



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Qualidade da água da rede de distribuição para  
abastecimento público na cidade de Maringá-PR:  
Proposta de um plano de amostragem**

*Fabio Zilli Gomiero*

**TCC-EP-29-2011**

**MARINGÁ – PARANÁ**  
**BRASIL**

**Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Engenharia de Produção**

**Qualidade da água da rede de distribuição para abastecimento público na  
cidade de Maringá-PR: Proposta de um plano de amostragem**

*Fabio Zilli Gomiero*

**TCC-EP-29-2011**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito de avaliação no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Orientador: Prof. MSc. Daily Morales

**Maringá – Paraná**

**2011**

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa,  
Adriana e aos meus filhos, Matheus e Julia.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, pelo imenso apoio e incentivo para a conclusão dos estudos.

À Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR, principalmente ao Ricardo Labiak Olivrasto, Sonia M. P. Gonçalves, Paulo Fregadolli e Saulo A. Souza. Obrigada pelo interesse, vontade e dedicação em realizar este trabalho em conjunto.

A minha esposa, pelo apoio, ajuda compreensão e paciência dos momentos ausentes.

Aos amigos pelo apoio e companhia em todos os momentos.

Aos professores pela dedicação.

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo principal desenvolver um plano de amostragem viabilizando o controle de qualidade da água distribuída na cidade de Maringá. Devido à falta de critérios na legislação vigente sobre como quantificar e localizar os pontos de coleta, o presente estudo analisou o sistema de distribuição de água potável, e com base nos requisitos de abrangência espacial e representatividade sobre as áreas de abastecimento foram definidos a quantidade e o cadastramento dos pontos de coletas, a frequência de coleta e os roteiros diários para a execução do plano de amostragem buscando otimizar a capacidade de identificar não conformidades com relação à água distribuída e permitir que sejam tomadas as devidas providências para eliminá-las.

**Palavras-chave:** Plano de Amostragem. Controle de Qualidade. Não Conformidades.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	11
1.2 DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA .....	11
1.3 OBJETIVOS .....	11
1.3.1 Objetivo Geral .....	11
1.3.2 Objetivo Específico .....	12
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>12</b>
2.1 LEGISLAÇÕES QUE ESTABELECE O PADRÃO DE POTABILIDADE DA ÁGUA .....	12
2.2 CONCEITOS, TÉCNICAS E METODOLOGIAS .....	19
2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE .....	22
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>24</b>
<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>25</b>
4.1 Rede de distribuição .....	28
4.2 Centro de Controle Operacional .....	31
4.3 Controle de Qualidade .....	32
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>43</b>
5.1 Limitações e Sugestões para Futuros Trabalhos .....	44
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>45</b>
<b>APÊNDICE A – Folha de verificação para identificação de pontos de coleta com não conformidades .....</b>	<b>46</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. SISTEMA DE TRATAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DE CAPTAÇÃO SUPERFICIAL .....	26
FIGURA 2. SISTEMA DE TRATAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DE CAPTAÇÃO SUBTERRÂNEA .....	26
FIGURA 3. ZONAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA TRATADA NA CIDADE DE MARINGÁ .....	27
FIGURA 4. ÁREAS DE ABASTECIMENTO, SETORES DE MANOBRAS E VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO .....	29
FIGURA 5. TELA DE MONITORAMENTO DO CCO .....	31

**LISTAS DE TABELAS**

TABELA 1. NÚMERO MÍNIMO DE AMOSTRAS PARA O CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO, PARA FINS DE ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E DE RADIOATIVIDADE, EM FUNÇÃO DO PONTO DE AMOSTRAGEM, DA POPULAÇÃO ABASTECIDA E DO TIPO DE MANANCIAL. ....	18
TABELA 2. NÚMERO MÍNIMO DE AMOSTRAS MENSAIS PARA O CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO, PARA FINS DE ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS, EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO ABASTECIDA .....	18
TABELA 3. ÁREAS DE ABASTECIMENTO, NÚMERO DE LIGAÇÕES E HABITANTES .....	30
TABELA 4. PARÂMETROS, Nº DE AMOSTRAS E RESULTADOS DAS ANALISES DA ÁGUA DISTRIBUÍDA .....	32
TABELA 5. PONTOS DE COLETAS DAS ÁREAS DE ABASTECIMENTO DA CIDADE DE MARINGÁ	34
TABELA 6. PONTOS DE AMOSTRAGEM COM PARÂMETROS FÍSICOS QUÍMICOS QUE NÃO ATENDERAM A PORTARIA.....	35
TABELA 7. PONTOS DE AMOSTRAGEM COM PARÂMETRO BACTERIOLÓGICO QUE NÃO ATENDERAM A PORTARIA .....	35
TABELA 8. NÚMERO DE AMOSTRAS MENSAIS POR ÁREA DE ABASTECIMENTO .....	37
TABELA 9. QUANTIDADE DE PONTOS ESPECIAIS EM RELAÇÃO AO TOTAL DE PONTOS POR ÁREA .....	38
TABELA 10. ADEQUAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA POR ÁREA DE ABASTECIMENTO .....	40
TABELA 11. FREQUENCIA DE COLETA PARA OS PONTOS DE AMOSTRAGEM POR ÁRA DE ABASTECIMENTO .....	41
TABELA 12. ROTEIROS DE COLETA DIÁRIAS .....	42



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BAADS – BOLETINS DE ANÁLISE DE ÁGUA DISTRIBUÍDA

CCO – CENTRO DE CONTROLE OPERACIONAL

CR – CLORO RESIDUAL

CV – CAVALO VAPOR

EET – ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUA TRATADA

ETA – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

F – FLUORETO

FD – FERRO DUCTIL

FG – FERRO GALVANIZADO

FoFo – FERRO FUNDIDO

MCA – METRO COLUNA DE ÁGUA

MS – MINISTERIO DA SAUDE

NBR – NORMA BRASILEIRA

PRFV – POLIESTER REVESTIDO COM FIBRA DE VIDRO

PVC – POLICLORETO DE VINILA

RPVC – PRFV COM LINER EM PVC

SCI – SISTEMA DE CONTROLE INDUSTRIAL

SUS – SERVIÇO UNICO DE SAUDE

TUR – TURBIDEZ

VMP - VALOR MÁXIMO PERMITIDO

VRPs – VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO

## 1. INTRODUÇÃO

Os reservatórios e a rede de distribuição de água para abastecimento público são unidades estratégicas para a garantia da qualidade da água, porém vários fatores podem comprometer a qualidade e a potabilidade da água. No contexto pela melhoria da qualidade, o monitoramento da qualidade da água é um dos instrumentos de avaliação de riscos para a saúde humana e de verificação de sua potabilidade.

Os procedimentos e responsabilidades sobre o controle da água para consumo humano e os padrões de potabilidade são estabelecidas através da Portaria n.º 518/2004 do Ministério da Saúde. Esta legislação estabelece a quantidade de amostras mensais e a frequência de amostragem com base na população abastecida do município.

A Portaria 518/2004, no entanto não dispõe de informações detalhadas de como selecionar os pontos de coletas na rede de distribuição, garantindo abrangência espacial e representatividade que comprovem a qualidade da água distribuída.

A prática comumente utilizada pelas companhias de saneamento é identificar os pontos de coletas de maneira uniforme, procurando situá-los em locais de grande circulação de pessoas, em locais com grupos populacionais de riscos e em pontos do sistema de distribuição que apresentam trechos de vulnerabilidade.

Neste trabalho pretende-se, com o auxílio das ferramentas da qualidade, estabelecer melhorias no plano de amostragem que, obedecendo às normas da legislação, possam estabelecer critérios para selecionar a localização dos pontos de amostragem e a frequência com que esses pontos serão monitorados, aperfeiçoando a capacidade e a confiabilidade do controle de qualidade da água e permitindo a identificação de fatores de risco e a elaboração de estratégias de melhoria para o monitoramento da água distribuída do sistema de abastecimento público na cidade de Maringá.

## **1.1 Justificativa**

A melhoria do plano de amostragem, proposta neste trabalho, alinha-se com a política da qualidade da empresa de saneamento sob análise, que tem como objetivos: o comprometimento com a melhoria constante dos processos, o cumprimento com as normas e disposições legais, a competitividade no mercado e a busca permanentemente da satisfação de seus clientes.

Este trabalho visa também padronizar a elaboração do plano de amostragem usado em todos os sistemas de abastecimento da empresa. Além disso, é uma oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos durante a graduação, contribuindo para a melhoria do controle de qualidade da água distribuída.

## **1.2 Definição e delimitação do problema**

Estabelecer a quantidade e a localização dos pontos de amostragem no sistema de distribuição de água a fim de que o controle de qualidade tenha abrangência espacial e representatividade. O estudo será realizado no sistema de distribuição de água da cidade de Maringá.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo geral**

Elaborar um plano de amostragem, estabelecendo critérios para definir a frequência e selecionar a localização dos pontos de amostragem com o objetivo de aperfeiçoar a capacidade e a confiabilidade do controle de qualidade da água distribuída do sistema de abastecimento público na cidade de Maringá-PR.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- a) Realizar uma pesquisa bibliográfica e adotar técnicas e métodos que melhor se apliquem à resolução do problema;
- b) Estabelecer critérios para determinar a quantidade, selecionar a localização dos pontos de coleta e a frequência de monitoramento;
- c) Identificar a localização dos pontos de amostragem e fazer o cadastramento;
- d) Elaborar o roteiro e a folha de verificação para a coleta das amostras.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

Com o objetivo de facilitar a leitura e o entendimento, na revisão da literatura realizou-se a revisão da legislação que estabelece o padrão de potabilidade da água através das normas, leis, resoluções e portarias relacionadas ao tema do trabalho.

Realizou-se a revisão dos conceitos, técnicas e metodologias utilizadas por diversos pesquisadores sobre o tema do trabalho, e por fim, realizou-se a revisão das ferramentas da qualidade que serão utilizadas para desenvolver este trabalho.

### **2.1 LEGISLAÇÃO QUE ESTABELECE O PADRÃO DE POTABILIDADE DA ÁGUA**

Um sistema de abastecimento de água pode ser concebido e projetado, variando suas características e o porte de suas instalações para atender a pequenos povoados ou a grandes cidades. Compreendem a retirada da água da natureza, o tratamento e adequação de sua qualidade, reservação, transporte e distribuição à população. São constituídos por um conjunto de obras civis, equipamentos, instalações e serviços, destinados a produzir e distribuir água potável, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população, atendendo as necessidades domésticas, serviços públicos, consumo industrial, além de outros usos (BARROS, 1995).

A Portaria n.º 518/2004 do Ministério da Saúde, classifica as instalações para abastecimento de água em duas categorias.

- a) Sistema de abastecimento de água: consiste da instalação composta por 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.
- b) Solução alternativa coletiva: toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical.

As principais diferenciações das categorias estão no fato de que a solução alternativa coletiva não contem obrigatoriamente a rede de distribuição e não fica sob a responsabilidade do poder público, permitindo assim, diferenciar as exigências de controle da qualidade da água.

Ainda segundo as definições da Portaria n.º 518/2004 o controle da qualidade da água para consumo humano é 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”.

Com relação as medidas previstas pela norma para garantir a qualidade da água fornecida à população, a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece que estas representam o “Conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública para verificar se a água consumida pela população atende a esta norma e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana”.

É oportuno distinguir o termo risco do termo perigo. Enquanto risco está associado à probabilidade de ocorrência de um efeito, o perigo é uma característica intrínseca de uma substância ou de uma situação. Portanto o fato de uma água para consumo humano apresentar agentes patogênicos seria considerado um perigo, enquanto que a sua distribuição para a população causaria um risco, que pode ser quantificado e expresso de forma probabilística (BRASIL, 2006).

Além da Portaria 518/2004, a qual legisla sobre o padrão de potabilidade da água, estabelecendo os limites para a presença de substâncias e organismos potencialmente nocivos à saúde humana na água consumida, outros instrumentos legais em nível federal, como as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, sobre a concepção de projetos, NBR 5626, NBR 12211, NBR 12212, NBR 12213, NBR 12214, NBR 12215, NBR 12216, NBR 12217, NBR 12218 e construção de poços NBR 12244, materiais NBR 5649, NBR 5650, NBR 8220, NBR 11799, NBR 13194, NBR 13210, tubulações NBR 5647, NBR 5648, NBR 5689, NBR 7665, NBR 7968, NBR 9650, NBR 9797, NBR 9822, NBR 10156, NBR 12266, NBR 12595, laboratórios NBR 13035, ABNT ISO/IEC GUIA 25, ABNT ISO/IEC GUIA 58 e produtos químicos NBR 6471, NBR 6473, NBR 9414, NBR 9425, NBR 9432, NBR 9433, NBR 9559, NBR 9852, NBR 10790, NBR 11176, NBR 11177, NBR 11179, NBR 11180, NBR 11181, NBR 11182, NBR 11887, NBR 12144, NBR 12145, NBR 12279, NBR 12308, utilizados no tratamento da água, devem ser observados para minimizar ao máximo os riscos que a distribuição da água pode causar.

Deve-se também seguir a legislação relacionada com à saúde pública tais como a Lei n.º 8080/1990 que cria e regulamenta o SUS, a Portaria MS n.º 443/1978 que estabelece procedimentos para os sistemas de abastecimento de água e a Lei n.º 6050/1974 que “dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas de abastecimento quando existir estação de tratamento”.

Deve-se cumprir também a legislação ambiental através da Resolução Conama n.º 357, de 17 de março de 2005, que estabelece critério para classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, e a Legislação sobre recursos hídricos através da Lei n.º 9433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

O tratamento da água para consumo humano deve atender ao padrão de potabilidade exigido pela legislação federal com o objetivo de prevenir a veiculação de doenças de origem microbiológica, tais como: febre tifóide e paratifóides, disenteria balancar e amebiana, cólera, diarreia, hepatite infecciosa, giardiose e outras através da remoção e inativação de organismos patogênicos, como também a remoção de substâncias químicas que representem riscos a saúde, estimulando a aceitação para o consumo, prevenindo a incidência de carie dental e protegendo o sistema de abastecimento dos efeitos da corrosão e incrustações (BRASIL, 2006).

O sistema de tratamento consiste da análise e escolha do manancial que é a fonte de origem da água, podendo ser superficial, formado pela água que escorre sobre a superfície do solo (córregos, rios, lagos e ribeirões) ou subterrâneos, formado pela água que se infiltra e se desloca abaixo da superfície do solo (nascentes e poços) (BRASIL, 2006).

As etapas de tratamento da água para consumo humano consistem em: captação da água, seja superficial ou subterrânea, clarificação da água pelos processos de coagulação, floculação, decantação ou flotação e filtração, a desinfecção, a fluoretação e a estabilização da água (BRASIL, 2006).

Segundo Costa (2002), é de suma importância e necessário que as empresas de saneamento façam o controle constante e eficiente sobre a qualidade da água no sistema distribuidor, pois as redes de distribuição estão sujeitas a ocorrências de diversos fatores tais como: interrupções

no abastecimento, vazamentos e rompimentos das tubulações os quais podem ocasionar alterações nos padrões bacteriológicos, estéticos e organolépticos, comprometendo a qualidade da água distribuída.

Além disso, as empresas de saneamento ou os responsáveis pela operação do sistema de abastecimento de água para consumo humano devem cumprir com os deveres e responsabilidades inerentes ao controle e a vigilância da qualidade da água e atender os padrões de potabilidade, definidos na legislação através da Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde. Esta Portaria estabelece os parâmetros e os valores máximos permitidos (VMPs) para o controle de qualidade da água tratada e distribuída, além de especificar a frequência de amostragem e o número mínimo de amostras mensais a serem coletadas em função da população abastecida e do tipo de manancial.

Segundo Vasconcelos Neto *et al.* (2000), a legislação não orienta sobre como proceder para selecionar a localização dos pontos de amostragem, que possam garantir a representatividade e a abrangência espacial da água distribuída à população.

A Portaria 518/2004 estabelece ainda que os responsáveis pela operação de sistemas de abastecimento de água devem elaborar e aprovar junto à autoridade de saúde pública um plano de amostragem para cada sistema. Devem também implantar um controle de qualidade da água distribuída disponibilizando as informações sobre este controle a todos os consumidores.

O tratamento da água, não garante a manutenção da condição de potabilidade, uma vez que a qualidade da água pode-se deteriorar entre o tratamento, a reservação, a distribuição e o consumo (BRASIL, 2006).

No Brasil o padrão de potabilidade é composto pelo padrão microbiológico; padrão de turbidez para a água pós-filtração; padrão para substâncias químicas que representam riscos à saúde; padrão de radioatividade e pelo padrão de aceitação para consumo humano (BRASIL, 2006).

Devido às mudanças das características da água no sistema de abastecimento a amostragem se faz indispensável para subsidiar a avaliação do risco aos quais os consumidores estão

submetidos, em caso de contaminação da água, permitindo a correção dos problemas específicos e operacionais (BRASIL, 2006).

A elaboração do plano de amostragem é uma tarefa complexa porque, além das exigências da legislação, deve-se adotar o melhor procedimento para a detecção das eventuais anomalias que podem ocorrer no sistema de abastecimento (BRASIL, 2006).

A Portaria 518/2004 fornece os seguintes requisitos para a amostragem: distribuição uniforme das coletas ao longo do período e representatividade dos pontos de coleta no sistema de distribuição (reservatórios e rede), combinando critérios de abrangência espacial e pontos estratégicos.

Segundo Batalha e Parlatores (1977), o controle de qualidade pode ser dinâmico e exercido durante as etapas do processo produtivo com o objetivo de tomar as decisões no sentido de manter o processo sob controle e obter regularmente a qualidade do produto. O controle estático da qualidade é exercido sobre o produto acabado ou semi-acabado com o objetivo de avaliar a qualidade do produto fazendo a comparação com o padrão de qualidade estabelecida, possibilitando a aceitação ou rejeição do produto.

Um processo produtivo só pode ser considerado sob controle, quando são estabelecidas funções matemáticas (determinísticas e/ou probabilísticas) entre as causas e os efeitos e obtidos os valores para as características do produto, através de uma ação ou comando e que são confirmadas probabilisticamente (BATALHA e PARLATORE, 1977).

A função da estabilidade da qualidade relacionando as causas (C) com os efeitos (E) pode ser descrita como,  $E = f(C)$ , na qual são impostos os valores e condições para controlar as causas para que sejam obtidos os valores e condições para os efeitos estabelecidos. Para efetuar o controle de qualidade são usados os recursos de amostragem (BATALHA e PARLATORE, 1977).

A amostragem para o controle dinâmico visa à representatividade das condições de funcionamento do processo produtivo, com a finalidade de verificar se o processo está sob controle, produzindo produtos com a qualidade prevista. A amostragem para o controle estático visa a representatividade da qualidade do lote dos produtos com o objetivo de avaliar



sobre a aceitação ou rejeição do mesmo. Portanto os critérios de amostragem devem ser estabelecidos com base no conhecimento detalhado das características do processo produtivo, de seus pontos vulneráveis, bem como através da experiência, vivência e bom senso dos responsáveis pelo controle de qualidade a fim de identificar variação na qualidade (BATALHA e PARLATORE, 1977).

Durante a amostragem estatística do controle estático, existe a possibilidade de ocorrência de produtos de má qualidade ou defeituosos. No entanto deve-se através de um tratamento estatístico dos dados amostrais e considerações científicas, determinar os níveis de qualidade aceitável para o produto (BATALHA e PARLATORE, 1977).

No controle de qualidade da água para consumo humano, o controle é dinâmico e a amostragem é essencialmente estratégica, com o objetivo de maximizar a probabilidade de encontrar as causas que comprometem a qualidade da água. Algumas causas que impedem o estado de controle de qualidade no sistema público de abastecimento de água estão relacionadas com a localização, projeto, construção ou operação do sistema, que pode impedir a obtenção da qualidade prevista, ou causar a contaminação da água através de fontes externas (BATALHA e PARLATORE, 1977).

Segundo Batalha e Parlature (1977), na elaboração de um plano de amostragem é necessário definir os objetivos da pesquisa, a população a ser amostrada, os parâmetros que serão analisados, além da unidade de amostragem, a forma de seleção dos elementos da população e o tamanho da amostra.

Como as características da água são modificadas em seu percurso no sistema de abastecimento, a amostragem é necessária para subsidiar a avaliação do risco aos quais os consumidores estão submetidos e permitir a correção do problema de contaminação ou correção dos problemas operacionais que deram origem à anomalia (BRASIL, 2006).

A estratégia de amostragem para o sistema de abastecimento é uma tarefa complexa, pois além de seguir as determinações da legislação, também tem que se observar os critérios de distribuição uniforme das coletas ao longo do período e a representatividade dos pontos de coleta no sistema de distribuição, combinando critérios de abrangência espacial e pontos estratégicos (BRASIL, 2006).

A Portaria 518/2004 (Tabela 1) estabelece o número mínimo de amostras para o controle de qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial.

Tabela 1. Número mínimo de amostras para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial.

Parâmetros	Tipo de Manancial	Saída do Tratamento Número de Amostras por Unidade de Tratamento	Sistema de Distribuição (Reservatórios e Rede)		
			População Abastecida		
			< 50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab
Cor	Superficial	1	10	1 para cada 5.000 hab.	40 + (1 para cada 25.000 hab.)
Turbidez	Subterrâneo	1	5	1 para cada 10.000 hab.	20 + (1 para cada 50.000 hab.)
pH					
Cloro Residual Livre	Superficial	1		1 (conforme § 3º do artigo 18)	
	Subterrâneo	1			
Fluoreto	Superficial	1	5	1 para cada 10.000 hab.	20 + (1 para cada 50.000 hab.)
	Subterrâneo				
Cianotoxinas	Superficial	1 (conforme § 5º do artigo 18)	-	-	-
Trihalometanos	Superficial	1	1	4	4
	Subterrâneo	-	1	1	1
Demais parâmetros	Superficial	1	1	1	1
	Subterrâneo				

Fonte: Portaria 518/2004.

A Portaria 518/2004 estabelece ainda o número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises microbiológicas, em função da população abastecida, (Tabela 2).

Tabela 2. Número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises microbiológicas, em função da população abastecida.

Parâmetro	Sistema de Distribuição (Reservatórios e Rede)			
	População Abastecida			
	< 5.000 hab.	5.000 a 20.000 hab.	20.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.
Coliformes totais	10	1 para cada 500 hab.	30 + (1 para cada 2.000 hab.)	105 + (1 para cada 5.000 hab.) Máximo de 1.000

Fonte: Portaria 518/2004.

## 2.2 CONCEITOS, TÉCNICAS E METODOLOGIAS

Vasconcelos Neto *et al.* (2000) considera a escolha dos pontos de amostragem como sendo uma atividade complexa e específica para cada sistema de abastecimento e em relação ao critério de abrangência espacial apresenta uma metodologia para a seleção da localização dos pontos de amostragem, buscando maximizar a capacidade de detecção de contaminantes, baseada no modelo desenvolvido por Lee e Deininger (1992), no qual se faz necessário conhecer as características hidráulicas da rede, as trajetórias de escoamento, vazões e tempos de escoamento nos trechos da rede, os valores de cloro residual em cada um dos trechos e a cinética de inativação de coliformes.

Essa metodologia pode ser utilizada executando as seguintes etapas (Lee e Deininger,1992):

- a) Aplicação de diversos métodos para a realização da análise hidráulica da rede de distribuição para obter as trajetórias de escoamento, as vazões e as velocidades nos trechos da rede de distribuição.
- b) Simulação do decaimento do residual de cloro a partir do conhecimento das trajetórias de escoamento, vazões na rede e das constantes de reação relativa ao decaimento de cloro na água distribuída.
- c) Em função da concentração de cloro na rede de distribuição, do tempo de reação e de diluição se faz a simulação da contaminação por coliformes na rede.
- d) A partir da simulação e capacidade de detecção da contaminação por coliformes nos trechos da rede de distribuição é feita a seleção e identificação dos pontos de amostragem.

Para Costa (2002) o sistema de distribuição de água é dinâmico e quando se avalia a qualidade da água, a mesma já foi consumida, sendo necessário o desenvolvimento de novas e eficientes tecnologias para o tratamento e distribuição com o aperfeiçoamento do controle da qualidade da água distribuída, principalmente com relação aos critérios de amostragem e a determinação dos pontos de coletas a fim de obter um monitoramento que cubra toda a rede de distribuição.

Caso nenhum ponto de coleta apresentar contaminação então nenhum ponto da rede está contaminado, e caso um ponto apresentar contaminação, então pelo menos um trecho da rede está contaminada (COSTA, 2002).

No estudo proposto por Costa (2002), os pontos de coleta foram escolhidos segundo o critério de maior probabilidade de contaminação, ou seja, pontos de baixa pressão, baixo residual de cloro, ponto de ponta de rede ou de má circulação da água e também onde há maior responsabilidade social, tais como escolas, creches, hospitais, clínicas de hemodiálise e postos de saúde. Em sua metodologia, Costa (2002) usou como índice de qualidade os seguintes parâmetros: coliformes, cloro residual livre, turbidez, pH e cor.

Os resultados de análises laboratoriais foram tratados estatisticamente por meio de cartas de controle por variáveis da média, do desvio-padrão e da amplitude, para mensurar as características do nível de qualidade da água do sistema de distribuição e indicar quando as mudanças dos resultados decorrem da variação estatística inerente ao processo e quando são significativos, resultantes de causas especiais (COSTA, 2002).

Segundo Medri e Costa (2001), a execução de uma coleta simples de uma amostra em um sistema de distribuição de água não resulta em resultados confiáveis, sendo necessário um estudo estatístico e eficaz para o controle da qualidade da água.

Em um sistema de distribuição é considerada a hipótese de que a qualidade da água é homogênea, com cada amostragem representando a qualidade da mesma para todo o sistema (LAUGIER *et al.*, 1999 Apud MEDRI e COSTA, 2002).

Medri e Costa (2001) enfatizam que, durante a escolha dos pontos de amostragem, sejam consideradas as características dinâmicas da rede de distribuição de maneira a cobrir toda a rede e evitar que trechos fiquem fora do controle.

Na elaboração do plano de amostragem a rede de distribuição foi dividida em setores de amostragem com pontos representativos de coleta classificados como: genéricos, críticos, suspeitos e notáveis. Para os pontos classificados como notáveis (pontos onde a probabilidade de contaminação é maior) foram atribuídos pesos que variam de 0,2 a 0,4. Para os pontos críticos (pontos de maior responsabilidade social) o peso varia de 0,1 a 0,3. Os pontos

genéricos (pontos comuns) receberam o peso de 0,1. Aos pontos suspeitos (pontos adicionais da rede de distribuição próximos a pontos que apresentaram contaminação) não foram atribuídos peso. Dessa forma a amostragem será composta pela somatória dos quatro tipos de pontos (MEDRI e COSTA, 2001).

A representatividade está vinculada ao número de pontos de coleta. Quanto maior for esse número e quanto menor for o intervalo entre duas amostragens no mesmo ponto, maior será a confiabilidade (MEDRI e COSTA, 2001).

Com o objetivo de identificar anomalias em algum local na rede distribuição de água, Medri e Costa (2001) usaram os gráficos de controle por atributo para determinar em um instante, se um local da rede esta sob o controle estatístico. O uso de modelo probabilístico, técnicas estatísticas e a classificação dos pontos de amostragem com base em alguns critérios científicos podem contribuir para manter o controle de qualidade e a potabilidade da água na rede de distribuição.

Modelos matemáticos com objetivos de determinar a distribuição espacial e temporal dos constituintes da água, como o modelo EPANET, que faz a simulação do decaimento do residual de cloro residual é um dos modelos mais utilizados para o gerenciamento dos sistemas de qualidade da água distribuída (DANIELI *et al.*, 2006).

Segundo Danielli *et al.* (2006) para a utilização do modelo EPANET é necessário o conhecimento dos componentes físicos (reservatórios, tubulações, válvulas redutora de pressão, demanda de água, coeficientes de perda e outros) e não físicos (comportamento e aspectos operacionais do sistema) do setor da rede de distribuição. Este modelo permite a simulação hidráulica do sistema de distribuição considerando variações horárias das características da operação, as vazões de água em cada trecho da rede, a pressão em cada nó, o nível de água dos reservatórios e a concentração de um constituinte químico ao longo da rede durante um determinado tempo.

## 2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Uma ferramenta da qualidade utilizada para facilitar e organizar o processo de coleta e registro de dados, de forma a contribuir para otimizar a análise dos dados obtidos é a folha de verificação, que consiste em um formulário no qual os itens a serem examinados já estão impressos, com o objetivo de facilitar a coleta e o registro dos dados (WERKEMA, 1995).

Podem ser empregados vários tipos de folha de verificação, tais como: a folha de verificação para a distribuição de um item de controle permitindo que os dados sejam classificados exatamente no instante em que são coletados, de forma que no momento do encerramento das medições o histograma já esteja construído (WERKEMA, 1995).

A folha de verificação para classificação é utilizada para subdividir uma determinada característica de interesse em suas diversas categorias.

A folha de verificação para localização de defeitos é utilizada para identificar a ocorrência de defeitos relacionado a aparência externa de produtos acabados, tais como arranhões, rebarbas, bolhas e manchas (WERKEMA, 1995).

A folha de verificação para identificação de causas de defeitos embora seja similar a de classificação permite estratificar de uma forma mais ampla os fatores que constituem o processo, facilitando identificar as causas dos defeitos.

Segundo Werkema (1995), algumas recomendações devem ser seguidas para a elaboração das folhas de verificação, tais como:

- a) Definir o objetivo da coleta de dados, e determinar o tipo de folha de verificação;
- b) Estabelecer um título para a folha de verificação e campos para o registro dos nomes e códigos dos departamentos envolvidos, dos produtos considerados, das pessoas responsáveis pelo preenchimento e campos para o registro da origem dos dados (turno, data de coleta, instrumento de medida, número total de produtos avaliados, entre outros).
- c) Apresentar instruções simplificadas para o preenchimento da folha de verificação, informar todas as pessoas envolvidas no processo de obtenção dos dados exatamente em o que, onde, quando, e como será medido e instruí-los sobre a forma de preenchimento da Folha de Verificação.

- d) Conscientizar todas as pessoas envolvidas no processo de obtenção dos dados sobre a importância da coleta de dados.
- e) Executar testes com a Folha de Verificação, como objetivo de identificar possíveis falhas na elaboração da mesma, antes de utilizá-la.

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa é de natureza exploratória e busca a melhoria do plano de amostragem utilizado para o controle de qualidade da água distribuída no sistema de abastecimento público de Maringá.

Através da pesquisa bibliográfica foram identificados os principais conceitos e técnicas relacionados ao tema, bem como suas particularidades, normas e legislação pertinentes, além de verificar a possibilidade de se utilizar às ferramentas da qualidade e conceitos estatísticos.

Diante da dificuldade de obtenção dos dados para fazer a simulação e usar modelos matemáticos optou-se em quantificar e localizar os pontos de amostragem proporcionalmente por áreas de abastecimento, haja visto que a Sanepar dispõe de um cadastro digitalizado que permite identificar quantas ligações de água cada área de abastecimento possui. Com isso foi possível estimar a população de cada área e distribuir a quantidade mensal de amostras que a legislação exige proporcionalmente por cada área de abastecimento. Resolveu-se cadastrar o dobro de pontos de coleta para que o plano de amostragem possua maior abrangência espacial e que a repetição do ponto ocorra a cada 60 dias.

A frequência de monitoramento foi estabelecida de forma que os pontos de coleta de cada área de abastecimento estejam distribuídos uniformemente durante o mês, evitando assim que os pontos de coleta de uma área sejam analisados sequencialmente. Com isso estabeleceu-se um novo plano de amostragem que comparando com o plano de amostragem atual, houve a necessidade de adaptações. Foram cadastrados novos pontos de coletas e a exclusão de outros para a definição de um novo roteiro de coletas a fim de que seja efetuado o controle de qualidade e implementou-se a folha de verificação para a análise dos dados.

Por último, foram discutidas as limitações e dificuldades encontradas no desenvolvimento do trabalho e propostas futuras de pesquisas relacionadas ao tema sob análise.



#### 4. ESTUDO DE CASO

A Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR foi criada em 23 de janeiro de 1963, sendo responsável pelas ações de saneamento básico em todo o Estado do Paraná. É uma empresa estatal, de economia mista, cujo maior acionista é o governo do Estado, com 60% das ações. A Sanepar tem como parceiro estratégico o Grupo Dominó, formado pelas empresas Andrade Gutierrez, Opportunity e Copel, que, juntas, detém 39,7% das ações. A Sanepar está presente em 344 municípios do Estado do Paraná e 1 de Santa Catarina, além de 281 distritos ou localidades de menor porte, sendo atendidas 9,0 milhões de pessoas com água tratada e 5,4 milhões com serviço de coleta e tratamento de esgoto.

O sistema de abastecimento de água da cidade de Maringá consiste na captação superficial da água in-natura do rio Pirapó e de mais 5 unidades de captação subterrâneo, totalizando um volume captado de água in-natura mensal de 2.371.678 m<sup>3</sup>, um volume produzido de água tratada de 2.274.603 m<sup>3</sup> e um volume de água distribuído de 1.678.179 m<sup>3</sup> com uma perda no sistema distribuidor de aproximadamente 26,12%.

Na estação de tratamento de água (ETA) a água in-natura captada no rio Pirapó recebe o tratamento através dos processos de pré-cloração, coagulação, floculação, decantação, filtração, fluoretação e desinfecção (Figura 1). O tratamento das unidades de captação subterrânea (Figura 2) é feito através da fluoretação e desinfecção. A água produzida é armazenada em reservatórios e fornecida aos consumidores através de redes de distribuição.

A estação de tratamento de água (ETA) é considerada do tipo convencional e foi construída na década de 1960. Está sendo reformada e ampliada (2009-2012).

O sistema de tratamento é operado 24 horas por dia, possuindo uma vazão de 3.492 m<sup>3</sup>/h (970 L/s). Esta vazão está sendo ampliada para 5.040 m<sup>3</sup>/h (1400 L/s), valores estes que atenderão a demanda projetada até o ano de 2024.

O sistema de abastecimento de água de Maringá é considerado integrado, pois existem cinco unidades produtoras de água potável que abastece a cidade de forma integrada.

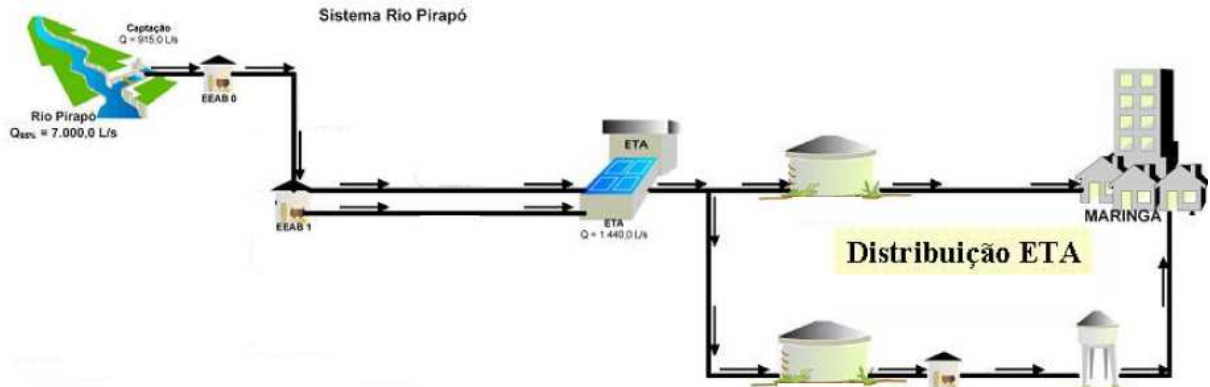


Figura 1. Sistema de tratamento e distribuição da água de captação superficial.

A Figura 1 mostra a captação superficial no rio Pirapó, as elevatórias de água in-natura que recalcam a água até a estação de tratamento de água (ETA), na qual é realizado o processo de tratamento da água que posteriormente é armazenada em reservatórios e distribuída à população.

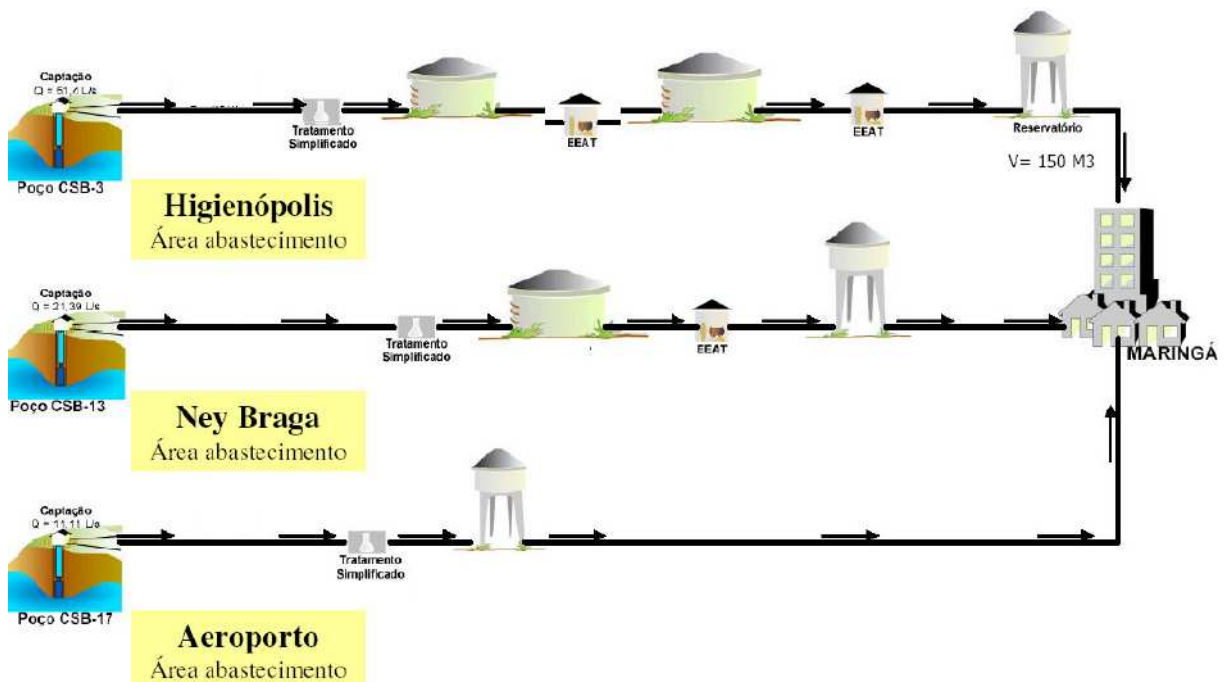


Figura 2. Sistema de tratamento e distribuição da água de captação subterrânea

A Figura 2 mostra a captação subterrânea da água em poços, o sistema simplificado de tratamento utilizando a cloração e a fluoretação, o armazenamento da água potável em reservatórios e a distribuição da mesma à população.

O sistema de reservação de água tratada da cidade de Maringá é constituído de 22 reservatórios, com capacidades variando de 20 m<sup>3</sup> a 12.000 m<sup>3</sup>, totalizando um volume de reservação de 37.590 m<sup>3</sup>, que permite a distribuição da água em 17 áreas de abastecimento, representado na Figura 3.

Os reservatórios são lavados e higienizados a cada 6 meses sendo executadas periodicamente no sistema de distribuição, descargas em pontos estratégicos para assegurar que a água distribuída não sofra alterações da qualidade.

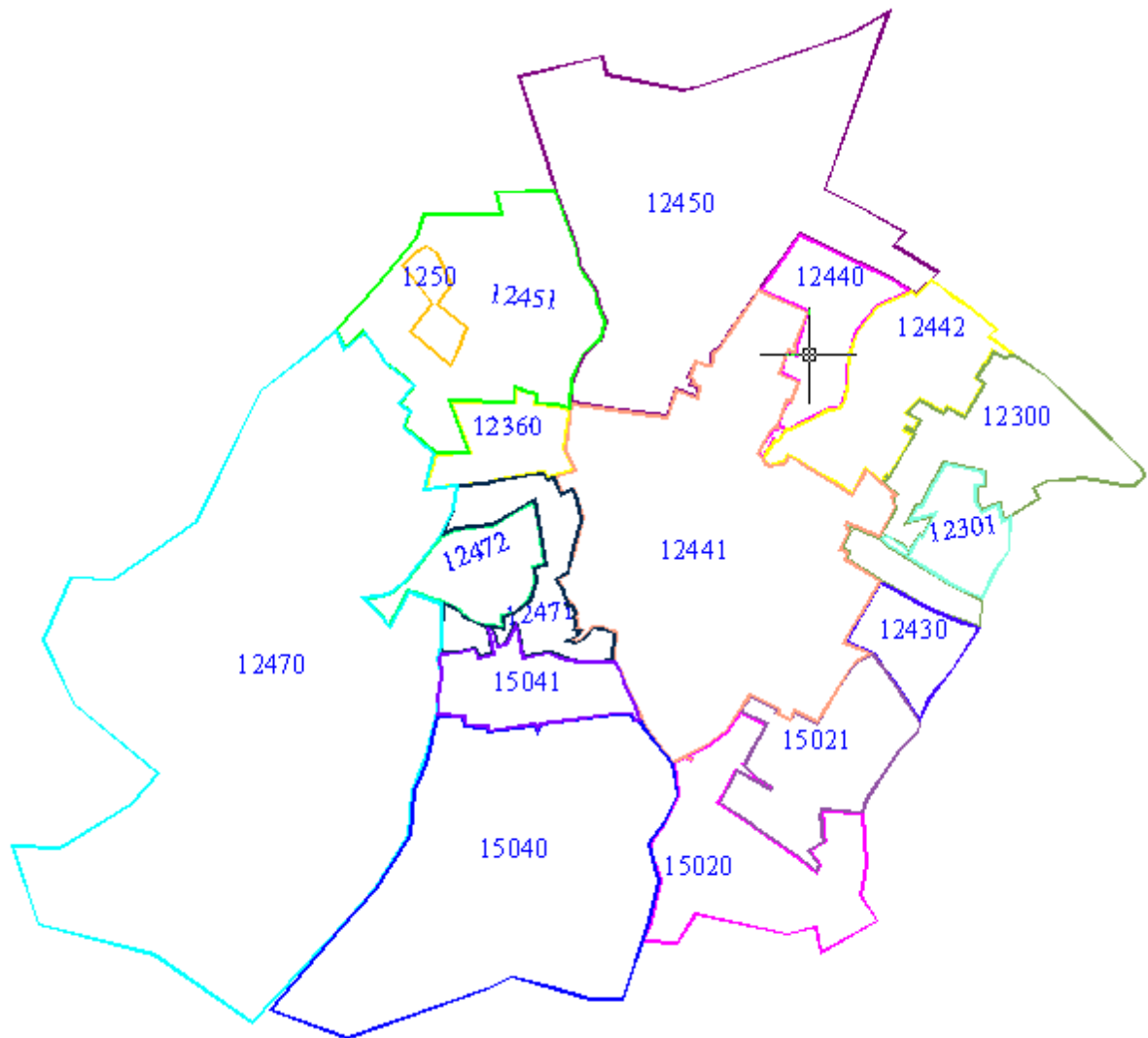


Figura 3. Zonas de abastecimento de água tratada na cidade de Maringá.

A Figura 3 mostra a codificação das áreas de distribuição de água tratada na cidade de Maringá, permitindo assim quantificar o número de ligações e estimar a população de cada área.

#### **4.1 Rede de Distribuição**

A rede de distribuição de água da cidade de Maringá possui uma extensão de cerca de 1.816.050 metros (2011), com diâmetros variando de 25 mm a 600 mm. Abrange todo o perímetro urbano e está disponibilizada para 100 % da população urbana de Maringá.

Existem 11 estações Elevatórias de Água Tratada (EET), que utilizam 27 conjuntos moto-bomba com potências que variam entre 12,5 à 400 CV. Essas Elevatórias estão distribuídas pela área urbana de Maringá, visando realizar o abastecimento diretamente por recalque ou abastecer os reservatórios dos Setores de Distribuição.

O índice de atendimento com água potável é de 99,63 % com 106.963 ligações de água potável. A SENEPAR possui o cadastro digital das redes e setores, mantendo-o atualizado permitindo a consulta rápida e a intervenção, no caso de manutenções mais precisa.

A rede de distribuição de água foi construída de acordo com os projetos hidráulicos sendo dimensionada para atender a demanda e a necessidade de cada parte da cidade, de forma a manter a pressão mínima de 10 M.C.A. em cada ponto de consumo.

A malha da rede de distribuição de água é constituída por tubulações de diversos materiais (FD, FG, PVC, PRFV, RPVC e FoFo) e diâmetros, sendo o diâmetro de 50 mm o mais comum com 76,45% da extensão total. Cerca de 5,62% da rede é de ferro fundido (FoFo), o que corresponde a um total de 100 km, localizados na zona central, zona 07 e zona 02 da cidade.

A rede de distribuição possui 1.586 setores de manobra, que permitem isolar os setores de abastecimento em pequenas áreas, quando da necessidade de interrupção do fornecimento de água devido a obras e manutenções.

Existem 86 válvulas redutoras de pressão de rede (VRPs), instaladas em locais estratégicos da cidade, cuja finalidade é manter a pressão de operação da rede de água em um nível máximo de 50 M.C.A.

O limite de cada área de distribuição, áreas onde estão localizadas as VRPs e as áreas dos setores de manobra estão representadas na Figura 4.



Figura 4. Áreas de abastecimento, setores de manobras e válvulas redutoras de pressão.

O sistema de distribuição, composto de 17 áreas de abastecimento, devidamente isolados e monitorados através de medidores de vazão possibilitam medir o volume distribuído e a eficiência operacional de cada área de abastecimento e concentrar ações de melhorias e/ou ampliações necessárias.

Dentre as áreas de distribuição a que possui maior quantidade de ligações e conseqüentemente maior população abastecida é a área central, onde estão ativas 25.524 ligações ou 24% do total, a menor é a área do aeroporto com 888 ligações ou menos de 1% , conforme Tabela 3.

Tabela 3. Áreas de abastecimento, número de ligações e habitantes.

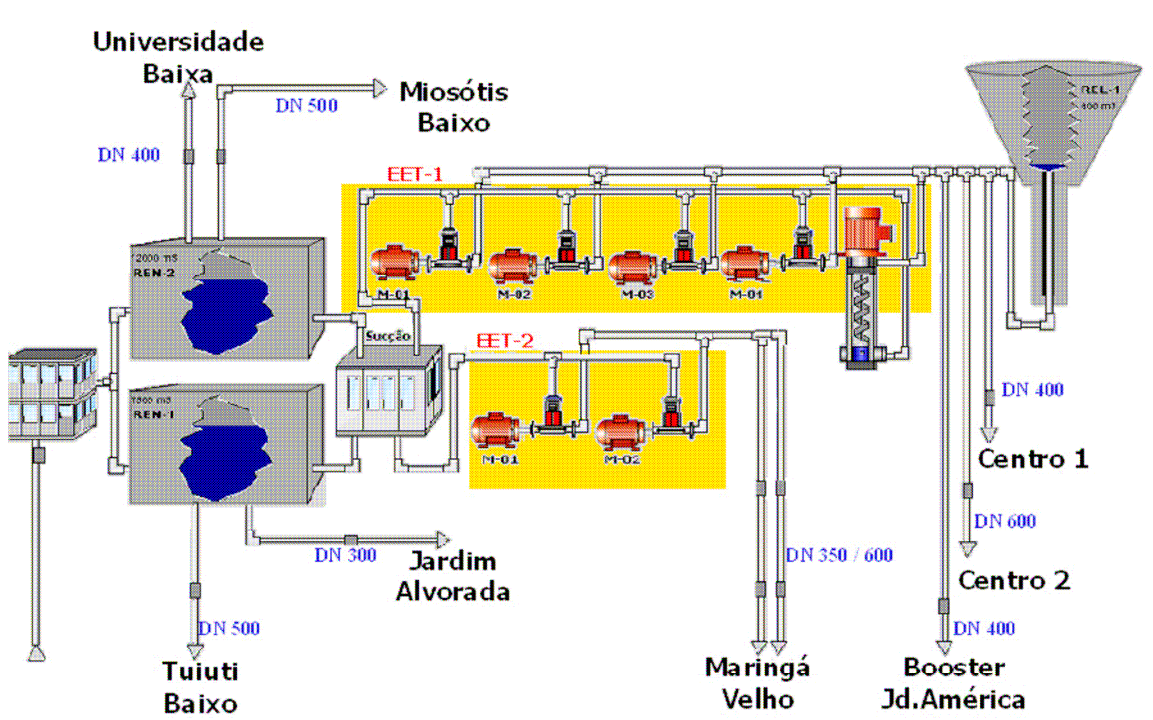
<b>Cód.</b>	<b>Áreas de Distribuição</b>	<b>Ligações</b>	<b>Habitantes</b>
12450	Miosotis	14213	46.192
12440	Alvorada	4875	15.844
12441	Centro	25524	82.953
12442	Tuiuti baixo	9393	30.527
12470	Mgá velho indl	5061	16.448
12471	Mgá velho baixo	3296	10.712
12472	Mgá velho alto	3059	9.942
12300	América baixo	9342	30.362
12301	América alto	2669	8.674
15040	Higienópolis baixo	4526	14.710
15041	Higienópolis alto	1810	5.883
15020	Torre alta-baixo	2695	8.759
15021	Torre alta-alto	5192	16.874
12430	Aeroporto	888	2.886
12500	Ney braga	1455	4.729
12360	Univ. Canadá	3089	10.039
12451	Univ. Baixo	9876	32.097
	<b>Maringá</b>	<b>106.963</b>	<b>347.630</b>

Em Maringá, do total de 106.963 ligações de água, cerca de 87,7 % ou seja, 93.767 ligações são utilizadas para fins domésticos, sejam em residências, prédios ou condomínios horizontais. A atividade comercial corresponde a 10,5% num total de 11.288 ligações. O segmento industrial representa cerca de 0,8 % com 852 ligações e o Poder Público representa 1% das ligações com 1.056 ligações.

## 4.2 Centro de Controle Operacional

A supervisão do sistema de abastecimento de água de Maringá é realizada na Central de Controle Operacional (CCO), que por meio de sistemas computacionais e de telemetria acompanha o funcionamento em tempo real das unidades de Produção, Reservação e das Elevatórias, monitorando todo o fluxo de volume de água produzido e distribuído (Figura 5).

Figura 5. Tela de monitoramento do CCO.



O sistema supervisório foi implantado em março/1998. Os parâmetros básicos deste sistema de monitoração em tempo real são: vazão, pressão, nível de água de reservatórios, status de bombas.

A operação do sistema de abastecimento de água é efetuada basicamente através da monitoração de variáveis hidráulicas e elétricas, cujos valores são avaliados em relação a base histórica.

O grau de complexidade do sistema e a sua importância para o controle operacional definirão a frequência com que a variável deve ser monitorada. Na ocorrência de desvios ou problemas operacionais, alarmes são gerados para avaliação e tomadas de decisões em tempo real.

### 4.3 Controle de Qualidade

A qualidade da água tratada disponibilizada para o consumo humano na cidade de Maringá atende aos parâmetros de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde. Na Tabela 4 estão demonstrados os parâmetros analisados, os resultados mínimos, máximos e médios, o número de análises realizadas no sistema distribuidor de água na cidade de Maringá, no período de janeiro a junho de 2011.

Tabela 4. Parâmetros, nº de amostras e resultados das análises da água distribuída.

Meses		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
<b>Parametros</b>							
N.º amostras		186	168	185	180	190	181
pH	Min	6,3	6,5	6,8	6,8	7,1	6,8
	Max	7,9	8	7,8	7,7	7,9	8,1
	Med	7,3	7,3	7,4	7,3	7,5	7,5
Coliforme total	-	0	0	0	0	0	0
Turbidez	Min	0,19	0,10	0,23	0,05	0,07	0,10
	Max	2,84	3,07	1,38	0,80	0,53	2,22
	Med	0,46	0,43	0,27	0,24	0,23	0,26
Cor	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	14	11	8	4	1	7
	Med	1,68	1,69	0,51	0,37	0,10	0,14
Cloro	Min	0,8	0,5	0,8	0,5	0,8	0,7
	Max	1,7	1,6	1,5	1,5	2,0	1,5
	Med	1,0	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0
Fluor	Min	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,5
	Max	0,9	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0
	Med	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7

Fonte: Sanepar, 2011.



Anualmente é elaborado no setor responsável pelo controle de qualidade um Plano de Controle Analítico e o Plano de Amostragem, onde são definidos a quantidade de amostras e os parâmetros a serem analisados para o ano seguinte, tanto para água in-natura como para a água tratada e para a água distribuída, fundamentado nas recomendações e exigências da Portaria n.º 518 do Ministério da Saúde.

As análises de água bruta e tratada são realizadas a cada hora na ETA e diariamente nas 4 Unidades de Tratamento das captações subterrâneas, bem como na rede de distribuição.

Além das análises diárias da água in-natura e tratada, o controle da qualidade da água distribuída é realizado com a distribuição uniforme das coletas ao longo do período, por meio da coleta de 6 amostras diária, totalizando cerca de 180 coletas mensais, sendo que a legislação exige o número de, no mínimo, 173 amostras mensais.

Todos os resultados das análises da água distribuída são divulgados para os consumidores nas contas de água, mensalmente e através da entrega do relatório anual da qualidade da água.

Foram cadastrados para o sistema de distribuição de Maringá 414 pontos de coletas combinando critérios de abrangência espacial e pontos estratégicos, conforme os requisitos solicitados pela Portaria 518/2004.

Através do programa interno da Companhia denominado de Sistema de Controle Industrial (SCI), no módulo de “Impressão de BAADS”, (Boletins de Análise de Água Distribuída), foram cadastrados de forma sequencial o endereço desses pontos comuns à mesma área de abastecimento a fim de que o roteiro de coleta gerado tenha a distância entre os pontos de coleta reduzida, minimizando assim os custos de transportes e o tempo de deslocamento no percurso do roteiro.

No entanto isso pode gerar um roteiro, abrangendo somente uma área de abastecimento da cidade, ou que vários pontos de coleta de uma mesma área de abastecimento sejam coletados em um mesmo dia, ou em dias subsequentes, prejudicando assim a recomendação de abrangência espacial e representatividade descritas na Portaria 518/2004.

Na Tabela 5, estão demonstrados os pontos de coleta pertencentes a cada área de abastecimentos da cidade de Maringá.

Tabela 5. Pontos de coletas das áreas de abastecimento da cidade de Maringá

<b>Áreas distribuição</b>	<b>Pontos de coleta por área de abastecimento</b>	<b>Quant. Pontos</b>
Miosótis	20-21-24-67-68-69-70-71-72-91-92-93-94-95-96-115-116-117-118-119-120-143-211-213-214-215-235-236-237-238-239-240-297-343-347-367-368-369-370-379-380-381-382-383-384-386-388-391-392-393-394-395-396	53
Alvorada	31-32-33-35-36-81-82-127-128-129-130-131-204-296-299	15
Centro	13-14-15-19-27-29-34-38-39-44-51-55-56-57-60-79-80-83-84-86-87-109-110-111-113-114-132-138-169-170-171-173-174-175-177-182-184-199-200-201-203-208-209-210-218-219-220-221-223-224-225-226-227-228-229-231-233-241-242-243-244-245-246-253-254-255-256-257-258-271-277-280-283-285-286-294-295-298-301-302-303-304-305-306-325-326-327-328-329-330-332-336-344-345-346-348-371-372-374-387-389-397-400-401-410	105
Tuiuti baixo	7-9-12-58-59-61-103-105-106-107-108-112-151-156-176-178-179-180-202-247-252-300-323-324-350-409-411-413-414	29
Mgá velho industrial	1-22-48-73-74-75-76-77-78-126-146-164-165-167-188-189-261-262-265-267-268-310-313-314-355	25
Mgá velho baixo	25-28-54-97-98-99-100-101-121-122-124-172-193-269-289-290-293-307-315-334-398-399	22
Mgá velho alto	26-30-102-123-125-194-195-217-222-266-270-342	12
América baixo	8-62-64-65-104-152-153-154-155-183-205-206-207-230-248-250-251-273-274-276-319-320-321-322-349-353-354-361-362-364-366-377-378-403-407-412	36
América alto	10-11-63-66-249-272-275-351-352-363-365-373-375-376	14
Higienópolis baixo	2-5-50-52-53-145-147-148-149-150-292-316-317-340-341	15
Higienópolis alto	3-4-6-49-291-318-337-338-339	9
Torre alta-baixo	16-17-37-88-89-90-133-158-159-161-186	11
Torre alta-alto	40-42-134-135-136-137-157-160-162-234-278-279-281-282-404-405-408	17
Aeroporto	18-41-85-181-185-232-406	7
Ney braga	166-168-187-259-357	5
Univ. Canadá	45-46-196-197-198-216-260-288-308-309-312-333-356-358-360-402	16
Univ. Baixo	23-43-47-139-140-141-142-144-163-190-191-192-212-263-264-284-287-311-331-335-359-385-390	23
	<b>TOTAL</b>	<b>414</b>

Do período de janeiro de 2009 a junho de 2011, foram identificados os pontos onde as amostras de água distribuída no sistema de Maringá não atenderam ao padrão de potabilidade com relação a parâmetros físicos químicos (Tabela 6) e ao parâmetro bacteriológico (Tabela 7) da Portaria 518/2004.

Tabela 6. Pontos de amostragem com parâmetros físicos químicos que não atenderam a Portaria.

Áreas distribuição	2009	2010	2011
Centro	220 (CR)	-	-
Mgá velho baixo	-	334 (CR)	-
Higienópolis baixo	-	50-52 (COR-TUR) 52-53 (F)	-
Torre alta-baixo	133 (F)	161 (F)	-
Torre alta-alto	134-135-278-279-281 (F)	278-279-281-282-40-42-278-160 (F)	-

CR – Cloro Residual

F – Fluoreto

COR - Cor

TUR - Turbidez

No ano de 2009, 7 amostras coletadas no sistema de distribuição de Maringá apresentarão não conformidades, em 2010 foram 14 amostras, a maioria relacionada ao parâmetro fluoreto. No ano de 2011, até junho não houve nenhuma não conformidade.

Tabela 7. Pontos de amostragem com parâmetro bacteriológico que não atenderam a Portaria.

Áreas distribuição	2009	2010	2011
Miosótis	117-119 (HET)	-	-
Alvorada	-	-	35 (HET)
Centro	111 (HET)	226 (HET)	27-295-199-326-328-327 (HET)
Tuiuti baixo	-	-	324 (HET)
Mgá velho industrial	-	48 (HET)	-
Mgá velho baixo	-	-	-
Mgá velho alto	-	-	26 (HET)
América baixo	-	-	362-155-320-364-366 (HET)
América alto	-	-	365 (HET)
Higienópolis baixo	-	-	5-5 (HET)
Higienópolis alto	-	-	3 (HET)
Torre alta-baixo	-	-	161-88 (HET)
Torre alta-alto	-	-	408 (HET)
Aeroporto	-	41 (HET)	406-406 (HET)
Ney braga	-	-	-
Univ. Canadá	-	-	-
Univ. Baixo	-	-	43 (HET)

HET - Contagem de bactérias heterotróficas

No ano de 2009, 3 amostras coletadas no sistema de distribuição de Maringá apresentarão não conformidades, em 2010 foram 3 amostras e no primeiro semestre de 2011, 24 amostras apresentarão não conformidade com relação ao parâmetro de contagem de bactérias heterotróficas.

Em todos os pontos de amostragem (Tabelas 6 e 7) que apresentaram parâmetros em não conformidade com o padrão de potabilidade da Portaria 518/2004, foram executadas ações corretivas para restabelecer o padrão de potabilidade e executada uma nova coleta que apresentaram resultados em conformidade, ou seja, a potabilidade da água distribuída foi restabelecida.

Levando em consideração as informações do sistema de tratamento, reservação e distribuição da cidade de Maringá, bem como o plano de amostragem e os critérios adotados até agora, este trabalho teve o objetivo de definir critérios para tornar o plano de amostragem mais abrangente e permitir um maior controle sobre a qualidade de água, principalmente distribuída na cidade de Maringá.

Analisaram-se as metodologias empregadas para a elaboração do plano de amostragem e concluiu-se que vários parâmetros sobre as condições da rede de distribuição, tais como trajetória, velocidade e vazão são de difícil obtenção, bem como o emprego de simulação do decaimento do residual de cloro e o emprego de modelos matemáticos.

Portanto, propõe-se que o plano de amostragem leve em consideração as áreas de abastecimento, levando em conta o número de ligações e o número de habitantes de cada área. O número de amostras para o sistema de distribuição de Maringá já está definido pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, como sendo 173 amostras mensais levando em consideração a quantidade de habitantes e o parâmetro de coliformes total que é o de maior importância para o controle de qualidade.

Dessa forma, calculou-se a quantidade de amostras por área de abastecimento proporcionalmente ao número de habitantes, considerando o número de 180 amostras mensais, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Número de amostras mensais por área de abastecimento.

Áreas distribuição	Ligações	Habitantes	% Hab/área	Quant. Amostras
Miosotis	14213	46.192	13,29%	24
Alvorada	4875	15.844	4,56%	8
Centro	25524	82.953	23,86%	43
Tuiuti baixo	9393	30.527	8,78%	16
Mgá velho industrial	5061	16.448	4,73%	8
Mgá velho baixo	3296	10.712	3,08%	6
Mgá velho alto	3059	9.942	2,86%	5
América baixo	9342	30.362	8,73%	16
América alto	2669	8.674	2,50%	4
Higienópolis baixo	4526	14.710	4,23%	7
Higienópolis alto	1810	5.883	1,69%	3
Torre alta-baixo	2695	8.759	2,52%	5
Torre alta-alto	5192	16.874	4,85%	9
Aeroporto	888	2.886	0,83%	2
Ney braga	1455	4.729	1,36%	2
Univ. Canadá	3089	10.039	2,89%	5
Univ. Baixo	9876	32.097	9,23%	17
<b>Maringá</b>	<b>106.963</b>	<b>347.630</b>	<b>100,00%</b>	<b>180</b>

Com a definição do número de amostras para cada área de abastecimento, sugeriu-se que 20% desse número de amostras sejam coincidentes nos pontos estratégicos/especiais (Tabela 9) como escola, creches, hospitais, asilos e locais com grande circulação de pessoas. Esse percentual foi adotado fazendo a relação com a exigência da Portaria 518/2004, de que em 20% das amostras do sistema de distribuição seja realizada a contagem de bactérias heterotróficas.

Para que não sejam amostrados mensalmente os mesmos locais e para obter uma abrangência espacial maior nas áreas de abastecimento, sugeriu-se que seja cadastrado o dobro dos pontos de coleta, ou seja, 360 pontos de coleta e que o roteiro seja feito no sentido de que a repetição no ponto ocorra em ciclos de 60 dias.

Tabela 9. Quantidade de pontos especiais em relação ao total de pontos por área.

Áreas distribuição	Quant. Amostras	Pontos de coleta	20 % Pontos especiais	Pontos comuns
Miosotis	24	48	10	38
Alvorada	8	16	3	13
Centro	43	86	17	69
Tuiuti baixo	16	32	6	26
Mgá velho ind.	8	16	3	13
Mgá velho baixo	6	12	2	10
Mgá velho alto	5	10	2	8
América baixo	16	32	6	26
América alto	4	8	2	6
Higienópolis baixo	7	14	3	11
Higienópolis alto	3	6	1	5
Torre alta-baixo	5	10	2	8
Torre alta-alto	9	18	4	14
Aeroporto	2	4	1	3
Ney braga	2	4	1	3
Univ. Canadá	5	10	2	8
Univ. Baixo	17	34	7	27
<b>Maringá</b>	<b>180</b>	<b>360</b>	<b>72</b>	<b>288</b>

Como o plano de amostragem é elaborado anualmente, propõe-se também que seja identificado o ponto de amostragem que apresente algum parâmetro não conforme, e mantido esse ponto para o plano do ano subsequente.

Para os pontos que durante o ano não apresentaram nenhum parâmetro não conforme, sugere-se que no plano de amostragem do ano seguinte, esse ponto seja substituído por outro endereço, viabilizando assim ampliar a área de abrangência espacial sobre o controle de qualidade de água. Esse controle deve ser feito utilizando-se da folha de verificação (vide Apêndice A).

Para cadastrar o ponto de coleta deve-se levar em consideração também, alguns aspectos com relação às condições higiênicas do local, evitando assim, locais com acúmulo de lixo, fezes de animais e arbustos próximos ao cavalete. O kit cavalete (hidrômetro, registro, tubulações e lacres) deve estar em boas condições, sem vazamentos e preferencialmente ser constituído de PVC, e estar localizado em locais de fácil acesso e manuseio.

Analisando os dados da Tabela 6, constatou-se que a maioria das amostras que não atenderam ao padrão de potabilidade estava relacionada com o parâmetro fluoreto, o qual é adicionado na água in-natura de poços ou após o tratamento convencional da água in-natura de captações superficiais e não sofre alterações significativas durante a distribuição da água.

As demais amostras que não atenderam ao padrão de potabilidade relacionados aos parâmetros de cor, turbidez e cloro residual, são insuficientes para que se possa direcionar, ou intensificar a frequência de amostragem em uma determinada área de abastecimento.

Com relação aos dados da Tabela 7, nota-se que durante o ano de 2011 houve uma intensificação das contaminações por bactérias heterotróficas e as áreas de abastecimentos mais atingidas foram às áreas Central e do América Baixo.

Como a revisão da Portaria 518/2004 que em breve será publicada, não considerará o parâmetro de contagem de bactérias heterotróficas para compor o padrão de potabilidade, resolveu-se não considerar esse fato para direcionar, ou intensificar a frequência de amostragem nessas áreas de abastecimento.

Com base no cadastro de pontos de coletas do plano de amostragem atual, adequou-se a quantidade de pontos necessária para cada área de abastecimentos, fazendo a exclusão de pontos excedentes ou a inclusão de novos pontos, conforme Tabela 10.

Tabela 10. Adequação dos pontos de coleta por área de abastecimento

<b>Áreas distribuição</b>	<b>Adequação dos pontos de coleta por área de abastecimento</b>	<b>Quant. Pontos</b>
Miosótis	20-21-24-67-68-69-70-71-72-92-93-94-95-96-115-116-117-118--120-143-211-213-214-215-235-236-237-239-240-297-343-347-367-368-369-370-379-381-382-383-384-386-388-391-392-393-394-396 Pontos excluídos – 91-119-238-380-395	48
Alvorada	31-32-33-35-36-81-82-127-128-129-130-131-204-296-299-415 Cadastrar 1 ponto - 415	16
Centro	13-14-15-19-27-34-38-39-44-51-56-57-60-79-80-84-86-87-109-110-113-114-132-138-170-171-173-174-177-182-184-199-201-203-208-209-218-219-220-221-223-225-226-227-228-229-233-241-242-243-244-246-253-254-255-256-258-271-277-280-285-286-294-295-301-302-303-304-306-325-326-327-329-330-332-336-345-346-348-371-374-387-389-397-401-410 Pontos Excluídos – 29-55-83-111-169-175-200-210-224-231-245-257-283-298-305-328-344-372-400	86
Tuiuti baixo	7-9-12-58-59-61-103-105-106-107-108-112-151-156-176-178-179-180-202-247-252-300-323-324-350-409-411-413-414-416-417-418 Cadastrar 3 pontos – 416-417-418	32
Mgá velho industrial	1-48-74-75-76-78-126-146-165-167-188-261-262-267-313-314 Pontos excluídos – 22-73-77-164-189-265-268-310-355	16
Mgá velho baixo	25-54-98-100-121-124-193-289-290-307-334-399 Pontos excluídos – 28-97-99-101-122-172-269-293-315-398	12
Mgá velho alto	26-30-123-125-194-195-217-266-270-342 Pontos excluídos – 102-222	10
América baixo	8-62-64-65-104-152-153-154-183-205-206-207-230-248-250-273-274-276-319-320-321-322-349-354-361-362-364-366-377-378-403-412 Pontos excluídos – 155-251-353-407	32
América alto	11-66-249-275-351-363-365-375 Pontos excluídos – 10-63-272-352-373-376	8
Higienópolis baixo	2-5-50-52-53-145-147-149-150-292-316-317-340-341 Ponto excluído - 148	14
Higienópolis alto	3-4-49-291-337-338 Pontos excluídos – 6-318-339	6
Torre alta-baixo	16-17-37-88-89-133-158-159-161-186 Ponto excluído - 90	10
Torre alta-alto	40-42-134-135-136-137-157-160-162-234-278-279-281-282-404-405-408-420 Cadastrar 1 ponto - 420	18
Aeroporto	18-85-185-406 Pontos excluídos – 41-181-232	4
Ney braga	166-168-259-357 Ponto excluído - 187	4
Univ. Canadá	45-196-197-216-260-308-309-333-356-360 Pontos excluídos – 46-198-288-312-358-402	10
Univ. Baixo	23-43-47-139-140-141-142-144-163-190-191-192-212-263-264-284-287-311-331-335-359-385-390-421-422-423-424-425-426-427-428-429-430-431 Cadastrar 11 pontos – 421-422-423-424-425-426-427-428-429-430-431	34



Considerando a quantidade de amostras mensais necessárias para cada área de abastecimento, estabeleceu-se uma frequência de coleta para os pontos de cada área de abastecimento de forma a proporcionar uma distribuição uniforme durante os 30 dias do mês, conforme descrito na Tabela 11.

Tabela 11. Frequência de coleta para os pontos de amostragem por área de abastecimento.

<b>Áreas distribuição</b>	<b>Quant. amostras</b>	<b>Frequência Amostra / dia</b>
Miosotis	24	1/dia
Alvorada	8	1/3 dias
Centro	43	1/dia + 1/2dia
Tuiuti baixo	16	1/2dias
Mgá velho indl	8	1/3dias
Mgá velho baixo	6	1/5dias
Mgá velho alto	5	1/6dias
América baixo	16	1/2dias
América alto	4	1/7dias
Higienópolis baixo	7	1/3dias
Higienópolis alto	3	1/10dias
Torre alta-baixo	5	1/6dias
Torre alta-alto	9	1/3dias
Aeroporto	2	1/15dias
Ney braga	2	1/15dias
Univ. Canadá	5	1/6dias
Univ. Baixo	17	1/2dias

Considerando essa frequência de coleta para os pontos de amostragem por área de abastecimento e o número máximo de 6 amostras diárias, foi proposto o seguinte roteiro diário para o plano de amostragem para dois meses para que haja a repetição do ponto (Tabela 12).

Tabela 12. Roteiro de coletas diárias

<b>Dia</b>	<b>Roteiro de coleta mês 01</b>						<b>Dia</b>	<b>Roteiro de coleta mês 02</b>					
<b>1</b>	20	31	13	8	7	40	<b>1</b>	235	128	227	274	179	234
<b>2</b>	21	1	14	184	2	45	<b>2</b>	236	165	228	330	149	308
<b>3</b>	24	25	15	62	9	23	<b>3</b>	237	193	229	276	180	311
<b>4</b>	11	26	19	199	16	42	<b>4</b>	351	195	233	332	133	278
<b>5</b>	67	32	27	64	12	43	<b>5</b>	239	129	241	319	202	331
<b>6</b>	68	48	34	201	5	47	<b>6</b>	240	167	242	336	150	335
<b>7</b>	69	54	38	65	58	134	<b>7</b>	297	289	243	320	247	279
<b>8</b>	18	3	39	203	166	196	<b>8</b>	185	291	244	345	259	309
<b>9</b>	70	33	44	104	59	139	<b>9</b>	343	130	246	321	252	359
<b>10</b>	71	74	51	208	50	140	<b>10</b>	347	188	253	346	292	385
<b>11</b>	72	30	56	152	61	135	<b>11</b>	367	217	254	322	300	281
<b>12</b>	66	98	57	209	17	141	<b>12</b>	363	290	255	348	158	390
<b>13</b>	92	35	60	153	103	142	<b>13</b>	368	131	256	349	323	421
<b>14</b>	93	75	79	218	52	197	<b>14</b>	369	261	258	371	316	333
<b>15</b>	94	4	80	154	105	144	<b>15</b>	370	337	271	354	324	422
<b>16</b>	163	100	84	219	37	136	<b>16</b>	423	307	277	374	159	282
<b>17</b>	95	36	86	183	106	190	<b>17</b>	379	204	280	361	350	424
<b>18</b>	96	76	97	220	53	191	<b>18</b>	381	262	285	387	317	425
<b>19</b>	115	123	109	205	107	137	<b>19</b>	382	266	286	362	409	404
<b>20</b>	249	121	110	221	88	216	<b>20</b>	365	334	294	389	161	356
<b>21</b>	116	81	113	206	108	192	<b>21</b>	383	296	295	364	411	426
<b>22</b>	117	78	114	223	145	212	<b>22</b>	384	267	301	397	340	427
<b>23</b>	118	49	132	207	112	157	<b>23</b>	386	338	302	366	413	405
<b>24</b>	275	125	138	225	89	263	<b>24</b>	375	270	303	401	186	428
<b>25</b>	120	82	170	230	151	264	<b>25</b>	388	299	304	377	414	429
<b>26</b>	143	126	171	226	147	260	<b>26</b>	391	313	306	410	341	360
<b>27</b>	211	124	173	248	156	160	<b>27</b>	392	399	325	378	416	408
<b>28</b>	213	85	174	194	168	284	<b>28</b>	393	406	326	342	357	430
<b>29</b>	214	127	177	250	176	287	<b>29</b>	394	415	327	403	417	431
<b>30</b>	215	146	182	273	178	162	<b>30</b>	396	314	329	412	418	420

Para os meses com 31 dias, a coleta para o 31º dia devere ser feita com um roteiro escolhido de forma aleatória entre os pontos de coleta.

Dessa forma pretende-se ampliar a área de abrangência e de uma forma metódica ter mais segurança no controle de qualidade da água distribuída da cidade de Maringá.

## 5. CONCLUSÃO

A proposta de um novo plano de amostragem para realizar o controle da qualidade da água distribuída na cidade de Maringá, vem ao encontro da política da qualidade da empresa, que busca permanentemente a excelência dos produtos próprios e dos adquiridos, promovendo assim a melhoria contínua dos processos, o cumprimento das normas e disposições legais da legislação e a busca permanentemente da satisfação de seus clientes.

O cadastro da rede de abastecimento e a divisão da distribuição de água em áreas de abastecimento permitiram identificar o número de ligações e o número de habitantes que constituem cada área de abastecimento, passo importante para definirmos a quantidade de pontos de coleta para cada área de abastecimento proporcionalmente ao número de habitantes. Isso permitiu a distribuição dos pontos de coleta de forma mais abrangente no sentido em que todas as áreas de abastecimento contemplem os pontos de coleta e que em áreas com um maior número de habitantes o controle da qualidade da água distribuída seja feito de forma mais expressiva, buscando maximizar a capacidade de detecção de parâmetros não conformes.

Uma vez que a quantidade de amostras é definida pela legislação em função da população abastecida, o número de amostras para o controle de qualidade da água distribuída do plano de amostragem atual será mantido, porém os pontos de coletas serão reduzidos de 414 para 360 pontos, distribuídos proporcionalmente por áreas de abastecimento proporcionando maior abrangência espacial e representatividade, com a repetição do ponto a cada 60 dias.

Utilizando-se mensalmente da folha de verificação para identificação de pontos de coleta com não conformidade serão registrados o ponto a frequência e o tipo de não conformidade apresentada para que este ponto seja mantido no plano de amostragem do ano seguinte e determinado a que área de abastecimento ele pertence. Dessa forma busca-se ampliar a abrangência espacial do plano de amostragem com a troca do ponto em que não apresentou não conformidade durante o ano e o maior rigor no controle da qualidade em pontos que apresentaram não conformidade além de permitir investigar e identificar as causas das não conformidades a fim de que sejam propostas ações para eliminá-las.

## 5.1 Limitações e Sugestões para Futuros Trabalhos

- As limitações foram com relação as dificuldades de obtenção de dados referente à rede de distribuição, o uso de simulação do decaimento do residual de cloro e a implementação de modelos matemáticos para identificar a localização dos pontos de coleta.
- Elaborar o plano de amostragem para cada um dos cinco sistemas de tratamento (superficial e subterrâneo) separadamente, uma vez que é possível identificar a fonte de tratamento de cada área de abastecimento.
- Elaborar gráficos de controle para acompanhar os pontos que apresentam maior número de não conformidades e identificar as causas dessas não conformidades.

## REFERÊNCIAS

- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2005. **Resolução Conama n<sup>o</sup> 357**. Disponível em:< [www.mma.gov.br/conama](http://www.mma.gov.br/conama)> Acesso em 30/06/2011.
- BATALHA, B. L., PARLATORE, A. C. **Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano: Bases conceituais e Operacionais**. São Paulo, Cetesb, 1977.
- BARROS, Raphael T. de V. et al. **Saneamento: Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAUDE. **Boas Práticas no Abastecimento de Água: Procedimentos para a Minimização de Riscos à Saude**. Brasília, DF, 2006. 252 p.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAUDE. **Normas e Padrão de Potabilidade de Águas Destinadas ao Consumo Humano – PORTARIA Nº 518 de 25/03/2004**, Brasil.
- COSTA, R. H. R., MEDRI, W., SANTOS, D. M. **Controle Estatístico e Processo na Rede Pública de Abastecimento de Água**. In: XXVIII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Cancun, México, p. 1-8. 2002.
- DANIELI, R. D., GASTALDINI, M. C. C., BARROSO, L. B. **Modelagem do Cloro Residual em Redes de Distribuição – Aplicação ao Sistema de Abastecimento de Santa Maria**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 11, n. 4, p.201-208. 2006.
- LEE, B. H. e DEININGER, R. A. **Optimal locations of monitoring stations in water distribution system**. Journal of Environmental Engineering, ASCE, v. 118, n.1, p. 4-16, 1992.
- MEDRI, W. COSTA, R. H. R. **Modelo Probabilístico de Amostragem para Controle da Qualidade Bacteriológica da Água em Redes de Distribuição**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 3-4, n. 6, p.100-107. 2001.
- VASCONCELOS NETO, J. G., KOIDE, S. BRANDÃO, C.C.S. **Metodologia para Seleção de Pontos de Amostragem em Redes de Distribuição**. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Porto Alegre, p. 1-10. 2000.
- WERKEMA, C. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**. Belo Horizonte: Werkema Editora, 1995.



**Universidade Estadual de Maringá**  
**Departamento de Engenharia de Produção**  
**Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900**  
**Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196**