



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA**

Marcos Antônio de Lima

**ESTRATÉGIAS PARA ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE
SEGURANÇA DA ÁGUA PARA ABASTECIMENTO HUMANO DO
MUNICÍPIO DO NATAL/RN**

**Natal
2010**

MARCOS ANTÔNIO DE LIMA

**ESTRATÉGIAS PARA ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE SEGURANÇA DA
ÁGUA PARA ABASTECIMENTO HUMANO DO MUNICÍPIO DO NATAL/RN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação, em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Pereira de Brito.

Natal
2010

Divisão de Serviços Técnicos
Catalogação na Fonte. UFRN/Biblioteca Central Zila Mamede

Lima, Marcos Antonio de.

Estratégias para elaboração de um plano de segurança da água para Abastecimento humano do município do Natal/RN / Marcos Antonio de Lima. – Natal(RN), 2010.
109 p. Il.

Orientador: Luiz pereira de Brito

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária.

1. Engenharia Sanitária – Dissertação. 2. Estratégias – Dissertação. 3. Segurança da água – Dissertação. 4. Natal/RN – Dissertação.
I. Lima, Marcos Antonio de. II Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UF/BCZM

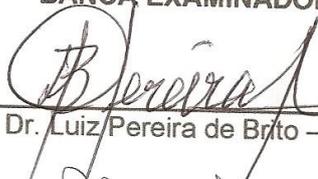
CDU 628.4

MARCOS ANTÔNIO DE LIMA

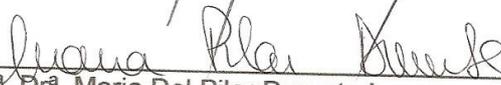
**ESTRATÉGIAS PARA ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE SEGURANÇA
DA ÁGUA PARA ABASTECIMENTO HUMANO DO MUNICÍPIO DO
NATAL/RN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação, em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luiz Pereira de Brito – Orientador



Prof. Dr. Maria Del Pilar Durante Ingunza – Examinador UFRN



Prof. Dr. Célia Regina Diniz – Examinador Externo UEPB

Natal, 28 de abril de 2010.

AGRADECIMENTOS

Ao Eterno pelas oportunidades de crescimento profissional e pessoal.

Aos meus pais (*in memorium*).

Ao Prof^o. Dr^o. Luiz Pereira de Brito, por ter confiando a mim a realização desta pesquisa sobre um tema tão pouco explorado.

À minha irmã Nadeje Lima de Mello, que sempre apoiou, incentivou e acreditou, no meu potencial e pelo amor ao longo de todos esses anos.

A Marcio Rodrigues Farias, diretor da biblioteca pública Câmara Cascudo pelo apoio na busca do material bibliográfico para a realização dessa pesquisa, como nos momentos difíceis e cruciais pelo qual passei. Assim como aos funcionários, Wédna, Josinete, Chico, Sérgio, Oliveira e Adijinan, Raimunda e Ivanira, pelos momentos de alegria e descontração que me proporcionaram.

Ao casal Itamar e Cristiane, pelas mensagens e palavras de apoio e carinho, fundamentais no início difícil desta caminhada.

À Tatiana Stanisz, amiga, companheira, confidente que me acompanha desde a graduação.

À Mônica, Marlyen e Gelson “cabelo”, que apesar da distância, nunca deixaram faltar com seu apoio.

À Leonor Barbosa, do LARHISA, pelos momentos de bate-papo e descontração.

À Juliana Delgado Tinôco, por ter permitido ajudá-la, mesmo por pouco tempo, no laboratório.

Dedico este trabalho aos meus filhos, André e Gabriel. Filhos queridos, adoráveis, amados e do qual me orgulho muito. Amo vocês.

RESUMO

A pesquisa trata da análise da produção e distribuição de água potável com qualidade e segurança de modo a atender as necessidades do Homem. Aborda as recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS) para a adoção, por parte das empresas responsáveis pela produção e distribuição de água, de metodologias de avaliação e gestão de riscos (APPCC), com o objetivo de garantir a qualidade e a inocuidade da água potável. Sugere estratégias para implantação do plano de segurança da água. Utiliza o processo de produção de água, composto pela bacia hidrográfica do rio Maxaranguape, a estação de tratamento de água e o sistema de distribuição, que faz parte do Plano de Expansão do Sistema de Abastecimento do município do Natal - RN, como estudo de caso. Nos resultados obtidos, foi possível traçar estratégias para implantação do Plano de Segurança da Água (PSA), que compreende as seguintes etapas: a) etapa preliminar. b) avaliação do sistema. c) monitoramento do processo, d) plano de gestão e e) Validação e verificação do PSA. Em cada etapa estão inseridas ações para sua implantação. A implantação do PSA mostra um novo modelo de produção de água, no qual, o manancial como um todo (bacia hidrográfica e o ponto de captação), a Estação de Tratamento de Água (ETA) e a distribuição, passa a compor o processo de produção, ao longo do qual se constrói a qualidade e segurança do produto final (água potável).

Palavras-chave: Qualidade. APPCC. Segurança. PSA. Água potável. Estratégias.

ABSTRACT

This research study deals with the production and distribution of drinking water with quality and safety in order to meet the needs of the Man. Points out the limitations of the methodology for assessing water quality in use today. Approaches the recommendations of the World Health Organization (WHO) for adoption, by the companies responsible for producing and distributing water, of assessment methodologies and risk management (HACCP), in order to ensure the quality and safety of water drinking. Suggests strategies for implementing the plan for water safety plan. Uses the process of water production, composed by Maxaranguape river basin, the water treatment plant and distribution system, which is part of the Plan for Expansion of the Supply System of Natal, as case study. The results, it was possible to devise strategies for implementation of the Water Safety Plan (WSP), which comprises the following steps: a) a preliminary stage. b) assessment system. c) process monitoring. d) management plan and e) validation and verification of the PSA. At each stage are included actions for its implementation. The implementation of the PSA shows a new type of water production, in which the fountain as a whole (watershed and point of capture), the Water Treatment Plant (WTP) and distribution, shall compose the production process, over which to build quality and safety of the final product (drinking water).

Keywords: Quality. Haccp. Safety. WSP. Drinking water. Strategies

LISTA DE FIGURAS

Quadro 01	- Atividades antrópicas e seus respectivos impactos no ambiente aquático.....	25
Quadro 02	- Relação de poluentes, a origem de alguns deles e seus efeitos sobre o meio ambiente.....	26
Quadro 03	- Principais agentes poluidores.....	27
Quadro 04	- Contaminantes orgânicos de interesse sanitário.....	29
Figura 01	- Estrutura de referência para garantia a segurança da água	38
Figura 02	- Exemplo de árvore decisória	44
Figura 03	- Exemplo de descrição do sistema	48
Fluxograma 01	- Fluxograma genérico proposto por Havelaar (1994).....	50
Fluxograma 02	- Fluxograma elaborado por Damikouka, Katsiri e Tzia (2007).....	51
Fluxograma 03	- Fluxograma da ETA de Germi, Iran.....	52
Fluxograma 04	- Fluxograma, no qual constam os PCC e PCA, elaborado por Dewettinck et al (2001).....	53
Fluxograma 05	- Fluxograma de produção e distribuição de água para o consumo humano, do SAA-UFV.....	54
Quadro 05	- Eventos perigosos e perigos que podem ser usados para avaliação de riscos no manancial de água bruta.....	57
Quadro 06	- Eventos perigosos e perigos que podem ser usados para avaliação de riscos na etapa de captação de água bruta...	58
Quadro 07	- Etapas do processo de produção de água de Aspropyrgos e seus respectivos perigos.....	58
Quadro 08	- Eventos perigosos e perigos que podem ser usados para avaliação de riscos na etapa de coagulação/floculação/sedimentação.....	59
Quadro 09	- Eventos perigosos e perigos que podem ser usados para avaliação de riscos na etapa de filtração rápida ou lenta....	60

Quadro 10	- Eventos perigosos e perigos que podem ser usados para avaliação de riscos na etapa de desinfecção.....	61
Quadro 11	- Eventos perigosos e perigos que podem ser usados para avaliação de riscos na etapa de pH e fluoretação.....	61
Quadro 12	- Eventos perigosos e perigos que podem ser usados para avaliação de riscos na rede de distribuição.....	62
Quadro 13	- Eventos perigosos e perigos que podem ser usados para avaliação de riscos nas instalações hidráulicas dos consumidores	62
Quadro 14	- Exemplo de Matriz de Priorização Qualitativa dos Riscos...	65
Quadro 15	- Medidas de controle que estão ligadas aos perigos de uma bacia hidrográfica, nos reservatórios de água bruta e nos pontos de captação.....	68
Quadro 16	- Medidas de controle que estão ligadas aos perigos no tratamento	70
Quadro 17	- Medidas de controle a serem aplicadas no sistema de distribuição.....	72
Mapa 01	- Bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Norte.....	77
Mapa 02	- Bacia hidrográfica do rio Maxaranguape.....	78
Gráfico 01	- Processos de produção de água mais utilizados no Brasil, por regiões.....	80
Gráfico 02	- Processo de produção de água mais utilizado nas cidades, de acordo com o número de habitantes.....	80
Figura 04	- Descrição do sistema de produção de água.....	83
Fluxograma 06	- Fluxograma do sistema de produção de água.....	84
Quadro 18	- Limites críticos, procedimentos de monitoramento e medidas corretivas, passíveis de serem aplicadas no processo de produção.....	99
Quadro 19	- Ações a serem tomadas nos procedimentos de rotina.....	99
Quadro 20	- Eventos excepcionais.....	99
Quadro 21	- Informações que deve constar no sistema de documentação.....	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	- Exemplo de Escala de Probabilidade de ocorrência de risco....	63
Tabela 02	- Exemplo de Escala de Severidade de Conseqüências.....	64
Tabela 03	- Exemplo de Matriz de Classificação de Riscos.....	64
Tabela 04	- Resultados de alguns parâmetros analisados do rio Maxaranguape.....	79
Tabela 05	- Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das conseqüências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas na bacia hidrográfica.....	86
Tabela 06	- Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das conseqüências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas no manancial.....	87
Tabela 07	- Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das conseqüências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas na etapa de captação de água bruta.....	88
Tabela 08	- Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das conseqüências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas nas etapas de coagulação/floculação/sedimentação.....	89
Tabela 09	- Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de	90

ocorrência e severidade das consequências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas na etapa de filtração.

- Tabela 10 - Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas na etapa de desinfecção, considerando o uso de cloro como agente desinfetante..... 91
- Tabela 11 - Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas na etapa de correção do pH/fluoretação..... 92
- Tabela 12 - Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas na etapa de armazenamento de água tratada..... 93
- Tabela 13 - Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas na rede de distribuição..... 94

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA – Agência Nacional de Águas
APPCC – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
CAERN – Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos.
BPF – Boas práticas de fabricação.
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio.
EPA – Environmental Protection Agency.
ETA – Estação de Tratamento de Água.
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
EUA – Estados Unidos da América do Norte
FUNPEC – Fundação Norte-Rio-Grandense de Pesquisa e Cultura.
GDWQ - Guidelines for drinking-water quality.
HACCP – Hazard Analysis Critical Control Points.
HPA – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos.
IBGE – Instituto Brasileiro de Geográfica e Estatística.
IRAR – Instituto Regulador de Águas e Resíduos de Portugal
ISO – International Organization Standartization
IWA – International Water Association
NACMCF – National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods
NASA – National Aeronautics and Space Administration
NHRMC – New Hanover Regional Medical Center.
OMS – Organização Mundial de Saúde.
OPAS – Organização Pan-americana de Saúde.
PCA – Pontos Críticos de Atenção
PAHs - Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos
PCBs - Bifenil policlorado
PCC – Pontos Críticos de Controle.
pH – Potencial hidrogênioiônico.
PPM – partes por milhão.
PROSAB – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico.

PSA – Plano de Segurança da Água.

PVC – Cloreto de Polivinila.

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto.

SIGERH – Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos.

SUS – Sistema Único de Saúde.

SIGERH - Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos.

THMs-Trihalometanos.

OMS – Organização Mundial da Saúde.

UFC – Unidades formadoras de colônias.

UFV – Universidade Federal de Viçosa.

UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

UNT – Unidade nefelométrica de turbidez.

UT – Unidade de turbidez.

USEPA – United States Environmental Protection Agency.

UV – Ultra-violeta.

VMP – Valor máximo permitido.

WHO – World Health Organization.

LISTA DE SÍMBOLOS

As - arsênio

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ – Sulfato de alumínio.

Al^{+3} – íon alumínio.

ClO_2 - Dióxido de cloro.

Co - Cobalto

FeCl_3 – Cloreto férrico.

F – flúor.

N – nitrogênio.

NH_3 - Amônia

NO_2 – Dióxido de nitrogênio

NO_3^- - Íon nitrato

NO_2^- - Íon nitrito

O_2 - Oxigênio

O_3 – Ozônio

Pb – chumbo.

Pt - Platina

Rn – Radônio

U – urânio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVO, JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	18
2.1	OBJETIVO GERAL	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2.3	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	18
3	REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1	ÁGUA COMO VEÍCULO DE TRANSMISSÃO DE DOENÇAS	20
3.2	QUALIDADE DA ÁGUA E A SAÚDE PÚBLICA	22
3.3	QUALIDADE DOS MANANCIAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA	24
3.3.1	Controle da qualidade da água	27
3.4	A BACIA HIDROGRÁFICA E A POLUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	30
3.5	A PRESERVAÇÃO DOS MANANCIAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA	32
3.5.1	O Programa Produtor de Água	33
3.5.2	Série ISO 24500	35
3.6	PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA	36
3.7	METODOLOGIA APPCC	39
3.7.1	Etapas para implantação do sistema APPCC	41
3.8	USO DA METODOLOGIA APPCC NA PRODUÇÃO DE ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO	46
3.9	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA APPCC NA ELABORAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA	47
3.9.1	Etapa preliminar	47
3.9.2	Avaliação do sistema	55
3.9.3	Monitoramento do processo	72
3.9.4	Plano de gestão	74
3.9.5	Validação e verificação do PSA	74
4	METODOLOGIA	76

4.1	REVISÃO DE LITERATURA	76
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	76
4.2.1	Bacia Hidrográfica do rio Maxaranguape	76
4.2.2	Processo de produção e distribuição da água potável	79
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
5.1	ETAPA PRELIMINAR	82
5.2	AVALIAÇÃO DO SISTEMA	85
5.3	MONITORAMENTO DO PROCESSO	97
5.4	PLANO DE GESTÃO	99
5.5	VALIDAÇÃO E VERIFICAÇÃO DO PSA	100
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	101
	REFERÊNCIAS	103

1 INTRODUÇÃO

“A água suja não pode ser lavada”,
provérbio da África Ocidental

É do conhecimento de todos, que a água é essencial para a manutenção da vida na biosfera. Porém, para a manutenção da vida do ser humano, a água precisa estar limpa, pois estando suja, pode provocar doenças e causar a morte, portanto a água potável deve ser segura, confiável, acessível e está disponível em quantidade suficiente para atender a toda população.

Os estudos desenvolvidos por John Snow, no quais associou o consumo de água contaminada com coliformes fecais e o surto de cólera que assolou a cidade de Londres em 1855, juntamente com a descoberta de Louis Pasteur da existência de microrganismos, oito anos depois, e o isolamento do *Vibrio cholerae* por Robert Cock, em 1875, possibilitou estabelecer a associação entre água e saúde pública e a necessidade de se criar métodos e práticas para conferir qualidade à água, (VIEIRA, 2005).

A implantação de técnicas de tratamento e desinfecção de água, no início do século passado, fez com que houvesse um declínio dos casos de doenças de veiculação hídrica. No entanto, fatores como: lançamentos de efluentes não tratados nos mananciais, sistemas de tratamento e distribuição de água inadequados, o aumento de casos de doenças de veiculação hídrica, devido a presença de patógenos na água ou a resistência desses patógenos aos mais variados níveis de desinfecção entre outros, acaba por colocar em cheque os meios atualmente usados para garantir a qualidade e a segurança da água.

Há muito tempo é conhecida a transmissão de protozoários patogênicos via água de consumo. Como exemplos, citam-se a associação entre *Giardia* sp e água com qualidade não apropriada para ao consumo humano e, mais recentemente, *Cryptosporidium* spp. Esses dois protozoários causam parasitose de caráter emergente, devido a sua ampla distribuição (cosmopolita), quanto pela ocorrência de diversos surtos e infecções esporádicas registradas em várias partes do mundo, (PÁDUA, 2009).

Este fato, como outros relatados nos meios acadêmicos, segundo o autor citado no parágrafo anterior, demonstra que, mesmo consumindo água tratada, apenas pelo processo de desinfecção (cloração), ou de estações de tratamento que não realizam um controle rigoroso da eficiência do processo de filtração e/ou

apresentam deficiências operacionais, podem estar sob maior risco de infecções por esses agentes.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a distribuição de água potável com qualidade e segura pode ser alcançada, se as empresas responsáveis pelo tratamento da água, adotarem metodologias de avaliação e gestão de riscos, desde o manancial, passando pela Estação de Tratamento de Água (ETA), sistema de distribuição até chegar ao consumidor final, além de adotarem práticas de operação de ETA, que garantam, que os valores dos parâmetros estipulados pela legislação referente a qualidade da água potável, sejam atendidos de forma constante e uniforme.

Atualmente a (OMS), recomenda a implantação do Plano de Segurança da Água, como forma de assegurar a qualidade e segurança da água distribuída a população. O plano introduz metodologias de avaliação e gestão de risco, além de práticas apropriadas na operação das estações de tratamento de água.

A bacia do rio Maxaranguape foi apontada, por pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), como a opção mais adequada para atender a demanda futura de água da região metropolitana de Natal. A elaboração do plano de segurança da água, para o manancial a ser explorado, vem de encontro à recomendação da OMS e com isso garantir a segurança da água que será distribuída a população e demonstra também a preocupação da empresa.

2 OBJETIVO, JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

2.1 OBJETIVO GERAL

A presente pesquisa tem como objetivo, elaborar estratégias para o desenvolvimento e implantação do plano de segurança da água, para o sistema de produção de água que utilizará a bacia hidrográfica do rio Maxaranguape como manancial de água bruta e que faz parte do Plano de Expansão do Sistema de Abastecimento do Natal.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Descrever os passos fundamentais para elaboração do plano de segurança da água.

Descrever uma metodologia para a priorização dos riscos encontrados ao longo do processo de produção, assim como a identificação dos pontos críticos de controle.

2.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Atender aos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação vigente e ser inócua, são características que toda e qualquer água destinada ao abastecimento público deve possuir, além de estar em quantidade suficiente para atender as necessidades de cada cidadão e com isso promover e manter a saúde de todos.

A atual metodologia de controle de qualidade da água, que frequentemente se apresenta lenta, complexa e onerosa, possui limitações como: correlação limitada entre organismos indicadores de qualidade e a presença de patógenos na água;

técnicas para análises microbiológicas que requerem tempo para apresentar resultados; a limitada significância dos dados estatísticos dos resultados do sistema de amostragem de fim de linha, entre outras, (VIEIRA, 2005). Estes fatos apontam para a necessidade de modelos de produção serem desenvolvidos, para que possam garantir um produto final de qualidade, que seja realmente inócuo e seguro.

O aumento do consumo de água, o inchaço dos grandes centros urbanos, e seus efeitos deletérios sobre o meio ambiente, a poluição provocada pela atividade industrial, entre outros fatores, faz com que a busca por mananciais destinados ao abastecimento público de água potável, tornar-se cada vez mais um problema de difícil solução para as empresas responsáveis pelo abastecimento. Isso se deve ao fato de que cada vez mais se utiliza as fontes de água (rios, lagos e lagoas), como local para lançamento de efluente tanto doméstico como industrial.

Frente a esses e outros desafios encontrados, quando se trata da produção e distribuição de água com qualidade e segura, a OMS, no primeiro volume da terceira edição do GDWQ (*Guidelines for drinking-water quality*) (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004), publicado em setembro de 2004, recomenda às empresas responsáveis pela produção e distribuição de água tratada, a utilização de uma estrutura de produção, que possa garantir a segurança do produto acabado, através da adoção de conceitos de Boas Práticas de Fabricação (BPF), adaptadas ao sistema de produção de água, e de metodologias que sejam baseadas na avaliação e gestão de riscos. Esse conjunto de diretrizes irá caracterizar o plano de segurança da água (VIEIRA, 2005).

O estabelecimento de estratégias para implantação do plano de segurança da água, que abastecerá a cidade de Natal, é importante, pois, a partir de sua implantação será possível garantir a produção de água, dentro de um novo conceito de gestão de riscos e com isso oferecer um produto com maior qualidade e segurança sanitária.

3 REVISÃO DE LITERATURA.

A terra é uma só, mas o mundo não. Todos dependem de uma biosfera para sustentar nossas vidas. No entanto, cada comunidade, cada país luta pela sua sobrevivência e prosperidade, dando pouca atenção ao impacto que exerce sobre os outros. (SELBORNE, 2001).

3.1 ÁGUA COMO VEÍCULO DE TRANSMISSÃO DE DOENÇAS

A água é uma substância química essencial para a manutenção da vida na biosfera. Para garantir a manutenção e sobrevivência da vida humana, é necessário que se tenha disponibilidade de água em quantidade suficiente para atender as necessidades individuais e que seja de boa qualidade.

Água de boa qualidade tem uma grande influência sobre a saúde de quem a consome. Caso não esteja dentro dos padrões, poderá causar surtos de doenças e sérias epidemias. Água contaminada pode oferecer risco em curto prazo (quando resultam da poluição causada por elementos microbiológicos ou químicos) ou a médio ou longo prazo (quando resultam do consumo regular e contínuo, durante meses ou anos, quando contaminada com produtos químicos, como certos metais ou pesticidas) (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE, 2009).

Essa capacidade de transmitir doenças está relacionada ao fato de ser um solvente universal e sujeita as variações ambientais a qual está exposta, variações essas que podem conferir qualidade ou torná-la imprópria para o consumo humano.

A ingestão de água contaminada, geralmente em locais com carência de sistemas de abastecimento, é responsável, segundo a OMS, por 80% das diarreias agudas ao redor do mundo (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE, 2009).

As principais doenças relacionadas à ingestão de água contaminada são: cólera, febre tifóide, hepatite A e doenças diarreicas agudas de várias etiologias: bactérias - *Shigella*, *Escherichia coli*; vírus – *Rotavírus*, *Norovírus* e *Poliovírus* (poliomielite – já erradicada no Brasil); e parasitoses como, Ameba, Giardia, *Cryptosporidium*, *Cyclospora*. Algumas dessas doenças possuem alto potencial de disseminação, com transmissão de pessoa para pessoa (via fecal-oral) (SÃO PAULO, [200-?]).

Enfermidades diarréicas de caráter infeccioso têm na água destinada ao abastecimento público um importante veículo para sua disseminação, portanto é de fundamental importância a avaliação de sua qualidade em termos microbiológicos, que tem por finalidade a detecção de certos grupos de bactérias introduzidas por material fecal ou matéria orgânica (ISAAC-MARQUEZ et al., 1994).

Os microrganismos causadores de doenças de veiculação hídrica, como cólera, febre tifóide, entre outras, são patógenos de origem entérica, tanto animal como humana, transmitidos basicamente pela rota fecal-oral, pois são excretados nas fezes e ingeridos através do consumo de água ou alimento contaminado por água que tenha entrado em contato com material fecal (GRABOW, 1996).

O processo de urbanização das cidades que comumente ocorre de forma progressiva e desordenada, avançando sobre áreas sem a mínima infra-estrutura de saneamento básico, aliada com a ausência ou deficiente política de proteção dos mananciais, é apontado como uma das principais causas de contaminação e deterioração dos ambientes aquáticos superficiais e subterrâneos, tornando possível que, microrganismos como, vírus, bactérias, protozoários, e helmintos de origem intestinal humana ou animal, sejam introduzidos na água, afetando sua qualidade (ANDREOLI; CARNEIRO, 2005).

As conseqüências do consumo de água contaminada, nos países da América Latina e Caribe, segundo (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE, 2009), são as enfermidades de origem hídrica, que aparecem entre as três principais causas de morte nessas regiões. As enfermidades de maior incidência relacionadas com a qualidade da água, além da cólera, são: hepatite, diarréias em crianças, amebíase e febre tifóide (endêmicas em muitos países) e *Entamoeba histolytica*.

Cairncross (1997), adaptando a classificação ambiental das infecções relacionadas à água, feita por White, Bradley e White (1972), ressalta quatro categorias: Na primeira categoria, estão incluídas aquelas de transmissão hídrica ou relacionada com os hábitos higiênicos, da rota feco-oral, que inclui as diarréias e disenterias, febres entéricas, poliomielite, hepatite A, leptospirose, ascaridíase e tricuriase. Uma segunda categoria que está ligada a higiene propriamente dita - infecções de pele e olhos. Há aquelas quando o organismo patogênico desenvolve uma parte do seu ciclo de vida em um hospedeiro presente no ambiente aquático, como é o caso da esquistossomose, essa compreende a terceira categoria e por última, quando a transmissão se dá por um inseto vetor que procria na água ou

quando sua picada ocorre próxima a ela, como, por exemplo, a malária, a filariose e as arboviroses (dengue e febre amarela).

Em função da sua toxicidade, existem compostos químicos de toxicidade aguda elevada e que são capazes de causar graves problemas de saúde em curto prazo de tempo, outros possuem uma baixa toxicidade aguda e se forem consumido diariamente durante longos períodos de tempo, são capazes de potencializar doenças crônicas, ou então podem não apresentar risco a saúde, mas interferem nas propriedades organolépticas da água, tornando-a água objetável (VIEIRA, 2005).

3.2 QUALIDADE DA ÁGUA E A SAÚDE PÚBLICA

Tentou-se mostrar, no item anterior, que a água, só poderá promover e manter a saúde, quando estiver dentro dos padrões de potabilidade, isenta de substâncias químicas e microrganismos que não comprometam a saúde do Homem.

Entre os séculos XIII e XIX, a Europa foi assolada por várias epidemias, como a peste bubônica, varíola, cólera e febre tifóide, que estavam ligadas a fatores inerentes aquela época, como: o crescimento populacional, a crescente urbanização e migrações internas (MARIN, 2003). Até então não se tinha nenhum conhecimento, noção ou suspeita da relação entre o consumo de água e a transmissão de doenças, essa constatação só ocorreu no século XIX.

Até o início dos anos vinte do século passado, o tratamento de água, objetivava principalmente o fornecimento de água esteticamente adequada ao consumo humano, tendo como única etapa do tratamento a filtração, que tinha como finalidade a remoção de partículas que pudesse conferir a água, características que não a tornasse objetável para os consumidores (FERREIRA FILHO; ALVES, 2006).

A OMS, em 1958, publica o *International Standards for Drinking-Water*, que viria a ser a primeira publicação especificamente dedicada à qualidade da água para consumo humano. Esta publicação representou um enorme avanço, em nível mundial, na proteção da saúde pública, pois a água seria a partir de então, avaliada em termos da presença de contaminantes de natureza microbiológica, física e radioativa, além de apresentar uma metodologia de controle de qualidade, na qual

se comparava as características do produto acabado, avaliadas através de um programa de coleta de amostras desse produto, com valores numéricos dos parâmetros avaliados, valores esses estabelecidos por normas ou legislações (VIEIRA, 2005).

De forma geral, uma ETA pode transformar água de qualquer qualidade em água potável, no entanto os custos envolvidos, a confiabilidade e manutenção do processo de tratamento, podem inviabilizar o uso de um determinado manancial como fonte de abastecimento. Existe uma relação intrínseca entre o meio ambiente e as tecnologias de tratamento, isto é, em função da qualidade da água de um determinado manancial e suas relações com o meio ambiente, há tecnologias específicas para que o tratamento seja eficientemente realizado (DI BERNARDO; BRANDÃO; HELLER, [200-?]).

O reconhecimento das limitações das técnicas convencionais de tratamento, evidenciados pelos relatos de vários surtos de doenças causadas por protozoários e outros agente etiológicos, tem crescido, ao longo dos últimos 20 anos, nos EUA (HELLER, 2004). As limitações em nível de laboratório como as de custo analítico e financeiro, os contaminantes emergentes, tanto de caráter biológico como químico e a ausência de um indicador universal para a qualidade da água, são relatados por Braga (2007), como motivos para a atual revisão dos modelos de produção de água segura.

Vieira (2005) aponta as seguintes limitações para essa metodologia: i) uma limitação entre patógenos, presente na água e os bioindicadores utilizados nas metodologias para avaliar a integridade microbiológica da água. Levanta-se a suspeita de que a ausência de *E.coli* na água não garante a ausência de vírus e protozoários. ii) demora nos resultados dos testes microbiológicos, tornando não aplicáveis a prevenção de situação acidentais, permitindo apenas avaliar se o produto estava próprio ou impróprio para o consumo, após ter sido distribuída a população. iii) a relativa insignificância entre os volumes de água submetidos à análise e o volume de água produzido e distribuído, como também as frequências de amostragem, que dificilmente garantem uma representatividade tanto temporal quanto espacial.

3.3 QUALIDADE DOS MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA

Entre os vários usos dos recursos hídricos, tem prioridade sobre os demais, aquele que se destina a produção de água para consumo humano.

Em qualquer linha de produção, um produto acabado com qualidade, depende também do uso de matérias-primas de qualidade, usadas no seu processamento.

No caso da água potável, a sua produção envolve o emprego de diferentes operações e processos unitários para adequar a água de diferentes mananciais, com características físico-químicas e biológicas distintas, aos padrões de qualidade definidos pelos órgãos de saúde e agências reguladoras.

Entre a segunda metade do século XIX e a primeira metade do século XX, o tratamento da água teve como objetivo central a clarificação e a remoção de organismos patogênicos, e concomitantemente foram se desenvolvendo as técnicas de coagulação, floculação, decantação e desinfecção (PÁDUA, 2009).

O acesso a água bruta com qualidade, independente do destino do seu uso, está diretamente relacionado com as atividades humanas que se desenvolvem dentro da área de drenagem da bacia hidrográfica e os impactos resultantes dessas atividades. Para Von Sperling (2005), a qualidade dos corpos d'água é função das condições naturais e do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica, ressaltando que, a ocupação urbana é o fator mais impactante.

Cada atividade terá uma carga poluidora com características próprias, em termos de agentes poluidores, que podem ser de natureza biológica, física ou química.

Na Tabela 1 estão relacionadas algumas atividades humanas, que provocam impacto sobre os recursos hídricos. Na Tabela 2 são apresentados os poluentes, a origem de alguns deles e seus efeitos no ambiente aquático (ANDREOLI, 2005).

Pádua (2006) relaciona, na Tabela 3, as principais fontes de poluentes, com os respectivos efeitos poluidores mais representativos.

ATIVIDADE	IMPACTO
Desmatamento	Aumento da carga de poluentes, nutrientes e particulados, redução da recarga dos aquíferos e alteração do ciclo hidrológico.
Mineração	Aumento da carga de particulados e nutrientes associados.
Obras de transportes (ferrovias e rodovias)	Grandes alterações em várzeas, baixadas e cursos de água, incremento da erosão e do escoamento superficial.
Reservatórios	Interrupção das inundações naturais das várzeas e baixadas afeta consideravelmente a qualidade e quantidade das águas.
Esgotos/resíduos sólidos	Alteração nas qualidades físico-químicas afeta consideravelmente a qualidade e quantidade das águas, alteração da cadeia alimentar de rios, várzeas e baixos alagadiços.
Crescimento urbano	Selamento do solo, alterando o ciclo hidrológico das bacias, produção de esgoto e resíduos sólidos, ocupação de fundos de vales, aumento da demanda de água, erosão urbana, sedimentos, turbidez e etc.
Agricultura	Lixiviação e erosão são responsáveis por grande parte da carga de nutrientes dos corpos hídricos, dejetos, poluição do solo e sedimento por agrotóxicos, sedimentos, particulados e sólidos em suspensão transportados pela erosão, redução da capacidade de retenção de água no solo.
Irrigação	Retirada de água, Aumento da erosão e lixiviação
Recreação e turismo	Disposição inadequada do lixo, Degradação ambiental
Hidrovias e navegação	Alteração do regime natural dos corpos hídricos, diminuindo o aumentado a velocidade do fluxo, perturbando o leito do fundo e causando alterações nas margens
Destruição das várzeas	Redução da capacidade hídrica total e aumentos da carga de poluentes aos córregos.
Retiradas de água	Aumento da concentração dos elementos no meio.
Poluição atmosférica	Particulados, compostos orgânicos e nutrientes, podem ser transferidos da atmosfera para os reservatórios através das precipitações. Acidificação.
Indústrias	Efluentes contaminados e resíduos sólidos

Quadro 01: Atividades antrópicas e seus respectivos impactos no ambiente aquático.
Fonte: Andreoli (2005).

POLUENTES	ORIGEM	EFEITOS
Sólidos em suspensão e dissolvidos	Escoamento superficial urbano e rural	Aumento da turbidez
Material orgânico	Atividades rurais, industriais e urbanas, pontuais ou difusas	Redução na disponibilidade de O ₂ dissolvido para a biota aquática
Nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo	-----	Crescimento rápido e intenso na produção primária dos reservatórios.
Bactérias e vírus	-----	Potenciais causadores de doenças
Metais pesados, poluentes orgânicos e outras substâncias tóxicas	-----	Acumulação nos sedimentos e na biota do ecossistema

Quadro 02 – Relação de poluentes, a origem de alguns deles e seus efeitos sobre o meio ambiente.

Fonte: Andreoli (2005).

FONTE						
Constituintes	Principais parâmetros representativos	Águas residuárias		Águas pluviais		Possível efeito poluidor
		Urbanas	Industriais	Urbanas	Agricultura e pecuária	
Sólidos em suspensão	Sólidos em suspensão totais	++++	+	+++	++	Problemas estéticos, proteção de organismos patogênicos e adsorção de poluentes
Matéria orgânica biodegradável	DBO	++++	+	+++	++	Consumo de O ₂ , mortandade de peixes e condições sépticas
Nutrientes	Nitrogênio/fósforo	++++	+	+++	++	Crescimento excessivo de algas e cianobactérias, metemoglobinemia, poluição das água subterrâneas.
Organismos patogênicos	Coliformes	++++	+	+++	++	Doenças de veiculação hídricas
Matéria orgânica não biodegradável	Pesticidas, alguns detergentes, fármacos e outros	+++	+	++	+++	Toxicidade (vários). Espumas redução da transferência de O ₂ , baixa ou nenhuma biodegradabilidade e maus odores
Metais	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn e etc.	+++	+	++	Sem efeito usual	Toxicidade, inibição do tratamento biológico, com prejuízo ao uso problemas coma disposição do lodo na agricultura e poluição de água subterrânea.
Sólidos orgânicos dissolvidos	Sólidos totais dissolvidos/conductividade	+++	+	Sem efeito usual	++	Salinidade excessiva, com prejuízos ao uso agrícola, toxicidade das plantações (alguns íons), problemas de permeabilidade de solo (sódio)
		++++ Muito	+++ Médio	++ Pouco	+Variável	

Quadro 03 – Principais agentes poluidores.
Fonte: Pádua (2006).

3.3.1 Controle da qualidade da água

O crescimento rápido da população, força o aumento da produção agrícola, lançando mão do uso de agrotóxicos para atender a demanda. Este fator aliado ao processo de urbanização e industrialização Rebouças (1999), são fenômenos que contribuíram para que os parâmetros de natureza biológica, física e química, utilizados para o controle da qualidade da água, tornem-se cada vez mais

complexos. Com relação aos parâmetros de natureza química, o autor citado no parágrafo anterior, ressalta que o aperfeiçoamento das técnicas de análises, que ocorreram nas duas últimas décadas, fez com que o número regular de micronutrientes passíveis de serem identificados e quantificados na água evoluísse de forma significativa e com isso, os parâmetros representados pelos micropoluentes orgânicos e metais tóxicos, passam a ter importância, na avaliação da qualidade da água, pois esses constituintes químicos são capazes de causar danos à saúde mesmo em concentração da ordem de ppb (partes por bilhão), µg/L (microgramas por litro), ppt (partes por trilhão) e chegando a níveis de ng/L (nanogramas por litro) (REBOUÇAS,1999).

Algumas substâncias orgânicas (contaminantes emergentes) vêm chamando a atenção dos órgãos governamentais responsáveis pela saúde, e já fazem parte do padrão de potabilidade, como é o caso dos Bifenil Policlorado (PCBs), dioxinas, Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) e ésteres ftálicos, de instituições de referência em saúde, como a OMS, United States Environmental Protection Agency (USEPA), New Hanover Regional Medical Center (NHRMC), entre outras (PÁDUA, 2009).

A classificação, aplicação e a fonte de contaminação da água de alguns contaminantes orgânicos de interesse sanitário, encontram-se relacionados na Quadro 04.

Contaminantes orgânicos de interesse sanitário		
Classe	Aplicação	Fonte de contaminação
Pesticidas organoclorados (Ex. metoxicloro, clordano, dieldrin, DDT, DDE)	Agricultura	Drenagem de áreas agrícolas; lavagem de recipientes.
Bifenilas policloradas (PCB)	Fluidos refrigerantes em transformadores e condensadores elétricos	Vazamentos acidentais e lixiviados de aterro.
Dioxinas e furanos (Ex. dibenzodioxina policlorada – PCDD e dibenzofurano policlorado – PCDF)	São subprodutos de variados processos, como branqueamento de polpa de celulose, produção de pesticidas e incineração de resíduos	Efluentes líquidos industriais; emissões atmosféricas industriais.
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs)	Processo de combustão veicular	Deposição ou arraste de partículas e fuligem pela drenagem de superfícies
Hormônios naturais – sintetizados por plantas e animais (Ex. estradiol).	Agentes de crescimento; terapia de reposição hormonal	Esgoto doméstico
Hormônios sintéticos (Ex. etinilestradiol)	Usados em contraceptivos orais	Esgoto doméstico
Alquilfenóis polietoxilados (APEOn)	Surfactantes/emulsificantes usados em produtos de limpeza e higiene pessoal	Esgoto doméstico; efluentes industriais
Alquilfenóis (Ex. nonilfenol e octilfenol)	São subprodutos da degradação dos APEOs. Também são usados como emulsificantes/detergentes	Esgoto doméstico e drenagem de áreas agrícolas
Monômeros (Ex. bisfenol A, cloreto de vinílica)	Produção de plástico e resinas	Lixiviação ou degradação de plásticos

Quadro 04 – Contaminantes orgânicos de interesse sanitário.

Fonte: Baiard (2002) apud Pádua (2006).

Em se tratando dos parâmetros de natureza biológica, e ilustrando essa complexidade no controle de qualidade da água, podem-se destacar algumas análises que constam na portaria nº 518 de 25 de março de 2004. Uma delas é a preferência pela identificação de *Escherichia coli*, ao invés dos coliformes termotolerantes, e a outra é a contagem de células de cianobactérias e de bactérias heterotróficas. O parágrafo 8, do capítulo IV diz: “Em complementação, recomenda-se, a inclusão de pesquisas de organismos patogênicos, com o objetivo de atingir, como meta, um padrão de ausência, dentre outros, de enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp” (BRASIL, 2004a). No caso da, contagem de células de cianobactérias e análise de cianotoxinas, é necessário pessoal técnico qualificado e o uso de técnicas bastante específicas de análises.

3.4 A BACIA HIDROGRÁFICA E A POLUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Manter e assegurar níveis de qualidade da água na bacia hidrográfica, compatíveis com seus múltiplos usos, destacando o uso para consumo humano, requer medidas que impeçam a sua poluição, que para Von Sperling (1996, p 25) é definida como “a adição de substâncias ou de formas de energia que, diretamente ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d’água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos”.

A gestão dos recursos hídricos é o conjunto de ações que tem como objetivos a adoção de medidas preventivas e corretivas relacionadas com os impactos prejudiciais ao meio ambiente. Seu funcionamento inclui o monitoramento e controle das fontes de poluição e da qualidade da água dos mananciais, a elaboração de soluções tanto preventivas como corretivas para conservação da sua qualidade, através das propriedades biológicas, física e química do meio ambiente, com o foco na proteção da saúde do homem e dos ecossistemas (PHILIPPI JUNIOR, 2005).

Há uma necessidade imperiosa de que a gestão dos recursos hídricos seja sistematizada e integrada à gestão do saneamento básico no âmbito das bacias hidrográficas, pois todos os impactos que venham a ser provocados nessa área são refletidos na qualidade da água (ANDREOLI, 2005). Portanto, ações que venham

implantar sistemas de esgotamento sanitário, controle do uso de fertilizantes e pesticidas, regulação do uso do solo, destinação adequada do lixo coletado e melhorias nos processos industriais com objetivo de reduzir ao máximo o lançamento de poluentes, são propostas para conservação e recuperação das condições naturais do meio ambiente (PHILIPPI JUNIOR, 2005).

Um dos fundamentos da lei nº 9.433 de oito de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos é: “a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas” e um dos seus instrumentos de aplicação dessa lei é a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos.

Nas diversas atividades humanas é imprescindível o uso da água. Esta situação pode levar a geração de conflitos entre as partes que necessitam usar esse bem. Para gerenciar esses conflitos, a outorga se apresenta como um instrumento para se atingir esse objetivo, além de propiciar o controle qualitativo e quantitativo adequados aos atuais e futuros usos.

Na outorga, o outorgante que é o poder público (União, Estados ou Distrito Federal), concede ao outorgado (usuário) o direito de uso dos recursos hídrico, por um tempo determinado e de acordo com termos e condições preestabelecidas. A outorga é um ato administrativo precário (não gera direitos adquiridos para o particular e pode ser revogado a qualquer tempo pelo Poder Público), ou seja, pode ser suspensa parcial ou totalmente, por prazo determinado ou de forma definitiva, nas circunstâncias descritas no artigo 15º da lei nº 9.433 de oito de janeiro de 1997.

Henkes (2003) afirma que a adoção da outorga é imprescindível, pois a demanda por água é grande e a sua disponibilidade é insuficiente, portanto, a outorga passa a ser uma ferramenta eficiente de controle, fiscalização e de promoção da sustentabilidade das águas. Para a obtenção da outorga, o outorgado terá que estar de acordo com as prioridades estabelecidas no plano de uso de recursos hídricos que por sua vez deverá ser elaborado com a participação popular, que se dá através da formação dos comitês de bacias hidrográficas.

A captação de água, destinada ao abastecimento público, é um dos usos dos recursos hídricos sujeitos a outorga. É de responsabilidade da Agência Nacional de Água, a emissão de outorga dos direitos de usos dos recursos hídricos em corpos aquáticos de domínio da União e no caso de domínio dos Estados e Distrito Federal, fica a cargo das respectivas autoridades estaduais com poder outorgante.

No Estado do Rio Grande do Norte, a lei Nº 6.908, de 01 de julho de 1996, dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH. Nesta, a outorga do direito de uso da água, é um dos objetivos da Política Estadual dos Recursos Hídricos e um instrumento essencial da Política e Gerenciamento dos Recursos Hídricos.

3.5 A PRESERVAÇÃO DOS MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA

Em primeiro de julho de 1997, no Estado do Rio Grande do Norte, foi promulgada a lei nº 6.908, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CONERH. Um dos seus objetivos é “assegurar que a água possa ser controlada e utilizada em padrões de qualidade e quantidade satisfatórios por seus usuários atuais e pelas gerações futuras”, deixa claro também que, a prioridade do aproveitamento dos recursos hídricos é para consumo humano e tem como uma de suas diretrizes, “a proteção de suas bacias hidrográficas contra ações que possam comprometer o seu uso atual e futuro” (RIO GRANDE DO NORTE, 2006).

A gestão dos recursos hídricos, que requer o uso efetivo dos instrumentos disponibilizados na lei nº 6.908, se constitui em um meio legal de proteger o manancial, o rio Maxaranguape, inserido na bacia hidrográfica de mesmo nome.

O que vem acontecendo com a bacia hidrográfica do rio Pitimbu, que passa por um processo acentuado de degradação, comprovado pelo estudo realizado por Borges (2002), apesar de ser a primeira bacia hidrográfica do estado com comitê implantado e de possuir a lei nº. 8.426, de 14 de novembro de 2003, que estabelece as diretrizes de ordenamento para a Faixa de Proteção Ambiental, sinaliza que apesar da aplicação da legislação ambiental, esta bacia continua sofrendo impactos ambientais que poderão no futuro prejudicar o manancial. Vale lembrar que este rio juntamente com a lagoa do Jiqui, é um importante manancial superficial que atualmente abastece a cidade de Natal.

A Política Estadual de Recursos Hídricos do estado do Rio Grande do Norte foi implantada em 1996. De todas as 16 bacias hidrográficas existentes no estado, somente a do rio Pitimbu, possui um comitê implantado. Segundo dados da Agência Nacional de Água (ANA), não muito animadores, revelam que dos estados da região Nordeste que possuem comitês de bacias hidrográficas estaduais, o estado do Rio Grande do Norte, juntamente com o estado de Sergipe, são os dois estados da região nordeste que possuem o menor número de comitês de bacias implantados.

A escolha da bacia hidrográfica do rio Maxaranguape, para integrar o Plano de Expansão do Sistema de Abastecimento de Natal, entre outras ações, irá restringir a captação de água de poços, localizados em regiões relativamente preservadas da contaminação por NO_3^- (nitrato), nos bairros de bairro de Ponta Negra e San Vale. Preservará as reservas águas subterrâneas para as gerações futuras, diversificará e incorporará novas fontes de abastecimento de água para a população e modernizará o sistema de abastecimento de água do Natal, além de integrar o sistema de abastecimento à Região metropolitana, faz com que esse manancial passe a ser de fundamental importância para a população que será atendida e beneficiada por essa nova fonte de abastecimento e direciona para a adoção de medidas no sentido de se manter tanto a qualidade como o volume da água do manancial, tal como se encontra hoje.

3.5.1 O Programa Produtor de Água

Como uma alternativa a preservação de mananciais de abastecimento de água a Agência Nacional de Água (ANA), vem apoiando a implantação desse projeto que possui um caráter voluntário, e tem visa o controle da poluição difusa em bacias hidrográficas, classificadas como estratégicas para o país. Seu principal objetivo é a realização de ações que promovam a melhoria da qualidade, da quantidade e do regime das vazões de água, beneficiando assim à coletividade como um todo (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA, 2009a).

O uso de práticas mecânicas e vegetativas para aumentar a taxa de infiltração da água no solo, favorecendo assim o aumento da oferta de água na bacia hidrográfica; redução nos níveis de poluição difusa, principalmente aqueles

oriundos dos processos de erosão, eutrofização e sedimentação; difusão dos conceitos de manejo integrado de solo e água e da preservação e recuperação de florestas nativas são alguns dos objetivos secundários do programa (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA, 2009a). Outro aspecto importante do projeto é a aplicação do modelo *provedor-pagador*, que possui uma eficiência e eficácia maior no controle da erosão e da poluição difusa, quando comparado com o modelo tradicional *usuário-pagador*.

Em termos práticos, esse projeto ocorre através do incentivo, que se dá por meio de compensação financeira aos agentes de serviços ambientais (produtores individuais, associação de produtores ou comitês de bacias hidrográficas) que de forma comprovada, estiverem contribuindo para a proteção e recuperação de mananciais, e assim gerando benefícios para a bacia e a população como um todo (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA, 2009a).

Já existem algumas experiências desse projeto que já foram implantadas e outras que estão em fase de implantação no Brasil. O exemplo da cidade de Nova York é o mais notório que se tem da aplicação desse sistema.

No Brasil, a cidade de Extrema, que fica localizada no sudoeste do estado de Minas Gerais, a uma altitude de 973 metros, implantou o projeto Conservador das Águas, na bacia hidrográfica do rio Jaguari, rio esse que contribui com uma grande parcela de água que compõem o Sistema Cantareira. Para se ter uma idéia do alcance do projeto, o sistema Cantareira é um dos maiores sistemas produtores de água do mundo. É composto por seis represas, em diferentes níveis e que estão interligadas por 48 quilômetros de túneis. Toda essa água é levada a ETA do Guaraú, onde são produzidos 33 mil litros de água por segundo para abastecer cerca de 8,8 milhões de pessoas da Região Metropolitana de São Paulo (COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, [200-?]).

Os produtores rurais da cidade de Extrema - MG recebem compensação financeira por buscar, desenvolver e implantar ações que preservem os recursos hídricos em suas propriedades. Os objetivos do projeto são: a) aumentar a cobertura vegetal nas sub-bacias hidrográficas e implantar micro-corredores ecológicos, b) diminuir os níveis de poluição rural difusa, decorrentes dos processos de eutrofização e sedimentação e da ausência de saneamento ambiental, c) difundir o conceito de manejo integrado de solo, vegetação e água da bacia hidrográfica do rio Jaguari, e garantir a sustentabilidade sócio-econômica e ambiental dos manejos e

práticas implantadas, por meio de serviços ambientais (incentivo financeiro) aos proprietários rurais (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA, 2009b)

A cidade de Nova York consome água captada na cidade de Catskill, que fica localizada a 200 km de distância, numa altitude de 1200 metros, em direção ao Canadá. Há dezenove anos os habitantes da cidade pagam por serviços ambientais prestados pelos proprietários rurais residentes em Catskill. Os benefícios para os novaiorquinos é poder consumir água potável, que passa somente por um processo de filtração e diretamente da torneira (MELLO, 2009).

3.5.2 SÉRIE ISO 24500

A aplicação de metodologias para avaliação de desempenho, que inclui o uso de indicadores de desempenho, vem se tornando uma ferramenta fundamental para as empresas responsáveis pelo abastecimento de água, que tem como missão a prestação de serviço de boa qualidade e que utilize, de forma mais eficiente possível, os recursos tecnológicos, humanos, ambientais e financeiros disponíveis. Essa metodologia que permite uma auto-avaliação do sistema serve para definir quais ações devem ser priorizadas dentro da empresa, assim como a avaliação dessas mesmas ações. A adoção dessa metodologia passa a ser uma vantagem para a empresa, à medida que, pode servir para demonstrar o nível de serviço prestado junto a entidades que represente os consumidores, a outras empresas do setor, a entidades financiadoras de projetos e entidades reguladoras (VIEIRA, 2008).

Como exemplo de aplicação dessa metodologia, pode-se citar o estudo feito pelo autor citado do parágrafo anterior, que adotou o sistema de indicadores de desempenho da International Water Association (IWA) e os princípios estabelecidos nas normas da série ISO 24500.

O surgimento do mercado globalizado, fez com que a International Organization Standardization (ISO), elaborasse de forma transparente e padronizada, normas que representassem um referencial único a ser aceito e utilizado, pelos países integrantes da ISO, no tocante a gestão e garantia da qualidade de seus processos produtivos. No Brasil, em 1990, as normas da série ISO 9000, foram adotadas com o nome de NB 9000 e NBR 19000, pela Associação Brasileira de

Normas Técnicas (ABNT) pelo Instituto Brasileiro de Normas Técnicas e Qualidade Industrial (INMETRO), respectivamente. A série ISO 9000, aborda o conceito de qualidade e estabelece as principais diretrizes a serem usadas pelos sistemas da qualidade das empresas, demonstrando assim como uma empresa pode estabelecer documentar e manter um sistema de qualidade que seja realmente efetivo e economicamente viável para a organização empresarial (COELHO, 2001).

A série ISO 24500, publicadas em dezembro 2007, é uma norma de aplicação voluntária e contém recomendações sobre as atividades relacionadas aos serviços de abastecimento de água e de gestão de águas residuárias.

É composta por três normas:

- ISO 24510, contém recomendações para avaliação do desempenho e melhorias dos serviços oferecidos pelos usuários.

- ISO 24511, contém recomendações para a gestão e avaliação do desempenho das empresas responsáveis pela gestão das águas residuárias.

- ISO 24512, contém recomendações para a gestão e avaliação do desempenho dos serviços prestados pelas empresas responsáveis pelo abastecimento de água.

As informações a seguir foram retiradas da série ISO 24512.

A norma fornece as orientações para a gestão e avaliação dos serviços de água potável e a qualidade desses serviços.

Estabelece os principais objetivos e as possíveis ações que a empresa dever adotar para alcançar os mesmos. São objetivos das empresas:

- a) Proteção da saúde pública.
- b) Manutenção dos serviços em situação normal ou de emergência.
- c) Sustentabilidade da empresa
- d) Promoção do desenvolvimento sustentável da comunidade.
- e) Proteção do meio ambiente.

Outro aspecto importante é o uso de indicadores de desempenho, que são usados para medir a eficácia e eficiência da empresa em atender aos objetivos estabelecidos na norma.

3.6 PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA

A aplicação de ferramentas de avaliação e gerenciamento de riscos, aplicados de forma ampla e integrada em todo o processo de produção, é a maneira mais efetiva de garantir a qualidade e segurança da água destinada ao consumo humano. (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004).

O *Guidelines for drinking-water quality*, editado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), e a *Bonn Charter for Safe Drinking Water*, editada pelo International Water Association (IWA), são publicações que possuem orientações técnicas para que as empresas responsáveis pela produção e distribuição de água, possam buscar a melhoria efetiva e constante da qualidade da água e garantir o fornecimento de um produto seguro aos consumidores.

No primeiro volume da terceira edição do *Guidelines for drinking-water quality*, publicado pela OMS em setembro de 2006, é enfatizada a implantação de uma estrutura para garantir a segurança da água potável. Essa estrutura tem como base uma metodologia de avaliação e gestão de riscos, sendo composta por cinco etapas primordiais assinaladas por Vieira (2005) e descritas a seguir:

- a) Estabelecimento de parâmetros para a qualidade da água distribuída, com objetivo de promover e manter a saúde pública.
- b) Efetuar uma avaliação de todo o sistema de produção de água potável, de forma abrangente, desde a captação até chegada na torneira do consumidor, para se constatar que todo o sistema é capaz de produzir e distribuir um produto que seja seguro, tenha qualidade e atenda aos padrões estabelecidos pela legislação vigente para o setor.
- c) Fazer a identificação e avaliação dos riscos do processo de produção, para que se possam estabelecer as medidas de controle desses riscos, de modo a se alcançar os objetivos de qualidade e promoção da saúde pública.
- d) Descrição das ações que devem ser tomadas, durante os procedimentos de rotina, como também no caso de caráter excepcional, além de documentar e avaliar a monitorização do sistema.
- e) Um sistema independente de vigilância deve fazer o acompanhamento do desempenho do responsável pela produção e distribuição do produto. Uma entidade reguladora pode desempenhar esse papel.

Estes cinco componentes compõem a (Figura 1).

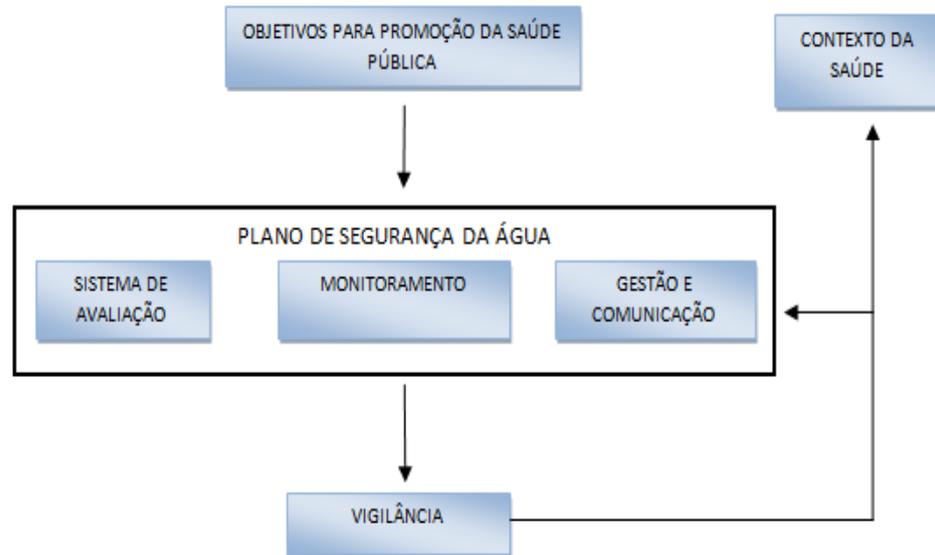


Figura 01 - Estrutura de referência para garantir a segurança da água.
Fonte: Vieira (2005)

No que se refere à primeira etapa, é de competência do Ministério da Saúde, de acordo com o decreto nº 79.367 de nove de março de 1977, a elaboração de normas e estabelecimento de padrão de potabilidade de água, a serem observados em todo o território nacional. Atualmente está em vigor a portaria nº 518 do Ministério da Saúde, de 25 de março de 2004 que estabelece o padrão de potabilidade para a água destinada ao consumo humano e os respectivos procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade dessa água.

No que tange a última etapa, no Brasil, a portaria nº 518 de 25 de março de 2004, no capítulo III, seção I, no artigo 5º afirma que:

[...] por intermédio da Secretaria Vigilância Sanitária, o Ministério a Saúde tem o dever e a obrigação de promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água, em articulação com as Secretarias de Saúde dos Estados e do Distrito Federal e com os responsáveis pelo controle de qualidade, nos termos da legislação do SUS (BRASIL, 2004a).

A título de ilustração, em Portugal o Instituto Regulador de Água e Resíduos Sólidos (IRAR) é a entidade reguladora não só para o de abastecimento público de água, como também para o saneamento de águas residuárias urbanas e a gestão de resíduos sólidos urbanos (VIEIRA, 2005)

As três etapas restantes correspondem ao plano de gestão de riscos o qual se chama Plano de Segurança da Água (PSA) para consumo humano e que estão destacadas na (Figura 1).

A Bonn Charter for Safe Drinking Water, é o resultado de um workshop, que ocorreu na cidade de Bonn, Alemanha em outubro de 2001 e que estavam envolvidos vários profissionais de diversas áreas ligados a produção de água. A Carta propõe um enquadramento que pode ser utilizado pelos responsáveis pela produção e abastecimento de água, como uma base, para que possa garantir um abastecimento seguro de água para consumo humano, tendo a clareza de que devem ser respeitadas as características de cada processo de produção. Esse documento deixa claro que dentro do contexto da gestão do ciclo da água, e que se deve estruturar a gestão de todo o processo de produção e abastecimento, que inclua, porém não sendo um limitador: i) a gestão das reservas hídricas, incluindo quando necessário o aumento dessas reservas, ii) a gestão das atividades das práticas agrícolas e o desenvolvimento humano, na bacia hidrográfica, iii) a coleta e o tratamento das águas residuárias (INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION, 2001).

3.7 METODOLOGIA APPCC

A elaboração do PSA está baseada na aplicação da metodologia de identificação e avaliação de riscos. Na última edição do *Guidelines for drinking-water quality* da OMS, fica evidente o uso da metodologia HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), como a ferramenta para formulação do PSA.

A necessidade de produção de alimentos com a garantia de estarem isentos de microrganismos patogênicos, toxinas, produtos químicos e agentes físicos, para serem utilizados nos primeiros vôos tripulados, nos anos 60 do século passado, pela NASA (National Aeronautics and Space Administration), levou a empresa Pillsbury

Company e a Army Natick Research and Development Laboratories a desenvolver o sistema HACCP ou APPCC (*Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle*) (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1995).

Este sistema possui um caráter preventivo, baseado na aplicação de conhecimentos técnicos científicos, usados na produção e manipulação de alimentos, desde a sua origem no campo até a chegada ao consumidor final. A utilização do sistema ocorre através da aplicação sistemática e metódica dos conhecimentos científicos e tecnológicos para planejar, estabelecer controle e documentar a produção segura de alimentos (ALMEIDA, 1998).

Esse mesmo autor afirma que o APPCC abrange todos os fatores que possam oferecer riscos e os potenciais perigos, que podem ser de natureza biológica, física ou química, capazes de afetar a inocuidade do alimento e que ocorram de forma natural no alimento, no ambiente ou por falhas no processo de fabricação. Dos três perigos, o que causa maiores danos a saúde pública é o perigo de natureza biológica, pois um produto, suco pronto para beber, por exemplo, contaminado com *Salmonella*, poderá afetar, num curto espaço de tempo, a saúde de centenas ou milhares de consumidores.

A produção de alimentos inócuos se dá através da adoção de práticas de prevenção, redução ou eliminação dos perigos que possam estar associados ao seu consumo. Fica claro que o conceito básico do APPCC é a prevenção ao longo do processo de produção e não somente a inspeção do produto pronto para ser distribuído ou acabado. A metodologia APPCC, permite uma abordagem sistemática, identificando os perigos e avaliando a probabilidade da sua ocorrência durante a fabricação, distribuição ou o uso do produto, assim como, definir medidas para controlá-los (INTERNATIONAL LIFE SCIENCE INSTITUTE, 1997).

Desta forma os perigos a que está sujeito o processo de produção de qualquer alimento, pode ser eliminado ou minimizado através de medidas preventivas, durante todas as etapas do processo produtivo, fazendo com que a qualidade do produto seja “criada” e monitorada ao longo do processo e não somente, no produto final. Isso é alcançado através de uma sequência de barreiras que permitem a avaliação dessa qualidade, ao contrário do que acontece na metodologia de avaliação do produto acabado (ALMEIDA, 1998).

Alguns autores ressaltam a importância dessa metodologia na produção de alimentos seguros, como Kvenberg et al. (2000), afirmando que é reconhecida

internacionalmente como o melhor método de garantia de segurança de produtos alimentícios, pois permite a identificação dos riscos específicos e medidas preventivas para o seu controle.

Para Mossel e Strijk (2004), o sistema APPCC, é fundamentado na detecção de pontos de atenção e/ou pontos críticos de controle, no monitoramento dos mesmos e nas intervenções necessárias, quando os parâmetros que são utilizados para avaliar a qualidade no processo produtivo, são diferentes do que foi especificado, antes que o produto acabado seja distribuído.

Após ser citado pela Comissão do *Codex Alimentarius*, o APPCC passou a ser a referência para as exigências, em nível internacional, de inocuidade alimentar.

No Brasil, a Portaria nº 1.428/MS, de 26 de novembro de 1993 (BRASIL, 1993), em seu anexo, cita a metodologia APPCC, como meio de avaliar a eficácia e efetividade dos processos, meios e instalações, assim como dos controles utilizados na produção, armazenamento, transporte, distribuição, comercialização e consumo de alimentos, visando a proteção da saúde do consumidor.

A apresentação oficial desse conceito ocorreu no início dos anos 70, de lá prá cá, vem cada vez mais sendo empregado na indústria. No início era composto por apenas três princípios, mas a partir de 1987 o National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods (NACMCF) acrescentou mais quatro.

3.7.1 Etapas para implantação do sistema APPCC

A sequência recomendada pelo “Codex Alimentarius”, para implantação da metodologia compreende a formação de uma equipe multidisciplinar, a descrição do produto e sua identificação de uso, a elaboração do fluxograma do processo e a confirmação *in loco* das etapas descritas no fluxograma. Esse conjunto de três etapas corresponde à fase preliminar da implantação, e que antecede a aplicação dos sete princípios que fundamentam a metodologia e que será visto a seguir.

- **Princípio 1 - Análise de perigos e identificação das medidas preventivas**

Primeiramente, se faz necessário definir o que venha a ser perigo. Para (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002) perigo, são agentes de natureza biológica, física ou química, ou uma condição do alimento, com potencial de provocar um efeito adverso a saúde, ou agredir a integridade física do consumidor.

A mesma norma define análise de perigos, como um procedimento que visa avaliar as informações coletadas sobre os perigos e condições que conduzam à sua ocorrência, severidade ou riscos que estes perigos ofereçam à saúde e integridade física do consumidor.

A equipe de implantação da APPCC deve considerar todos os perigos em potencial, inerentes a cada etapa do processo, tendo como base a experiência dos membros da equipe e nas informações de saúde pública que envolve o produto (FIGUEIREDO; O. NETO, 2001).

Para Ribeiro-Furtini e Abreu (2006), os perigos são identificados, com o auxílio do histórico dos produtos, consultas bibliográficas, entre outros recursos, focando a atenção aos fatores, de qualquer natureza, que possam representar perigo. São avaliadas todas as etapas, matérias-primas e ingredientes usados na composição do produto e quando não é possível eliminar, prevenir, ou reduzir o perigo, por meio de medidas preventivas, alterações no fluxograma deverão ser realizadas.

Almeida (1998), afirma que o critério para atribuir importância a cada fator, devem ser o risco e a severidade. O risco é definido como uma estimativa do potencial de agressão a saúde. Já a avaliação de um risco deve ter como base a união da experiência, da informação epidemiológica e aquela que esteja disponível nos meios científicos, sobre a severidade e a gravidade resultante para a saúde do consumidor

Ainda para Almeida (1998), a associação da análise de perigos com identificação das medidas preventivas contempla três propósitos. O primeiro deles é a identificação dos perigos de elevado grau de importância e suas respectivas medidas corretivas. O segundo é uma possível melhoria nas etapas do processamento no sentido de se produzir um alimento com maior grau de segurança. O terceiro é que a avaliação dos perigos é a base para determinação dos pontos críticos de controle. O mesmo autor recomenda que ao término da análise de todos os perigos importantes, os mesmos devem ser identificados no

diagrama de fluxo, juntamente com as respectivas medidas preventivas, pois tal procedimento irá ser útil na aplicação do próximo princípio.

- **Princípio 2 – Determinação dos pontos críticos de controle**

Para iniciar esta etapa, é importante que se tenha uma relação mais completa possível de todos os perigos, suas causas e respectivas ações preventivas.

Vaz, Moreira e Hogg (2000) define ponto crítico de controle (PCC) como um ponto, procedimento, etapa ou operação, no qual medidas de controle devem ser aplicadas e que são essenciais, para prevenir ou eliminar um perigo que esteja relacionado com a inocuidade dos alimentos ou para reduzi-lo a níveis aceitáveis. Por exemplo, num processo no quais valores específicos de tempo e temperatura, são necessários para destruir determinado tipo de microrganismos indesejável, essa etapa é um exemplo de ponto crítico de controle.

Com as informações coletadas, após a aplicação do primeiro princípio e com o auxílio da “árvore de decisão”, (Figura 02), procede-se a identificação dos pontos críticos de controle. Estes estão presentes em qualquer etapa do processo, onde os perigos, com possibilidade real de ocorrência, devem ser eliminados, reduzidos ou prevenidos a níveis aceitáveis e, portanto devem ser monitorados de forma bastante sistemática e imperativa.

Na pesquisa realizada por Braga (2007), é feita uma distinção teórica e prática entre PCC e pontos críticos de atenção (PCA). Teoricamente PCA são definidos como atividades, pontos, locais ou fatores que também necessitam ser submetidos a controle, porém de forma menos sistemática e imperativa. Na prática a distinção é feita na forma de como se dá à operacionalização de seu monitoramento. Um PCC deve ser monitorado *on-line*, isto numa situação ideal, pois assim as ações corretivas podem ser tomadas de forma rápida e imediata. Os PCA seriam aqueles em que as análises não são de resultados imediatos.

Um exemplo de um PCC é o controle da concentração do cloro residual na água, após passar pela etapa de desinfecção. Esse controle pode ser feito com o uso de equipamentos que medem a concentração do desinfetante de forma automática e contínua. Como exemplo de PCA é a determinação da concentração de metais pesados e agrotóxicos na água tratada, análises essas de custo financeiro

elevado, ou então as análises microbiológicas, que não fornecem resultados rápidos, quando comparada com algumas análises físico-químicas utilizada na ETA.

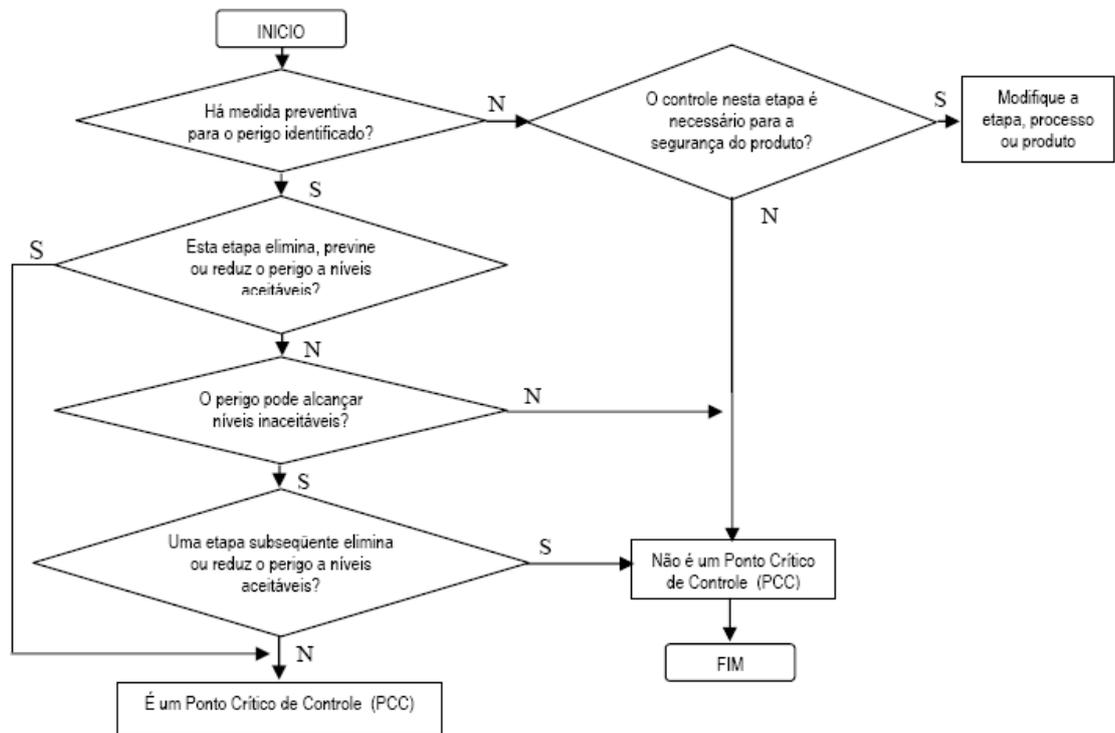


Figura 02 - Exemplo de árvore decisória.
 Fonte: IMAFES (1997) *apud* SOUSA (2008).

- **Princípio 3 – Estabelecimento de limites críticos e medidas preventivas em todos os PCC**

Para cada um dos PCC, caberá uma ou mais medidas preventivas e para cada medida preventiva estará associado um limite crítico, que é o critério que distingue se um produto será aceito ou não em termos de segurança. Até o limite crítico todos os PCC podem sofrer variações, sem que isso venha afetar a segurança do produto e que se perca o controle sobre ele (VIEIRA, 2005).

O limite crítico deve ser um parâmetro possível de ser quantificado. Portanto medição de temperatura, pH, teor de umidade, de açúcar, acidez titulável, cloro residual, entre outros, são parâmetros que podem ser utilizado para esse fim (FORSYTHE, 2002 *apud* BRUM, 2004).

- **Princípio 4 – Estabelecimento dos procedimentos de monitoramento**

Fazer medições ou observações de forma programada de um PCC, tendo como base os seus limites críticos, é colocar em prática o processo de monitoramento dos PCC. Esse procedimento permite saber se um PCC está sob controle e se os critérios estabelecidos estão sendo alcançados. Segundo Almeida (1998), os testes e análises, que não podem ser monitorados em tempo real, como por exemplo, análises microbiológicas, não são os mais apropriados para o monitoramento, pois não favorece as correções rápidas, que o processo de produção requer. Por isso os testes físico-químicos são mais utilizados no monitoramento, como: observações visuais, temperatura, tempo, pH e umidade. A indústria deve buscar o método e a frequência do monitoramento que mais se adapta ao seu processo de produção, tendo como finalidade bastante clara que se deverá obter um registro confiável e preciso de todos os PCC.

O mesmo autor afirma que o monitoramento é usado para se atingir três objetivos principais: a) garantir a produção de um alimento inócuo, pois são através dele que se pode seguir todos os passos das operações, b) é fundamental para determinar quando se perde o controle e ocorre desvio num PCC, c) propicia a documentação escrita, que será útil durante a verificação do plano de APPCC.

- **Princípio 5 – Estabelecer as ações corretivas**

As ações corretivas descrevem o que deve ser feito, caso ocorra algum distanciamento dos limites críticos estabelecidos. Um plano de ações corretivas devem levar em conta: a ação a tomar de imediato, quem deve ser informado e o tipo de relatório a ser feito, o que fazer com o produto que foi produzido e não está em conformidade, investigar sobre a possível causa do problema e como pode ser evitado e quem assume a responsabilidade da decisão tomada (VAZ, 2000).

- **Princípio 6 – Estabelecer procedimentos de verificação**

A verificação compreende a utilização de procedimentos, que são acrescentados aos procedimentos de monitorização e que podem incluir, por exemplo, análises microbiológicas tradicionais que, apesar de demoradas, são mais seguras e

possuem respaldo da legislação. Esta ação deverá ser conduzida rotineiramente ou aleatoriamente para assegurar que os PCCs estão sob controle e que o plano APPCC é cumprido. A verificação permite também, avaliar se algumas determinações estão sendo muito rigorosas fora da realidade ou desnecessárias (RIBEIRO-FURTINI, 2006).

- **Princípio 7 – Estabelecer documentação e manter registros**

Os procedimentos do sistema APPCC, devem ser documentados e arquivados, para que se possa comprovar a produção segura do produto e quais as correções que têm sido usadas para trazer a normalidade, qualquer desvio dos limites críticos. . Podem ser considerados, como exemplos de registros, as atividades de monitoramento dos PCCs, desvios e ações corretivas associadas e modificações do sistema APPCC (FORSYTHE, 2002 apud BRUM, 2004).

3.8 METODOLOGIA APPCC APLICADA À PRODUÇÃO DE ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO

Antes da recomendação da OMS para implantação de metodologia de avaliação e gestão de riscos para a produção de água, Havelaar (1994), numa iniciativa inédita, discutiu a adequação do sistema APPCC, a produção de água, tendo como foco maior os perigos representados pelos microrganismos patogênicos.

Desde então, aplicações dessa metodologia, vem sendo postos em prática, principalmente no exterior, como por exemplo: Damikouka, Katsiri e Tzia (2007), Howard (2003), Hellier (2000) e Khaniki, Mahdavi e Mohebbi (2009).

No Brasil, ainda são poucas as experiências de aplicação, uma delas é o estudo realizado por Braga (2007), que aplicou a metodologia no sistema de abastecimento de água da UFV. Outra experiência é a implantação do plano de segurança da água no SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) de Viçosa – MG.

A aplicação dessa metodologia, na produção de água deve levar em conta as particularidades inerentes a esse processo de produção. Hellier (2000) cita quatro diferenças importantes entre a produção de água e outros processos de produção de alimentos:

- I) Uma variedade grande de possíveis perigos que podem estar presente na água aduzida a ETA, causados principalmente pelos mais variados usos da bacia hidrográfica.
- II) O processo de produção e distribuição, na maioria das vezes é contínuo.
- III) O freqüente uso de telemetria, no monitoramento e operações do processo de produção.
- IV) A extensa e complexa rede de distribuição do produto.

3.9 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA APPCC NA ELABORAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA

Vieira (2005) sugere cinco passos a serem seguidos para elaboração do Plano de Segurança da Água, que são: 1º) etapa preliminar, 2º) avaliação do sistema, 3º) monitoramento operacional, 4º) planos de gestão, 5º) validação e verificação do plano de segurança da água. Cada passo inclui um conjunto de ações a serem desenvolvidas e que serão descritas a seguir.

3.9.1 Etapa preliminar

A formação da equipe, a descrição do sistema de abastecimento e elaboração do fluxograma do processo de produção e sua validação, são as ações pertinentes a essa etapa.

Compor a equipe para gerenciar a implantação do plano é o primeiro passo a ser dado para a sua elaboração, pois, cabe a essa equipe, o planejamento, o desenvolvimento, o controle e a execução do plano. Seus membros devem ter

capacidade profissional suficiente para o bom desempenho das atividades, assim como experiência relacionada com a segurança da água (VIEIRA, 2005). Davison e Deere (2007), afirma que é vital para o sucesso da implantação de um plano de segurança da água, a formação de uma equipe dinâmica e que seja composta por técnicos de várias áreas ligados ao processo de produção de água. De forma geral, a equipe poderá ser composta por profissionais da área administrativa, engenheiros, projetistas de ETA, técnicos responsáveis pelo controle de qualidade da água (biólogos e químicos) e operadores da ETA, pois estes atuam diretamente no dia a dia da produção.

No estudo realizado por Hellier (2000), ele compôs uma equipe que incluiu operadores de ETA, microbiologistas, químicos, técnicos em tratamento de água e recursos hídricos. Outro exemplo é o da equipe formada para a implantação do plano, na cidade de Austin, nos EUA. Faziam parte dessa equipe um gerente de qualidade da água, o supervisor do laboratório de água, o superintendente de obras, um engenheiro, um fiscal de infra-estrutura, e do assistente do diretor responsável pelo tratamento (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006).

A descrição do sistema de abastecimento (Figura 03) deverá fazer uma radiografia, por assim dizer, de todo o sistema de produção no qual se encontra e que inclua informações do tipo: se a captação é superficial ou subterrânea, o tipo de tratamento, se suas etapas possuem pré-cloração, os produtos químicos utilizados, e uma planta do sistema de distribuição (VIEIRA, 2005).

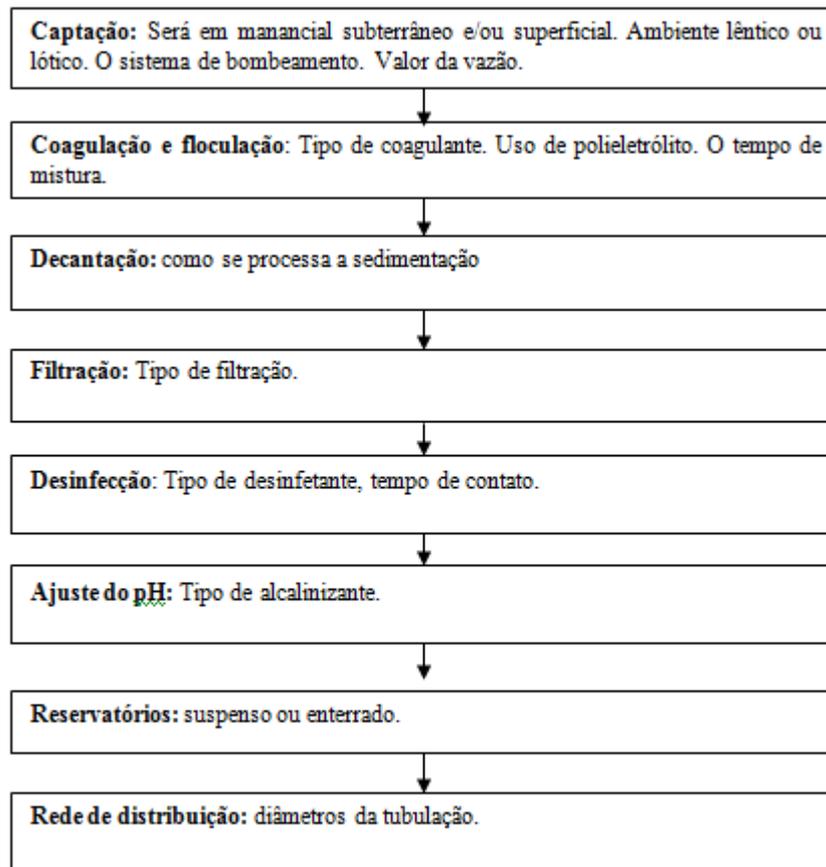


Figura 03 – Exemplo de descrição do sistema.
 Fonte: Adaptado de VIEIRA (2005).

A finalidade do fluxograma é fornecer uma ampla e completa compreensão de todas as etapas do tratamento, mostrando as fontes de água, os detalhes do tratamento, armazenamento e distribuição aos consumidores (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006).

Havelaar (1994), numa atitude pioneira, propôs um fluxograma generalizado, (Fluxograma 01), da produção de água, considerando três fontes para captação de água bruta (manancial subterrâneo, manancial superficial e manancial superficial de filtração em margem).

Damikouka, Katsiri e Tzia (2007) aplicando a metodologia APPCC para a ETA de Aspropyrgo - Grécia elaborou o fluxograma de produção, (Fluxograma 03), adequado à captação de água que utiliza um manancial com características de ambiente lótico, no caso, Lago Mornos.

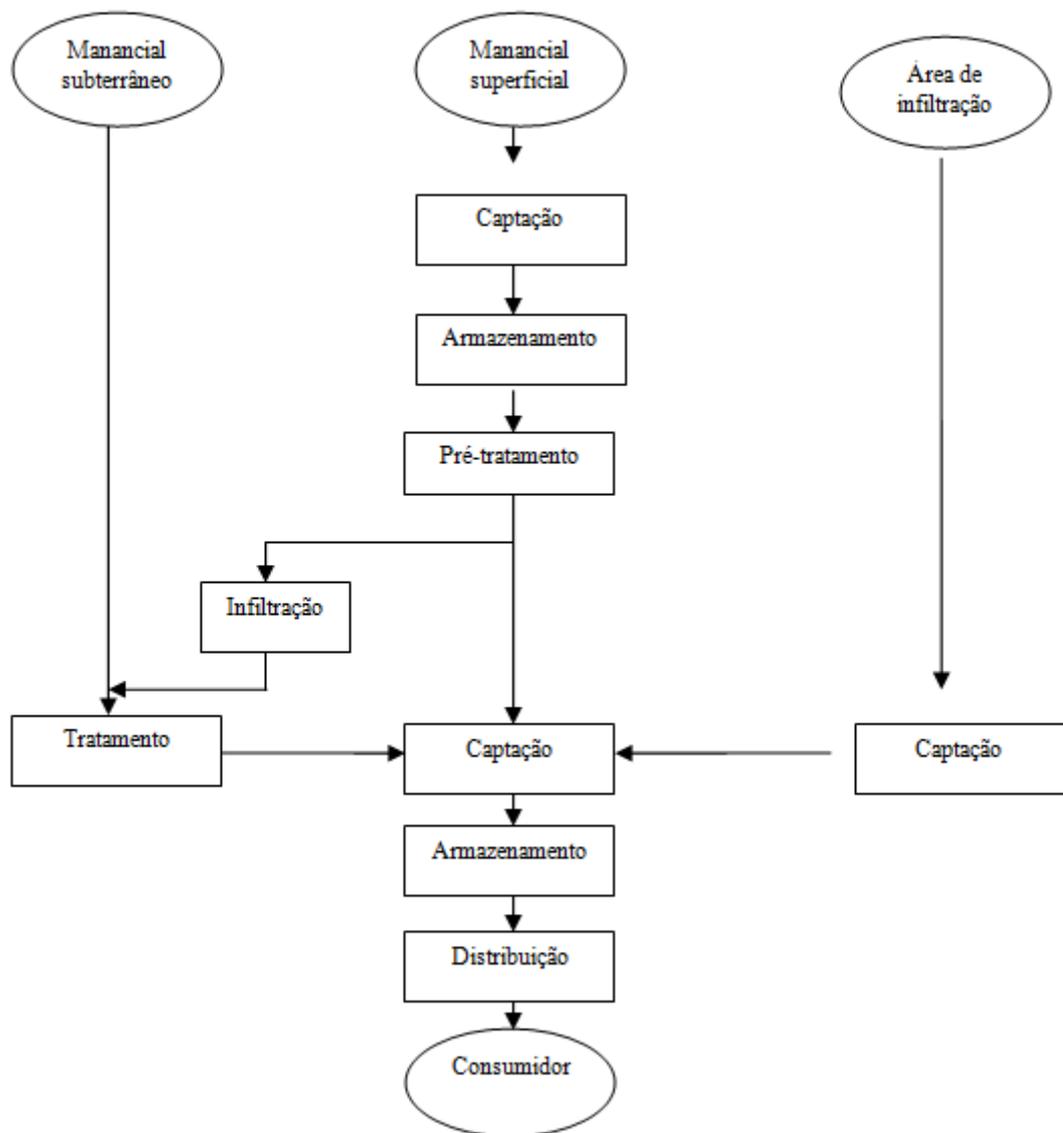
Khaniki, Mahdavi e Mohebbi (2009) elaborou o fluxograma (Fluxograma 04) para o sistema de produção de água, responsável pelo abastecimento da cidade de

Germi, situada no Irã, que tem como fonte de água bruta a barragem de Gilarloo. Manancial esse que apresentou matéria orgânica, algas (Diatomáceas), protozoários, rotíferos e crustáceos. Além da uma elevada concentração de fósforo (P) e sulfato (SO_4^{-2}), provavelmente oriundos do lançamento contínuo de efluentes domésticos e de áreas agricultáveis, através de poluição difusa.

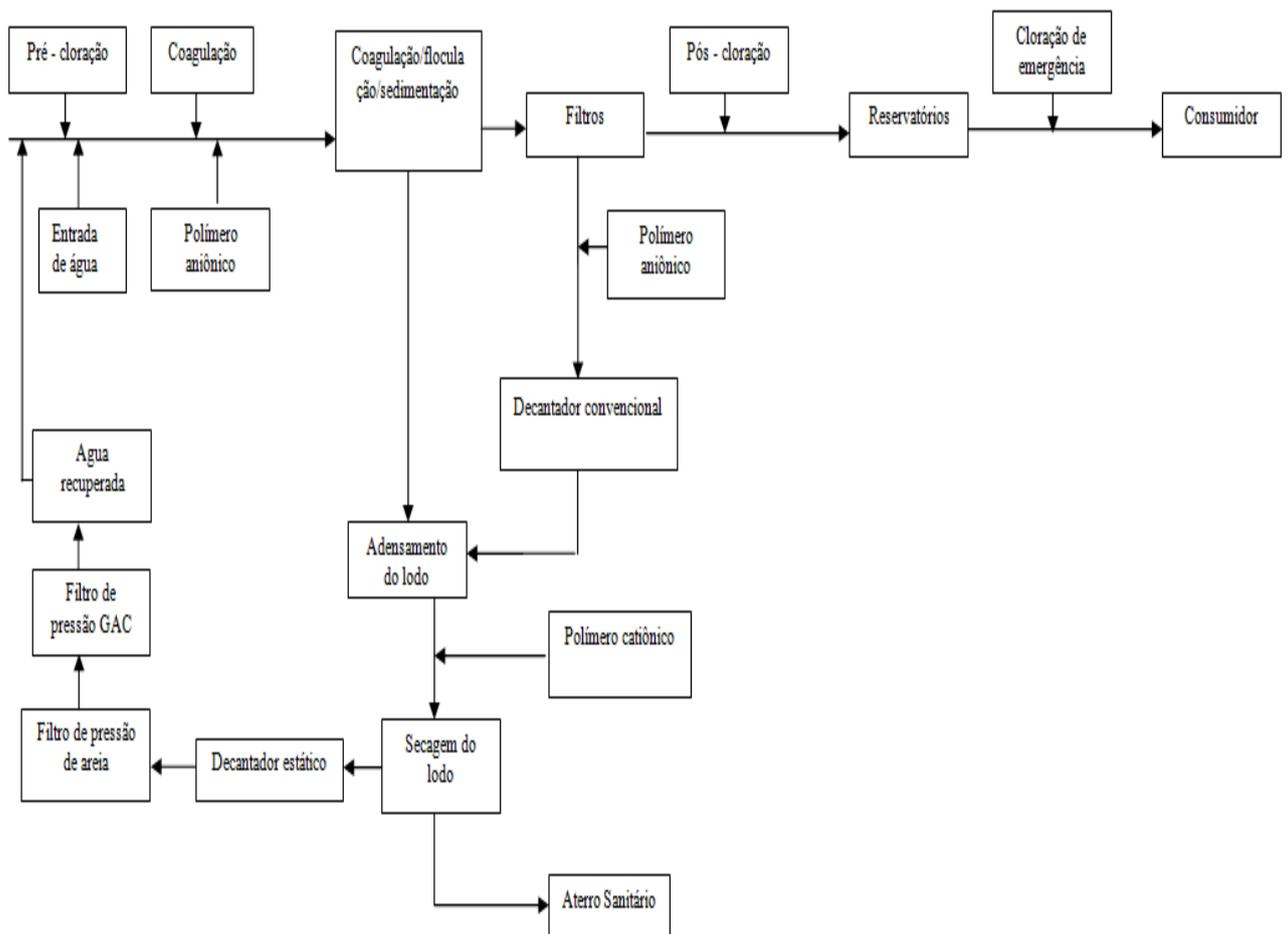
Um exemplo bastante interessante é o de Dewettinck et al. (2001), que elaborou o fluxograma (Fluxograma 05) de produção de água, que tem como fonte de água bruta um aquífero, que é recarregado com efluente da ETE local, com posterior tratamento, que utiliza microfiltração, osmose reversa e radiação ultra violeta.

No Brasil, Braga (2007), construiu o fluxograma (Figura 8) para o sistema de produção de água que abastece a Universidade Federal de Viçosa, MG. Esse sistema possui um manancial desprotegido, com áreas de ocupação urbanas e de atividades agropecuárias e sinais nítidos de eutrofização nos dois reservatórios de acumulação, à montante do ponto de captação.

Os exemplos revelam que para cada realidade, devem ser feitas as devidas adequações, apesar de que, haverá etapas do processo de produção que serão bastante semelhantes.

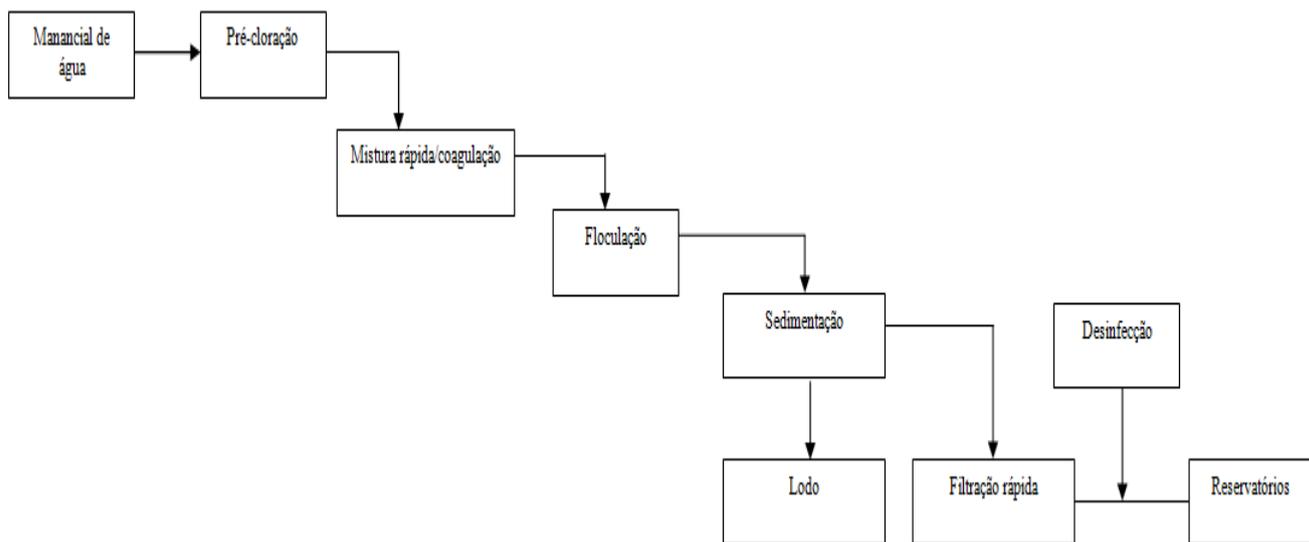


Fluxograma 01 - Fluxograma genérico proposto por Havelaar (1994).
 Fonte: Havelaar (1994).

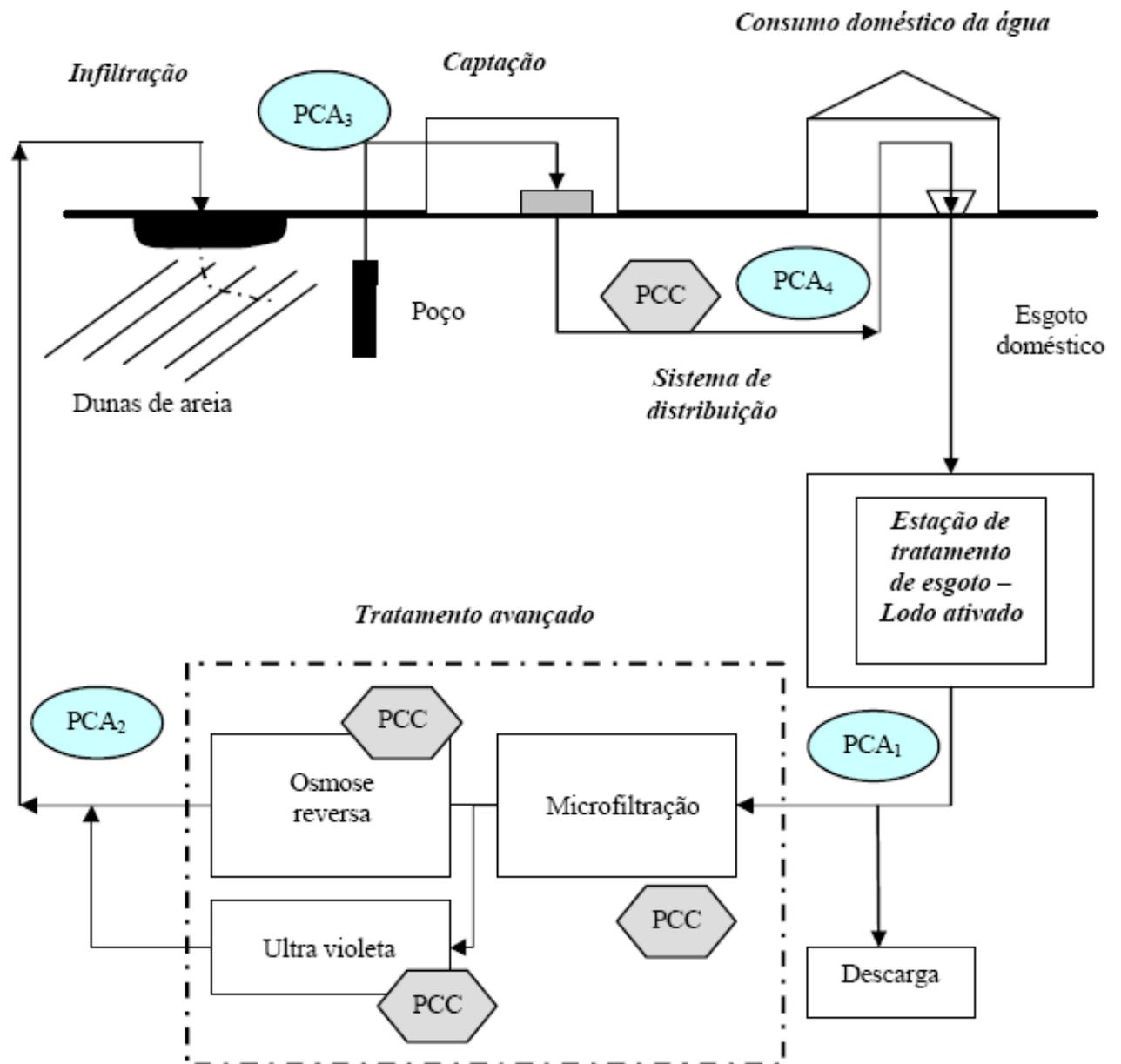


Fluxograma 02 - Fluxograma elaborado por Damikouka, Katsiri e Tzia (2007)

Fonte: Damikouka, Katsiri e Tzia (2007).



Fluxograma 03 - Fluxograma da ETA de Germe, Iran.
Fonte: Khaniki (2009)



Fluxograma 04 - Fluxograma, no qual constam os PCC e PCA, elaborado por Dewettinck et al. (2001)
 Fonte: BRAGA (2007).



Fluxograma 05 – Fluxograma de produção e distribuição de água para o consumo humano, do SAA-UFV.

Fonte: Braga (2007).

Pronto o fluxograma, o passo seguinte é a checagem *in loco* para verificar se nenhuma etapa do processo de produção deixou de ser registrada, ou seja, se o fluxograma é realmente fiel ao processo de tratamento, resultando na validação do mesmo. Validação essa, que ficará a cargo da equipe de implantação, pois é com o auxílio do fluxograma que irá se basear os próximos passos da elaboração e

implantação do plano de segurança da água (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006).

3.9.2 Avaliação do sistema

A primeira ação desse passo é a identificação dos perigos. A análise do fluxograma, elaborado e validado pela equipe de implantação do plano e o conhecimento do funcionamento do sistema de produção, são fundamentais para a realização dessa ação. Devem ser considerados todos os agentes físicos, químicos, biológicos e radiológicos assim como as condições, que possam contribuir para interferir de forma negativa na qualidade da água ao longo de todo processo de produção e distribuição.

Em termos de perigo microbiológico, Havelaar (1994) relata três situações, que contribuem para perda da qualidade da água:

- i) Introdução de uma variedade grande de microrganismos patogênicos, através da poluição do manancial, principalmente por excrementos humanos e de animais, que dessa forma introduzem na água uma enorme variedade de oocistos, protozoários, vírus e bactérias
- ii) A realização de reparos na rede, que pode recontaminar a água tratada no sistema de distribuição, assim como retro-sifonagem, queda de pressão, fissuras, rupturas e vazamentos. A existência de ventilação nos reservatórios de armazenamento de água pode colaborar com a ocorrência de contaminações também.
- iii) Crescimento de bactérias patogênicas ou de vida-livre na água bruta, ou tratada, estimulada por processos de eutrofização, poluição térmica, etc.

Em se tratando de perigos microbiológicos, o mesmo autor afirma que, cada vez mais se reconhece a necessidade de uma abordagem de barreiras múltiplas, para se alcançar um nível alto de eficiência na remoção e/ou inativação de microrganismos patogênicos. Nessa abordagem, caso uma barreira venha falhar temporariamente, outras poderão compensar essa falha.

No estudo realizado por Vieira (2005), o autor sugere a realização de um levantamento de possíveis fatores capazes de suscitar a ocorrência de perigos, como por exemplo: contaminação acidental ou deliberada, poluição nas fontes, o lançamento de águas residuárias a montante da captação, manutenção de redes de distribuição entre outros.

No manancial de água bruta, os principais perigos são aqueles de natureza biológica ou química, e em menor proporção os de natureza radiológica. De uma maneira geral os poluentes chegam até o manancial em decorrência da contaminação do solo, lançamento de água residuárias e das atividades agropecuária/florestal e eventualmente por derramamento acidental de substâncias química. Sabe-se também que os mananciais superficiais, como é o caso do manancial utilizado neste estudo, estão mais propensos a serem poluídos, quando comparado com os mananciais subterrâneos.

Com relação aos contaminantes químicos presentes nas águas superficiais e subterrâneas a sua maioria esta relacionada às atividades industriais e agrícolas, existindo uma variedade grande de compostos, dentro os quais se destacam os agrotóxicos, os compostos orgânicos voláteis e metais. (HU; KIM, 1994 apud FERNANDES NETO, 2009).

Fernandes Neto e Sarcinelli (2009) afirmam que dois fatores: a intensidade e o não raro consumo indiscriminado, que ocorre no Brasil, fazem com que os agrotóxicos assumam um caráter de destaque, enquanto contaminantes químicos presentes na água. Segundo essa autora, a presença dessas substâncias químicas nos mananciais pode trazer obstáculos para o tratamento, pois a remoção desses contaminantes, eventualmente necessitará de tecnologias mais complexas do que aquelas utilizadas normalmente para a potabilização da água.

No Quadro 5, estão relacionados eventos perigosos e os respectivos perigos associados a eles, que devem ser considerados na avaliação de riscos do manancial, incluindo a bacia hidrográfica como um todo.

EVENTOS PERIGOSOS	PERIGOS	EVENTOS PERIGOSOS	PERIGOS
Lançamentos de resíduos provenientes de cemitério (necrochorume)	Microorganismos patogênicos (bactérias, protozoários e vírus) e substâncias tóxicas (cadaverina e putrescina)	Lançamentos de resíduos de áreas de mineração	Substâncias químicas perigosas
Lixiviados de aterro sanitários, lixões e outros	Microorganismos patogênicos (bactérias, protozoários e vírus) e substâncias químicas perigosas.	Lançamento acidental de produtos químicos	Substâncias químicas perigosas
Descarga de fossas sépticas	Microorganismos patogênicos (bactérias, protozoários e vírus)	Lançamento de águas pluviais e de drenagem urbana	Microorganismos patogênicos (bactérias, protozoários e vírus) e substâncias químicas perigosas.
Lançamento de águas residuárias sem tratamento a montante da captação	Microorganismos patogênicos (bactérias, protozoários e vírus)	Lançamento de material fecal originado de animais selvagem e pecuária	Microorganismos patogênicos (bactérias, protozoários e vírus)
Ambientes lânticos	Tendência a estratificação térmica	Eventos meteorológicos	Risco de inundação; alteração na qualidade da água
Características geológicas do solo	Presença de F, Pb, U,Rn e As	Atividades industriais	Contaminação química e microbiológica (bactérias, protozoários e vírus) e substâncias químicas perigosas.
Transporte ferroviário, aéreo e rodoviário	Pesticidas compostos químicos orgânicos ou inorgânicos	Abatedouros	Microorganismos patogênicos (bactérias, protozoários e vírus) e matéria orgânica.
Atividade de recreação	Microorganismos patogênicos (bactérias, protozoários e vírus)	Múltiplos usos da água	Insuficiência de no fornecimento de água bruta
Armazenamento de água bruta	Tendência a estratificação térmica, crescimento de algas e produção de toxinas	Manancial não confinado	Qualidade da água sujeita a alterações imprevistas

Quadro 05 - Eventos perigosos e perigos que podem ser usados para avaliação de riscos no manancial de água bruta

Fonte: Adaptado de Vieira (2005) e Bartram et al. (2009).

O processo de tratamento da água será dividido nas seguintes etapas: captação, coagulação/floculação/sedimentação, filtração, desinfecção, correção do pH e fluoretação.

O Quadro 6 relaciona os eventos perigosos e perigos a serem considerados. Na avaliação dos riscos na captação de água.

EVENTOS PERIGOSOS	PERIGOS
Redução prolongada do nível do rio, devido à seca prolongada, represamento a montante da captação, entre outros.	Diminuição da quantidade de água disponível para captação.
Enchentes, que impossibilite a captação de água.	Impossibilidade de captação de água para o tratamento.
Chuvas intensas.	Aumento da turbidez e matéria orgânica.
Depredação, vandalismo, sabotagem na captação de água.	Microrganismos patogênicos e substâncias químicas perigosas.
Descargas de efluentes indústrias e domésticos, provenientes de drenagem urbana próxima a captação.	Microrganismos patogênicos (bactérias, protozoários e vírus), substâncias químicas perigosas, metais e hidrocarbonetos.
Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais.	Falta de água
Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais, devidas a catástrofes naturais.	Falta de água

Quadro 06 - Eventos perigosos e perigos que podem ser usados para avaliação de riscos na etapa de captação de água bruta.

Fonte: Adaptado de Vieira (2005).

Damikouka, Katsiri e Tzia (2007), aplicando a metodologia APPCC no processo de produção de água que abastece a cidade de Aspropyrgos, Grécia, enfatizou na sua análise de perigo, os eventos, incidentes ou situações que poderiam introduzir na água contaminantes e a dificuldade de remoção destes. Neste trabalho foram identificados sete pontos, aos quais foram associados perigos. No Quadro 07, são descritos os perigos encontrados em cada etapa.

ETAPAS DO PROCESSO	PERIGOS
Manancial de captação (Lago Mornos)	Microbiológico: crescimento de algas, vírus, bactérias, protozoários. Químico: metais pesados, pesticidas, PHAs, PCBs, solventes e fertilizantes.
Pré-cloração	Químico: Formação de subprodutos da desinfecção, como os THMs.
Coagulação/floculação/desinfecção	Microbiológico: presença de vírus e oocistos de protozoários.
Filtração	Químico: Pouca formação de flocos e remoção de substâncias inorgânicas. Físico: defeitos nos filtros
Pós-cloração	Microbiológico: não eliminação dos microrganismos patogênicos.
Reservação de água	Microbiológico: possibilidade de recontaminação. Químico: formação de THMs
Distribuição	Microbiológico: possibilidade de recontaminação Químico: recontaminação química.

Quadro 07 – Etapas do processo de produção de água de Aspropyrgos e seus respectivos perigos.

Fonte: Adaptado de Damikouka, Katsiri e Tzia (2007).

O manancial de água bruta (barragem de Gilarloo), assim como as etapas de pré-cloração, coagulação, filtração e pós-cloração, foram apontadas como locais de perigos, no estudo de implantação da metodologia APPCC, para o sistema de produção de água da cidade de Germi, Irã, feita por Khaniki, Mahdavi e Mohebbi (2009).

Vieira (2005) relaciona os eventos perigosos e seus respectivos perigos, (Quadro 08), na coagulação/floculação/sedimentação, etapas do processo de tratamento como um todo, e que podem ser usados na aplicação do plano de segurança da água.

EVENTOS PERIGOSOS	PERIGOS
Contaminação do coagulante devido a armazenamento inadequado	Substâncias químicas perigosas
Dosagem incorreta do coagulante	Aumento ou diminuição da partículas e presença de matéria orgânica
Interrupção da dosagem de coagulante por falhas mecânicas, elétricas ou outras situações.	Presença de partículas
Concentração incorreta do coagulante	Matéria orgânica e turbidez
Tempo de contato insuficiente para formação do floco	Matéria orgânica e turbidez
Turbidímetros defeituosos	Avaliação incorreta da turbidez.

Quadro 08 - Eventos perigosos e perigos que podem ser usados para avaliação de riscos na etapa de coagulação/floculação/sedimentação.

Fonte: Adaptado de Vieira (2005).

Na etapa de filtração, os perigos estão relacionados, com a presença de flocos na água e falhas na lavagem dos filtros. No Quadro 09, estão relacionados os eventos perigosos e perigos a serem considerados nesta etapa, tanto para filtração rápida e lenta.

EVENTOS PERIGOSOS	PERIGOS
Controle deficiente da coluna de água sobre o leito filtrante	Matéria orgânica e turbidez
Controle deficiente do tempo de filtragem	Matéria orgânica e turbidez
Lavagem incorreta dos filtros	Matéria orgânica e turbidez
Falhas nos equipamentos de monitorização	Turbidez elevada
Nitrificação deficiente	Nitrogênio amoniacal, nitritos (NO ₂ ⁻), nitratos (NO ₃ ⁻)
Recirculação não controlada de água de lavagens em filtros	Presença de Acrilamida, Alumínio, Ferro e <i>Clostridium perfringens</i>
Filtro biológico ineficiente	Presença de matéria orgânica e Turbidez.

Quadro 09 - Eventos perigosos e perigos que podem ser usados para avaliação de riscos na etapa de filtração rápida ou lenta.

Fonte: Adaptado de Vieira (2005).

Na desinfecção, os eventos e perigos estão relacionados no uso de concentrações incorretas do desinfetante e do tempo de contato desse desinfetante com a água. Serão considerados como desinfetantes, o cloro (Cl_2), dióxido de cloro (ClO_2), ozônio (O_3) e radiação ultravioleta. No Quadro 10, estão relacionados os eventos e perigos relacionados a essa etapa.

EVENTOS PERIGOSOS	PERIGOS
Dosagem incorreta do desinfetante	Microrganismos patogênicos.
Tempo de contato insuficiente da água com o desinfetante	Microrganismos patogênicos.
Interrupção do dosador do desinfetante, por falhas diversas.	Microrganismos patogênicos e matéria orgânica.
Formação de subprodutos	Trihalometanos
Vazamento de O_3 a montante dos difusores.	Microrganismos patogênicos
Distribuição ineficiente de O_3 no tanque de contato por colmatagem parcial dos difusores.	Microrganismos patogênicos
Cor ou turbidez excessivas que inviabilizam a dosagem correta de UV.	Microrganismos patogênicos e matéria orgânica.

Quadro 10 - Eventos perigosos e perigos que podem ser usados para avaliação de riscos na etapa de desinfecção.

Fonte: Adaptado de Vieira (2005).

Na etapa de correção de pH e fluoretação, os perigos mais importantes se referem a dosagem incorreta dos produtos utilizados para tal finalidade e estão relacionados no Quadro 11.

EVENTOS PERIGOSOS	PERIGOS
Contaminação do reagente devido à estocagem incorreta do produto.	Substâncias químicas perigosas
Preparo da solução e dosagem incorreta da água de cal ou de flúor.	pH elevado ou baixo e níveis elevados de flúor.
Interrupção do dosador do desinfetante, por falhas mecânicas, elétricas ou estruturais	pH elevado ou baixo e concentração inadequadas de flúor.

Quadro 11 - Eventos perigosos e perigos que podem ser usados para avaliação de riscos na etapa de pH e fluoretação.

Fonte: Adaptado de Vieira (2005).

Estando o produto dentro dos padrões da legislação vigente, agora segue para a etapa de distribuição. Na rede de distribuição, maior atenção deve ser dada a entrada de contaminantes, de origem física, microbiológica ou química, que possam penetrar na tubulação da rede de distribuição. No Quadro 12 estão relacionados os eventos perigosos e os perigos que devem ser considerados para a rede de distribuição.

EVENTOS PERIGOSOS	PERIGOS
Vazamento de água na tubulação.	Falta de água
Acumulação de material particulado no interior da tubulação.	Microorganismos patogênicos
Ruptura da tubulação.	Entrada de microorganismos patogênicos, substâncias químicas perigosas e aumento da turbidez.
Contaminação cruzada na rede.	Entrada de microorganismos patogênicos, substâncias químicas perigosas e aumento da turbidez.
Entrada de ar devido a pressões negativas e/ou por fluxo inverso de água na tubulação.	Microorganismos patogênicos e aumento da turbidez
Funcionamento intermitente da distribuição	Microorganismos patogênicos e substâncias perigosas
Práticas de limpeza e desinfecção inadequadas durante reparos e substituição de tubulações.	Microorganismos patogênicos e substâncias químicas.
Variações de pressão.	Microorganismos patogênicos e aumento da turbidez
Lixiviação ou corrosão dos materiais de construção que compõem a tubulação.	Substâncias químicas perigosas
Qualquer outro perigo não controlado no tratamento	Conforme identificado no tratamento

Quadro 12- Eventos perigosos e perigos que podem ser usados para avaliação de riscos na rede de distribuição

Fonte: Adaptado de Vieira (2005).

Batram (2009) relaciona os eventos perigosos e perigos associados que podem estar presentes nas instalações hidráulicas dos consumidores, conforme Quadro 13.

EVENTOS PERIGOSOS	PERIGOS
Qualquer perigo não controlado	Conforme identificado no tratamento
Ligações clandestinas de água	Contaminação por refluxo
Tubulação de chumbo	Contaminação por chumbo
Reparo de tubulação de PVC	Contaminação por uso de cola para tubulação de PVC

Quadro 13 – Eventos perigosos e perigos que podem ser usados para avaliação de riscos nas instalações hidráulicas dos consumidores

Fonte: Bartram (2009).

A priorização dos riscos associados a um perigo ou evento perigoso é a próxima ação e servirá como base para se estabelecer as medidas de controle.

Risco pode ser conceituado como o produto da probabilidade de ocorrência de um evento indesejado pelo efeito deletério que ele é capaz de causar numa determinada população (VIEIRA, 2005).

Para a World Health Organization (2004), risco é a probabilidade de ocorrência de um efeito adverso, sob circunstância específica, a um organismo, sistema ou população, em decorrência da exposição a um agente.

A cada perigo, estará associado um risco, e para avaliar esse risco, se utiliza metodologias que indicam a probabilidade desse risco ocorrer e suas consequências para saúde da população. Vieira (2005) elaborou uma Escala de Probabilidade de Ocorrência de Risco, Tabela 14, e uma Escala de Severidade das Conseqüências, Tabela 15, fazendo uma adaptação da World Health Organization (2004).

Tabela 1 - Exemplo de Escala de Probabilidade de Ocorrência de Risco.

PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA	DESCRIÇÃO	PESO
Quase certa	Espera-se que ocorra uma vez no dia	5
Muito provável	Vai acontecer provavelmente uma vez por semana	4
Provável	Vai ocorrer provavelmente uma vez por mês	3
Pouco provável	Pode ocorrer uma vez por ano	2
Raro	Ocorrência e situações excepcionais (1 vez em 10 anos)	1

Fonte: Vieira (2005)

Tabela 02 - Exemplo de Escala de Severidade de Consequências.

SEVERIDADE DAS CONSEQUÊNCIAS	DESCRIÇÃO	PESO
Catastrófica	Letal, para uma parte significativa da população ($\geq 10\%$).	5
Grande	Letal, para uma pequena parte da população ($<10\%$).	4
Moderada	Nocivo para uma parte significativa da população ($\geq 10\%$).	3
Pequena	Nocivo para uma parte significativa da população ($<10\%$).	2
Insignificante	Sem qualquer impacto detectável	1

Fonte: Vieira (2005).

Com os valores numéricos obtidos após a aplicação das duas escalas vistas anteriormente, faz-se uma Matriz de Classificação de Riscos, na qual, a *linha* corresponde aos valores da escala de probabilidade de ocorrência e a *coluna*, os valores da escala de severidade das consequências, exemplificado na Tabela 03.

Tabela 03- Exemplo de Matriz de Classificação de Riscos.

Probabilidade de ocorrência	Severidade das Conseqüências				
	Insignificante	Pequena	Moderada	Grande	Catastrófica
Quase certa	5	10	15	20	25
Muito provável	4	8	12	16	20
Provável	3	6	9	12	15
Pouco provável	2	4	6	8	10
Raro	1	2	3	4	5

Fonte: Vieira (2005).

Fazendo-se uma avaliação qualitativa da Matriz, mostrada na Tabela 03, pode-se chegar à outra Matriz, que mostrará a Priorização Qualitativa de Riscos, conforme Quadro 14.

Probabilidade de ocorrência	Severidade das Conseqüências				
	Insignificante	Pequena	Moderada	Grande	Catastrófica
Quase certa	Baixo	Moderado	Elevado	Extremo	Extremo
Muito provável	Baixo	Moderado	Elevado	Extremo	Extremo
Provável	Baixo	Moderado	Moderado	Elevado	Elevado
Pouco provável	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado	Moderado
Raro	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo

Quadro 14 - Exemplo de Matriz de Priorização Qualitativa dos Riscos.
Fonte: Vieira (2005).

A análise dos perigos, realizada anteriormente, fornece informações necessárias para que se faça a identificação dos PCC e assim identificar e estabelecer as medidas de controle.

Para cada Ponto Crítico (PC), encontrado, e com o auxílio de uma árvore de decisão, identifica-se os locais onde é primordial e necessária a prevenção, eliminação ou redução de um perigo a níveis aceitáveis. Após essa identificação todos os PC passam a ser chamado de PCC e que será necessário identificar e estabelecer as respectivas medidas de controle.

Segundo Vieira (2005), os PCC, são os elementos do sistema de produção, onde os perigos alcançaram pontuações de risco, a partir de moderado em diante, ou valor numérico igual ou superior a seis.

A metodologia de árvore de decisão, apresentada na Figura 2, é um sistema fundamentado, numa sequência de perguntas e respostas, aplicadas a cada evento perigoso, de modo a se chegar à conclusão ou não de que determinada etapa do processo se constitui num PCC.

Vieira (2005) exemplifica uma árvore decisória composta por questões, que devem ser aplicadas a cada situação que represente perigo, e com isso identificar se é ou não um PCC. A sequência de resposta a cada pergunta deve constar da ficha de avaliação do sistema, para facilitar o entendimento de como se chegou ao PCC ou não. Segundo esse autor, o resultado da aplicação da árvore de decisão leva a conclusão de que:

- i) Uma fase subsequente do processo pode apresentar uma eficiência maior no controle de um perigo e, portanto estabelece-se aí um PCC.
- ii) Uma medida de controle pode controlar mais de um perigo.
- iii) No controle de um perigo, pode ser que seja necessária mais de uma medida de controle.

Aplicando a árvore decisória, para a identificação dos PCC, na ETA de Aspropyrgos - Grécia, Damikouka, Katsiri e Tzia (2007) estabeleceu como PCC, a bacia hidrográfica, onde se localiza o lago Mornos, que serve como manancial de abastecimento da ETA, a etapa de filtração, por ser a última etapa para a remoção

de substâncias inorgânicas e pequenos flocos, o armazenamento e a distribuição, pelo fato de haver risco de recontaminação da água.

No trabalho realizado por Khaniki, Mahdavi e Mohebbi (2009), que teve como estudo de caso a ETA da cidade de Germi, Irã, quatro foram os PCC encontrados (a barragem de Gilarloo, manancial que serve para abastecimento, as etapas de pré-cloração, coagulação/floculação/decantação, filtração e pós-cloração) após a aplicação da metodologia da árvore de decisão, sobre os perigos encontrados.

As etapas de coagulação, floculação, sedimentação e filtração são comuns em quase todas as ETA, que utiliza manancial superficial. O processo físico de adsorção, para formação de coágulos e flocos, é capaz de remover uma ampla variedade de microrganismos de forma significativa, se revelando uma medida de controle, que de forma parcial pode controlar mais de um perigo e com isso torna-se um PCC importante no processo de produção (HAVELAAR, 1994).

Deve-se estar atento para o fato de que, a identificação de um número grande de PCC pode sugerir uma análise de risco que não corresponda à realidade, em contra partida, poucos PCC identificados podem significar a existência de riscos que não foram considerados (BUCHANAM apud PETA; KAILASAPATHY, 1995).

A etapa de desinfecção, que é comum no processo de produção de água, pode também ser um precursor na formação de THM (trihalometanos), compostos organoclorados, gerados durante o processo de cloração, devido à reação do cloro residual livre com as substâncias resultantes da degradação de vegetais, denominadas substâncias húmicas (precursores) (MACÊDO, [200-?]).

A última ação, nessa etapa corresponde à identificação e avaliação das medidas de controle.

As medidas de controle utilizadas devem garantir que os objetivos estabelecidos para promoção e manutenção da saúde pública sejam atingidos. Para todos os PCC encontrados no sistema de produção, medidas de controle serão estabelecidas:

i) Medidas de controle a serem consideradas na bacia hidrográfica e captação de água bruta:

Vieira (2005), afirma que uma eficiente proteção da qualidade da água tanto na bacia hidrográfica como na captação pode ser alcançada, incluindo as seguintes medidas: a) Elaboração e implantação de plano de gestão de bacias hidrográfica,

que venha dar proteção tanto as fontes de água superficiais como subterrâneas. b) Promover a educação ambiental no sentido de mostrar para a comunidade quais são os impactos negativos que as atividades antropogênicas podem causar a qualidade da água. c) garantir o perfeito cumprimento da legislação vigente para a proteção da água contra as atividades poluentes.

Na Tabela 18 estão relacionadas às medidas de controle que estão ligadas aos perigos numa bacia hidrográfica, nos reservatórios de água bruta e nos pontos de captação, adaptada de Vieira (2005) e Bartram (2009).

COMPONENTE DO SISTEMA	MEDIDAS DE CONTROLE
BACIA HIDROGRÁFICA	Proibições e limitações do uso do solo.
	Registros de produtos químicos utilizados na bacia.
	Especificações de proteção especial para a indústria química.
	Misturas/desestratificação de ambientes lênticos para reduzir o crescimento de cianobactérias ou para reduzir a zona anóxica do hipólímio e a solubilização e ferro e manganês dos sedimentos.
	Controle das atividades humanas dentro dos limites da bacia.
	Controle das descargas residuárias.
	Aplicação de normas regulamentares ambientais para o licenciamento de atividades poluentes.
	Fiscalização regular da bacia
	Proteção dos mananciais
	Prevenção de atividades poluidoras de origem clandestinas
	Padrões para efluentes indústrias e controle do volume de efluentes lançado.
	Indicadores biológicos de fontes de poluição pontual e difusa

Quadro 15 – Medidas de controle que estão ligadas aos perigos de uma bacia hidrográfica, nos reservatórios de água bruta e nos pontos de captação.

Fonte: Adaptado de Vieira (2005) e Bartram (2009).

Com relação aos produtos químicos e mais especificamente o uso de agrotóxicos, o seu monitoramento pode ser feito através da metodologia simples e de baixo custo, desenvolvida por Farias (2005), para detecção de agrotóxicos organofosforados e carbamatos totais em água, baseada em kit enzimático (acetilcolinesterase). Essas duas classes de agrotóxicos estão entre os mais tóxicos para o Homem, são largamente utilizados, em quase todas as culturas e são responsáveis pela imensa maioria das intoxicações por agrotóxicos oficialmente registrados.

ii) Medidas de controle a serem consideradas na etapa do tratamento da água:

O tratamento de água faz uma adequação da água bruta que chega a ETA a legislação sanitária vigente, para que essa, agora chamada de água tratada, possa ser distribuída com segurança e qualidade, contribuindo assim para a promoção e manutenção da saúde pública. Devem ser levadas em consideração nesta etapa, as características físicas, químicas e biológicas da água bruta. Portanto a complexidade do tratamento é diretamente proporcional ao grau de contaminação da água bruta aduzida a estação de tratamento. Essa etapa se constitui em mais uma barreira para produção de água segura (PÁDUA, 2006).

Os mananciais superficiais são, pela própria natureza, expostos a situações que favorece sua contaminação por meio de poluição difusa e/ou pontual, processos de eutrofização, que são acelerados por ações antrópicas, mau uso do solo, entre outros.

Os ambientes superficiais lóticos, geralmente possuem variações ao longo do ano na sua qualidade, sendo assim um obstáculo a ser vencido pelo responsável pelo tratamento.

No ambientes lênticos, as variações são menos acentuadas não alterar suas características ao longo do ano, pois são locais de águas quase paradas ou lentamente renovadas (lagos, lagoas, represas, reservatórios) devido a isso tende a apresentarem um menor valor para turbidez, devido ao que podemos chamar de uma sedimentação natural. Apresentam padrões verticais e horizontais das variáveis biológicas físicas e químicas (OLIVEIRA; GOULART, 2000).

No que se refere à desinfecção, os desinfetantes mais difundidos são aqueles à base de cloro, nas diversas formas que se encontram no mercado, pois fornece valores de residual de cloro nas redes de distribuição satisfatórios por um

lado, por outro, é um gerador de compostos químicos secundários da desinfecção, sendo estes prejudiciais a saúde. Outros meios de desinfecção utilizam ozônio (O₃), radiação ultravioleta, dióxido de cloro (ClO₂) (MORAES, 2009).

No Quadro 16 estão relacionadas às medidas de controle que estão ligadas aos perigos no tratamento, adaptada de (VIEIRA, 2005) e (BARTRAM, 2009).

COMPONENTES DO SISTEMA	MEDIDAS DE CONTROLE	
TRATAMENTO	Garantir uma vazão mínima que assegure a produção de água.	Dispor de medidas que favoreça a economia de água, antes que a falta de água atinja os consumidores.
	Elaborar regra para utilização da água na fonte, durante os períodos de seca.	Estabelecer regras para a utilização da água na fonte, durante os períodos de seca.
	Garantir fontes alternativas de água.	Implantação de estações de alerta para prevenção de cheias.
	Definir níveis de qualidade da água, para o qual a ETA não está apta a tratar.	Implantação na captação de equipamentos para monitoramento de alguns parâmetros de qualidade da água bruta.
	Exigir ludo de análises que comprovem a qualidade dos reagentes utilizados no tratamento.	Registrar os cálculos usados nas dosagens de produtos químicos, fazer manutenções periódicas nos dosadores de reagentes. Implantar um plano de calibração dos equipamentos. Uso de alarmes para indicar dosagens incorretas de reagentes (coagulante, flúor, desinfetante

		e cal)
	Usar de métodos para se certificar que a velocidade e o tempo de contato estão corretos	Determinar os parâmetros a serem usados no início do ciclo de lavagem dos filtros e mantê-los sobre controle
	Ajustar a vazão para permitir um tempo de contato mínimo de 30 minutos, para efetiva ação do desinfetante.	

Quadro 16 – Medidas de controle que estão ligadas aos perigos no tratamento.
 Fonte: adaptada de (VIEIRA, 2005) e (BARTRAM, 2009).

iii) Medidas de controle a serem consideradas na etapa de distribuição da água:

Mesmo saindo da ETA, com qualidade e segura para o consumo, durante o processo de distribuição e armazenamento, pode ocorrer contaminação da água. Essa recontaminação deve ser evitada pela adoção de medidas que impeçam esse fenômeno, como por exemplo: construções adequadas, adoção de medidas higiênicas no momento de reparos na rede e ampliação da rede existente, manutenção da pressão hidrostática positiva na rede de distribuição durante todo o tempo (HAVELAAR, 1994). Ainda com relação ao crescimento de bactérias e outros microorganismos, na rede de distribuição, esse fenômeno, depende principalmente, segundo o autor citado nesse parágrafo, de três parâmetros: tempo de residência da água, concentração de nutrientes, que são passíveis de serem controlados pelo sistema de produção e temperatura que não é passível de controle.

Prevenir o crescimento de microrganismo na rede de distribuição, a formação de incrustações e de biofilmes nas tubulações, são objetivos do controle do processo de tratamento de água, que para tal, deve incluir procedimentos, como: eliminação contínua e eficaz de partículas e a produção de água com os menores valores possíveis de turbidez. Retirada do ferro e manganês, por precipitação e maximização da retirada do coagulante, quer coloidal, dissolvido, ou particulado, a fim de evitar possível deposição em reservatórios e rede de distribuição. Redução ao

máximo da matéria orgânica dissolvida, em especial o carbono orgânico total, fonte para microrganismos e por último a manutenção do potencial de corrosão dentro dos limites que evitem consumo de desinfetante e danos nas estruturas (VIEIRA, 2005).

Em se tratando de medidas de controle, o Quadro 17 relaciona as medidas descritas por Havelaar (1994) e Vieira (2005) a serem aplicadas no sistema de distribuição.

COMPONENTES DO SISTEMA	MEDIDAS DE CONTROLE
REDE DE DISTRIBUIÇÃO	Manutenção programada do sistema de distribuição.
	Uso de geradores de energia para qualquer eventualidade.
	Proteção rigorosa da tubulação e reservatórios.
	Praticam corretas de reparos na rede e posterior trabalho de desinfecção.
	Garantia de pressão positiva na rede, durante todo o período de funcionamento.
	Redução do potencial de formação de biofilme.
	Uso de sistemas de prevenção de ações de sabotagem e de atividades clandestinas

Quadro 17 – Medidas de controle a serem aplicadas no sistema de distribuição.

Fonte: Adaptado de Havelaar (1994) e Vieira (2005).

Bartram (2009) relaciona medidas a serem feitas na residência dos consumidores como: inspeção residencial, educação dos consumidores, controle da presença de chumbo e uso de válvulas de retenção - associadas aos perigos nas instalações dos consumidores.

3.9.3 Monitoramento do processo

O sistema de monitoramento do processo tem como função, garantir que as medidas de controle atinjam os objetivos, atestando sua eficácia, para qual foram estabelecidas e que se detecte qualquer perda de controle no processo de produção de água. Para alcançar esses propósitos, três ações devem ser tomadas. A primeira é o estabelecimento de limites críticos, para cada medida de segurança. A segunda é a implantação de procedimentos de monitoramento de cada limite crítico e por último o estabelecimento de medidas corretivas. É importante que o sistema permita, sempre que possível, que o ajuste seja feito antes que os limites críticos sejam excedidos.

i) Estabelecimento de limites críticos.

Os limites críticos são valores máximos que nunca deverão ser excedidos e que estão associados a cada medida preventiva, representando a fronteira de segurança, na qual todos os PCC podem variar sem que perca o controle sobre ele. Esses valores devem ser medidos de forma direta ou indireta, através do uso de indicadores

Todas as medidas de controle devem ter limites críticos bem definidos de tolerância, para que não comprometa a qualidade do produto. Esses limites poderão ser expressos na forma de limites superiores, inferiores, intervalo de variação ou um conjunto de medidas de desempenho, decorrentes da observação direta (VIEIRA, 2005).

Figueiredo e O. Neto (2001), afirmam que, cada parâmetro deverá ter um limite crítico, com o objetivo de ter-se uma compreensão clara das medidas de controle dos PCC. O estabelecimento desses limites deve estar fundamentado em publicações científicas especializadas, legislação, estudos experimentais, etc.

No Brasil, a legislação referente aos parâmetros para água destinada ao consumo humano (Portaria nº 518/MS), a resolução nº 357 do CONAMA, que trata dos parâmetros para água a ser usadas como matéria-prima na ETA, as normas da OMS (Guidelines for Drinking Water Quality 2004) ou qualquer outra norma que possa fornecer subsídios, deve ser utilizada para tal fim.

ii) Estabelecimento dos procedimentos de monitoramento.

Esta ação engloba de uma maneira geral, a fixação dos pontos de amostragem que sejam representativos da qualidade da água no sistema de produção, e determina qual a frequência dessa amostragem (diária, semanal, através de equipamentos que forneçam respostas *on line* e etc.).

Para Vieira (2005) o monitoramento operacional da água bruta deve considerar o tipo do manancial, se superficial ou subterrâneo, e os níveis de contaminação. Parâmetros como turbidez, cor, crescimento de algas, condutividade, entre outros podem ser considerados no plano de monitoramento.

No caso da água tratada, o mesmo autor, afirma que os parâmetros devem estar adequados aos respectivos processos utilizados na produção de água. Cor, turbidez, pH, tempo de contato de desinfetante, intensidade de UV, são parâmetros que podem estar no sistema de monitoramento. No caso da rede de distribuição, poderá incluir a concentração do cloro residual na saída da ETA, medição da turbidez e a pressão na rede.

iii) Elaboração das ações corretivas.

Ações corretivas serão necessárias sempre que os limites críticos forem ultrapassados. Dependendo do PCC, a ação corretiva deve ter uma resposta quase que instantânea. Por exemplo, dosagem de coagulante na calha Parshall, a não regulação da dosagem o mais rápido possível, poderá ter consequências catastróficas, pois dependendo da vazão da ETA, o volume de água bruta, contendo coagulante na concentração errada poderá acarretar problemas para as etapas posteriores do tratamento.

Uma ou mais ações corretivas, podem ser usadas para eliminar ou reduzir os perigos.

3.9.4 Plano de gestão

A implantação do plano de gestão é necessária, pois o mesmo descreve as ações a serem tomadas, e documenta a avaliação e o monitoramento do sistema que deverá conter os seguintes tópicos: a) Avaliação do sistema de abastecimento. b) Monitoramento programado da operação. c) Procedimentos sistematizados para a gestão de qualidade da água, que inclua documentação e comunicação. d) Desenvolvimento de programas para renovação e melhoramentos do sistema. e) Estabelecimentos de planos de emergência (VIEIRA, 2005).

3.9.5 Validação e verificação do PSA

Esta etapa se torna importante, pois seu objetivo é ajustar o PSA, as possíveis alterações (queda na qualidade da água bruta, diminuição da vazão do manancial, diminuição no nível do lençol freático, aumento na concentração de um determinado contaminante entre outros), que possam ocorrer no processo de produção como um todo e que possam causar problemas, e assim interferir no perfeito funcionamento do sistema.

Outro aspecto a ser considerado é o fato de que, com o passar do tempo, pode ser feita uma reavaliação das metodologias usadas no monitoramento dos pontos de controle. O uso de técnicas modernas de avaliação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos usados nas medidas de controle, em substituição das que estão sendo utilizadas, entre outras.

4 METODOLOGIA

4.1 REVISÃO DE LITERATURA

A elaboração das estratégias para implantação de um plano de segurança da água foi colocada em prática, através da pesquisa bibliográfica em artigos científicos, consulta a livros e revistas técnicas especializadas sobre o assunto, além de análise de experiências exitosas existente no Brasil e em outros países.

Na elaboração das estratégias foi utilizado o guia de implementação Vieira (2005), na qual descreve os passos essenciais para elaboração do PSA, e o estudo realizado por Havelaar (1994), que aplicou a metodologia APPCC, ao sistema de produção de água potável.

Para a realização dessa pesquisa, foi usado como estudo de caso o processo de produção de água, composto pela bacia hidrográfica do rio Maxaranguape, estação de tratamento de água e o sistema de distribuição, que faz parte do Plano de Expansão do Sistema de Abastecimento de Natal.

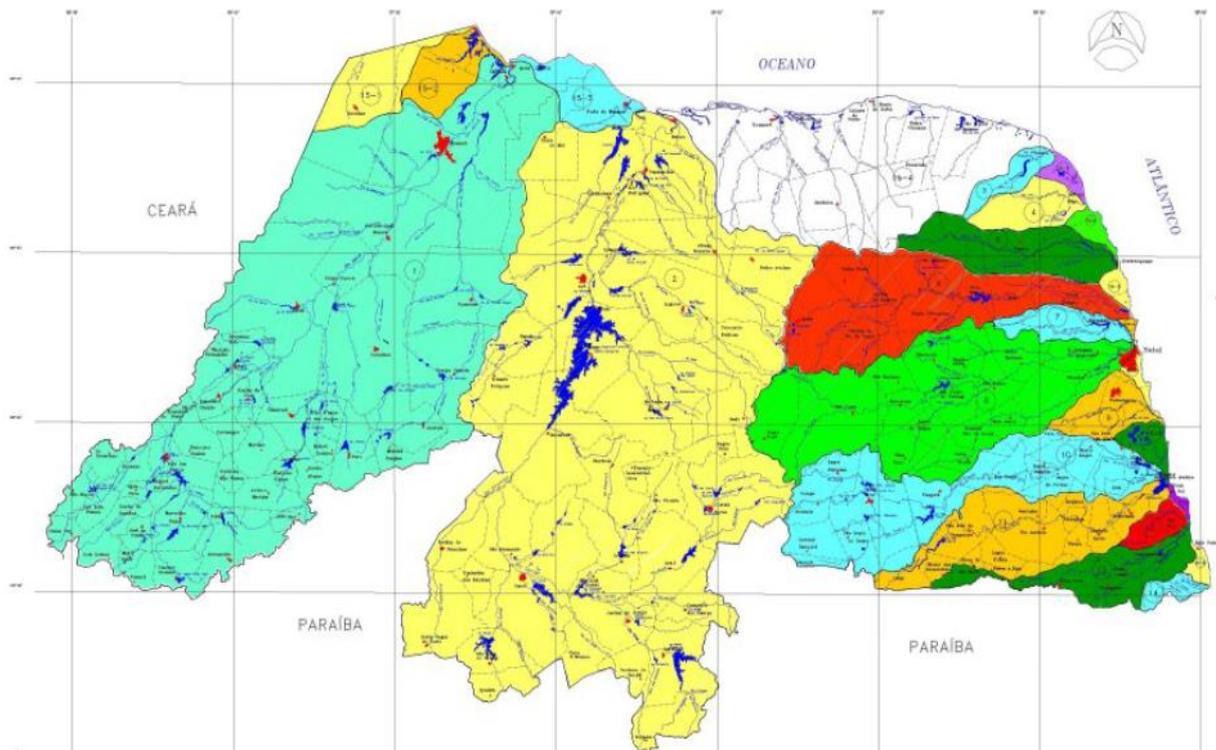
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.2.1 Bacia Hidrográfica do rio Maxaranguape

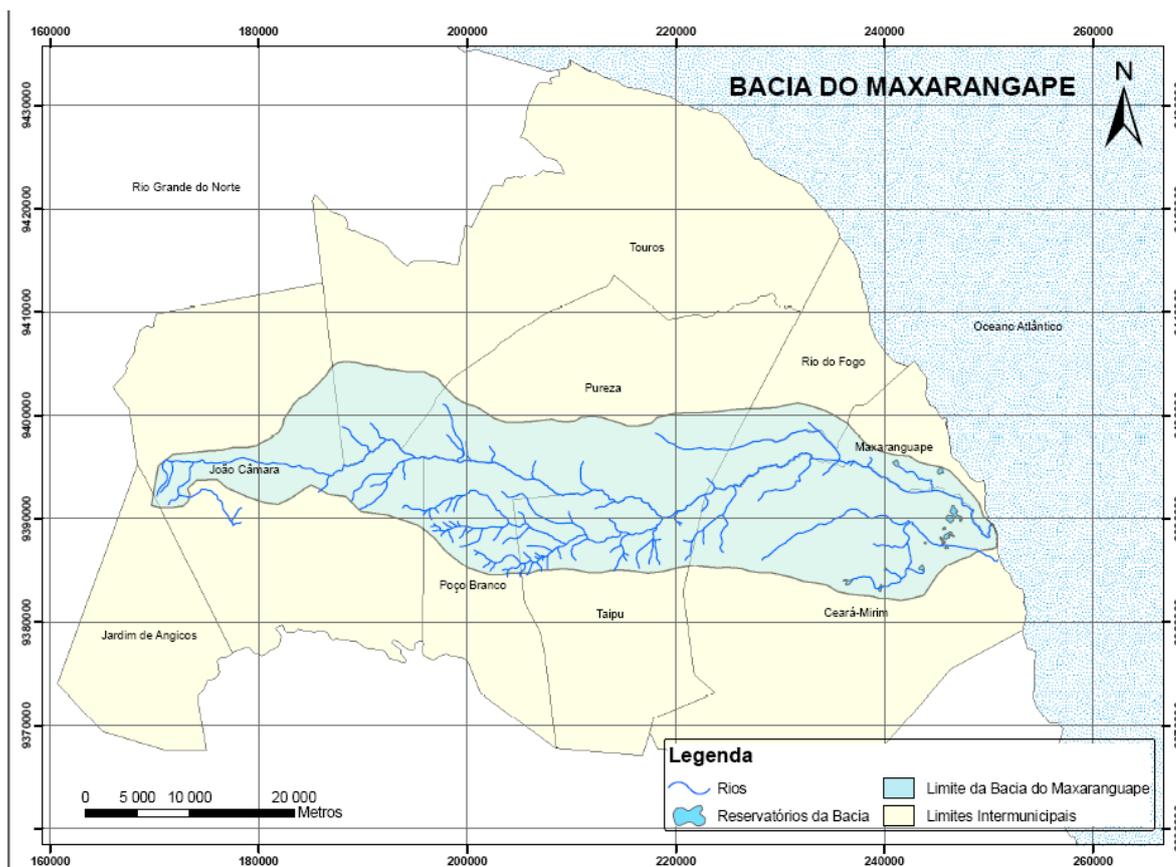
As informações a seguir foram retiradas do Plano Estadual de Recursos Hídricos do estado do Rio Grande do Norte.

O estado do Rio Grande do Norte possui 16 bacias hidrográficas, (Mapa 01). A bacia hidrográfica do rio Maxaranguape (Mapa 02), é composta por oito municípios: Ceará - Mirim, João Câmara, Maxaranguape, Poço Branco, Pureza, Rio do Fogo, Taipu e Touros. Alguns municípios estão inseridos totalmente dentro dos limites da bacia e outros de forma parcial. Possui uma área de drenagem de 1.010,2 Km², localiza-se no litoral Leste do estado do Rio Grande do Norte, correspondendo

a 1,9 % do território estadual e situa-se a 30 km de Natal. Três tipos de solo se destacam na formação da bacia, sendo que o latossolo amarelo distrófico contribui com 39,0%, do total. Geomorfologicamente a bacia possui faixa de dunas móveis e fixas no litoral, que caracteriza a unidade geomorfológica da Faixa Litorânea.



Mapa 01 – Bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Norte.
Fonte: (RIO GRANDE DE NORTE, [200-?]).



Mapa 02 – Bacia do rio Maxaranguape – Rio Grande do Norte.
 Fonte: (RIO GRANDE DE NORTE, [200-?]).

O clima predominante é o tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa que se adianta para o outono. O volume de chuva anual médio por ano é de 1400 mm no litoral (foz) e nas cabeceiras de 550 mm.

Em termos de crescimento populacional e ocupação do solo na bacia, a projeção para o ano de 2020 é de 40.662 habitantes distribuído da seguinte forma: 5.506 habitantes, que corresponde a 11,92% do total, estarão localizados na zona urbana e os outros 35.156 restantes, 88,08% do total, estarão concentrados na zona rural (RIO GRANDE DE NORTE, [200-?]).

O estudo realizado pela Fundação Norte Rio-grandense de Pesquisa e Cultura (FUNPEC) – Companhia de Água e Esgoto do rio Grande do Norte (CAERN) avaliou as características biológicas, físicas, e químicas da água do rio Maxaranguape, além de outras características hidrológicas da bacia hidrográfica. Na Tabela 21, constam os resultados de alguns parâmetros avaliados.

Parâmetros/unidade	Valores
Cor (mg/L de Pt-Co)	5,0 a 8
Turbidez (uT)	0,81 a 7,70
pH,	5,89 e 5,33
Coliformes termotolerantes (UFC/100 ml de amostra)	≤ 107
Vazão média do rio (m ³ /s)	5,89

Tabela 04 – Resultados de alguns parâmetros analisados na água do rio Maxaranguape.

Fonte: CAERN-FUNPEC

O estudo conclui que a bacia hidrográfica encontra-se relativamente preservada em termos de quantidade e qualidade, de modo que pode atender a demanda atual e futura da cidade do Natal.

4.2.2 Processo de produção e distribuição da água potável

O processo inicia com a captação de água bruta em dois pontos de captações superficiais na bacia do rio Maxaranguape. Um ponto se localiza no próprio rio Maxaranguape e o segundo ponto no rio Riachão, que é responsável pela drenagem da porção sul da referida bacia, ambos situados na margem esquerda da BR 101.

A água aduzida será transportada até a estação de tratamento de água (ETA), que será erguida na praia de Genipabu e que dista aproximadamente 30 km da cidade de Natal. O transporte da água será feito por meio de adutora, que ficará na margem esquerda da BR 101, no sentido Natal – Touros,

A água tratada será conduzida até um reservatório a ser construído na parte mais elevada das dunas que circundam a praia Genipabu. Usando a gravidade e passando pela ponte Newton Navarro (ponte de Todos), chegará até o início da Via Costeira de Natal, sendo, aduzida até os dois reservatórios situados no topo do

Parque das Dunas. Partindo desse ponto, a água será interligada a nova adutora do Jiqui, que abastecerá o reservatório da CAERN, situado no bairro de Lagoa Nova.

Como não está definido o tipo de tratamento que será usado para produção de água, o presente estudo trabalhará com a hipótese do uso do tratamento convencional. Essa hipótese está fundamentada nos dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2002), que revela ser esse tipo de processo de produção o responsável por 75% do volume de água tratada no Brasil. No Nordeste esse processo é responsável por 73,7%, (Gráfico 01).

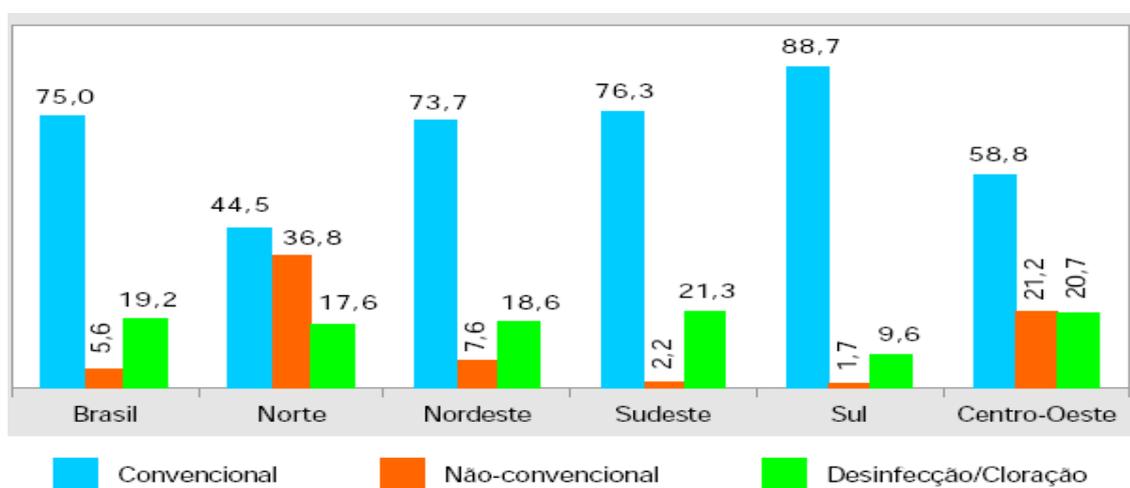


Gráfico 01 – Processos de produção de água mais utilizados no Brasil, por regiões.

Fonte: IBGE (2002)

A mesma fonte de dados mostra, que nos municípios com mais de 300.000 habitantes, o mesmo processo, é o mais utilizado para tratar 85,7% do volume de água distribuída (Gráfico 02).

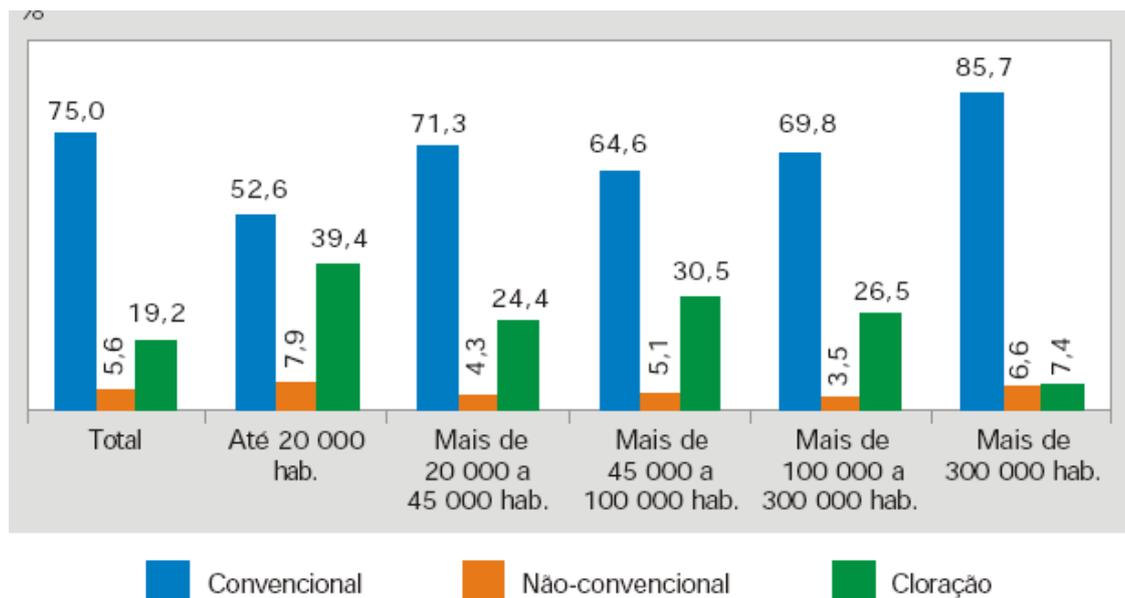


Gráfico 02 – Processo de produção de água mais utilizado nas cidades, de acordo com o número de habitantes.

Fonte: IBGE (2000)

Nessa mesma pesquisa do (IBGE, 2000), considera-se tratamento convencional, aquele que utiliza as operações de coagulação, floculação, sedimentação e filtração para a clarificação da água, seguida da correção de pH, se for necessário, desinfecção e, em alguns casos, de fluoretação.

Baseados nos dados fornecidos pelo estudo realizado pela FUNPE-CAERN, para a escolha da bacia hidrográfica do rio Maxaranguape como manancial de abastecimento e considerando a utilização do sistema convencional de tratamento, assim como o sistema de distribuição descrito anteriormente, aplicou-se a metodologia de priorização de riscos, que é composta por: a) Escala de Probabilidade de Ocorrência; b) Escala de Severidade de Consequências; c) Matriz de Classificação de Riscos e d) Matriz de Priorização Qualitativa de Riscos, e com a qual, foi feita a identificação dos pontos de controle (PC).

Para cada ponto de controle encontrado, foi aplicada a metodologia da “árvore de decisão” e assim estabelecendo-se os pontos críticos de controle pertinentes ao processo de produção.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos conhecimentos obtidos, após pesquisa bibliográfica e análises de experiências exitosas de implantação de PSA, no exterior e estudo da aplicação da metodologia APPCC na produção de água no Brasil, foi possível elaborar estratégias para implantação do PSA, para um sistema de produção de água potável que utilize rio como manancial para captação de água bruta e que foram aplicadas ao estudo de caso e que serão apresentadas a seguir.

5.1 ETAPA PRELIMINAR

Nesta etapa, estão incluídas a formação da equipe de implantação do PSA, a descrição do sistema e a elaboração do fluxograma de todo processo.

Na revisão de literatura procurou-se reunir o maior número de informações possíveis, para contribuir na escolha dos profissionais que irão compor a equipe de implantação do plano.

A descrição do sistema e o fluxograma do processo de produção estão representados nas (Figura 04) e (Fluxograma 06), respectivamente.

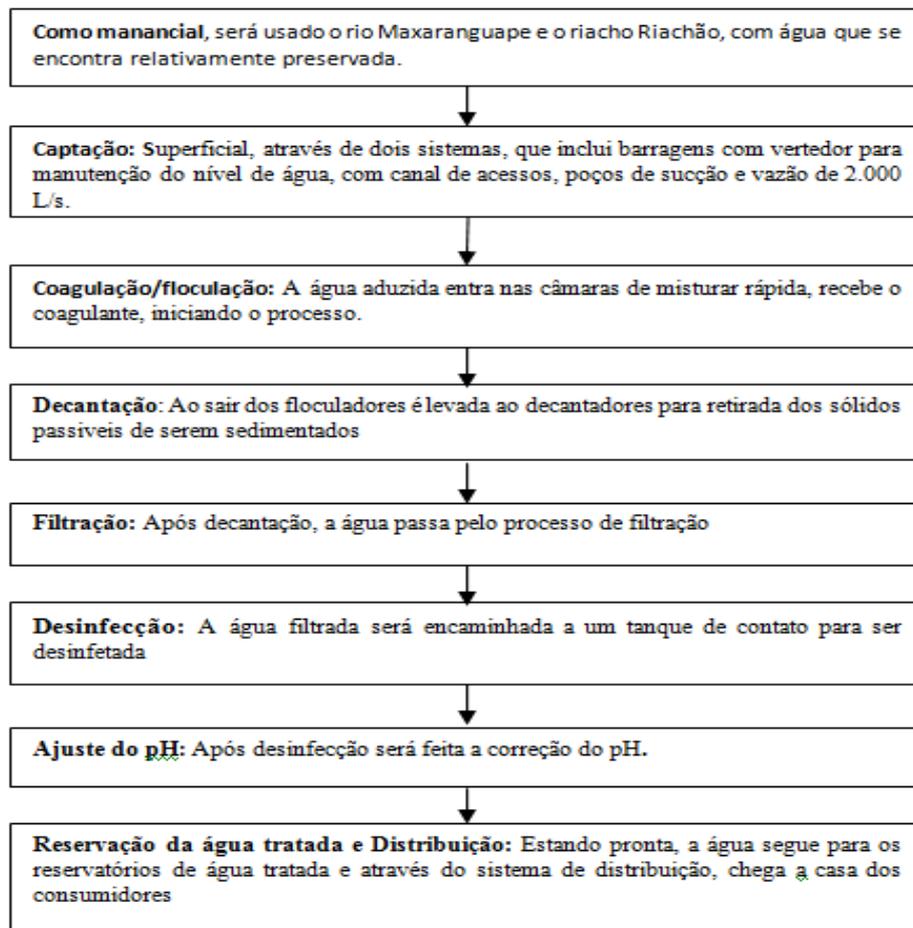
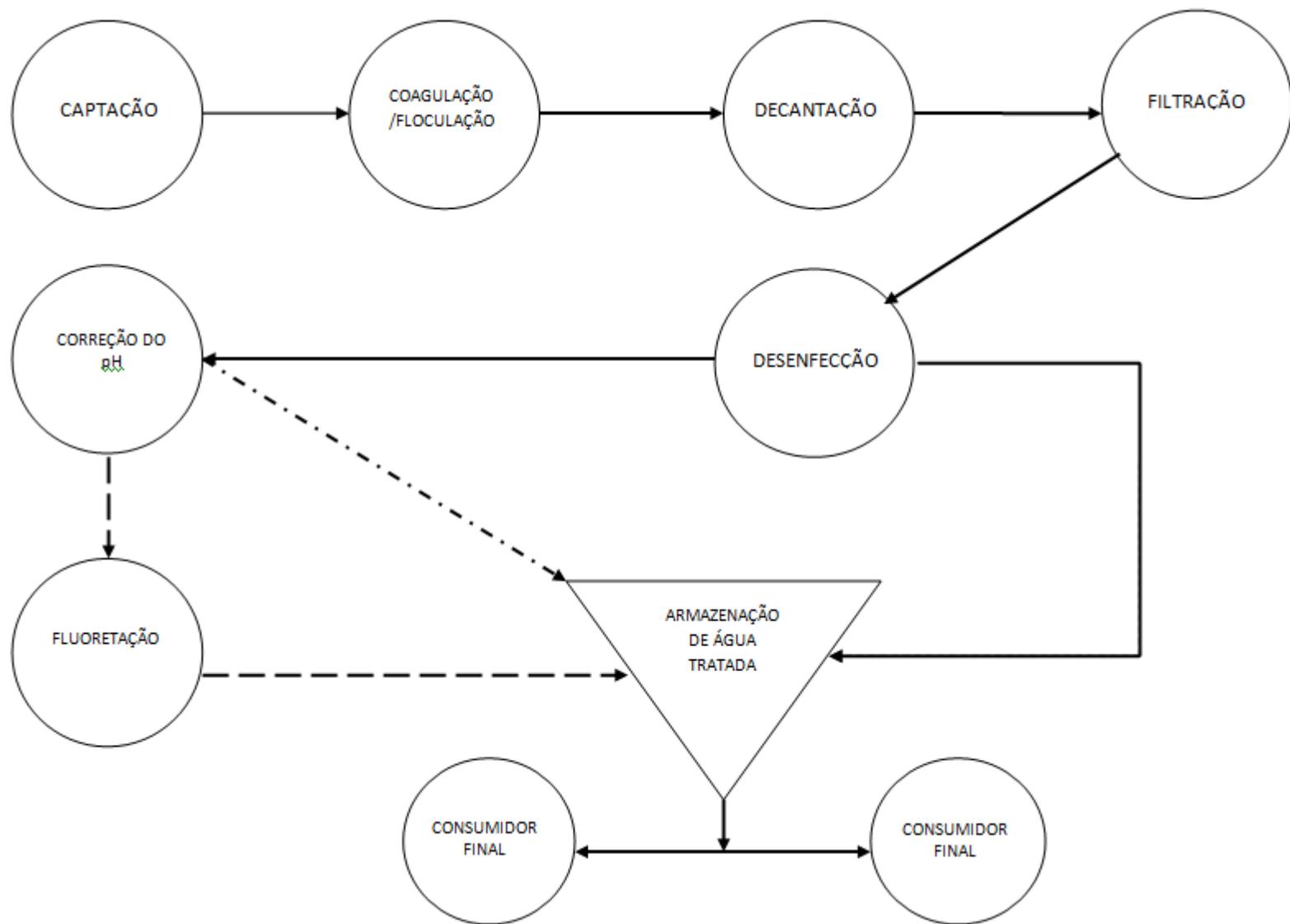


Figura 04 – Descrição do sistema de produção de água. Natal/RN 2010.



Fluxograma 06 – Fluxograma do processo de produção de água. Natal/RN 2010.

5.2 AVALIAÇÃO DO SISTEMA

A identificação dos perigos, a priorização dos riscos e o estabelecimento das medidas de controle, são as ações pertinentes a essa etapa.

Baseado nas Tabelas 5, 6, 8, 9, 10, 11 e 12, relacionou-se os perigos e eventos perigosos possíveis de serem aplicados ao processo de produção de água, objeto de estudo de caso. Para etapa do processo se aplicou a metodologia de priorização dos riscos e assim, foram estabelecidos os pontos de controle existentes. A aplicação da metodologia da “árvore decisória” foi utilizada para estabelecer, entre todos os pontos de controle encontrados, aqueles que passaram a ser considerados pontos críticos de controle. Identificados os pontos críticos de controle, se estabeleceu as medidas corretivas.

Nas Tabelas 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12 e 13, estão relacionados os eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores numéricos atribuídos, para cada perigo, nas escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, o valor obtido (classificação) do produto dessas duas escalas. O resultado (respostas as perguntas, onde a letra S corresponde à palavra SIM e a letra N, corresponde à palavra NÃO) da aplicação da metodologia da “árvore decisória” (Figura 2).

Em algumas etapas, não foram encontrados PCC. Porém, mesmo assim se optou por exemplificar as possíveis medidas de controle.

Tabela 05 - Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas na bacia hidrográfica.

BACIA HIDROGRÁFICA							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização dos riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controle
		Probabilidade	Severidade	Classificação	Respostas Sim (S) – Não (N) Não Avaliado (NA)	PCC	
Lançamento de aterros sanitários, lixões e outros.	Microrganismos patogênicos e substâncias químicas perigosas	1	3	3	NA		Identificar zonas protegidas. Obter o maior número de informações possíveis a respeito dos terrenos contaminados que possam existir na Bacia hidrográfica. Monitorar a qualidade da água a fim de identificar os possíveis contaminantes.
Descargas de fossas assépticas	Microrganismos patogênicos (bactérias, vírus e protozoários)	1	3	3	NA		Implantação de estações de alerta na bacia hidrográfica. Garantir que os responsáveis pelo abastecimento tomem conhecimento de novos licenciamentos na bacia.
Lançamento de água residuária sem tratamento a montante da captação.	Microrganismos patogênicos (bactérias, vírus e protozoários)	1	3	3	NA		Identificar as medidas adequadas ao controle da propagação dos contaminantes.
Atividades agrícolas e florestais	Pesticidas, hidrocarbonetos e poliaromáticos	1	3	3	NA		
Lançamentos de materiais por acidente	Substâncias químicas perigosas	2	3	6	S, N, S, N	é PCC	
Lançamento de águas pluviais de drenagem urbana.	Microrganismos patogênicos e substâncias químicas perigosas.	2	1	2	NA		

Fonte: Adaptado de Vieira (2005). Natal/RN 2010.

Tabela 06 - Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas no manancial.

MANANCIAL – ambientes lóxico							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização dos riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controle
		Probabilidade	Severidade	Classificação	Respostas	PCC	
Crescimento de algas e/ou microalgas.	Concentração elevada de algas e blooms de cianobactérias	1	2	2	Respostas Sim (S) – Não (N) Não Avaliado (NA) NA		. Elencar os possíveis contaminantes e identificar as medidas adequadas ao controle para evitar a sua propagação. Monitorar da qualidade da água do manancial, através de análises físico-químicas e microbiológicas periódicas.
Eventos meteorológicos.	Alteração na qualidade da água	2	2	4	NA		
Múltiplos usos da água	Insuficiência no fornecimento de água bruta	1	1	2	NA		
Lançamento de material fecal proveniente de animais selvagens e pecuária.	Microrganismos patogênicos (bactérias, vírus e protozoários).	3	3	9	N, N	Não é PCC	

Fonte: Adaptado de Vieira (2005). Natal/RN 2010.

Tabela 07 - Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas na etapa de captação de água bruta.

ETAPA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA BRUTA							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização dos riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controle
		Probabilidade	Severidade	Classificação	Respostas Sim (S) – Não (N) Não Avaliado (NA)	PCC	
Redução prolongada da vazão do rio, por motivos diversos.	Redução do volume de água para tratamento.	2	3	6	N, N	Não é PCC	Aplicar medidas de economia ou racionamento, antes que a falta de água venha acontecer. Garantir a manutenção de uma vazão mínima de água na ETA. Estudar e estabelecer regras de utilização da água na fonte, em condições excepcionais. Implantar estações de alerta a montante da captação. Estabilizar a qualidade da água bruta (através de um reservatório de água bruta ou galeria de infiltração) para os períodos em que a qualidade da água fique prejudicada. Impedir o acesso às bombas de captação e no seu entorno. Garantir a existência de um plano de manutenção preventiva das bombas de captação.
Enchente que impeça a captação de água.	Interrupção da captação	2	3	6	N, N	Não é PCC	Garantir a instalação imediata de meios alternativos de fornecimento de energia. Garantir a existência de bombas sobressalentes.
Chuvas intensas.	Aumento da turbidez e matéria orgânica.	2	3	6	N, N	Não é PCC	Verificar as condições de produção da água e suspender a sua produção, caso não esteja garantida as condições mínimas de segurança (qualidade da água).
Depredação, vandalismo, sabotagem na captação	Microorganismos patogênicos e/ou, substâncias químicas perigosas e/ou metais	1	3	3	NA		Fazer inspeções regulares da captação, especialmente após tempestades (ou outras catástrofes naturais).
Falhas mecânicas, elétricas e estruturais.	Falta de água	1	3	3	NA		
Falhas mecânicas, elétricas e estruturais, devido a catástrofes naturais.	Falta de água	1	3	3	NA		

Fonte: Adaptado de Vieira (2005). Natal/RN 2010.

Tabela 08 – Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas nas etapas de coagulação/floculação/sedimentação.

ETAPA DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO/SEDIMENTAÇÃO							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização dos riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controle
		Probabilidade	Severidade	Classificação	Respostas	PCC	
Contaminação do coagulante devido à estocagem inadequada	Substâncias químicas perigosas.	1	3	3	Sim (S) – Não (N) Não Avaliado (NA) NA		Garantir a estocagem adequada dos reagentes e exigir laudos de análises dos mesmos
Dosagem incorreta do coagulante.	Aumento ou diminuição de partículas/ou matéria orgânica.	3	3	9	S, S	é PCC	Registrar os cálculos das dosagens. Garantir a manutenção preventiva do sistema dosador.
Interrupção da dosagem de coagulante por falhas mecânicas, elétricas ou outras situações.	Presença de partículas e/ou matéria orgânica.	2	3	6	S, S	é PCC	Garantir que a dosagem de produtos químicos seja capaz de responder imediatamente as alterações significativas que ocorram na qualidade da água bruta. Instalar sistemas de alarme, para avisar quando a dosagem de coagulante estiver incorreta.
Concentração incorreta da solução do coagulante	Matéria orgânica e turbidez	3	3	9	S, S	é PCC	
Tempo de contato insuficiente para formação de flocos	Matéria orgânica e turbidez	2	3	6	N, N	Não é PCC	
Turbidímetros defeituosos	Avaliação incorreta da turbidez	2	3	6	S, S	é PCC	
Remoção inadequada	Aumento da	3	3	9	S, S	é PCC	

do lodo no decantador

turbidez

Fonte: Adaptado de Vieira (2005). Natal/RN 2010.

Tabela 09 – Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas na etapa de filtração.

ETAPA DE FILTRAÇÃO (RÁPIDA OU LENTA)							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização dos riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controle
		Probabilidade	Severidade	Classificação	Respostas Sim (S) – Não (N) Não Avaliado (NA)	PCC	
Controle ineficiente da coluna de água sobre o leito filtrante.	Matéria orgânica e turbidez.	3	3	6	S, S	é PCC	<p>Garantir um plano de manutenção. e a calibração periódica dos equipamentos.</p> <p>Ajustar o número de filtros em função da vazão a ser filtrada.</p> <p>Definir os parâmetros a serem atendidos no início do ciclo de lavagem dos filtros e manter o seu controle.</p> <p>Não usar floculante com acrilamida.</p> <p>Evitar a entrada de água com elevada turbidez ou algas</p> <p>Limitar a remoção da camada de areia dos filtros entre 2-3 cm.</p>
Controle ineficiente do tempo de filtragem.	Matéria orgânica e turbidez.	3	3	6	S, S	é PCC	
Lavagem incorreta dos filtros	Matéria orgânica e turbidez.	3	3	6	S, S	é PCC	
Falhas nos equipamentos de monitoramento	Turbidez elevada	3	3	6	S, S	é PCC	
Recirculação não controlada de água de lavagens dos filtros	Presença de acrilamida, Al ³⁺ , Ferro e <i>Clostridium perfringenes</i>	2	3	6	S, S	é PCC	

Fonte: Adaptado de Vieira (2005). Natal/RN 2010.

Tabela 10 – Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas na etapa de desinfecção, considerando o uso de cloro como agente desinfetante.

ETAPA DE DESINFECÇÃO							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização dos riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controle
		Probabilidade	Severidade	Classificação	Respostas	PCC	
Dosagem incorreta do desinfetante	Microrganismos patogênicos	2	3	6	Respostas Sim (S) – Não (N) Não Avaliado (NA) S, N, S, N	é PCC	Manter um plano de manutenção dos dosadores e de calibração rotineira dos equipamentos do laboratório. Exigir laudo de análises dos produtos usados na desinfecção. Registrar os cálculos da dosagem.
Tempo de contato insuficiente da água com o desinfetante.	Microrganismos patogênicos	1	3	3	NA		Adequar a vazão, para manter tempo de contato de no mínimo 30 minutos.
Interrupção do dosador de desinfetante, por falhas diversas	Microrganismos patogênicos e matéria orgânica	1	3	3	NA		Garantir que o sistema dosador seja capaz de responder de forma rápida as variações na qualidade da água filtrada.
Formação de subprodutos	Trihalometanos	1	3	3	NA	é PCC	
Interrupção do dosador de reagentes devido a falhas mecânicas, elétricas ou estruturais.	pH elevado ou baixo e/ou concentração alta ou baixa de flúor.	1	3	3	NA		

Fonte: Adaptado de Vieira (2005). Natal/RN 2010.

Tabela 11 – Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas na etapa de correção do pH/fluoretação.

ETAPA DE CORREÇÃO DO pH/ FLUORETAÇÃO							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização dos riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controle
		Probabilidade	Severidade	Classificação	Respostas	PCC	
Contaminação do reagente	Substâncias químicas perigosas.	1	3	3	Respostas Sim (S) – Não (N) Não Avaliado (NA) NA	PCC	Exigir laudo de análises dos produtos utilizados nas operações. Registrar os cálculos da dosagem. Manter um plano de manutenção dos dosadores e de calibração rotineira dos equipamentos de laboratório Garantir que o sistema dosador seja capaz de responder de forma rápida as variações na qualidade da água filtrada.
Concentração errada da substância alcalinizante ou do flúor	pH elevado ou baixo ou dosagem de flúor errada.	2	3	6	S, S	é PCC	
Interrupção da dosagem, devido a falhas diversas.	pH elevado ou baixo. ou dosagem de flúor errada.	1	3	3	NA		

Fonte: Adaptado de Vieira (2005). Natal/RN 2010.

Tabela 12 – Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas na etapa de armazenamento de água tratada.

ETAPA DE ARMAZENAMENTO							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização dos riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controle
		Probabilidade	Severidade	Classificação	Respostas	PCC	
Vazamento de água no reservatório	Quantidade insuficiente de água.	1	3	3	Sim (S) – Não (N) Não Avaliado (NA) NA		Estabelecer um programa para detectar vazamento nos reservatórios. Implantar programas de limpeza, com uma frequência mínima de uma vez por ano, para remoção de matéria orgânica. Garantir a remoção eficiente de biofilmes e sedimentos. Garantir residual de cloro adequado.
Acumulação de sedimentos no interior do reservatório.	Microrganismos patogênicos e/ou turvação.	2	3	6	S, N, S, N	é PCC	Manter a proteção de uma área no entorno do reservatório e restringir o acesso a mesma. Se necessário fazer o monitoramento com câmeras de vídeo. Verificar periodicamente o estado de conservação da vedação dos reservatórios.
Ações de vandalismo e/ou sabotagem.	Microrganismos patogênicos, substâncias químicas perigosas	1	3	3	NA		Remoção da vegetação no entorno do reservatório. Garantir a impermeabilização do reservatório. Certificar que todos os materiais utilizados no reservatório sejam adequados para tal finalidade.
Acesso de animais ao reservatório.	Microrganismos patogênicos,	1	3	3	NA		
Lixiviação ou corrosão do reservatório.	Substâncias químicas perigosas	1	3	3	NA		
Entrada de água contaminada a partir do solo.	Microrganismos patogênicos e substâncias perigosas.	1	3	3	NA		
Perda da qualidade da água armazenada	Microrganismos patogênicos.	2	5	10	S, N, S, N		

Fonte: Adaptado de Vieira (2005). Natal/RN 2010.

Tabela 13 – Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas na rede de distribuição.

ETAPA DE DISTRIBUIÇÃO							
Eventos perigosos	Perigos	Classificação dos riscos			Árvore de decisão Respostas Sim (S) – Não (N) Não Avaliado (NA)	PCC	Exemplo de medidas de controle
		Probabilidade	Severidade	Classificação			
Vazamento de água na tubulação	Falta de água	3	3	9	S, S	é PCC	Implantação de um plano de manutenção para as redes de distribuição. Treinamento regular das equipes responsáveis pela manutenção.
Acumulação de material particulado no interior da tubulação	Microrganismos patogênicos	1	3	3	NA		No caso de reparo, manter um residual de cloro a montante e jusante do local do reparo.
Ruptura da tubulação	Microrganismos patogênicos/ substâncias químicas perigosas/alta turbidez	1	3	1	NA		Uso de procedimentos de limpeza e desinfecção da tubulação. Estabelecer mecanismos para detectar vazamentos na rede.
Contaminação cruzada na rede	Microrganismos patogênicos/ substâncias químicas perigosas/alta turbidez	1	3	3	NA		Identificar e cadastrar hidrantes, válvulas, áreas de baixa pressão e “pontas” de rede
Entrada de ar por pressão negativa ou fluxo inverso	Microrganismos patogênicos e aumento da turbidez	1	3	3	NA		
Funcionamento intermitente da água	Microrganismos patogênicos/substâncias perigosas	1	3	3	NA		

Fonte: Adaptado de Vieira (2005). Natal/RN 2010.

Tabela 13 (continuação) – Eventos perigosos e seus respectivos perigos, assim como os valores atribuídos para as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, a classificação alcançada, o resultado da aplicação da metodologia da “árvore decisória” e as medidas de controle a serem utilizadas na rede de distribuição.

ETAPA DE DISTRIBUIÇÃO							
Eventos perigosos	Perigos	Classificação dos riscos			Árvore de decisão	PCC	Exemplo de medidas de controle
		Probabilidade	Severidade	Classificação			
Prática de limpeza ou desinfecção inadequadas durante os reparos das tubulações	Microrganismos patogênicos/substâncias perigosas	1	3	3	Respostas Sim (S) – Não (N) Não Avaliado (NA) NA		
	Microrganismos patogênicos e aumento da turbidez	1	3	3	NA		
Variação de pressão	Substâncias perigosas	1	3	3	NA		
Lixiviação ou corrosão da tubulação							

Fonte: Adaptado de Vieira (2005). Natal/RN 2010.

Na pesquisa feita por (HAVELAAR, 1994), a contaminação do manancial por lançamentos de material fecal tanto de esgoto doméstico como de animais, assim como o desenvolvimento de organismos patogênicos, não foram considerados como pontos críticos de controle. No entanto, (VIEIRA, 2005), já considera como pontos críticos de controle os seguintes eventos: o lançamento de efluentes oriundos de aterros sanitários e lixões, lançamento de efluente de origem doméstica e industrial proveniente da drenagem urbana, lançamento de agrotóxicos oriundos das atividades agrícolas e o crescimento anormal de algas, como fatores que podem contribuir para que a captação ou o manancial como um todo passe a ser um PCC.

Vale lembrar que, dados da (RIO GRANDE DO NORTE, [200-?]), sobre a projeção de ocupação do solo da bacia hidrográfica, para o ano de 2020, mostra que a zona rural irá concentrar 88,08% dos habitantes da bacia. Este fato poderá gerar um impacto sobre os recursos hídricos na bacia, devido aos efeitos que essa ocupação provoca na bacia hidrográfica.

De acordo com os dados do estudo realizado pela CAERN – FUNPEC, a captação de água bruta não seria, atualmente, um ponto crítico de controle. Como o plano de segurança da água prever uma avaliação em intervalos de tempo, que deve ser estipulado quando da elaboração do PSA, pode ser que com o passar do tempo, a captação venha ser um ponto crítico de controle e, portanto se faz necessário adotar medidas de proteção do manancial e da bacia hidrográfica se possível.

Na análise feita de casos de processo de produção de água, que estavam em pleno funcionamento, o conjunto de etapas desse processo formado pela coagulação/floculação/decantação/filtração, foi considerado um ponto crítico de controle, pelo fato destas, serem responsáveis pela remoção da turbidez, da cor, dos microorganismos patogênicos, cistos e oocistos *Giardia spp* e *Cryptosporidium spp*, respectivamente e de enterovírus. Fica evidente que no caso em estudo, não irá se fugir a regra, em se ter esse conjunto de etapas como um ponto crítico de controle.

Vale lembrar que a giardiase e criptosporidiose, são zoonoses e tem como principais fontes de contaminação, esgotos sanitários, dejetos e efluentes de atividades agropecuárias, (HELLER, 2004). Esse mesmo autor afirma que são recomendados valores de turbidez $\leq 0,5$ UNT, para o efluente da filtração, como

formar de assegurar a adequada eficiência de remoção de enterovírus, cistos e oocistos dos protozoários citados no parágrafo anterior.

A desinfecção, assim como a distribuição da água, também foram pontos críticos de controle, encontrados em todos os casos analisados, para realização desta pesquisa e que provavelmente, fará parte do plano para o qual se está estabelecendo essas estratégias.

No caso da desinfecção, é importante se estabelecer a concentração ótima de desinfetante e tempo de contato suficiente para que a eliminação dos microorganismos patogênicos. Outro ponto importante é a formação de subprodutos na desinfecção, os THM, formação essa que está ligada a concentração de substâncias húmicas e fúlvicas, concentração de cloro usada e tempo de contato do desinfetante com a água.

5.3 MONITORAMENTO DO PROCESSO

Estabelecer os limites críticos, procedimentos de monitoramento e medidas corretivas, estão incluídas nessa etapa do processo de implantação do plano.

Aqui se procurou juntar as informações disponíveis com o objetivo de auxiliar na elaboração do monitoramento do processo.

Utilizando os pontos críticos de controle relacionados por (HAVELAAR, 1994), foram feitas sugestões dos respectivos limites críticos, assim como os procedimentos de monitoramento e as medidas corretivas, Quadro 18, que podem ser usados nos PCC, encontrados no processo de produção de água.

Etapa da Produção	Perigos	Medidas Preventivas	PCC	Parâmetros do PCC	Procedimentos de monitoramento	Ações corretivas
Captação em manancial superficial	Contaminação por esgotos domésticos e de animais	Redução de fontes de poluição difusa e pontual Restringir o consumo de água. Controle da eutrofização e do tempo de residência da água	Não	-	Avaliação da Turbidez, Contagem de coliformes e patógenos específicos	Melhorar o tratamento
Coagulação/floculação/sedimentação/filtração	Pouca formação de flocos Remoção ineficiente dos flocos. Filtração deficiente	Dosagem correta do coagulante. Melhorar a lavagem dos filtros. Tratar o efluente quando houver recirculação de água de lavagem de filtro.	Sim	Turbidez, contagem de partículas, perda de carga	Medição <i>on line</i>	Melhorar a desinfecção
Turbidez, contagem de partículas, perda de carga	Medição <i>on line</i>	Otimização da dose e do tempo de contato do desinfetante com a água	Sim	Concentração do residual do desinfetante	Medição <i>on line</i>	Automatização do sistema de desinfecção

Quadro 18 - Limites críticos, procedimentos de monitoramento e medidas corretivas, passíveis de serem aplicadas no processo de produção.

Fonte: Havelaar (1994).

5.4 PLANO DE GESTÃO

O plano de gestão irá descrever as ações a serem tomadas tanto nos procedimentos de rotina, quanto nas situações excepcionais. No Quadro 19, estão relacionados os procedimentos para a gestão em situações de rotina.

PROCEDIMENTOS DE ROTINA
Certificar da existência de planos de suporte, procedimentos e registros para aplicação do PSA.
Conciliar o PSA a outros planos já existentes na empresa.
Elaborar um plano de ação para implantação das medidas de controle.
Análise dos dados registrados e em situações em que o limite crítico F_0 extrapolado, deve ser feita uma avaliação das possíveis causas e das ações que forem estabelecidas.
Estabelecer um plano para revisão do PSA.

Quadro 19 - Ações a serem tomadas nos procedimento de rotina.

Fonte: Vieira (2005)

Os eventos excepcionais relacionados pela (EPA, 2004) apud (VIEIRA, 2005) estão relacionados no Quadro 20 e os procedimentos de rotina para gerir tais situações é a criação de um plano de contingencia, que deve ser composto por três pontos: 1º aspectos gerais. 2º plano de emergência. 3º Anexos de suporte (mapa do sistema de abastecimento, esquema de funcionamento *layout* das instalações entre outros), (VIEIRA, 2005).

EVENTOS EXCEPCIONAIS		
Ações humanas	Desastres naturais	Incidentes inesperados
Sabotagem/bioterrorismo, vandalismo, derrame acidental de produtos químicos	Inundações, abalos sísmicos, condições meteorológicas extremas (neve, gelo, raios, seca)	Incêndio falta de energia elétrica, falha nos equipamentos mecânicos, interrupção no abastecimento de água, contaminação dos produtos químicos usados na produção, contaminação acidental (surto epidêmicos, ligações cruzadas acidentais)

Quadro 20 – Eventos excepcionais.

Fonte: Vieira (2005)

O fluxo de informação que será gerado na implantação do plano deve ser gerenciado, através da implantação de sistema de documentação. Esse sistema, segundo (VIEIRA, 2005), deve conter as informações constante no Quadro 21.

SISTEMA DE DOCUMENTAÇÃO	
	Itens que devem abordados
Elaboração de relatórios periódicos para gerir os PCCs	Análise dos dados gerados pelo monitoramento, Verificação das medidas de controle Análise das situações que fugiram do controle e suas causas. Avaliar a adequação das medidas preventivas. Implantar as alterações necessárias.
Elaboração de relatório anual para avaliar o funcionamento do PSA.	Análise dos riscos mais importantes ao longo do período. Reavaliação de cada risco associado ao PCCs. Avaliar a necessidade de novas medidas de controle. Avaliação crítica do funcionamento do PSA
Elaboração de protocolo de comunicação.	Procedimentos de alerta imediato Informação sumaria aos consumidores Mecanismos para interação com os consumidores

Quadro 21 - Informações que deve constar no sistema de documentação.

Fonte: VIEIRA (2005).

5.5 VALIDAÇÃO E VERIFICAÇÃO DO PSA

A validação se dará através da apuração de evidências objetivas, de que requisitos específicos foram atendidos e com isso demonstrando a sua eficácia e conformidade com os objetivos de segurança da água.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os limites críticos são de fundamental importância para que o plano de segurança atinja os seus objetivos, por isso é necessário estudos mais aprofundados para se estabelecer valores para esses parâmetros de modo a oferecer água com qualidade e segurança e que sejam possíveis de serem implantados.

Atualmente para se ter a garantia de fornecimento de água com qualidade e segura, não pode se limitar somente a proteção da captação ou do manancial e sim de toda bacia hidrográfica.

A implantação do programa produtor de água, na bacia do rio Maxaranguape, é uma opção que deve ser considerada pela equipe de implantação do plano, como um meio de proteção da bacia e do seu manancial, preservando assim a qualidade e quantidade da água.

No processo de produção da água, a etapa que corresponde ao tratamento, deverá apresentar semelhanças, independentemente das características de cada sistema de produção, quando da implantação do PSA. Serão muito comuns, as operações de coagulação/floculação/sedimentação/filtração, quando a captação ocorrer em manancial superficial.

A implantação do PSA mostra um novo modelo de produção de água, no qual, o manancial como um todo (bacia hidrográfica e o ponto de captação), a ETA e a distribuição, passe a compor o processo de produção, diferentemente do modelo atual, no qual a produção de água se resume quase que exclusivamente a ETA.

A partir da implantação do PSA irá se deixar de “tratar” água e se passará a “produzir” água. Essa mudança de abordagem vai necessitar de profissionais qualificados (não só de técnicos que atuem no controle de qualidade), como também das áreas administrativa, financeira e ambiental. Será necessário o uso de equipamentos e técnicas modernas de avaliação e de produção de água, da busca constante pela qualidade, aprimoramento dos de tratamento, e uma maior preocupação com o consumidor final.

A empresa responsável pela produção, não poderá assumir sozinha toda a responsabilidade pela implantação do PSA, devido ao fato de que no que se refere a proteção da bacia hidrográfica e do manancial, fica claro que outros atores, como

comitês de bacia hidrográficas, secretarias de meio ambiente e recursos hídricos, entre outros órgãos ligados a questão ambiental, nas três esferas do poder público, deverão participar da elaboração do PSA, auxiliando em nível de legislação e com isso respaldando as decisões que venham a ser tomadas e que envolvam as questões de preservação e proteção dos recursos hídricos.

O uso de indicadores de desempenho, juntamente com a adoção da ISO 24500, reforça ainda mais esse compromisso com a produção de água segura e de qualidade, criando no setor um espírito de competitividade, e de melhorias constata nos indicadores de desempenho. No entanto, até que ponto as empresas responsáveis pela produção de água no Brasil, sendo que a maioria é pública, teriam como responder a altura a essas metas de desempenho? Talvez essa competitividade possa abrir o caminho para ampliar a atuação das empresas privadas no setor de produção e distribuição de água no Brasil.

As estratégias aqui descritas poderão ser aplicadas, em sua totalidade ou em parte (identificação dos pontos críticos de controle) nos sistemas de produção de água que utiliza a lagoa do Jiqui e a lagoa de Extremoz, como manancial de água bruta, e que abastecem a cidade do Natal – RN.

No caso de abastecimento de água, fica claro que haverá semelhanças em várias etapas do processo de produção, independentemente das peculiaridades inerentes de cada caso. É importante a realização de um estudo para que tais particularidades sejam levantadas, e com isso identificar de forma mais precisa possível, os perigos e riscos que possam afetar a qualidade e segurança da água.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR14900. Sistema de Gestão da Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle - Segurança de Alimentos**. Rio de Janeiro, setembro de 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Programa produtor de água/Manual operativo**. 2009a. Disponível em; <
<http://www.ana.gov.br/produagua/Documentos/tabid/715/Default.aspx>>. Acesso em: 23 maio 2009.

_____. **Projeto Extrema – MG**. 2009b. Disponível em: <
<http://www.ana.gov.br/produagua/ProjetoExtremaMG/tabid/696/default.aspx>>. Acesso em: 23 maio 2009.

ALMEIDA, C. R. O sistema HACCP como instrumento para garantir a inocuidade dos alimentos. **Higiene Alimentar**, v. 12, n. 53, p. 12-20, 1998.

ANDREOLI, C. V; CARNEIRO, C. **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Sanepar, 2005.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BARTRAM, J. et al. **Water Safety Plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers**. Geneva: World Health Organization, 2009.

DI BERNARDO, L.; BRANDÃO, C.C. S; HELLER, L. **Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas barreiras**. [200-?]. Disponível em: <
www.finep.gov.br/prosab/livros/aguas%20de%20abastecimento.pdf>. Acesso em: 5 maio 2010.

BORGES, A. N. **Implicações ambientais da bacia hidrográfica do rio Pitimbu (RN) decorrentes das diversas formas de uso e ocupação do solo**. 2002, 190f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002.

BRAGA, M. D. **Análise de perigos e pontos críticos de controle- APPCC**: estudo de caso no sistema de abastecimento de água da Universidade Federal de Viçosa-MG. 2007. 140f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2007.

BRASIL. **Lei Nº 9433 de oito de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, 1997. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 02 out. 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional da Vigilância Sanitária. Portaria nº 1428, de 26 de Novembro de 1993. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 dez. 1993.

BRASIL. Ministério da Saúde. Lei Nº 79367 de nove de março de 1997. Dispõe sobre normas e o padrão potabilidade de água e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2 dez. 2004a.

BRASIL. Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância ambiental em saúde**: textos de epidemiologia. Brasília, 2004b. Disponível em: < http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/funasa/textos_vig_ambientem.pdf>. Acesso em: 01 maio 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 58-63, 18 mar. 2005.

BRUM, J, V, F. **Análise de perigos e pontos críticos de controle na indústria de laticínio de Curitiba – PR**. 2004. 143f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

CAIRNCROSS, S. **Modelos conceituais para a relação entre saúde e o saneamento básico**. In: SANEAMENTO e saúde em países em desenvolvimento. Rio de Janeiro: CC & P Editores, 1997. p.169-183.

COELHO, F. B. **Uma análise do processo de manutenção do certificado de qualidade ISO 9000 em empresas brasileiras**. 200. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2001.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Sistema Cantareira**. [200-?]. Disponível em: <
<http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=4&proj=sabesp&pub=T&db=&docid=6A19383E7EB1579E832571EA0068ABA0>>. Acesso em: 01 maio 2009.

DAMIKOUKA, I.; KATSIRI, A.; TZIA, C. Application of HACCP principles in drinking water treatment. **Desalination**, p.138-145, 2007.

DAVISON, A; DEERE, D. **Water Safety Plan Workbook for Drinking-water: materials for WSP Training**. Water Safety Plan Workbook: WSP Training of Trainer, Singapore, December 2007.

DEWETTINCK, T. et al. (Hazard Analysis and Critical Control Points) to guarantee safe water reuse and drinking water production – a case study. **Water Science and Technology**, v.43, n.12. p.31-38. 2001.

FARIAS, M.V.C. **Avaliação de resíduos de pesticidas organofosforados e carbamatos em amostra de água por método enzimático (acetilcolinesterase)**. Rio de Janeiro: ABES/RJ, 2005.

FERNANDES NETO, M. L.; SARCINELLI, P. N. Agrotóxicos em água para consumo humano: uma abordagem de avaliação de risco e contribuição ao processo de atualização da legislação brasileira. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n.1, p.69-78. Jan./mar. 2009.

FERREIRA FILHO, S. S.; ALVES, R. Técnicas de avaliação de gosto e odor em águas de abastecimento: método analítico, análise sensorial e percepção dos consumidores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 11, n. 4, p. 362 – 370, out./dez. 2006.

FIGUEIREDO, V. F de; O. NETO, P. L. Implantação do HACCP na indústria de alimentos. **Gestão e produção**, v.8, n.1, p.100-111, abr. 2001.

GRABOW, W. Waterborne diseases: update on water quality assessment and control. **Water S.A.**, v. 22, p.193-202, 1996.

HAVELAAR, A. H. The application of HACCP to drinking water supply. **Food Control**, v. 5, n.3, p 215-220, 1994.

HELLIER, K. **Hazard analysis and critical control points for water supplies**. Warrnambool, 2000. In 63rd Annual Water Industry Engineers and Operators Conference. Brauer College. Warrnambool, 6 and 7 de September. 2000.

HELLER, L. et al. Oocistos de Cryptosporidium e cistos de Giardia: circulação no ambiente e riscos à saúde humana. **Epidemiologia Serviços de Saúde**, v.13, n.2, p. 79-92, 2004.

HENKES, S. L. Política nacional de recursos hídricos e sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos. **Jus. Navigandi**, ano 7, n. 64, abr. 2003. Disponível em: <<http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=3970>>. Acesso em: 12 dez. 2009.

HOWARD, G. Water safety plans for small systems: a model for applying HACCP concepts for cost-effective monitoring in developing countries. **Water Science and Technology**, v. 47, n.3, p.215 – 220, 2003.

HU, H.; KIM, N. K. Drinking-water Pollution and human health. In: CHIVIAN, E. et al. (Ed.) **Critical Condition: human health and the environment**. 2. ed. EUA: MIT Press, 1994. p.31-45.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2002**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/população/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf>> Acesso em: 01 maio 2008.

INTERNATIONAL LIFE SCIENCE INSTITUTE. **A simple guide to understanding and applying the hazard analysis critical control point concept**. 3rd ed. [S.l.], 1997.

INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION. The Bonn Charter For Safety Deinking Water. 2001. Disponível em: <http://www.iwahq.org/MainWebSite/Resources/Document/BonnCharter_ENG.pdf>. Acesso em: 22 maio 2009.

ISSAC-MARQUEZ, A. P et al. Calidad sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche. **Salud Pública Méx.**, v.36, p. 655-661, 1994.

KHANIKI, G. R. J.; MAHDAVI, M.; MOHEBBI, M. R. HACCP application for treatment of drinking water for Germe in Iran. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.7, n.2, p. 709 – 712, 2009.

KVENBERG, J. et al. HACCP development and regulatory assessment in the United States of America. **Food Control**, n. 11, p. 387- 401, 2000.

MACÊDO, J. A. B. et al. **Quantificação de trihalometanos (THM) em amostras de água pré e pós cloradas com hipoclorito de sódio (HPCS) por cromatografia de fase gasosa utilizando-se microextração em fase sólida (MEFS)**. [200-?].

Disponível em: <

http://virtual.unipar.br/courses/MTAMBIENT/document/Determin_THM_em_%E1guas_por_CG.pdf?cidReq=MTAMBIENT>. Acesso em: 23 set. 2009.

MARIN, N. **Assistência farmacêutica para gerentes municipais**. Rio de Janeiro: OPAS/OMS, 2003.

MELLO, E. **O segredo da água de Nova York**. 2009. Disponível em:

<<http://medindoagua.wordpress.com/2009/04/25/o-segredo-da-agua-de-nova-york>>. Acesso em: 22 maio 2009.

MORAES, B. S; BARRADAS, J. L. D; BIRCK, L.R. **Dióxido de cloro: vantagens e desvantagens de sua utilização como agente desinfetante em sistemas de abastecimento público – estudo de caso**. [200-?]. Disponível em:

<<http://www.semasa.sp.gov.br/admin/biblioteca/docs/pdf/35Assem014.pdf>>. Acesso em: 23 dez. 2009.

MOSSEL, D. A. A; STRIJK, C. B. Assessment of the microbial integrity, sensu Wilson, G.S. of piped and bottled drinking water in the condition as ingested.

International Journal of Food Microbiology, v.92, p. 375-390, 2004.

OLIVEIRA, E. F de; GOULART, E. Distribuição espacial de peixes em ambientes lênticos: interação de fatores. **Acta Scientiarum**, v.22, n.2, p.445-453, 2000.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. **Água e saúde**. 2001. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd57/agua.pdf>>. Acesso em: 3 fev. 2009.

PÁDUA, V. L. de. **Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano**. Rio de Janeiro: ABES 2006.

_____. **Remoção de microorganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano.** Rio de Janeiro: ABES, 2009.

PETA, C.; KAILASAPATHY, K. "HACCP – its role in dairy factories and the tangible benefits gained through its implementation." **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 50, Nov. 1995.

PHILIPPI JUNIOR, ARLINDO. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentado.** São Paulo: Manole, 2005. (Coleção ambiental).

REBOUÇAS, A. C. **Estratégias para se Beber Água Limpa: o Município no século XXI: Cenários e Perspectivas, Desenvolvimento e Ambiente.** [S.l.: s.n.], 1999.

RIBEIRO-FURTINI, L. L.; ABREU, L. R. de. Utilização de APPCC na indústria de alimentos. **Ciênc. agrotec. Lavras**, v. 30, n. 2, p. 358-363, mar./abr. 2006.

RIO GRANDE DO NORTE. **Lei Nº 6.908, de primeiro de julho de 1996.** Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos. Natal, 1996a.

_____. **Lei Nº 8.426, de 14 de novembro de 2003.** Dispõe sobre a Faixa de Proteção Ambiental do Rio Pitimbu, e dá outras providências. Natal, 1996b.

_____. Secretaria Estadual de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos/Relatório síntese.** [200-?]. Disponível em: < <http://www.serhid.rn.gov.br>>. Acesso em: 02 maio 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Manual de análise de perigos e pontos críticos de controle.** 2. ed. São Paulo, 1995.

SELBORNE, L. A ética do uso da água doce: um levantamento. **Cadernos UNESCO Brasil.** Brasília, DF, v.3, 2001. Série Meio Ambiente.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado da Saúde. **Doenças relacionadas à água ou de transmissão hídrica.** [200-?]. Disponível em: < ftp://ftp.cve.saude.sp.gov.br/doc_tec/hidrica/doc/dta09_pergresp.pdf>. Acesso em: 23 maio 2009.

SOUSA, A. F. S. de. **Diretrizes para implantação de sistema de reuso de água em condomínios residências baseados no método APPCC – Análise de perigos e pontos críticos de controle – estudo de caso residencial Valville I.** 2008. 192f. Dissertação (Mestrado em engenharia. Área de concentração: Engenharia hidráulica – saneamento ambiental) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Emergency response plan guide for small and medium community water systems to comply with the public health security and bioterrorism preparedness and response act of 2002.** [S.I.]: United State Environmental Agency, April, 2004.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) Strategies for Distribution System Monitoring, Hazard Assessment and Control.** Pennsylvania, December 2006.

VAZ, A.; MOREIRA, R.; HOGG, T. **Introdução ao HACCP.** [S.I.]: AESBUC – Associação para Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica, 2000.

VIEIRA, J. M. P; MORAIS, C. **Plano de segurança da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento.** Portugal: IRAR - Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Universidade do Minho, 2005.

VIERIA, P. et al. **Indicadores de desempenho para ETA – Teste e validação num estudo de caso.** In: ENCONTRO DE SANEAMENTO BÁSICO, 13., 2008, Covilhã, Portugal. Disponível em: <
http://www.ext.lnec.pt/LNEC/bibliografia/DHA/10_Vieira_et_al_2008_ENa.Pdf >. Acesso em: 29 março 2010.

VON SPERLING M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. ed. Belo Horizonte: UFMG. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996.

_____. Visão integrada do saneamento por bacia hidrográfica e o monitoramento da sua qualidade. In: ANDREOLI, C. V.; WILLER, M. (Eds.) **Gerenciamento do Saneamento em Comunidades Planejadas.** São Paulo: Alphaville Urbanismo, 2005. p. 42-57. (Série Cadernos Técnicos Alphaville, 1).

WHITE, G. F.; BRADLEY, D. J.; WHITE, A. U. **Drawers of Water:** domestic water use in east Africa. Chicago: Chicago University Press, 1972.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Drinking-Water Quality:**
Recommendations. 3th ed. Geneve: Switzerland, 2004. v.1.