 2008).

2.7.1 Classificação dos sistemas de abastecimento predial

O sistema predial de água fria é classificado em função das pressões e vazões disponíveis do sistema de abastecimento (rede pública ou particular), e de acordo como a continuidade e confiabilidade do abastecimento. Assim, são identificadas três modalidades de abastecimento (Sistema direto, Sistema indireto e Sistema misto), sendo que em cada uma destas modalidades podem existir diversas configurações que visam garantir o desempenho satisfatório desses sistemas (Figura 6).

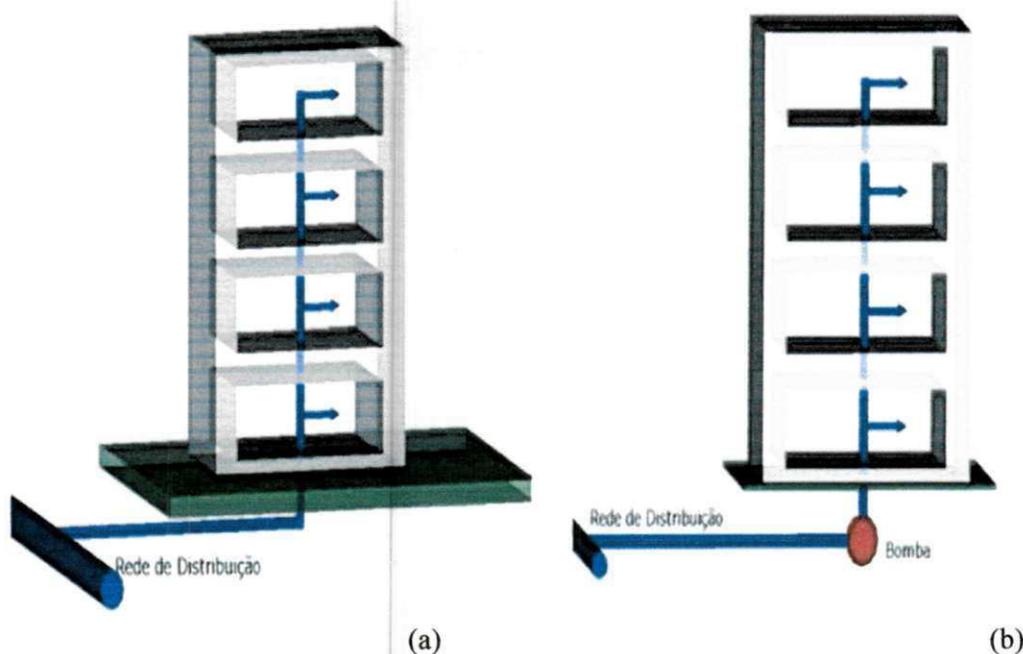


Fonte: Paliari (2008), adaptado de Ilha e Gonçalves (1996).

Figura 6 – Classificação do sistema predial de água fria em função do tipo de abastecimento: sistema direto (a), sistema indireto(b).

Sistema de abastecimento direto

No sistema de abastecimento direto os pontos de utilização (equipamentos sanitários) são ligados diretamente da rede pública de abastecimento, não havendo reservação intermediária da água. No entanto, em função das condições de pressão e vazão da rede pública de abastecimento, o sistema direto pode ser provido ou não de bombeamento. Assim, quando a rede pública oferece condições de vazão, pressão e continuidade suficientes ao esperado desempenho do sistema, utiliza-se o sistema direto sem bombeamento (Figura 7a). Caso contrário, faz-se o uso de um sistema de direto onde a água é recalçada diretamente aos equipamentos sanitários (Figura 7b).

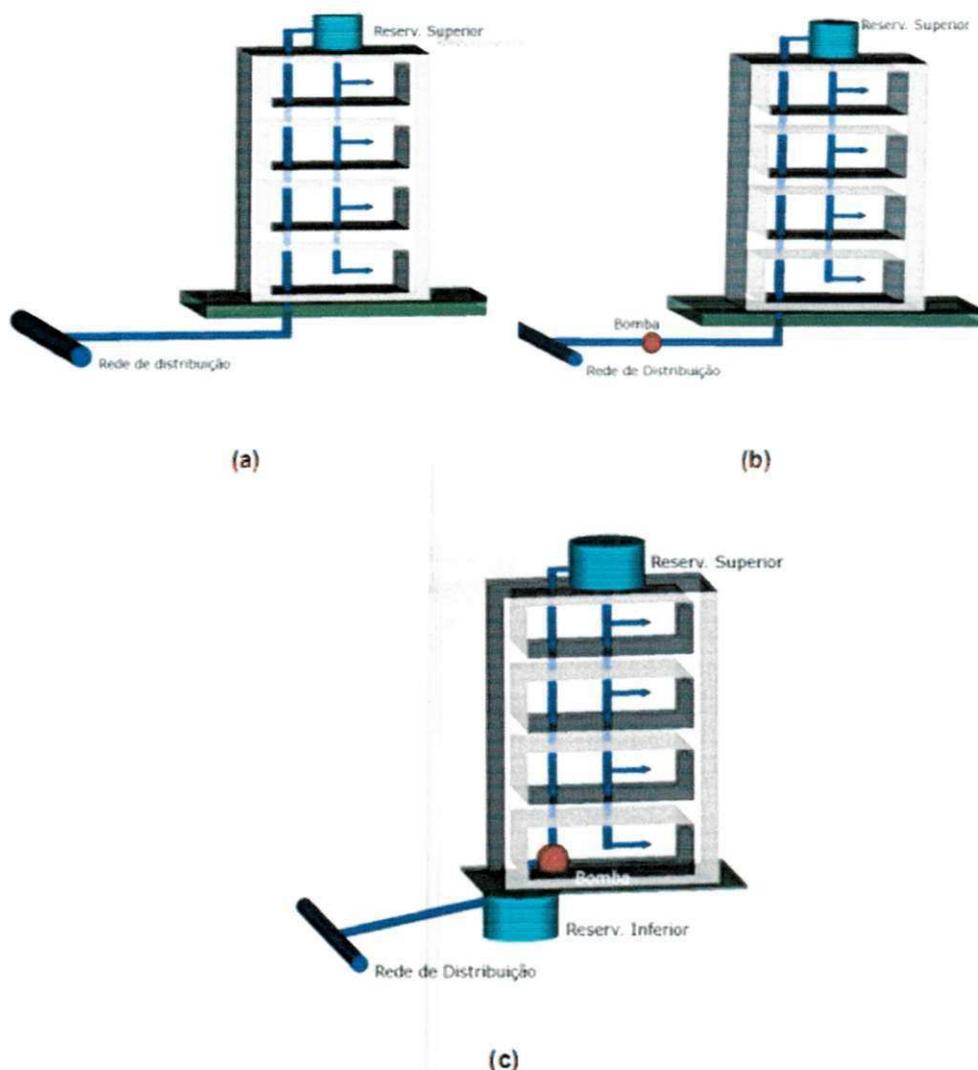


Fonte: Paliari (2008), adaptado de Ilha e Gonçalves (1996).

Figura 7 – Sistema de abastecimento direto: sem bombeamento (a), com bombeamento(b).

Sistema de abastecimento indireto

No sistema indireto a rede de distribuição interna é alimentada por um reservatório elevado, podendo este ser alimentado diretamente pela rede pública de abastecimento, com ou sem bombeamento, ou por um reservatório inferior com bombeamento, configurando-se em 3 tipos de sistemas indiretos (Figura 8).



Fonte: Paliari (2008), adaptado de Ilha e Gonçalves (1996).

Figura 8 – Sistema indireto: com uso de reservatório superior (a); com bombeamento de água diretamente da rede pública de abastecimento ao reservatório superior (b); contendo reservatórios inferior e superior e dispositivo de bombeamento da água (c).

Sistema de abastecimento misto

O sistema misto caracteriza-se pelo uso conjugado do sistema indireto e direto. A opção por este sistema proporciona não somente a redução do volume da reservação, como também, a redução do consumo de água do reservatório superior, muito útil em situações de baixa pressão na rede pública de abastecimento (PALIARI, 2008).

2.8 Manutenção da qualidade da água

Sendo a vigilância da qualidade da água nas redes de abastecimento um processo que visa manter a boa qualidade da mesma, é necessário que esta seja estendida também para o interior de prédios a fim de que esta boa qualidade se mantenha até o ponto final de consumo. No Brasil, a etapa do consumo impõe elevados riscos à saúde, a ponto de todo o esforço desenvolvido nas diversas fases do sistema coletivo ser inviabilizado por conta de um manuseio inadequado da água no nível intradomiciliar (BRASIL, 2006).

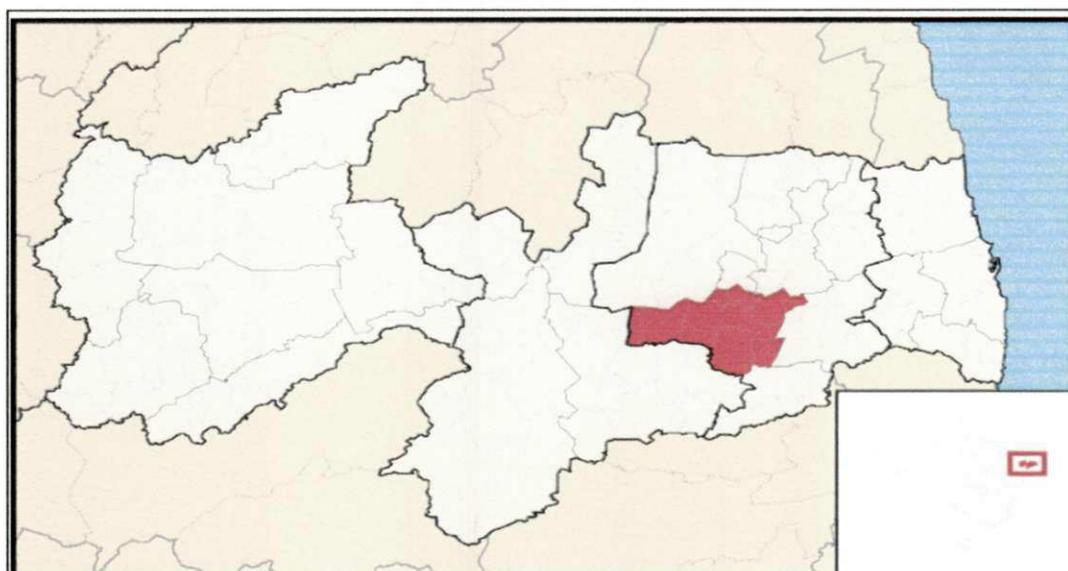
A intermitência do fornecimento de água em sistemas públicos de abastecimento do país conduziu a população brasileira a criar o hábito de utilizar reservatórios domésticos para armazenar água e utilizá-la quando o fornecimento é interrompido. Por outro lado, em algumas soluções alternativas ou individuais de abastecimento de água, a reservação é imprescindível. Em todos os casos, os reservatórios precisam ser mantidos tampados e serem limpos periodicamente, pois, do contrário, eles serão pontos de contaminação da água (PHILIPPI JR., 2005; HELLER e PÁDUA, 2006).

É necessário ter a segurança de que a qualidade de água que passa pelo hidrômetro é a mesma que é consumida nos vários pontos da instalação predial. Quando armazenada em reservatórios domiciliares sem as devidas condições de higiene a água utilizada pela população passa a infringir os padrões de potabilidade. A população, de maneira geral, tem consciência da importância da manutenção periódica dos reservatórios para a garantia da qualidade da água recebida do sistema. Mas, a falta de incentivo e de educação por parte da autoridade de saúde pública faz com que a população não detenha os conhecimentos necessários para tais procedimentos. Uma regulamentação poderia suprir a deficiência da ação da vigilância sanitária, que se justifica pelo baixo quadro de pessoal atuante e condições de trabalho, em decorrência da demanda de irregularidades ainda hoje existente nas questões de saneamento em todas as localidades do país (BARBOSA, 2010).

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na cidade de Campina Grande, sede do município, distante 120km da capital João Pessoa, localizada na região agreste do estado da Paraíba (Figura 10). De acordo com dados do IBGE (2010), a cidade de Campina Grande possui população de 385.276 habitantes.

No período de abril a novembro de 2010 foram monitorados sete pontos considerados estratégicos em conformidade com a “Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano” (BRASIL, 2006).

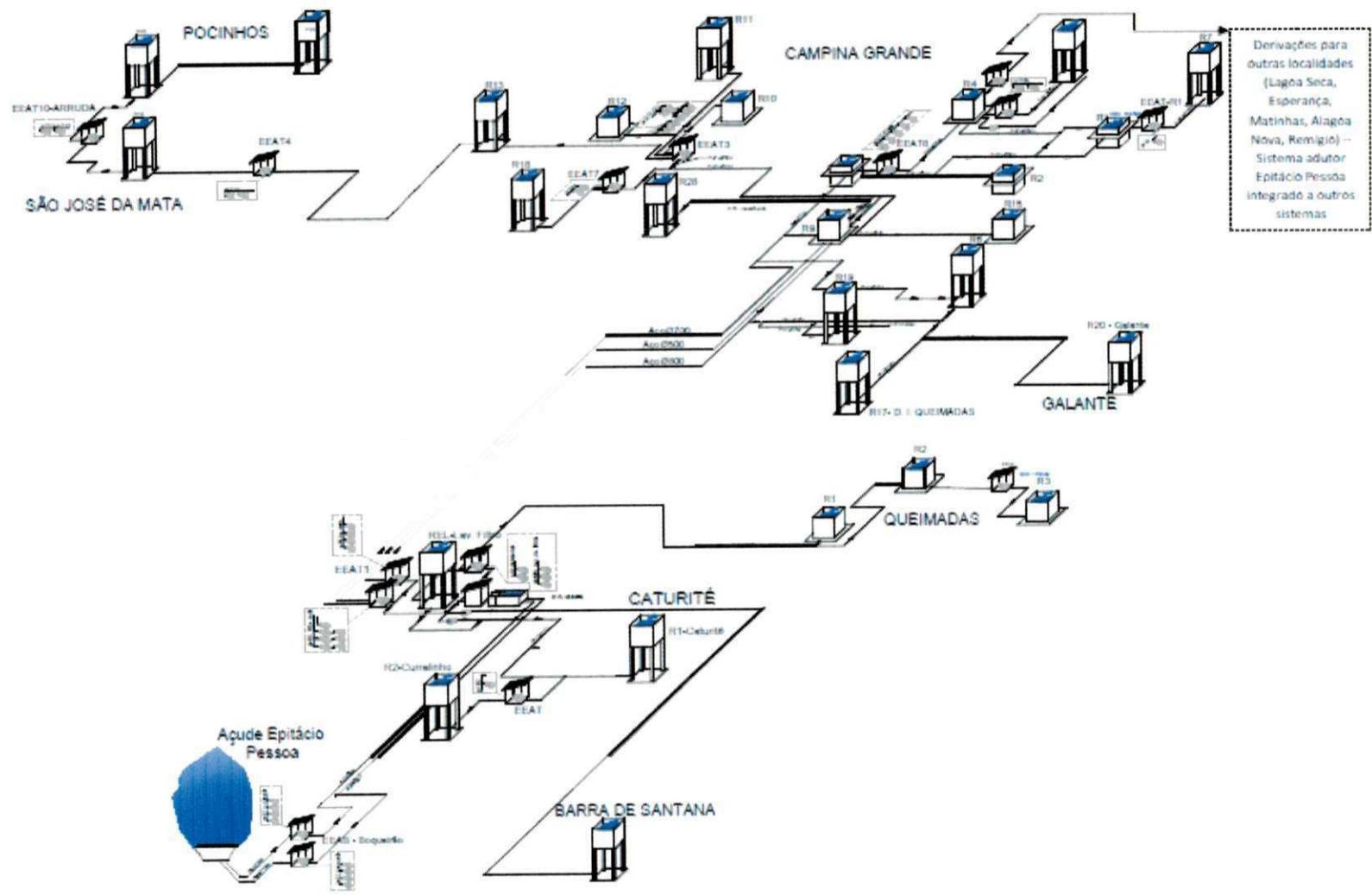


Fonte: Galdino, (2009).

Figura 9 – Localização geográfica da cidade de Campina Grande-PB.

3.1 Descrição do sistema de distribuição de água de Campina Grande

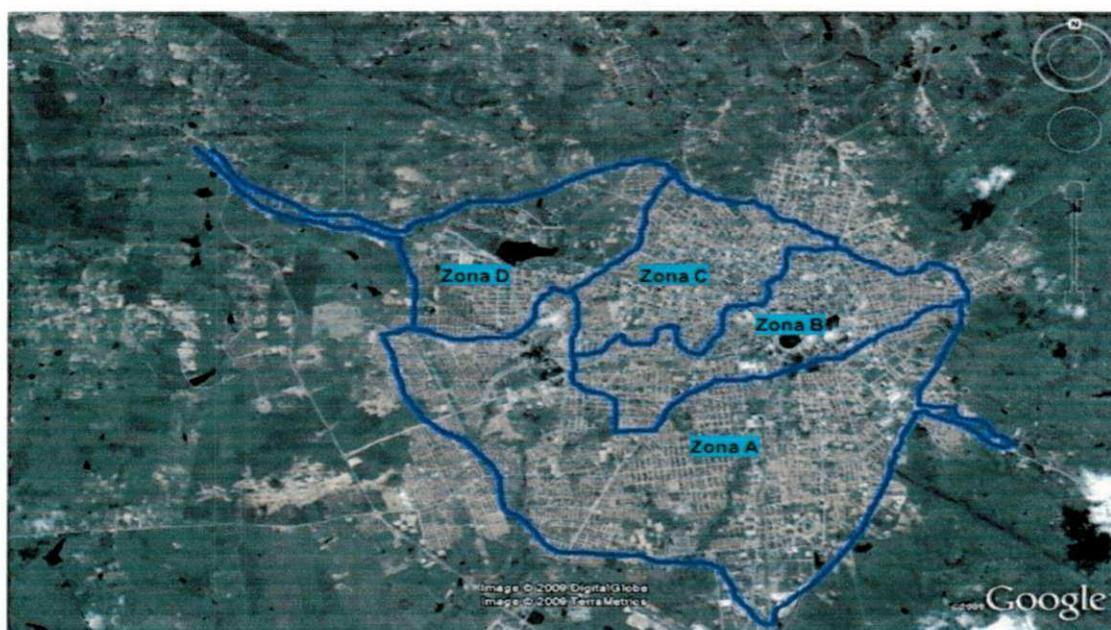
O Açude Epitácio Pessoa, no município de Boqueirão, é o manancial que abastece Campina Grande, situado a uma distância de 44km. Com capacidade de armazenamento de 575.000.000 m³ de água e disponibilidade de captação máxima é de 1.500 L/s. A Figura 10 representa o sistema de abastecimento de água de Campina Grande - PB.



Fonte: CAGEPA

Figura 10 – Sistema de abastecimento de água de Campina Grande- PB.

A CAGEPA (Companhia de Água e Esgotos da Paraíba), empresa prestadora do serviço de abastecimento público de água, faz a captação da água bruta no manancial e, através de um sistema de adutoras, transporta a água até a Estação de Tratamento de Água de Gravatá, situada a 30 km do Açude, onde a água recebe tratamento convencional para sua potabilização e posterior distribuição às populações consumidoras. A água chega ao reservatório semi-enterrado R-9, 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, estando três deles (R-8, R-16 e o R-21) desativados de acordo com informação do setor de cadastro da CAGEPA. Esses reservatórios são distribuídos entre quatro zonas de pressão: A, B, C e D, e descrito em seguida, de forma que as pressões na rede atendam aos limites de valores, estático máximo de 50 m.c.a e dinâmico mínimo de 10 m.c.a., estabelecidos pela NBR 12218 (ABNT, 1994). De forma esquemática, a Figura 11 ilustra as zonas de pressão do sistema de distribuição de água de Campina Grande.



Fonte: <http://maps.google.com.br>

Figura 11 – Localização esquemática das Zonas de Pressão do sistema de distribuição de água de Campina Grande.

A distribuição de água na zona de pressão A se faz por gravidade através do reservatório R9 para os demais reservatórios: R-6, R-6T, R-8, R-9, R-15, R-16, R-17, R-18 e R-19; na zona de pressão B, os reservatórios responsáveis pelo abastecimento são: R-5, R-2 e

R-1; na zona de pressão C, o abastecimento se faz através do R-4, no Bairro da Palmeira e a zona de pressão D - abastece, entre outros, os bairros da Ramadinha e Bodocongó, distrito de São José da Mata e o município de Pocinhos, composta pelos reservatórios R-10, R-11, R-13 e R- 14.

3.2 Caracterização dos pontos de coleta

Para definição dos pontos de coleta foi necessário discutir com especialistas, na área de vigilância da qualidade da água, a quantidade de pontos que melhor representassem a qualidade da água no sistema de distribuição. Baseando-se em trabalhos científicos anteriores, como consta em Meira *et al.*, (2009); Galdino (2009) e Guimarães (2010), que caracterizaram o sistema de distribuição de água de Campina Grande determinando pontos estratégicos para coleta de dados e utilizando mapas impressos com informações sobre a rede principal e as zonas de pressão correspondente ao sistema de distribuição, foram definidos os pontos de monitoramento para a pesquisa.

A escolha dos pontos de monitoramento seguiu os critérios de distribuição geográfica e locais estratégicos para identificação de áreas vulneráveis e que abastecessem um maior número de pessoas. Desse modo, as amostras de água foram coletadas em pontos da rede de distribuição em conformidade com a “Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano” (BRASIL, 2006), adotando-se escolas públicas como pontos de coleta de amostras, discriminadas na Tabela 2.

Os pontos de amostragem do sistema de distribuição de água para a realização do trabalho foram georreferenciados, através do levantamento posicional utilizando um receptor GPS (Sistema de Posicionamento Global) de navegação da marca Garmin, modelo GPSMAP 76 CSx.

O presente trabalho abrangeu o estudo da qualidade da água fornecida pela rede de distribuição da cidade de Campina Grande- PB comparando-a com a água armazenada nos reservatórios prediais, a fim de verificar a qualidade da água, analisadas através de parâmetros microbiológicos e físico-químicos. Com isso, foram monitoradas sete unidades de ensino, que são abastecidas pela rede de distribuição pública e o armazenamento interno é realizado por

meio de caixas d'águas superiores. Foram coletadas a Água proveniente da Rede de Abastecimento Público (ARAP) e a Água dos Reservatórios Prediais Superiores (ARPS).

Tabela 2 – Pontos de coletas, localização, coordenadas UTM, reservatório de distribuição e comprimento da rede do reservatório à unidade de ensino.

PONTO DE COLETA	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS UTM SAD69/24S	RESERVATÓRIO DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA	COMPRIMENTO DE REDE DO RESERVATÓRIO À UNIDADE DE ENSINO (m)
P1 UEPB – Universidade Estadual da Paraíba	Rua Juvêncio Arruda, s/n, Bodocongó	178.190,00E 9.201768,00N	R-10	2155,53
P3 E.E.E.F.M Severino Cabral	Rua Joaquim Amorim Júnior, s/n, Bodogongó.	178.973,00E 9.201.754,00N	R-9	4315,91
P4 Escola Municipal Ana Azevedo	Av. Das Nações, s/n, Bairro Das Nações.	181.964,00E 9.203.638,00N	R-4	3465,31
P6 E.E.E.F.M. Sólton de Lucena	Rua Hernani Laurentzi, s/n, Centro.	181.709,00E 9.201.468,00N	R-5	2298,07
P7 E.E.E.F.M Monte Carmelo	Av. Prof. Carlos Francisco de Almeida, s/n, Bela Vista	179.360,00E 9.200.757,00N	R-5	791,75
P8 E.E.E.F.M Clementino Procópio	Rua Felipe Camarão, s/n, São José.	180.784,00E 9.200.398,00N	R-2	1245,38
P9 E.E.E.F.M Félix Araújo	Rua Severino Pimentel, s/n. Liberdade.	180.454,00E 9.198.406,00N	R-9	2097,10

Nota: E.E.E.F.M = Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio, N= coordenadas lidas a partir do eixo N (norte-sul); E=coordenadas a partir do eixo E (leste-oeste).

3.2.1 Classificação dos sistemas de abastecimento predial

Todos os pontos monitorados possuem sistema de abastecimento predial misto, e cada ponto apresenta particularidades em relação ao comportamento do sistema de abastecimento predial.

No ponto P1, localizado no Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, todas as instalações prediais são abastecidas exclusivamente com ARPS, proporcionando uma constante renovação da água reservada. Nos pontos P3 (localizado na E.E.E.F.M Severino Cabral) e P9 (localizado na E.E.E.F.M Félix Araújo) a ARPS abastece apenas os bebedouros, sendo as demais instalações prediais abastecidas pela ARAP. Nos pontos P4 (localizado na Escola Municipal Ana Azevedo) e P6 (localizado na E.E.E.F.M. Sólon de Lucena) a ARPS só abastece as instalações prediais no caso de interrupção do fornecimento da rede de abastecimento público. Já no ponto P7 (localizado na E.E.E.F.M Monte Carmelo) a ARPS abastece diretamente os bebedouros e os banheiros, sendo as demais instalações prediais abastecidas com a ARAP. No ponto P8 (localizado na E.E.E.F.M Clementino Procópio) as instalações prediais são abastecidas por ARAP e no caso de interrupção do fornecimento de água o reservatório superior abastece apenas a cantina.

Os reservatórios superiores dos pontos P1, P3, P6, P7, P8 e P9, foram construídos em alvenaria e estavam localizados na laje de cobertura e o reservatório superior do ponto P4 foi construído também em alvenaria sob pilares e estava localizado na área externa da unidade.

3.3 Cronograma de coleta

Buscando impedir a contaminação ou troca da amostra, seguiu-se um protocolo de segurança que consistia em caracterizar todas as amostras contidas nas garrafas, anotando-se ponto de coleta, data, e amostra ARAP ou ARPS.

A fim de auxiliar nas coletas, foram elaboradas ficha para análise microbiológica de bactérias heterotróficas (APÊNDICE A); ficha para análise físico-química de cloro, pH, temperatura e turbidez (APÊNDICE B) e ficha para análise físico-química de cor (APÊNDICE C). Nestas fichas eram anotados dados importantes sobre a amostra a ser analisada, tais como número da amostra, ponto e hora da coleta, data, responsável pela coleta e observações necessárias, bem como resultados das análises realizadas *in loco*.

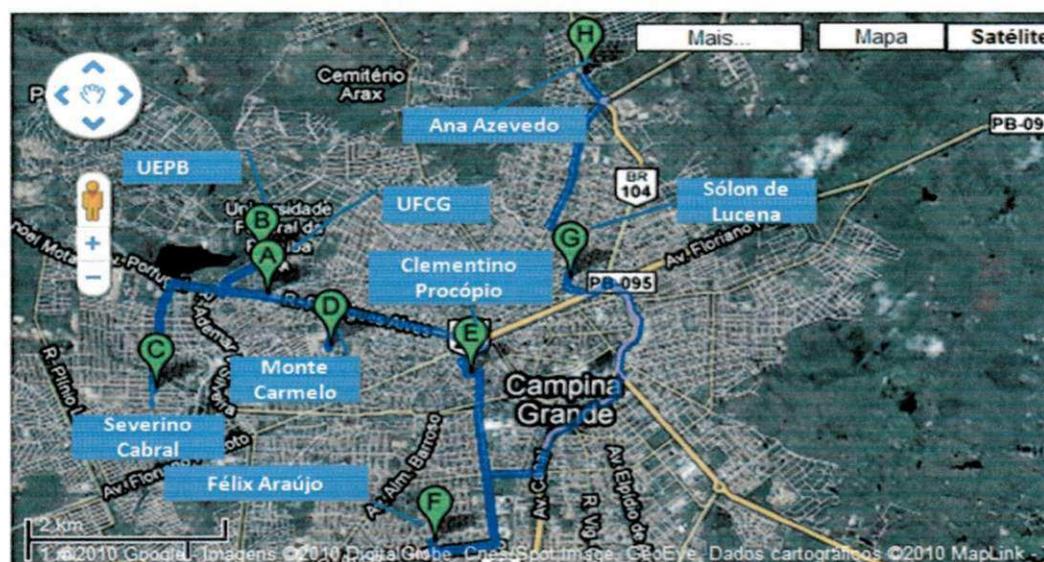
No cronograma de coleta foi definida uma rotina para a coleta das amostras nos pontos selecionados. Cada ponto foi amostrado uma a duas vezes por semana em um único horário, garantindo com isso a uniformidade das coletas no período de amostragem. Considerando que os resultados de outros trabalhos científicos Galdino (2009), Guimarães

(2010) e Souza (2010) mostraram que os horários de análise não apresentaram diferenças significativas quanto ao valor do indicador analisado, possibilitando a realização de análises em qualquer horário ao longo do dia para cada ponto de coleta escolhido. Optou-se por realizar as coletas entre 7h30min e 14h e, ao término das coletas em campo, as amostras eram levadas ao Laboratório de Análise de Água da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) para a realização da análise microbiológica.

Para o monitoramento dos pontos, foram realizadas análises físico-químicas *in loco* e microbiológica em laboratório. Assim, a locomoção com os equipamentos para a realização das análises *in loco* gerou bastante despesa em relação ao custo total da pesquisa. Desse modo, a rotina estabelecida auxiliou no desenvolvimento do trabalho, pois foi necessário amostrar por dia os pontos mais próximos, como exemplificados na Tabela 3, utilizando como ferramenta de apoio para definição das rotas o Google Maps, como pode ser observado na Figura 12.

Tabela 3 – Exemplo da rotina semanal de coleta das amostras.

SEGUNDA	PONTO	TERÇA	PONTO	QUARTA	PONTO
7h30min	P4	7h30min	P7	7h30min	P7
7h30min	P3	7h30min	P8	7h30min	P3
9h30min	P9	9h30min	P6	9h30min	P9
9h30min	P8			9h30min	P1
11h30min	P1				



Fonte: <http://maps.google.com.br>

Figura 12 – Ferramenta de apoio para definição das rotas.

3.4 Metodologia de coleta

Na coleta das amostras para análise da variável bactérias heterotróficas foi necessária a utilização de garrafas plásticas estéreis, com boca larga, tampa rosqueada e capacidade de 250 ml. Na esterilização dessas garrafas, inicialmente foi adicionados 0,1mL de solução tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) a 10% para cada 100mL de água a ser coletada. Em seguida, as garrafas tiveram o gargalo protegido com papel laminado (Figura 13a) e eram esterilizados em autoclave a 121°C por 15 a 20 minutos (Figura 13b). Depois dos procedimentos de esterilização, as garrafas eram levadas para o local da coleta onde ocorria a esterilização da torneira com álcool 70% e, posteriormente, efetuava-se uma descarga na torneira de dois a três minutos; deixando-se escoar a água inicialmente parada na tubulação, para, então ser efetuada a coleta (Figura 14a). Após a coleta, as amostras eram conservadas em recipiente térmico, com gelo, e levadas para ao Laboratório de Análise de Água da UFCG onde foi realizada a incubação das amostras.



Figura 13 – Garrafas para coleta microbiológica (a), autoclave utilizada na esterilização de recipientes (b).

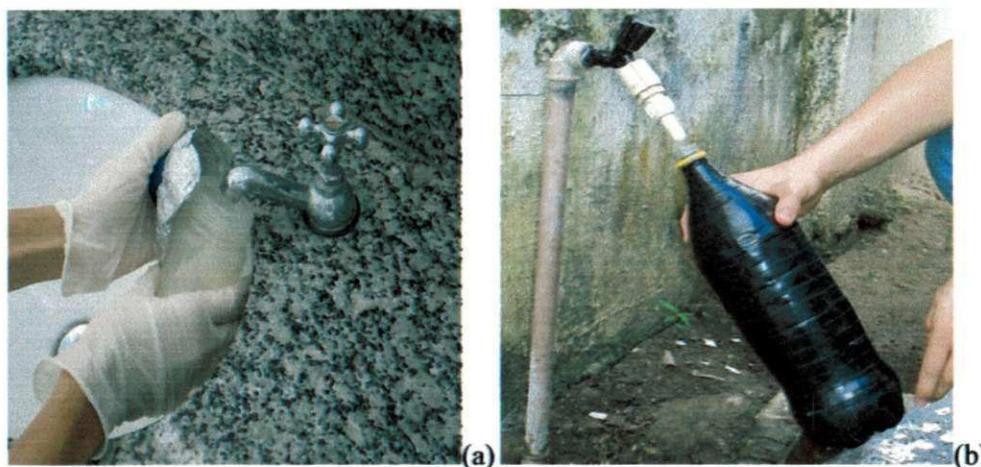


Figura 14 – Procedimentos para execução das análises: coleta para análise microbiológica (a), coleta para análise físico-química(b).

A coleta de amostras para análises físico-químicas foram realizadas utilizando uma garrafa plástica de 2L coberta com fita adesiva preta para evitar a incidência direta de luz solar sobre a água coletada, Figura 14b. Os indicadores pH, turbidez, temperatura e cloro residual (livre e combinado) foram analisados em triplicata e *in loco* (Laboratório Itinerante), devido à instabilidade do cloro e da inadequação de qualquer procedimento de preservação das amostras coletadas (Figura 15).



Figura 15 – Laboratório montado *in loco* para as coletas e análises físico-químicas.

Para análise físico-química de cor, após ser retirada as amostras microbiológicas, os recipientes foram armazenados na geladeira e em um prazo máximo de 48h, foram levadas ao laboratório da CAGEPA localizado no bairro Alto Branco em Campina Grande, para serem analisadas.

3.5 Procedimentos analíticos

As metodologias utilizadas na pesquisa seguiram as recomendações descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA, WPCF, 1999).

3.5.1 Cloro residual (CRL e CRC)

Para a determinação do cloro residual foi utilizado o método titulométrico DPD - SFA. Neste método as espécies de cloro residual são determinadas por titulação com sulfato ferroso amoniacal (SFA) e usando oxalato ou sulfato de N, N – dietil – p - fenilenediamina (DPD) como indicador. Todo procedimento para determinação do CRL e CRC está descrito de maneira detalhada por Silva e Oliveira (2001) na publicação “Manual de Análises Físico-Químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias”.

3.5.2 Temperatura

A temperatura foi medida com o auxílio de um termômetro de filamento de mercúrio, escala de 0 a 60°C, de acordo com a Figura 16.



Figura 16 – Termômetro de filamento de mercúrio.

3.5.3 Potencial Hidrogeniônico

O pH foi determinado pelo método potenciométrico (aparelho medidor de diferença de potencial) que determina a atividade iônica do hidrogênio, com o auxílio de um pH-metro portátil (Figura 17) modelo mPA210 P, calibrado com soluções tamponadas de pH 4,0 e 7,0.

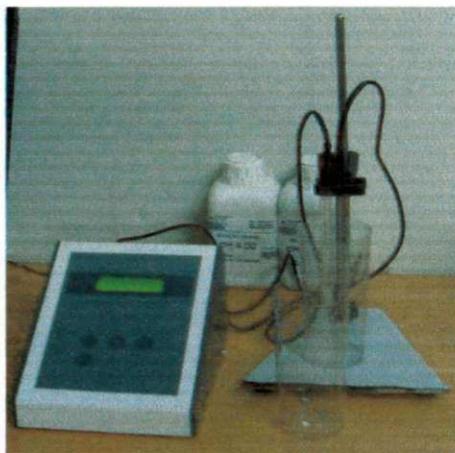


Figura 17 – pH metro portátil.

3.5.4 Turbidez

A turbidez foi determinada pelo método nefelométrico com a utilização de um turbidímetro portátil modelo 966, provido de lâmpada de tungstênio (Figura 18) e calibrado mensalmente por meio de um padrão primário (0 e 40,0 UT). Este método baseia-se na comparação da intensidade de luz desviada pela amostra com a intensidade da luz desviada por uma suspensão padrão de referência (comumente formazina) quantificando a turbidez diretamente com a intensidade da luz desviada.

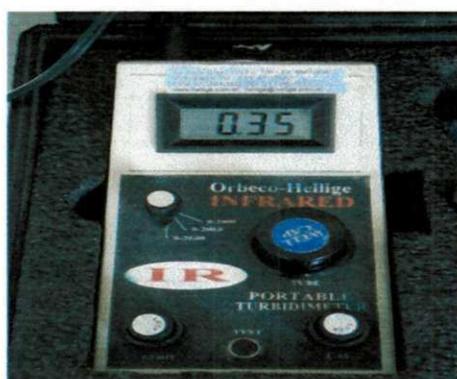


Figura 18 – Turbidímetro portátil.

3.5.5 Cor Aparente

A cor aparente foi determinada pelo método de comparação com padrões de platina-cobalto, utilizando o colorímetro modelo Aqua-Color Cor (Figura 19), que apresenta configuração óptica multi-detectora que inibe a interferência de cor e luz.

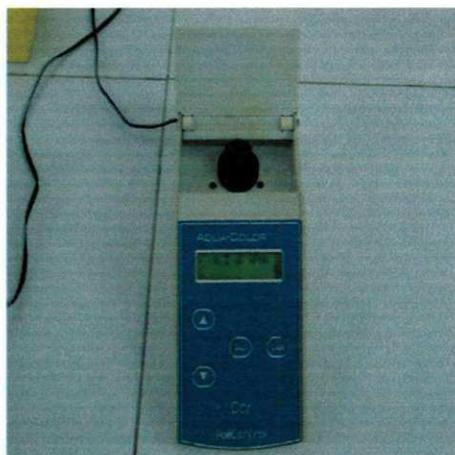


Figura 19 – Colorímetro.

3.5.6 Bactérias Heterotróficas

Para determinação das bactérias heterotróficas foi utilizado o método de plaqueamento em profundidade (“Pour Plate”), utilizando meio *Plate Count Agar* - PCA e os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônia por mililitro (UFC/mL). As análises foram realizadas em triplicata, sendo realizada também a prova em branco para conferir se a placa e o meio de cultura utilizado encontravam-se sem contaminação para o uso. Essa prova em branco foi realizada inserindo apenas o meio de cultura na placa.

A quantidade de amostra transferida para a placa foi definida seguindo o método do *Standard Methods* que recomenda 2mL de amostra em cada placa. Porém, por serem amostras de pontos onde se esperava contagens baixas de bactérias heterotróficas, e havendo variação significativa em relação aos pontos de coletas e a quantidade de amostra trabalhada na pesquisa, principalmente no tocante a água armazenada, foi considerada a anulação dessa regra e o aumento do volume conforme recomendação do *Standard Methods* (APHA,

AWWA, WPCF, 1999). Assim, foram realizados testes para verificar o melhor volume de amostra transferido para a placa, definidos conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Quantidade de amostras utilizadas nas placas para análise de bactérias heterotróficas.

PONTO DE COLETA	QUANTIDADE DE AMOSTRA DA ARAP (mL)	QUANTIDADE DE AMOSTRA ARPS (mL)
P1	2 e 5	2 e 5
P3	1 e 5	1 e 5
P4	2 e 5	2 e 5
P6	1 e 5	10 ⁻¹ e 1
P7	1 e 5	10 ⁻¹ e 1
P8	1 e 5	10 ⁻¹ e 1
P9	1 e 5	1 e 5

Para as amostras da água armazenada nos pontos P6, P7 e P8, devido o grande número de colônias existentes, houve a necessidade de se fazer a diluição das amostras, para as placas se tornarem representativas, ou seja, com um número de colônias entre 30 a 300 por ml.

Preparação do Meio de Cultura

Pesar o meio de cultura e fazer a diluição com água dessalinizada no béquer de vidro, mexendo com bastão de vidro até a dispersão total do meio de cultura; em seguida colocar o meio diluído num frasco *erlenmeyer* devidamente tampado e levar ao fogo, agitando o frasco sempre que necessário. Quando o meio estiver totalmente dissolvido distribuir 10 ml em cada tubo de ensaio e levá-los para a autoclave por 15 minutos. Depois de frio conservar na geladeira.

Água de diluição

Para a preparação da água de diluição foi realizado o seguinte procedimento: Preparação da solução 1: dissolver 34 gramas de fosfato de potássio monobásico (KH₂PO₄) em 500 ml de água dessalinizada e, em seguida, completar o volume para 1 litro com água

dessalinizada. Verificar o pH da solução e, caso esteja ácido, neutralizá-lo com solução de hidróxido de sódio 1N.

Preparação da solução 2: dissolver 81,1 gramas de cloreto de magnésio hexahidratado ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) e completar para 1 litro com água dessalinizada.

Preparação da água de diluição: adicionar 1,25ml da solução 1 e 5 ml da solução 2 e completar o volume para um litro com água dessalinizada. Depois, colocar 9 ml da água de diluição em cada tubo de ensaio leva-se para a autoclave por 15 minutos. Depois de frio conservar em geladeira.

Procedimentos da análise

Inicialmente deve ser feita toda assepsia da bancada utilizando álcool 70% a fim de reduzir os riscos de contaminação das placas. As placas devem ser marcadas e nomeadas indicando se a amostra proveniente da ARAP ou da ARPS, a data e também a quantidade de amostra que será colocada na placa.

Para realizar a incubação todo procedimento deverá ter o auxílio do bico de Bunsen (Figura 20a). Colocar os tubos de ensaio, contendo meio de cultura devidamente esterilizado, em banho-maria, no fogão, com o auxílio de uma tela de amianto (Figura 20b). E, quando o meio apresentar-se totalmente dissolvido, colocar os tubos no aparelho de banho-maria Modelo 102 - FANEM para estabilizar sua temperatura em 45° C (Figura 20c).

Com auxílio das pipetas colocar a quantidade da amostra descrita acima de acordo com o ponto de coleta, e abrindo o mínimo possível e o mais próximo da chama oxidante do bico de Bunsen, em seguida, verter 10 ml do meio em cada placa, com homogeneização e movimentos uniformes em forma de ∞ . Após a solidificação do meio a placa deverá ser invertida para evitar a condensação da umidade na parte superior da placa. Levar as placas para a estufa incubadora a uma temperatura de aproximadamente 35°C, onde permanecem por 48 horas. Efetuar, então, a leitura das placas com o auxílio do contador de colônias. A Figura 20d mostra as placas na estufa e a Figura 20e a leitura das placas com auxílio do contador de colônias.



Figura 20 – Procedimento: Bico de Bunsen (a), Tubos de ensaio (b), Meio de cultura em banho-maria (c), Placas na estufa (d), Leitura das placas no contador de colônias (e).

3.6 Análises estatísticas

Inicialmente o conjunto de dados amostrais foi submetido à análise estatística descritiva onde foram estimadas as medidas de tendência central (média) e dispersão (amplitude - valor máximo e valor mínimo).

Para dar informação do todo, com base no conhecimento da amostra, foram aplicados métodos estatísticos de inferência, sendo aplicada a análise de variância (ANOVA) como método estatístico. A ANOVA permite testar se duas ou mais médias amostrais são ou não oriundas de populações com a mesma média paramétrica, com base na existência de diferença significativa entre elas. A todos os conjuntos de dados amostrais, de uma mesma variável, foi aplicada a análise da variância (ANOVA) de fator único, ao nível de significância de $\alpha = 0,05$, para determinar a existência ($P < 0,05$), ou não ($P > 0,05$), de diferenças significativas entre eles.

3.7 Pesquisa sobre a vigilância da qualidade da água de abastecimento nas unidades de ensino

A fim de verificar as condições e a importância dada à qualidade da água consumida, foi elaborado um questionário (APÊNDICE D) para que os gestores das unidades de ensino monitoradas respondessem de maneira clara e objetiva alguns questionamentos a respeito da utilização da água potável e as ações para manutenção da qualidade da água.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa sobre a vigilância da qualidade da água de abastecimento realizada nas unidades de ensino monitoradas mostrou a falta de preocupação dos gestores em relação à manutenção e higienização dos reservatórios prediais.

Durante o monitoramento foram observadas algumas características de cada unidade de ensino, como infra-estrutura, condições de higiene, manutenção e frequência de interrupções no fornecimento de água.

Nos pontos P4 e P6, entre os meses de agosto e outubro foram realizadas reformas para melhoria da infra-estrutura da unidade de ensino com criação de salas de aula e manutenção nos pátios, sem haver comprometimento das instalações prediais que recebem água proveniente da rede de abastecimento público.

Nos pontos P3 e P7, em quatro ocasiões, foi observada a interrupção do abastecimento, impossibilitando, assim, as coletas. Caso exista interrupção no fornecimento de água das unidades a medida adotada é a utilização da água reservada, mas, devido às baixas interrupções no fornecimento, a água reservada fica por longos períodos sem renovação, aumentando as chances de contaminação.

De acordo com informações fornecidas pelos gestores das unidades, as escolas não possuem plano de limpeza com cronograma elaborado para execução, sendo assim, a limpeza das caixas d'água não são realizadas com frequência, e os responsáveis pela manutenção, os zeladores, utilizam apenas o método da verificação visual de mudança na cor da água como indicação para a limpeza do reservatório.

A manutenção precária existente nas instalações prediais das unidades de ensino monitoradas, incluindo reparos em torneiras, canalizações, peças, conexões acessórias e especialmente limpeza e desinfecção dos reservatórios de água, desempenha importante papel no processo de degradação da qualidade da água. Quando comparada a ARAP com a ARPS, observa-se que a falta de manutenção dos reservatórios prediais, possibilita o comprometimento da água fornecida pelo sistema de abastecimento público, pois constituem pontos potenciais de contaminação.

Para cada ponto foram realizadas 30 análises para a ARAP e 30 para a ARPS. A Tabela 5 apresenta as frequências de amostras analisadas em cada ponto de coleta e a conformidade e não conformidade com o padrão de potabilidade estabelecido na Portaria nº

518/2004 do Ministério da Saúde e a Tabela 6 apresenta o resultado da análise descritiva dos dados coletados nos pontos P1, P3, P4, P6, P7, P8 e P9.

A representação da linha azul nos gráficos corresponde ao comportamento da água fornecida pelo sistema de abastecimento público (ARAP), a linha vermelha representa o comportamento da água após passar pelo processo de reservação (ARPS) e as linhas verdes representam o padrão de potabilidade de acordo com a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.

Tabela 5 – Padrão de potabilidade dos pontos P1, P3, P4, P6, P7, P8 e P9 baseado na Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.

Ponto	Padrão de potabilidade	pH		Turbidez		Cor		CRL		Mono		BH	
		N	F(%)	N	F(%)	N	F(%)	N	F(%)	N	F(%)	N	F(%)
P1ARAP	Conforme	30	100,0	30	100,0	28	93,3	25	83,3	30	100,0	29	96,7
	Não conforme	0	0,0	0	0,0	2	6,7	5	16,7	0	0,0	1	3,3
P1ARPS	Conforme	30	100,0	30	100,0	28	93,3	3	10,0	30	100,0	30	100,0
	Não conforme	0	0,0	0	0,0	2	6,7	27	90,0	0	0,0	0	0,0
P3ARAP	Conforme	30	100,0	30	100,0	27	90,0	21	70,0	30	100,0	30	100,0
	Não conforme	0	0,0	0	0,0	3	10,0	9	30,0	0	0,0	0	0,0
P3ARPS	Conforme	30	100,0	30	100,0	27	90,0	25	83,3	30	100,0	29	96,6
	Não conforme	0	0,0	0	0,0	3	10,0	5	16,6	0	0,0	1	3,3
P4ARAP	Conforme	30	100,0	30	100,0	28	93,3	25	83,3	30	100,0	30	100,0
	Não conforme	0	0,0	0	0,0	2	6,6	5	16,6	0	0,0	0	0,0
P4ARPS	Conforme	30	100,0	30	100,0	23	76,6	20	66,6	30	100,0	30	100,0
	Não conforme	0	0,0	0	0,0	7	23,3	10	33,3	0	0,0	0	0,0
P6ARAP	Conforme	30	100,0	30	100,0	27	90,0	20	66,6	30	100,0	28	93,3
	Não conforme	0	0,0	0	0,0	3	10,0	10	33,3	0	0,0	2	6,6
P6ARPS	Conforme	30	100,0	30	100,0	30	100,0	8	26,6	30	100,0	26	86,6
	Não conforme	0	0,0	0	0,0	0	0,0	22	73,3	0	0,0	4	13,3
P7ARAP	Conforme	30	100,0	30	100,0	29	96,6	21	30,0	30	100,0	30	100,0
	Não conforme	0	0,0	0	0,0	1	3,3	9	70,0	0	0,0	0	0,0
P7ARPS	Conforme	30	100,0	30	100,0	29	96,6	2	6,6	30	100,0	29	96,6
	Não conforme	0	0,0	0	0,0	1	3,3	28	93,3	0	0,0	1	3,3
P8ARAP	Conforme	30	100,0	30	100,0	28	93,3	0	0,0	30	100,0	29	96,6
	Não conforme	0	0,0	0	0,0	2	6,6	30	100,0	0	0,0	1	3,3
P8ARPS	Conforme	30	100,0	30	100,0	26	86,6	0	0,0	30	100,0	28	93,3
	Não conforme	0	0,0	0	0,0	4	13,3	30	100,0	0	0,0	2	6,6
P9ARAP	Conforme	30	100,0	30	100,0	25	83,3	25	83,3	30	100,0	30	100,0
	Não conforme	0	0,0	0	0,0	5	16,6	5	16,6	0	0,0	0	0,0
P9ARPS	Conforme	30	100,0	30	100,0	23	76,6	10	33,3	30	100,0	26	86,6
	Não conforme	0	0,0	0	0,0	7	23,3	20	66,6	0	0,0	4	13,3

NOTA: ARAP = água da rede de abastecimento público, ARPS = água da rede predial superior, N= número de análise, F = percentagem do número de amostra, CRL = cloro residual livre, BH = bactérias heterotróficas.

Tabela 6 - Resultado da análise descritiva dos dados coletados nos pontos P1, P3, P4, P6, P7, P8 e P9.

Ponto	Variáveis	pH	Turbidez	Cor	CRL	Mono	Di	Tri	CRC	CRT	T	BH
P1	Média	7,52	0,58	8,4	0,71	0,39	0,49	0,80	1,68	2,39	25,2	41
ARAP	Mínimo	6,53	0,17	2,5	0,00	0,22	0,28	0,32	0,99	0,99	22,1	0
	Máximo	8,11	0,96	22,4	1,28	1,09	1,12	2,24	4,45	4,84	27,8	709
P1	Média	7,63	0,61	7,5	0,09	0,21	0,35	0,37	0,94	1,03	24,5	44
ARPS	Mínimo	6,52	0,24	2,1	0,00	0,03	0,17	0,07	0,38	0,40	21,3	2
	Máximo	8,25	1,22	21,7	0,65	0,43	0,72	0,87	1,93	2,47	27,6	293
P3	Média	7,32	0,77	9,1	1,80	0,56	0,52	1,20	2,27	4,07	24,5	19
ARAP	Mínimo	6,50	0,21	2,8	0,00	0,10	0,15	0,25	0,50	0,50	14,0	0
	Máximo	8,02	1,81	22,5	7,13	1,68	1,36	4,16	6,85	13,98	28,9	74
P3	Média	7,46	0,72	7,9	0,82	0,41	0,52	0,91	1,84	2,65	16,9	46
ARPS	Mínimo	6,27	0,11	2,0	0,13	0,10	0,16	0,12	0,43	0,60	8,0	1
	Máximo	7,96	2,00	19,9	2,87	1,13	1,71	2,84	5,58	8,45	27,7	582
P4	Média	7,32	0,89	8,1	1,63	0,55	0,50	1,19	2,24	3,87	24,6	32
ARAP	Mínimo	6,52	0,14	1,9	0,61	0,31	0,27	0,52	1,30	2,10	21,9	0
	Máximo	7,73	3,59	18,1	5,32	2,77	1,13	6,75	10,3	14,91	27,7	388
P4	Média	7,41	1,02	12,6	0,78	0,35	0,43	0,75	1,52	2,30	23,5	58
ARPS	Mínimo	6,52	0,12	3,0	0,0	0,05	0,17	0,07	0,44	0,44	20,2	0
	Máximo	7,91	4,27	42,6	2,63	0,78	1,10	1,89	3,53	5,70	29,0	414
P6	Média	7,31	0,74	8,4	1,42	0,47	0,43	1,05	1,94	3,36	24,4	256
ARAP	Mínimo	6,41	0,20	4,2	0,00	0,15	0,09	0,26	0,73	0,73	19,8	0
	Máximo	7,77	1,79	17,1	2,81	1,75	1,98	3,64	7,37	9,11	28,7	612
P6	Média	7,67	0,75	7,8	0,32	0,22	0,26	0,48	0,96	1,28	24,4	171
ARPS	Mínimo	6,37	0,20	3,9	0,00	0,02	0,09	0,06	0,21	0,21	21,0	4
	Máximo	8,40	2,48	13,6	1,67	0,85	1,42	2,35	3,54	4,92	28,7	955
P7	Média	7,31	0,73	7,1	2,47	0,58	0,46	1,20	2,24	4,71	24,0	8
ARAP	Mínimo	6,52	0,24	3,0	0,00	0,20	0,00	0,34	0,54	0,54	19,9	0
	Máximo	7,83	1,50	18,8	7,18	2,44	1,47	4,40	7,91	14,94	27,0	44
P7	Média	7,67	0,64	6,7	0,19	0,15	0,26	0,30	0,71	0,90	22,8	238
ARPS	Mínimo	6,52	0,20	0,8	0,00	0,00	0,06	0,00	0,06	0,06	19,8	6
	Máximo	8,34	1,04	20,0	2,31	1,30	0,89	2,69	4,88	7,19	25,2	743
P8	Média	7,28	1,07	9,1	0,03	0,18	0,35	0,35	0,88	0,91	25,7	77
ARAP	Mínimo	6,51	0,41	3,6	0,00	0,08	0,16	0,16	0,49	0,55	22,0	1
	Máximo	7,80	2,55	19,9	0,12	0,82	1,21	1,05	3,09	3,15	29,0	859
P8	Média	7,78	0,46	8,1	0,01	0,06	0,16	0,13	0,35	0,36	24,0	166
ARPS	Mínimo	6,45	0,22	2,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,8	11
	Máximo	8,32	1,11	18,8	0,08	0,28	0,56	0,41	1,10	1,10	28,1	1317
P9	Média	7,39	0,61	9,1	1,75	0,54	0,50	1,14	2,17	3,92	24,9	32
ARAP	Mínimo	6,52	0,07	2,8	0,23	0,35	0,18	0,64	1,45	2,94	21,3	1
	Máximo	7,87	0,97	22,4	6,54	1,42	1,52	2,51	5,20	11,00	28,4	288
P9	Média	7,42	0,65	9,1	0,30	0,30	0,39	0,61	1,29	1,59	19,4	197
ARPS	Mínimo	6,50	0,12	2,3	0,00	0,02	0,09	0,08	0,38	0,57	12,0	2
	Máximo	7,96	1,97	35,7	1,45	0,81	1,01	1,73	3,39	3,53	27,0	1398

Nota: ARAP = água da rede de abastecimento público, ARPS = água da rede predial superior, N= número de análise CRL = cloro residual livre, Mono = monocloramina, Di = dicloramina, Tri = tricloramina, CRC = cloro residual combinado, CRT = cloro residual total, T = temperatura, pH = potencial hidrogeniônico, BH = bactérias heterotróficas.

4.1 pH

O indicador pH possui importância no controle da água de abastecimento, por ser utilizado para avaliar a qualidade do tratamento da água, além de ser responsável por parte das reações químicas do cloro com a água. Valores muito baixos de pH podem contribuir para a corrosão das tubulações do sistema de abastecimento, entretanto, valores muito altos podem contribuir para a formação de incrustações nas tubulações dificultando o abastecimento contínuo.

A figura 21 ilustra o comportamento do indicador pH e, como pode ser observado na Tabela 5, todas as amostras analisadas apresentaram conformidade com os padrões de pH estabelecidos na Portaria nº 518/2004. Durante o período de monitoração a faixa de pH para todos os pontos variou de 6,41 a 8,11 para a ARAP e de 6,27 a 8,40 para a ARPS (Tabela 6). De acordo com a ANOVA, pode ser percebida diferença estatisticamente significativa nos pontos P6, P7 e P8 com relação à ARAP e a ARPS (Tabela 7).

Tabela 7 – Resultado da análise de variância aplicada aos dados de pH.

Ponto	Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	p valor	F crítico
P1	Entre grupos	0,204945	1	0,204945	0,965056	0,329996	4,006873
	Dentro dos grupos	12,31723	58	0,212366			
	Total	12,52217	59				
P3	Entre grupos	0,294	1	0,294	1,632029	0,206513	4,006873
	Dentro dos grupos	10,44834	58	0,180144			
	Total	10,74234	59				
P4	Entre grupos	0,134111	1	0,134111	1,331146	0,253334	4,006873
	Dentro dos grupos	5,843429	58	0,100749			
	Total	5,97754	59				
P6	Entre grupos	2,065852	1	2,065852	8,607223	0,004789	4,006873
	Dentro dos grupos	13,9208	58	0,240014			
	Total	15,98665	59				
P7	Entre grupos	1,977745	1	1,977745	11,61507	0,001195	4,006873
	Dentro dos grupos	9,875896	58	0,170274			
	Total	11,85364	59				
P8	Entre grupos	3,746667	1	3,746667	17,05443	0,000118	4,006873
	Dentro dos grupos	12,74195	58	0,219689			
	Total	16,48861	59				
P9	Entre grupos	0,006827	1	0,006827	0,042636	0,837135	4,006873
	Dentro dos grupos	9,286661	58	0,160115			
	Total	9,293488	59				

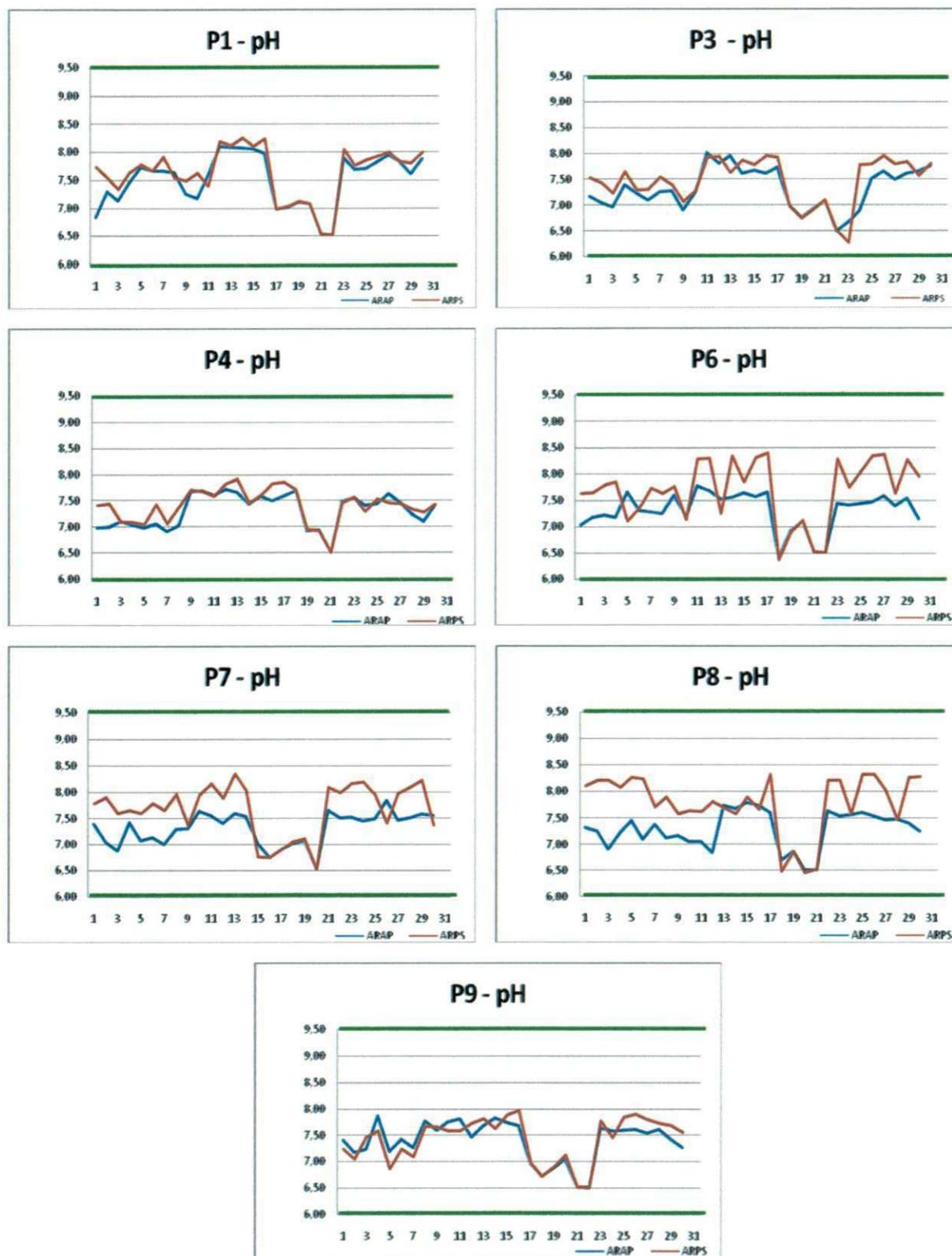


Figura 21 – Comportamento do pH na ARAP e na ARPS dos pontos estudados.

4.2 Turbidez

Como o pH, todas as amostras analisadas para a determinação da Turbidez nos pontos monitorados também apresentaram conformidade com os padrões estabelecidos na Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde que preconiza o limite máximo para qualquer ponto do sistema de distribuição de 5,0 UT (Tabela 5).

Durante o período de monitoração da Turbidez ficou no intervalo de 0,07 UT a 0,96 UT para a ARAP e no intervalo de 0,11 UT a 1,04 UT para a ARPS (Tabela 6). Ao comparar o comportamento do indicador Turbidez na água de abastecimento público com o da água de reservação ao longo do período estudado (Figura 22) verifica-se que apenas no ponto P8 foi detectado diferença estatisticamente significativa (Tabela 8), ou seja, o reservatório contribuiu para a melhoria da Turbidez neste ponto com o valor médio da Turbidez sendo reduzido de 1,07 UT para 0,46 UT.

Tabela 8 – Resultado da análise de variância aplicada aos dados de Turbidez.

Ponto	Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	p valor	F crítico
P1	Entre grupos	0,014415	1	0,014415	0,291809	0,591132	4,006873
	Dentro dos grupos	2,865129	58	0,049399			
	Total	2,879544	59				
P3	Entre grupos	0,037002	1	0,037002	0,268246	0,606481	4,006873
	Dentro dos grupos	8,000467	58	0,137939			
	Total	8,037469	59				
P4	Entre grupos	0,233959	1	0,233959	0,401626	0,528742	4,006873
	Dentro dos grupos	33,78667	58	0,582529			
	Total	34,02063	59				
P6	Entre grupos	0,004279	1	0,004279	0,022352	0,881674	4,006873
	Dentro dos grupos	11,10219	58	0,191417			
	Total	11,10647	59				
P7	Entre grupos	0,109084	1	0,109084	2,146061	0,148336	4,006873
	Dentro dos grupos	2,948146	58	0,05083			
	Total	3,057231	59				
P8	Entre grupos	5,714449	1	5,714449	35,90461	1,4E-07	4,006873
	Dentro dos grupos	9,231073	58	0,159156			
	Total	14,94552	59				
P9	Entre grupos	0,02639	1	0,02639	0,28824	0,593404	4,006873
	Dentro dos grupos	5,310229	58	0,091556			
	Total	5,336619	59				

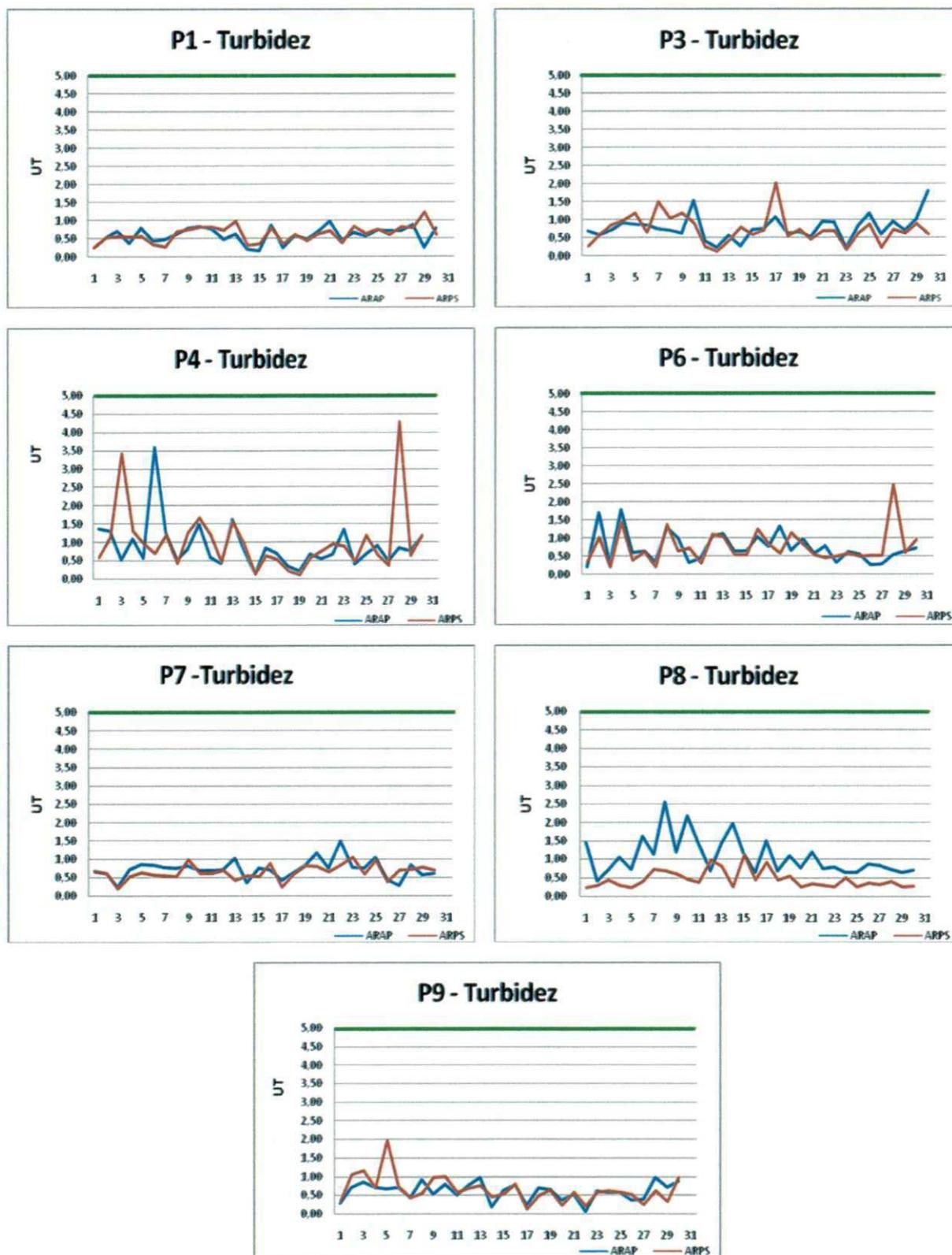


Figura 22 – Comportamento da Turbidez na ARAP e na ARPS dos pontos estudados.

4.3 Cor Aparente

O comportamento do indicador cor aparente para os pontos estudados está apresentado na Figura 23. A cor aparente nos pontos P1, P3 e P7 tiveram a mesma percentagem de conformidade (Tabela 5) para a ARAP e a ARPS (93,3% em P1, 90% em P3 e 96,67% em P7) com valores médios reduzidos de 2,5 uH para 2,1 uH em P1, de 2,8 uH para 2,0 uH em P3 e de 3,0 uH para 0,80 uH em P7 (Tabela 6). Ao se aplicar a ANOVA esses dados não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre ARAP e da ARPS (Tabela 9).

O ponto P6 após a reservação teve seu percentual de conformidade elevado de 90% na ARAP para 100% na ARPS (Tabela 5) e, conseqüentemente, o valor médio do indicador foi reduzido de 8,4 uH para 7,8 uH sem apresentar diferença estatisticamente significativa entre eles (Tabela 9)

Tabela 9 – Resultado da análise de variância aplicada aos dados da variável Cor Aparente.

Ponto	Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	p valor	F crítico
P1	Entre grupos	10,8375	1	10,8375	0,505173	0,480084	4,006873
	Dentro dos grupos	1244,277	58	21,45305			
	Total	1255,114	59				
P3	Entre grupos	22,00185	1	22,00185	0,976887	0,327074	4,006873
	Dentro dos grupos	1306,299	58	22,5224			
	Total	1328,301	59				
P4	Entre grupos	311,2963	1	311,2963	4,14974	0,046213	4,006873
	Dentro dos grupos	4350,92	58	75,01586			
	Total	4662,216	59				
P6	Entre grupos	6,512019	1	6,512019	0,590643	0,445289	4,006873
	Dentro dos grupos	639,4671	58	11,0253			
	Total	645,9792	59				
P7	Entre grupos	2,320667	1	2,320667	0,170025	0,681609	4,006873
	Dentro dos grupos	791,6389	58	13,64895			
	Total	793,9596	59				
P8	Entre grupos	14,08119	1	14,08119	0,730148	0,396351	4,006873
	Dentro dos grupos	1118,552	58	19,28538			
	Total	1132,633	59				
P9	Entre grupos	0,06556	1	0,06556	0,001276	0,971628	4,006873
	Dentro dos grupos	2980,181	58	51,38244			
	Total	2980,247	59				

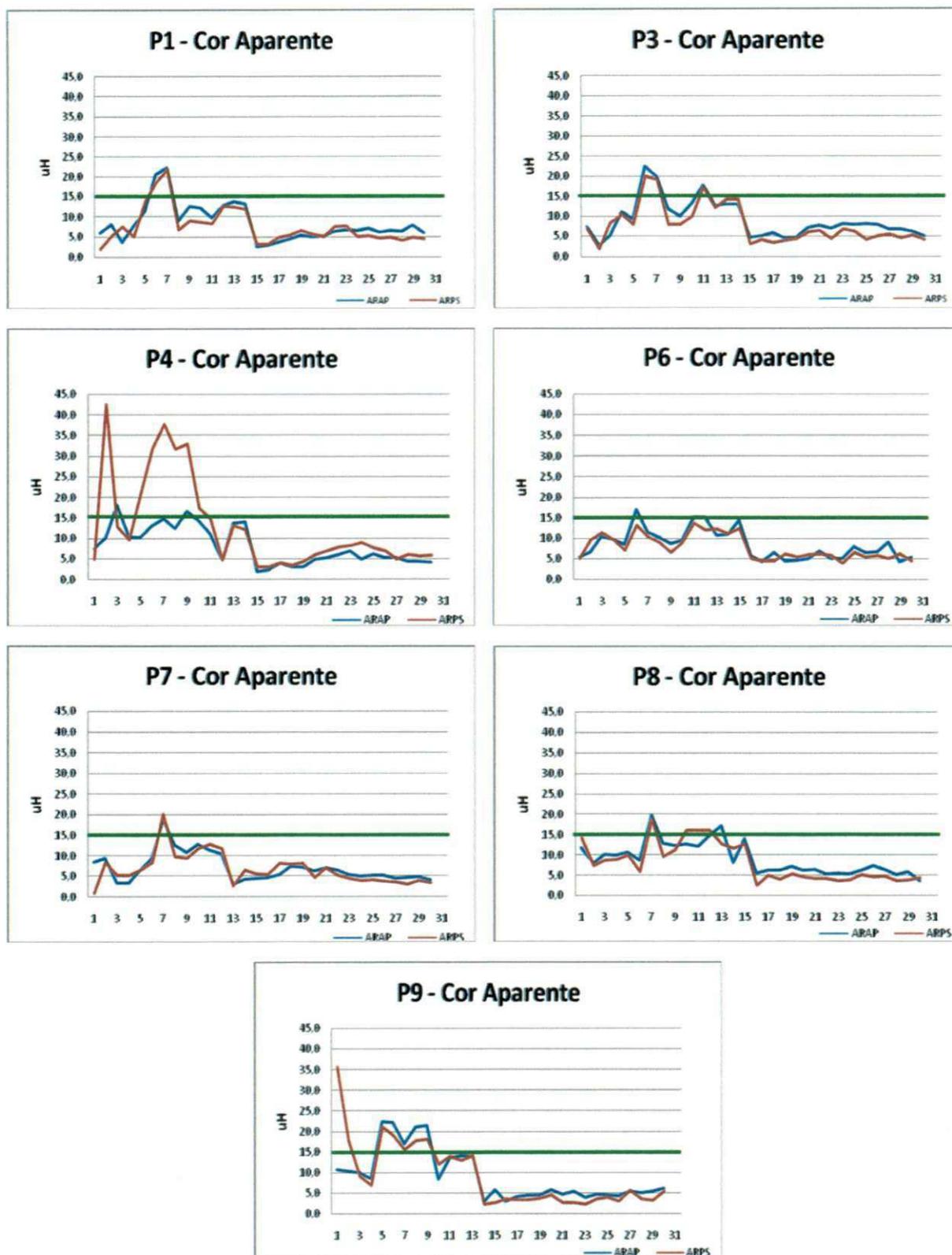


Figura 23 – Comportamento da Cor Aparente na ARAP e na ARPS dos pontos estudados.

Já nos pontos P4, P8 e P9, quando se comparou a ARAP com a ARPS foi verificado uma diminuição da conformidade (de 93,3% para 76,6% em P4, de 93,3% para 86,6% em P8

e de 83,3 para 76,6% em P9) e apenas no ponto P4 ocorreu diferença estatisticamente significativa entre a ARAP e a ARPS (Tabela 5 e 8).

No trabalho de Guerra *et al.*, (2006) onde foram analisadas 413 amostras de água potável do sistema de abastecimento de água de Bandeirantes-PR, 12 amostras do sistema principal apresentaram resultados acima do nível máximo recomendado na Portaria nº 518/2004, para o parâmetro cor aparente.

A ideia do uso de indicadores perceptivos para avaliar a qualidade das águas de beber não é nova, os parâmetros organolépticos associados às águas foram os primeiros argumentos de aceitação ou rejeição de um manancial, os quais, até os dias atuais, continuam a desempenhar seu papel na avaliação da qualidade das águas (BOLLMANN, EDWIGES, 2008).

4.4 Cloro Residual Livre

Em relação à conformidade com a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece valores para CRL mínimo de 0,2 mg/L e máximo de 2,0 mg/L, em nenhum dos pontos estudados esteve 100% em conformidade, independente da sua origem (ARAP ou ARPS).

Após a reservação os pontos P1, P4, P6, P7 e P9 diminuíram o percentual de conformidade (83,3% para 10% em P1; 83,3% para 66,6% em P4; 66,6% para 26,6% em P6; 30% para 6,6% em P7; 83,3% para 33,3% em P9), o ponto P3 elevou-a de 70% para 83,3% e o ponto P8 permaneceu sem nenhuma conformidade (Tabela 5).

No ponto P7 a ARAP apresentou concentrações de CRL acima do máximo permitido, com 95% da não conformidade atribuída a valores acima de 2,0 mg/L, demonstrando uma super cloração na ARAP. Como o cloro residual é uma espécie não conservativa e a manutenção de níveis adequados de CRL em todos os pontos da rede, frequentemente, se eleva a concentração de cloro na saída da ETA. Este fato pode ter contribuído para o aumento na concentração de CRL no ponto P7, pois dos pontos monitorados ele é o mais próximo do reservatório de distribuição R-9 do sistema de abastecimento de Campina Grande. Já em relação ao ponto P3 vale ressaltar que diferentemente de alguns pontos, cuja ARPS abastecia eventualmente o imóvel, neste ponto a

ARAP abastecia constantemente o reservatório predial superior o que pode justificar a elevação da conformidade neste ponto através da mistura imposta à água reservada.

A figura 24 apresenta a distribuição do CRL no período estudado, sendo verificado que praticamente em todos os casos a ARAP teve o teor de CRL maior que a ARPS com valores médios da ARAP e da ARPS de 0,70 mg/L e 0,09 mg/L para P1; de 1,80 mg/L e 0,82 mg/L para P3; de 1,63 mg/L e 0,78 mg/L para P4; 1,42 mg/L e 0,32 mg/L para P6; 2,45 mg/L e 0,19 mg/L para P7; 0,03 mg/L e 0,0 mg/L para P8; 1,75 mg/L e 0,30 mg/L para P9; respectivamente (Tabela 6). Ao se aplicar a ANOVA aos dados (Tabela 10) de CRL foi verificado, em todos os pontos estudados, que ocorreu diferença estatisticamente significativa entre a ARAP e ARPS, demonstrando que o CRL encontrado na ARAP foi reduzido significativamente após sua reservação.

Tabela 10 – Resultado da análise de variância aplicada aos dados da variável CRL.

Ponto	Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	p valor	F crítico
P1	Entre grupos	5,7439	1	5,743896	80,17671	1,58E-12	4,006873
	Dentro dos grupos	4,15515	58	0,07164			
	Total	9,89904	59				
P3	Entre grupos	14,4429	1	14,44286	14,44592	0,000348	4,006873
	Dentro dos grupos	57,9877	58	0,999788			
	Total	72,4305	59				
P4	Entre grupos	10,77026	1	10,77026	13,54613	0,000512	4,006873
	Dentro dos grupos	46,11464	58	0,79508			
	Total	56,8849	59				
P6	Entre grupos	18,25763	1	18,25763	42,38361	1,94E-08	4,006873
	Dentro dos grupos	24,98473	58	0,430771			
	Total	43,24236	59				
P7	Entre grupos	78,05332	1	78,05332	69,14605	1,82E-11	4,006873
	Dentro dos grupos	65,47145	58	1,128818			
	Total	143,5248	59				
P8	Entre grupos	0,008296	1	0,008296	11,73722	0,001132	4,006873
	Dentro dos grupos	0,040993	58	0,000707			
	Total	0,049289	59				
P9	Entre grupos	31,68873	1	31,68873	51,53571	1,47E-09	4,006873
	Dentro dos grupos	35,66354	58	0,614889			
	Total	67,35227	59				

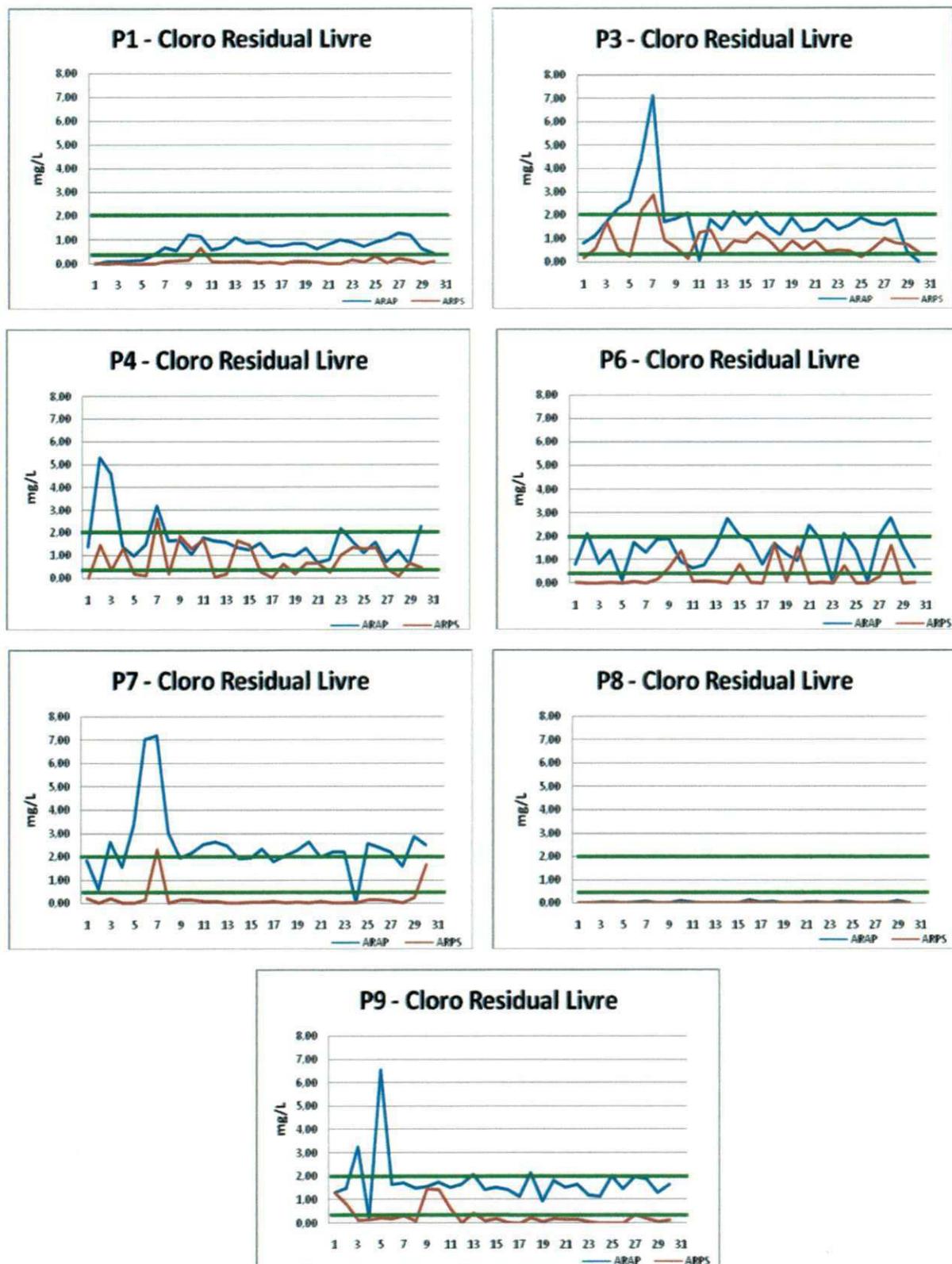


Figura 24 – Comportamento do Cloro Residual Livre na ARAP e na ARPS dos pontos estudados.

A concentração de cloro residual decai ao longo da rede de abastecimento e sua manutenção depende das reações que ocorrem dentro das tubulações. A redução da concentração de cloro residual deve-se ao fato deste agir, principalmente, com a matéria

orgânica presente na tubulação, bem como na própria água, ocasionando uma possível formação de subprodutos clorados, que são considerados potencialmente carcinogênicos, como por exemplo, os trihalometanos e os ácidos haloacéticos.

Segundo Daniel, (2001), pesquisas comprovam que, quanto maior a concentração de CRL maior será a concentração final de trihalometanos na água de abastecimento o que representa considerável risco à população abastecida.

Estudos realizados por D'Aguila *et al.*, (2000), avaliando a qualidade da água de abastecimento do município de Nova Iguaçu, constataram que de 40 amostras com CRL abaixo de 0,2 mg/L, 24 estavam contaminadas. Essa mesma conclusão foi obtida por Queiroga *et al.*, (2007), avaliando a qualidade da água do sistema de distribuição da cidade de Abadia de Goiás, que verificaram que amostras com concentrações de CRL abaixo do limite estabelecido na Portaria nº 518/2004 apresentavam Turbidez acima do padrão preconizado na legislação e a presença de bactérias coliformes.

4.5 Cloro Residual Combinado

De acordo com a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde cujo limite máximo é 3,0 mgCl₂/L, a espécie monocloramina para todos os pontos monitorados apresentou 100% de conformidade (Tabela 5) e a concentração de Cloro Residual Combinado – CRC foi superior na ARAP do que na ARPS (Tabela 6).

Dentre as frações de CRC analisadas, tanto na ARAP quanto na ARPS, a maior concentração observada foi da tricloramina que, por sua vez, apresenta efeito desinfetante reduzido quando comparada as outras espécies de cloraminas. Apenas no ponto P8 a concentração média na ARPS da espécie dicloramina (0,16 mgCl₂/L) foi superior a da tricloramina, (0,13 mgCl₂/L), Tabela 6.

No ponto P1 houve redução nas frações cloraminas após a reservação variando de 0,39 mgCl₂/L para 0,21 mgCl₂/L (monocloramina); de 0,49 mgCl₂/L para 0,35 mgCl₂/L (dicloramina) e de 0,80 mgCl₂/L para 0,37 mgCl₂/L (tricloramina). Já no ponto P3, houve diminuição de 0,56 mgCl₂/L para 0,41 mgCl₂/L na monocloramina; manteve-se constante na dicloramina 0,52 mgCl₂/L e reduziu de 1,20 mgCl₂/L para 0,91 mgCl₂/L na tricloramina

(Tabela 6).O comportamento do Cloro Residual Combinado, e suas espécies Monocloramina, Dicloramina e Tricloramina nos pontos P1 e P3, pode ser observado na Figura 25.

De acordo com a ANOVA, existe diferença estatisticamente significativa entre todos os pontos analisados para a variável monocloramina, pois $P < 0,05$ indicando relação entre a ARAP e a ARPS (Tabela 11).

Na Tabela 12, ao ser aplicado a análise de variância ANOVA, para a dicloramina foi observada diferenças estatisticamente significativas nos pontos P1, P6, P7 e P8, para a água de abastecimento público e a água reservada. Já na Tabela 13, a ANOVA apresentou diferenças significativas para os pontos P3, P4, P6, P7, P8 e P9, em relação à espécie de CRC tricloramina.

Tabela 11 – Resultado da análise de variância aplicada aos dados da variável Monocloramina.

Ponto	Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	p valor	F crítico
P1	Entre grupos	0,458169	1	0,458169	23,51109	9,68E-06	4,006873
	Dentro dos grupos	1,130268	58	0,019487			
	Total	1,588437	59				
P3	Entre grupos	0,330593	1	0,33	4,048548	0,048862	4,006873
	Dentro dos grupos	4,736123	58	0,08			
	Total	5,066716	59				
P4	Entre grupos	0,637352	1	0,637352	5,680615	0,020448	4,006873
	Dentro dos grupos	6,507464	58	0,112198			
	Total	7,144816	59				
P6	Entre grupos	0,967805	1	0,967805	18,01028	8,02E-05	4,006873
	Dentro dos grupos	3,116702	58	0,053736			
	Total	4,084507	59				
P7	Entre grupos	2,768812	1	2,768812	25,9846	3,94E-06	4,006873
	Dentro dos grupos	6,180242	58	0,106556			
	Total	8,949054	59				
P8	Entre grupos	0,219274	1	0,219274	20,40328	3,13E-05	4,006873
	Dentro dos grupos	0,623326	58	0,010747			
	Total	0,8426	59				
P9	Entre grupos	0,890403	1	0,890403	21,70909	1,9E-05	4,006873
	Dentro dos grupos	2,378883	58	0,041015			
	Total	3,269287	59				

Tabela 12 – Resultado da análise de variância aplicada aos dados da variável Dicloramina.

Ponto	Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	p valor	F crítico
P1	Entre grupos	0,279688	1	0,28	11,7163	0,001142	4,006873
	Dentro dos grupos	1,38456	58	0,02			
	Total	1,664248	59				
P3	Entre grupos	8,65E-05	1	0	0,000905	0,97611	4,006873
	Dentro dos grupos	5,546209	58	0,1			
	Total	5,546295	59				
P4	Entre grupos	0,088101	1	0,088101	2,678817	0,107107	4,006873
	Dentro dos grupos	1,907514	58	0,032888			
	Total	1,995615	59				
P6	Entre grupos	0,433016	1	0,433016	5,220892	0,025992	4,006873
	Dentro dos grupos	4,810468	58	0,082939			
	Total	5,243484	59				
P7	Entre grupos	0,60839	1	0,60839	12,6453	0,000757	4,006873
	Dentro dos grupos	2,790492	58	0,048112			
	Total	3,398882	59				
P8	Entre grupos	0,528262	1	0,528262	18,82074	5,81E-05	4,006873
	Dentro dos grupos	1,627949	58	0,028068			
	Total	2,156212	59				
P9	Entre grupos	0,194283	1	0,194283	3,119772	0,08261	4,006873
	Dentro dos grupos	3,611932	58	0,062275			
	Total	3,806214	59				

Tabela 13 – Resultado da análise de variância aplicada aos dados da variável Tricloramina.

Ponto	Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	p valor	F crítico
P1	Entre grupos	2,780822	1	2,780822	33,22723	3,32E-07	4,006873
	Dentro dos grupos	4,85408	58	0,083691			
	Total	7,634902	59				
P3	Entre grupos	1,271033	1	1,27	2,624286	0,110665	4,006873
	Dentro dos grupos	28,09141	58	0,48			
	Total	29,36244	59				
P4	Entre grupos	2,909585	1	2,909585	4,278186	0,043073	4,006873
	Dentro dos grupos	39,44568	58	0,680098			
	Total	42,35526	59				
P6	Entre grupos	5,041378	1	5,041378	18,66933	6,17E-05	4,006873
	Dentro dos grupos	15,66205	58	0,270035			
	Total	20,70343	59				
P7	Entre grupos	12,02099	1	12,02099	31,95292	5,06E-07	4,006873
	Dentro dos grupos	21,82016	58	0,37621			
	Total	33,84115	59				
P8	Entre grupos	0,707681	1	0,707681	29,87591	1,02E-06	4,006873
	Dentro dos grupos	1,373865	58	0,023687			
	Total	2,081546	59				
P9	Entre grupos	4,165813	1	4,165813	28,52775	1,61E-06	4,006873
	Dentro dos grupos	8,469549	58	0,146027			
	Total	12,63536	59				

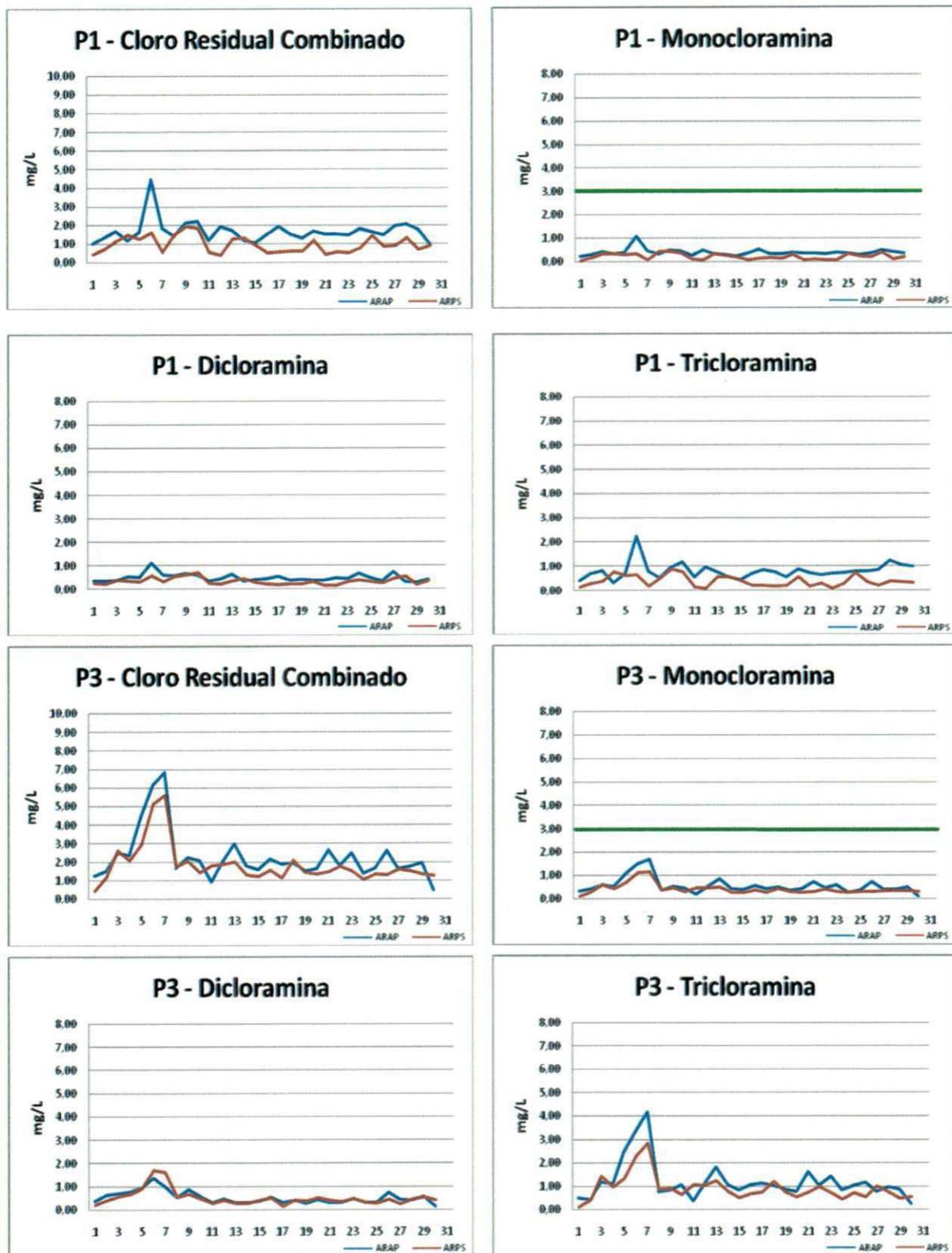


Figura 25 – Comportamento do Cloro Residual Combinado, Monocloramina, Dicloramina e Tricloramina nos pontos P1 e P3.

Em relação ao ponto P4, houve redução nas espécies cloraminas após a reservação variando de 0,55 mgCl₂/L para 0,35 mgCl₂/L (monocloramina); de 0,50 mgCl₂/L para 0,43 (dicloramina) e de 1,19 mgCl₂/L para 0,75 mgCl₂/L (tricloramina). Para o ponto P6, houve diminuição de 0,47 mgCl₂/L para 0,22 mgCl₂/L na monocloramina; de 0,43 mgCl₂/L para 0,26 mgCl₂/L na dicloramina e de 1,05 mgCl₂/L para 0,48 mgCl₂/L na tricloramina (Tabela 6). O comportamento do Cloro Residual Combinado, e suas espécies Monocloramina, Dicloramina e Tricloramina nos pontos P4 e P6, podem ser observados na Figura 26.

Nos pontos P7 e P8, observa-se que os valores médios das frações de CRC da água de abastecimento público foi reduzido após a água passar pelo reservatório predial. Tendo como redução de valores para o ponto P7 fração monocloramina de 0,58 mgCl₂/L para 0,15 mgCl₂/L; de 0,46 mgCl₂/L para 0,26 mgCl₂/L e de 1,20 mgCl₂/L para 0,30 mgCl₂/L. Para o ponto P8, houve redução de 0,18 mgCl₂/L para 0,06 mgCl₂/L na monocloramina; de 0,35 mgCl₂/L para 0,16 mgCl₂/L na dicloramina e de 1,05 mgCl₂/L para 0,48 mgCl₂/L na tricloramina (Tabela 6). O comportamento do CRC, e suas espécies nos pontos P7 e P8, podem ser observados na Figura 27.

Dentre os pontos monitorados o P8 apresentou a menor concentração média de Cloro Residual Livre e Combinado, provavelmente relacionado à sua localização, caracterizada como uma ponta de rede do sistema de distribuição e às tubulações antigas, de cimento-amianto, que podem contribuir para a deterioração da qualidade da água. Como a água fornecida pelo sistema de abastecimento público não apresentou conformidade para o indicador CRL não houve mudanças entre a qualidade da ARAP e a qualidade da ARPS.

Para o ponto P9, houve redução nas espécies cloraminas após a reservação variando de 0,54 mgCl₂/L para 0,30 mgCl₂/L (monocloramina); de 0,50 mgCl₂/L para 0,39 mgCl₂/L (dicloramina) e de 1,14 mgCl₂/L para 0,61 mgCl₂/L (tricloramina). Sendo observado através da Figura 28.

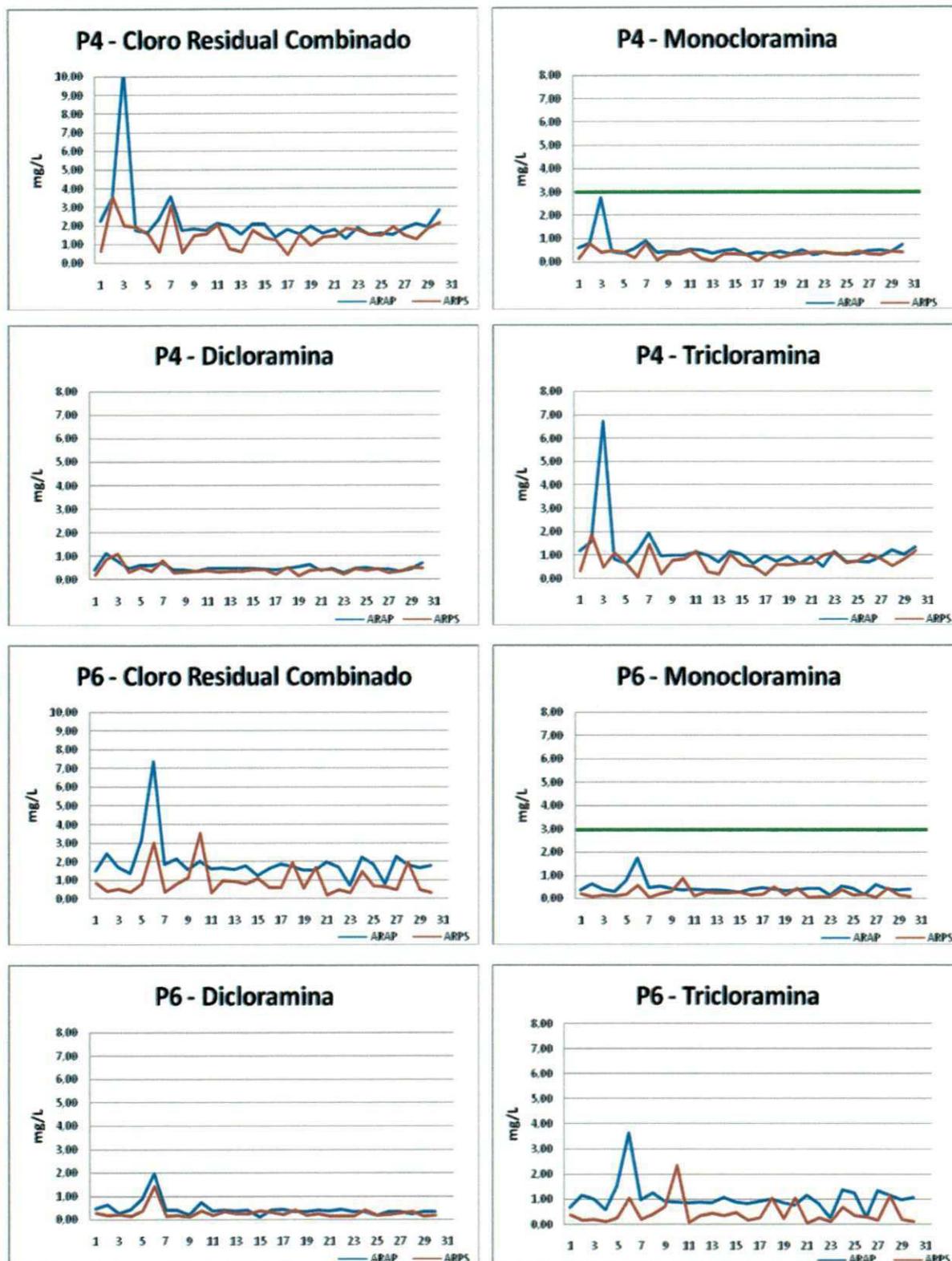


Figura 26 – Comportamento do Cloro Residual Combinado, Monocloramina, Dicloramina e Tricloramina nos pontos P4 e P6.

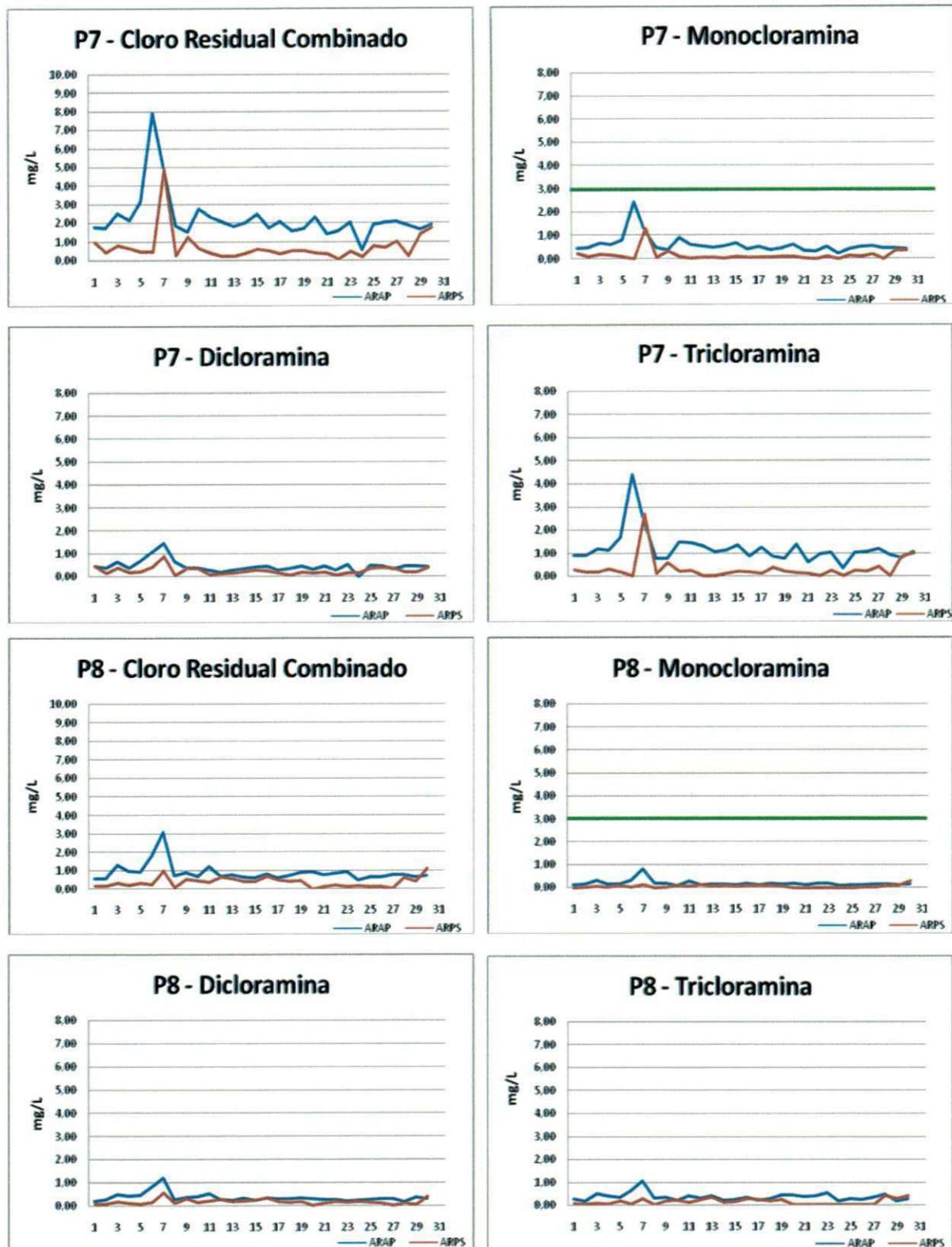


Figura 27 – Comportamento do Cloro Residual Combinado, Monocloramina, Dicloramina e Tricloramina nos pontos P7 e P8

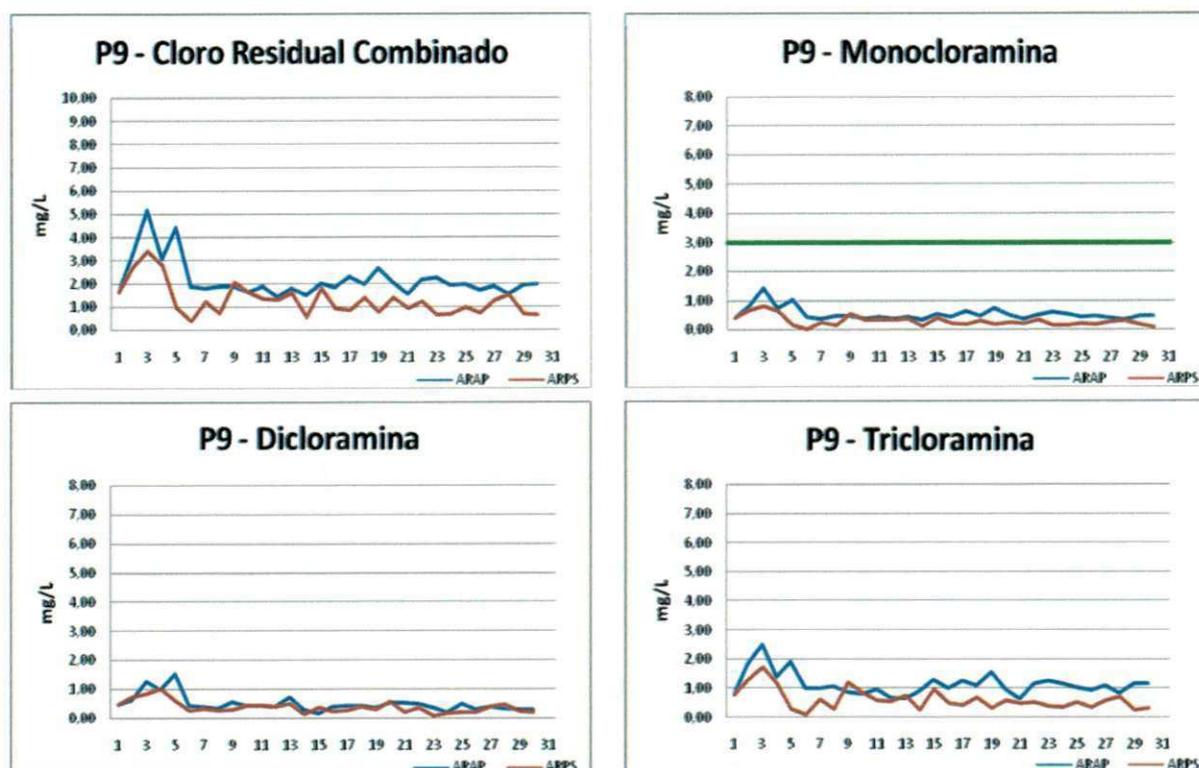


Figura 28 – Comportamento do Cloro Residual Combinado, Monocloramina, Dicloramina e Tricloramina no ponto P9.

4.5 Temperatura

Apesar da Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde não estabelecer limites ideais para a variável temperatura, o seu estudo torna-se importante, pois a mesma influencia nas reações do cloro residual e no desenvolvimento de bactérias heterotróficas.

A temperatura média da água analisada, durante a pesquisa foi de 27,8°C, variando entre 14°C e 29°C para a ARAP e entre 8,0°C e 29°C para a ARPS (Tabela 6).

Os pontos P3, P4, P7, P8 e P9 apresentaram diferenças estatisticamente significativas com relação à variável temperatura (Tabela 14). Nos pontos P3 e P9 a coleta era feita no bebedouro, o qual era refrigerado, justificando assim as baixas temperaturas detectadas na ARPS destes pontos. A Figura 29 demonstra o comportamento da Temperatura na ARAP e na ARPS dos pontos estudados.

Tabela 14 – Resultado da análise de variância de um fator aplicada aos dados da variável Temperatura.

Ponto	Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	p valor	F crítico
P1	Entre grupos	8,74017	1	8,740167	3,508789	0,066086	4,006873
	Dentro dos grupos	144,474	58	2,490936			
	Total	153,214	59				
P3	Entre grupos	864,3745	1	864,3745	33,86862	2,7E-07	4,006873
	Dentro dos grupos	1480,241	58	25,5214			
	Total	2344,615	59				
P4	Entre grupos	15,94785	1	15,94785	4,949767	0,029999	4,006873
	Dentro dos grupos	186,8725	58	3,22194			
	Total	202,8204	59				
P6	Entre grupos	0,016667	1	0,016667	0,003368	0,953921	4,006873
	Dentro dos grupos	287,0249	58	4,948705			
	Total	287,0416	59				
P7	Entre grupos	21,93328	1	21,93328	6,606121	0,012753	4,006873
	Dentro dos grupos	192,5684	58	3,320144			
	Total	214,5017	59				
P8	Entre grupos	40,97512	1	40,97512	8,019948	0,006351	4,006873
	Dentro dos grupos	296,3307	58	5,10915			
	Total	337,3058	59				
P9	Entre grupos	463,1482	1	463,1482	35,32946	1,69E-07	4,006873
	Dentro dos grupos	760,3454	58	13,1094			
	Total	1223,494	59				

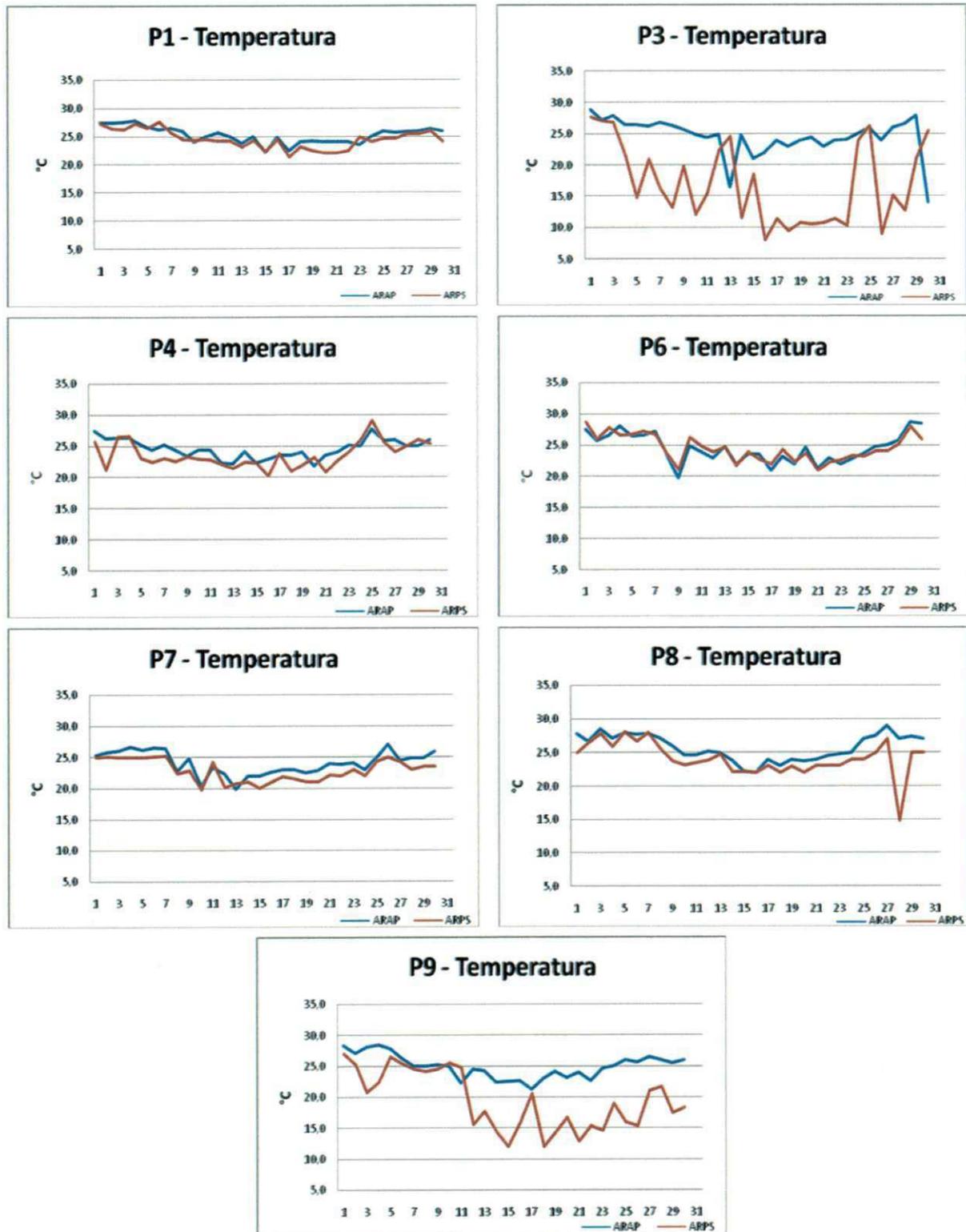


Figura 29 – Comportamento da Temperatura na ARAP e na ARPS dos pontos estudados.

4.6 Bactérias Heterotróficas

O comportamento do indicador bactérias heterotróficas para os pontos estudados está apresentado na Figura 30. A contagem de bactérias heterotróficas nos pontos P3, P6 e P7, P8 e P9 tiveram diminuição na percentagem de conformidade após a água passar pelo processo de reservação (Tabela 5), em P3 variou de 100% para 96,6%; em P6 de 93,3% para 86,6%; em P7 de 100% para 96,6%; em P8 de 96,6% para 93,3% e, em P9 de 100% para 86,6%.

A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde recomenda o limite na contagem de bactérias heterotróficas de 500 UFC/mL, esta recomendação só foi encontrada no ponto P4 onde 100% das amostras analisadas tanto da ARAP quanto da ARPS, estiveram em conformidade (Tabela 5).

No ponto P1 a qualidade da água de abastecimento após ser reservada melhorou, aumentando o percentual de conformidade, passando de 96,6% para 100% (Tabela 5).

Ao se aplicar a ANOVA, apenas os pontos P7 e P9 apresentaram diferença estatisticamente significativa entre ARAP e da ARPS (Tabela 15). Esta diferença pode ser explicada através do aumento de valores médios de 8 UFC/mL da ARAP para 238 UFC/mL da ARPS para o ponto P7 e de 32 UFC/mL da ARAP para 197 UFC/mL da ARPS no ponto P9 (Tabela 6). A baixa quantidade de bactérias heterotróficas existentes na ARAP dos pontos P7 e P9 ocorreu devido à alta concentração de CRL; relação inversa com a ARPS, devido à baixa concentração de CRL houve aumento na contagem de bactérias heterotróficas.

O comportamento da contagem de bactérias heterotróficas é inversamente relacionado ao do CRL, cujo consumo determina uma forte degradação da qualidade da água embora resíduos de CRC, particularmente dicloramina, que possui um poder desinfetante inferior ao do CRL, possam ainda agir no controle do crescimento da população desses indicadores (BARBOSA, 2010)

Tabela 15 – Resultado da análise de variância de um fator aplicada aos dados da variável Bactérias Heterotróficas.

Ponto	Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	p valor	F crítico
P1	Entre grupos	158,7627	1	158,8	0,015655	0,900862	4,006873
	Dentro dos grupos	588201,3	58	10141			
	Total	588360,1	59				
P3	Entre grupos	10580,62	1	10581	1,78833	0,186351	4,006873
	Dentro dos grupos	343155,8	58	5916			
	Total	353736,4	59				
P4	Entre grupos	10687,86	1	10687,86	1,619963	0,208175	4,006873
	Dentro dos grupos	382660,7	58	6597,598			
	Total	393348,6	59				
P6	Entre grupos	145780,1	1	145780,1	3,259714	0,076192	4,006873
	Dentro dos grupos	2593861	58	44721,75			
	Total	2739641	59				
P7	Entre grupos	784353,3	1	784353,3	4,058831	0,048585	4,006873
	Dentro dos grupos	11208276	58	193246,1			
	Total	11992629	59				
P8	Entre grupos	117076	1	117076	1,933784	0,169658	4,006873
	Dentro dos grupos	3511462	58	60542,45			
	Total	3628538	59				
P9	Entre grupos	408295,3	1	408295,3	9,042322	0,003896	4,006873
	Dentro dos grupos	2618921	58	45153,81			
	Total	3027216	59				

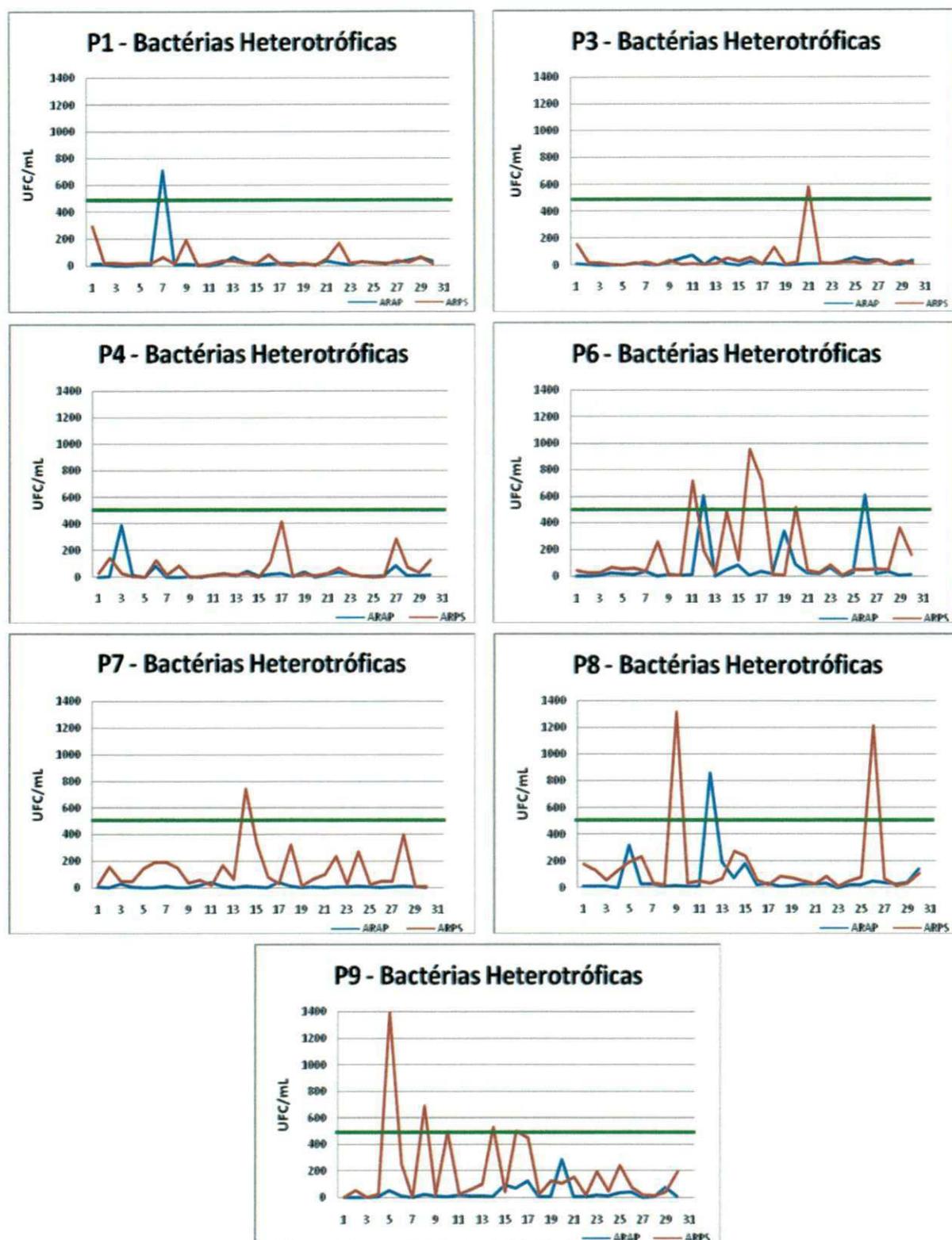


Figura 30 – Comportamento das Bactérias Heterotróficas na ARAP e na ARPS dos pontos estudados.

Quando indicadores microbiológicos estão presentes na água, há uma probabilidade da presença de microrganismos patogênicos causadores de diversas doenças infecciosas, como por exemplo, amebíase, giardíase, ascaridíase e esquistossomíase. Segundo a

Organização Panamericana de Saúde (2001) existe a possibilidade de que metade de toda a população dos países em desenvolvimento seja acometida por pelo menos uma das doenças citadas anteriormente, sendo constatado que, a cada oito segundos, uma criança morre devido a doenças relacionadas à água.

Segundo Bartram *et al.*, (2003), um aumento da concentração de bactérias heterotróficas na água acima do recomendado pode indicar problema com o tratamento ou uma mudança na qualidade da água dentro das tubulações. Quando isso ocorre, a qualidade da água de beber é questionável e ações apropriadas devem ser adotadas para garantir que o problema seja identificado e corrigido.

Estudos realizados por Barbosa *et al.*, (2009), avaliando a qualidade microbiológica da água dos bebedouros de um campus universitário em Ipatinga, constataram que de 20 bebedouros analisados durante 4 coletas, 2 apresentaram as quatro coletas com crescimento de bactérias dentro dos limites recomendados para água potável e apenas um bebedouro apresentou três amostras com valores superiores aos estabelecidos (75%).

Gomes *et al.*, (2005), ao realizarem análises físico-químicas e microbiológicas da água de bebedouros de uma IFES do sul de Minas Gerais, constataram bactérias heterotróficas em 25% das 32 amostras analisadas. No trabalho de Guerra *et al.* (2006), foram analisadas 413 amostras de água potável do sistema de abastecimento de Bandeirantes - PR, somente 0,24% (N=1) é que apresentou resultado acima do nível máximo recomendado.

No estudo intitulado Contagem de bactérias heterotróficas na água para consumo humano, Domingues *et al.*, (2007) avaliaram 22 amostras provenientes de caixa d'água, e em 10 amostras (43,5%) foram detectadas mais de 500 UFC/mL, resultado atribuível à falta de informação da população em relação à manutenção, limpeza e higienização dos reservatórios de água.

6.0 CONCLUSÕES

A análise dos dados da monitoração da qualidade da água de abastecimento das unidades escolares da cidade de Campina Grande- PB, com base em indicadores sentinelas e auxiliares permitiu a obtenção das seguintes conclusões:

- Em relação aos indicadores pH e turbidez, todas as amostras analisadas estiveram em conformidade com o padrão de potabilidade estabelecido na Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.
- Com base no indicador sentinela cloro residual livre foi verificado que houve deterioração na qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento público após passar pela reservação predial.
- Para o indicador cor aparente, não houve variação nos pontos P1, P3 e P7, já nos pontos P4, P8 e P9 a reservação contribuiu para o aumento da não conformidade, e no ponto P6 a qualidade da água melhorou após a reservação.
- Analisando os resultados para o indicador bactérias heterotróficas foi observado que os pontos P3, P6, P7, P8 e P9 tiveram diminuição na percentagem de conformidade após a água passar pela de reservação. No ponto P4 houve conformidade em 100% das amostras analisadas, tanto na água de abastecimento público quanto na água após a reservação e no ponto P1 a qualidade da água de abastecimento público após ser reservada melhorou, aumentando o percentual de conformidade.

De maneira geral conclui-se que nas unidades de ensino monitoradas não houve a manutenção e higienização adequadas em seus reservatórios, comprometendo assim a qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento público e representando perigo para saúde dos usuários daqueles estabelecimentos.

7.0 RECOMENDAÇÕES

Para garantir a preservação da qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento público e pela reservação predial recomenda-se:

- 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 para a manutenção da qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento público.
- que a limpeza e higienização dos reservatórios sejam realizadas de acordo com as recomendações do Ministério da Saúde procurando, desta forma, eliminar fatores que promovam a demanda de cloro.
- a continuidade da monitoração predial dos indicadores envolvidos na verificação dos padrões de potabilidade da água implementando um estudo mais amplo abrangendo condomínios residenciais para identificação de outros fatores que possam estar afetando a potabilidade da água em Campina Grande- PB.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626** – Instalação predial de água fria, Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218** – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público, Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

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

ARAÚJO, A. C. S. P. de. **Indicadores de vigilância da qualidade da água de abastecimento da cidade de Areia (PB)**. Campina Grande - PB: UFCG, 2010. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. 2010.

BARBOSA, D. A.; LAGE, M. M.; BADARÓ, A. C. L. Qualidade microbiológica da água dos bebedouros de um campus universitário em Ipatinga, Minas Gerais. **Nutrir Gerais, Revista Digital de Nutrição**, Ipatinga, v. 3, n. 5, p. 505-517, 2009.

BARBOSA, F. L. Avaliação da qualidade da água consumida em um hospital público da cidade de Campina Grande – PB. Campina Grande - PB: UFCG, 2010. 104f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. 2010.

BARTRAM, J.; COTRUVO, J.; EXNER, M.; FRICKER C.; GLASMACHER, A. **Heterotrophic Plate Counts and Drinking-water Safety: The significance of HPCs for water quality and the human health**. IWA Publishing. Londres-Reino Unido. 1.ed. 2003.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/censo2010/primeiros_dados_divulgados/index.php?uf=25>. Acesso em: Janeiro de 2011.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1691&id_pagina=1>. Acesso em: Dezembro de 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação geral de vigilância em saúde ambiental – CGVAM. **Relatório das atividades Vigiagua 1998 a 2005** – Brasília: Ministério da Saúde, 2006b, 39p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portal do Ministério da Saúde**. Disponível em: <<http://portal.saude.gov.br/portal/saude/default.cfm>>. Acesso em: Dezembro de 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Portaria nº 518**, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Ministério da Saúde. 2004. Disponível em: <http://www.meioambiente.ufrn.br/conteudo/dma/projetos/portaria51804.pdf>>. Acesso em: Outubro de 2010.

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

CAMPOS, J. A. D. B.; FARIA, J. B.; FARACHE FILHO, A. Uso de reservatórios domiciliares e conhecimento da população. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.14, n.2, p. 171-175, 2003.

CARMO, R. F.; BEVILACQUA, P. D.; BASTOS, R. K. X. Vigilância da qualidade da água para consumo humano: abordagem qualitativa da identificação de perigos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.13, n.4, p. 426-434, 2008.

CASTANIA, J. Qualidade da água utilizada para consumo em escolas públicas municipais de ensino infantil de Ribeirão Preto – SP. 2009. 146f. **Dissertação** (Mestrado em Saúde Pública). Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. 2009.

CARVALHO, D. R.; FORTUNATO, J. N.; VILELA, A. F.; BADARÓ, A. C. L. Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica da água de um campus universitário de Ipatinga-MG. **Nutrir Gerais, Revista Digital de Nutrição**, Ipatinga, v. 3, n. 5, p. 417-427, 2009.

CREDER, H. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. 2006. 423p.

D'AGUILA, P. S.; ROQUE, O. C. C.; MIRANDA, C. A. S.; FERREIRA, A. P. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. **Cadernos de Saúde Pública**, v.16, p.791-798, 2000.

DANIEL, L. A. (Coord.) **Processos de Desinfecção e Desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável**. São Carlos-SP: Prosab, 2001.149p.

DOMINGUES, V. O.; TAVARES, G. D.; STÜKER, F.; MICHELOT, T. M.; REETZ, L. G. B.; BERTONCHELI, C. de M.; HÖRNER, R. Contagem de bactérias heterotróficas na água

para consumo humano: comparação entre duas metodologias. **Saúde, Santa Maria**, v. 33, n.1, p. 15-19, 2007.

GALDINO, F. A. G. Indicadores sentinelas para a formulação de um plano de amostragem de vigilância da qualidade da água de abastecimento de Campina Grande (PB). Campina Grande - PB: UFCG, 2009. 110f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. 2009.

GOMES, P. C. F. de L.; CAMPOS, J. J.; MENEZES, M. de; VEIGA, S. M. O. M. Análise físico-química e microbiológica da água de bebedouros de uma IFES do sul de Minas Gerais. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 19, n. 133, p. 63-65, 2005.

GUERRA, N. M. M.; OTENIO, M. H.; SILVA, M. E. Z.; GUILERMETTI, M.; NAKAMURA, C. V.; UEDA-NAKAMURA, T.; DIAS-FILHO, B. P. Ocorrência de *Pseudomonas aeruginosa* em água potável. **Revista Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 18, n. 1, p. 13-18, 2006.

GOMES, T. N. Monitoração de indicadores sentinelas para a vigilância da qualidade da água de abastecimento de Campina Grande (PB). 41f. **Monografia** Universidade Federal de Campina Grande 2009.

GONÇALVES, R. F. (Coord.) **Racionalização do uso de água e conservação de energia em sistemas de abastecimento públicos e em edificações, por meio de redução no consumo, reaproveitamento de fontes alternativas e outras formas de uso racional da água**. Rio de Janeiro: Prosab, 2009. 352p.

GUIMARÃES, R. M. Ocorrência de cloro residual combinado no sistema de distribuição de água de Campina Grande (PB). Campina Grande - PB: UFCG, 2010. 89f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. 2010.

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

ILHA, M. S. DE O.; GONÇALVES, O. M. **Sistemas Prediais de Água Fria**. Texto Técnico/ Escola Politécnica da USP. São Paulo-SP. 1994. 104p.

MACINTYRE, A. J. **Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 1.ed. Rio de Janeiro: LTC,. 2008. 324p.

MEIRA, C. M. B. S.; OLIVEIRA, R. de; COURA, M. de A.; GALDINO, F. A. G.; GOMES, T. N. Monitoração de indicadores sentinelas para a vigilância da qualidade da água de abastecimento de Campina Grande (PB). VII-040. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife, 2009.

MEYER, S. T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro; v.10.; n.1 p.99-110; 1994.

OLIVEIRA, R. de; MEIRA, C. M. B. S.; COURA, M. A.; SANTOS, E. CAMPOS. Distribuição das concentrações de cloro residual na rede de abastecimento de água de Campina Grande (PB). VII – 038. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife, 2009.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Informe regional sobre avaliação 2000 na região da Américas: água potável e saneamento, estado atual e perspectivas**. Washington: Organização Pan-Americana da Saúde; 2001.

PALIARI, J. C. Método para prognóstico da produtividade da mão-de-obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos. São Paulo - SP, 2008. 321f. **Tese** (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), 2008.

PHILIPPI JR., A. **Saneamento, Saúde e Ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. 1.ed. Barueri – SP: Editora Manole, 2005. 842p.

QUEIROGA, I. V.; SANTOS, C. R. A.; CARNEIRO, L. C. Ocorrência de Coliformes Totais na Presença de Cloro com Residual mínimo no Sistema de Distribuição Público de Água Potável da Cidade de Abadia de Goiás. **Revista News Lab**, 83.ed. 2007.

REBOUÇAS, A. DA C.; BRAGA B.; TUNDISI J. G. (ORG.). **Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3.ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. 748p.

RAMOS, G. D. M.; MACHADO JÚNIOR, H. F.; SILVA, V. L.; CASTELANI, F. G.; GUERRA, A. F.; FERNANDES, M. M.; GASPAR, A. Qualidade microbiológica da água consumida pela população do Distrito do Sana, Macaé, Rio de Janeiro. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 67, n.2, p. 100-105, 2008.

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

SILVA, S. R. da; HELLER, L.; VALADARES, J. C.; CAIMCROSS, S. O cuidado domiciliar com a água de consumo humano e suas implicações na saúde: percepções de moradores em Vitória (ES). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n.4, p. 521-532, 2009.

SOUZA, J. de. Conformidade da água de abastecimento de campina Grande (PB) com o padrão de aceitação para o consumo humano. Campina Grande - PB: UFCG, 2010. 91f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. 2010.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 8.ed. Porto Alegre: Editora Arned, 2005. 894p.

VIEIRA, J. M. P.; MORAIS, C. **Planos de segurança da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento**. Série Guias Técnicos, Portugal: Universidade do Minho, 2005. 161p.

WHO (World Health Organization) 1996. **Guidelines for drinking-water quality**, v.2. Geneva: WHO, 2004.

APÊNDICE C

FICHA DE COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA PARA ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

COR

LOCAL:				PONTO:					
COLETA	DATA:	HORA:	RESPONSÁVEL:		ANÁLISE	DATA:	HORA:	RESPONSÁVEL:	
OBSERVAÇÕES:	CAIXA D'ÁGUA			1	2	3	CAGEPA		

LOCAL:				PONTO:					
COLETA	DATA:	HORA:	RESPONSÁVEL:		ANÁLISE	DATA:	HORA:	RESPONSÁVEL:	
OBSERVAÇÕES:	CAIXA D'ÁGUA			1	2	3	CAGEPA		

Nº Questionário

Data ____ / ____ / ____

APÊNDICE D

PESQUISA SOBRE A VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO

<p>1.0 – Identificação da escola</p> <p>1.1 – Nome: _____</p> <p>1.2 – Endereço: _____</p> <p>1.3 – Infraestrutura local:</p> <p>1 () Água elétrica 2 () Esgoto 3 () Energia elétrica</p> <p>4 () Coleta resíduos sólidos público 5 () Transporte público</p>	<p>3.4 – Tipo de ensino:</p> <p>1 () Pré-escolar 2 () Fundamental 3 () Médio</p> <p>4 () Profissionalizante 5 () Programas especiais</p> <p>3.5 – Média mensal do consumo de água: _____</p> <p>3.6 – Frequência de interrupção no fornecimento de água: _____</p> <p>3.7 – Medidas tomadas durante essas interrupções: _____</p> <p>3.8 – Quando ocorreu a última reforma nas instalações da escola? _____</p>
<p>2.0 – Identificação do entrevistado</p> <p>2.1 – Sexo:</p> <p>1 () Masculino 2 () Feminino</p> <p>2.2 – Idade</p> <p>1 () De 20 a 30 anos 2 () De 31 a 40 anos</p> <p>3 () De 41 a 50 anos 4 () Mais de 50 anos.</p> <p>2.3 – Escolaridade</p> <p>1 () Fundamental 2 () Médio</p> <p>3 () Superior 4 () Pós-graduação</p> <p>2.4 – Profissão: _____</p> <p>2.5 – Cargo/Função: _____</p> <p>2.6 – Tempo que trabalha na escola?</p> <p>1 () Menos de 2 anos 2 () De 2 a 5 anos</p> <p>3 () De 5 a 10 anos 4 () De 10 a 20 anos</p> <p>5 () Mais de 20 anos.</p>	<p>3.9 – Tipo de reforma: _____</p> <p>3.10 – Atingiu o sistema de abastecimento?</p> <p>1 () Não 2 () Sim</p> <p>3.11 – Há reservatório predial?</p> <p>1 () Não 2 () Sim</p> <p>3.12 – Tipo e capacidade do reservatório:</p> <p>1 () Elevado: _____</p> <p>2 () Enterrado: _____</p> <p>3 () Semi enterrado: _____</p> <p>3.13 – Frequência de utilização do reservatório predial? _____</p> <p>3.14 – Data da última limpeza do reservatório: _____</p> <p>3.15 – Procedimento utilizado na limpeza: _____</p>
<p>3.0 – Características da escola</p> <p>3.1 – Início de funcionamento da escola: _____</p> <p>3.2 – Distribuição da população escolar:</p> <p>1 () Alunos 2 () Professores</p> <p>3 () Funcionários 4 () Outros</p> <p>3.3 – Turno de funcionamento:</p> <p>1 () Manhã 2 () Tarde 3 () Noite</p>	<p>3.16 – Importância atribuída à qualidade da água de abastecimento da escola: _____</p>