



MESTRADO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E SAÚDE

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE**

**ANÁLISE QUÍMICA MULTIELEMENTAR DE AMOSTRAS DE ÁGUA
TRATADA EM 18 MUNICÍPIOS DO NORTE GOIANO**

QUEREN HAAMONAI SANTOS DA SILVA

GOIÂNIA, GO

2013



MESTRADO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E SAÚDE

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE**

**ANÁLISE QUÍMICA MULTIELEMENTAR DE AMOSTRAS DE ÁGUA
TRATADA EM 18 MUNICÍPIOS DO NORTE GOIANO**

QUEREN HAAMONAI SANTOS DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. Eric Santos Araújo

**Dissertação de Mestrado
apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciências
Ambientais e Saúde da Pró-
Reitoria de Pós-Graduação e
Pesquisa da Universidade
Católica de Goiás, como
requisito parcial para obtenção
do título de Mestre em Ciências
Ambientais e Saúde.**

**GOIÂNIA, GO
2013**

Silva, Queren Haamonai Santos da.
S586a Análise química multielementar de amostras de água tratada em 18 municípios do norte goiano [manuscrito] / Queren Haamonai Santos da Silva. – 2013.

71 f. ; il. ; grafs. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde, 2013.

“Orientadora: Profª. Dra. Maira Barberi”.

1. Água – Qualidade - Goiás. 2. Água - Estações de tratamento - Goiás. I. Título.

CDU: 628.1(043)

DEDICATORIA

Á Deus, meu pai celestial pela oportunidade. Ao meu esposo, aos meus pais, e ao meu irmão, com amor, admiração e gratidão pela compreensão, carinho, presença e incansável apoio ao longo do período de elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares pelo apoio, orações, compreensão pelos momentos de ausência para dedicação a este trabalho, o meu muito obrigada.

Ao Dr. Prof. Eric Santos Araújo, que nos anos de convivência, muito me ensinou contribuindo para meu crescimento científico e intelectual, pelo apoio durante o processo de definição e orientação do trabalho.

Aos meus professores por todo conhecimento transmitido no decorrer do Curso, que foi fundamental na realização desta Dissertação.

Aos dedicados Doutores participantes da banca, Prof. Dra. Claudia Valéria de Lima (UFG-GO), Prof. Dr. Sandra... , que pela experiência, conhecimento transmitiram importantes sugestões para melhoria do trabalho.

Aos Técnicos responsáveis das Estações de Tratamento de Água do norte goiano, pelo apoio na coleta de dados.

Aos amigos do Mestrado, especialmente Glaucia Oliveira Abreu Batista, Marildete Martins Moraes e Paula Cristina Alves da Silva.

EPÍGRAFE

**“Ora, a fé é a certeza de cousas
que se esperam, a convicção de
atos que não vêm.”**

Hebreus 11: 1

RESUMO

O presente trabalho analisou-se a qualidade da água consumida pela população dos 18 municípios que compõem a região norte do Estado de Goiás, Brasil. O objetivo atingido foi a classificação dos elementos químicos segundo a ordem de significância e o seu potencial de toxicidade. Pelas análises químicas multielementares (método ICP- OES) do material coletado nas Estações de Tratamento de Água (ETAs). A partir dos resultados, foi construída uma matriz de correlação definindo as associações geoquímicas. A análise integrada dos dados revelou a presença de altas concentrações (1º, 2º e 3º ordem) dos elementos químicos e compostos químicos, respectivamente, Ba, Ca, Cl, Fe, Mg, Mn, Sr, Zn, SO₄ e NO₃. Foram realizadas visitas nas ETAs dos municípios estudados, para verificação do tipo de tratamento da água, e avaliar uma possível exposição ambiental. Ressalta-se a importância deste estudo como divulgação sobre a qualidade multielementar da água potável, no Estado de Goiás, enfatizando o caráter participativo de órgãos governamentais, sociedade civil, de modo a orientar as estratégias políticas a fim de promover a qualidade da água potável, assim como a preservação dos mananciais.

Palavras Chaves: água potável, análise química multielementar, Estação de Tratamento de Água.

ABSTRACT

This study analyzed the quality of the water consumed by the population of the 18 municipalities that make up the northern region of the state of Goiás, Brazil. Chemical analyzes were performed multielement (ICP-OES method) of the material collected in the Water Treatment Plants (WTP). From the results, we constructed a correlation matrix defining the geochemical associations. The analysis of integrated data revealed the presence of high concentrations (1st, 2nd and 3rd order) of chemical elements and chemical compounds, respectively, Ba, Ca, Cl, Fe, Mg, Mn, Sr, Zn, SO₄ and NO₃. Visits were carried out in the cities studied ETAs, to check the type of water treatment, and evaluate possible environmental exposure. We stress the importance of this study as multielement disclosure about the quality of drinking water in the state of Goiás, emphasizing the multistakeholder nature of government agencies, civil society, in order to guide policy strategies to promote the quality of drinking water, as well as the preservation of water sources.

Key Words: clean water, multielement chemical analysis, Water Treatment Plant.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	Localização da área de estudo.....	42
FIGURA 2.	Mapa de domínios geológicos da área de estudo.....	45
FIGURA 3.	Assoreamento do Ribeirão Corrente, onde localiza a barragem de captação da ETA Minaçu.....	50
FIGURA 4.	Lago construído na cidade de Campinorte, na GO 428.....	51
FIGURA 5.	Ponte de acesso as fazendas próximas, ao manancial de abastecimento da ETA Santa Tereza.....	51
FIGURA 6.	Esquema de um sistema convencional de abastecimento de água urbano.....	53
FIGURA 7.	Esquema fluxométrico de ETA simplificada.....	54
FIGURA 8.	Sistema de tratamento de água integrado com captação de água superficial	55
FIGURA 9.	Sistema de tratamento de água integrado com captação subterrânea...	56

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Doenças humanas transmitidas por veiculação hídrica.....	20
TABELA 2.	Abundância dos elementos químicos no corpo humano na massa corpórea (m%).....	23
TABELA 3.	Abundância de alguns elementos traços no corpo humano.....	23
TABELA 4.	Classificação dos elementos de acordo com a toxicidade e ocorrência.....	24
TABELA 5.	Padrão de potabilidade para substâncias químicas.....	35
TABELA 6.	Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano.....	37
TABELA 7.	Padrão organoléptico de potabilidade.....	38
TABELA 8.	Elementos e íons nas amostras com suas respectivas análise metodológicas de água das ETA,	41
TABELA 9.	Localização das ETA e suas respectivas Bacias.....	44
TABELA 10.	Registro de localização e coordenadas geográficas dos pontos de coleta.....	58
TABELA 11.	Os valores médios encontrados da análise geoquímica multielementar para os elementos químicos selecionados (mg/L^{-1}).....	60
TABELA 12.	Sumario estatístico das concentrações dos elementos químicos, valores mínimos e máximos.....	61
TABELA 13.	Padrões brasileiros e internacionais de qualidade da água com VMP em (mg/L^{-1}) e os elementos químicos.....	61
TABELA 14.	Sumário Estatístico e valores de 1 ^a , 2 ^a e 3 ^a ordem de cada elemento químico e íons dosados nas amostras acrescidas de seus respectivos VMP, pelo Padrão Brasileiro e Internacional de Qualidade da água (em mg/L^{-1}) dos elementos químicos analisados.....	62
TABELA 15.	Valores anômalos de 1 ^a (vermelho), 2 ^a (azul), 3 ^a (verde) ordens dos elementos químicos dosados nas amostras, segundo níveis e limites de concentrações (em mg/L^{-1}).....	63
TABELA 16.	As ETA que apresentaram valores anômalos de 1 ^a (vermelho), 2 ^a (azul), 3 ^a (verde) ordem dos elementos químicos e íons dosados nas amostras, segundo níveis e limites de concentrações (em mg/L^{-1}).....	64

LISTA DE ABREVIATURAS

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisas dos Recursos Naturais
ETA	Estações de Tratamento de Água
EPA	Agência de Proteção Ambiental dos EUA
GMPS	Geosoft Mapping and Processing System
GPS	Sistema de Posicionamento Georreferenciado
IAP	Índice de Qualidade da Água Bruta
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística do Brasil
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy
IQA	Índice de Qualidade das Águas
LEA	Laboratório de Espectroscopia Atômica
MCAS	Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde
MMA	Ministério do Meio Ambiente do Brasil
MS	Ministério da Saúde do Brasil
NWQMS	Estratégia Nacional de Administração da Qualidade da Água, Austrália (National Water Quality Management Strategy)
OMS	Organização Mundial de Saúde
PGAGEM	Programa de Geoquímica Ambiental e Geologia Médica
PUC-Goiás	Pontifícia Universidade Católica de Goiás
SANEAGO	Saneamento de Goiás S/A
SEPIN	Superintendência de Estatística Pesquisa e Informação do Estado de Goiás
SEPLAN	Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás
UCB	Universidade Católica de Brasília
VMP	Valor Médio Padrão

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3 REFERENCIAL TEORICO.....	17
3.1 Qualidade da água potável e a Saúde humana.....	17
3.2 Geomedicina, Elementos Químicos e a Saúde humana.....	21
3.3 Ação biológica de alguns elementos químicos	27
3.4 Avaliação da qualidade da água potável	32
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	40
4.1 Planejamento Preliminar.....	40
4.2 Parâmetros para definição da área de estudo.....	40
4.3 Atividades de Campo.....	40
4.4 Atividades Laboratoriais.....	41
4.5 Tratamento dos dados.....	41
5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	42
5.1 Localização.....	42
5.2 Hidrografia e Aspectos Geológicos.....	43
5.3 Clima.....	46
5.4 Aspectos Econômicos	47
5.5 Meio Ambiente e Saneamento.....	49
5.6 Métodos e Técnicas das ETA em Estudo.....	52
6 RESULTADOS.....	58
6.1 Resultados da Análise geoquímica da água.....	58
7 DISCUSSÃO.....	65
8 CONCLUSÕES.....	68
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

1. INTRODUÇÃO

A água é um bem econômico e de suma importância para manutenção da vida, apesar das legislações ambientais, programas de educação ambiental e de recuperação de áreas degradadas, muitos corpos d'água encontram-se degradados, especialmente em áreas urbanas. O ser humano procura explorá-la nos diversos ambientes onde ela pode ser encontrada, mas está sempre sujeita a contaminações diversas (FREITAS et al., 2001).

A água, sendo uma substância essencial, tem influência direta sobre a saúde, qualidade de vida e desenvolvimento do ser humano. A água doce, útil para a humanidade, representa apenas 0,02% do total mundial. Atualmente, um terço da população mundial vive sem condições aceitáveis de saneamento e 17% não têm sequer acesso a um abastecimento adequado de água potável (D'AGUILA, 2000).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabelece regras para o saneamento básico, a universalização ao seu acesso e que o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sejam feitos de forma adequada à saúde pública e preservação do meio ambiente (MACHADO, 2009).

A água para consumo humano deve atender a determinados requisitos de qualidade para que se torne própria para o uso. A qualidade das águas superficiais depende do clima e da litologia da região, da vegetação circundante, do ecossistema aquático e da influência do homem. A contaminação natural ou antrópica da água por substâncias químicas, especialmente elementos-traço ou outras substâncias simples dissolvidas em forma iônica, é um fenômeno relativamente comum que provoca doenças populacionais geograficamente localizadas (GLEICK, 2001).

Os Estados foram incentivados pelo governo federal a implantarem planos próprios para o cuidado de suas águas. A legislação brasileira reafirma a água como um bem de domínio público, um recurso limitado e as bacias hidrográficas são unidades territoriais onde se deve programar uma política nacional para esse setor (MACHADO, 2009).

As principais fontes poluidoras das bacias hidrográficas são as industriais, agroindustriais, agropecuárias, ações urbanas, mineração, entre outras. Todas essas fontes tornam-se mais ou menos expressivas em função do grau de poluição ou contaminação de seus efluentes (GUERINO, 2009).

No Estado de Goiás existe um alto índice de desmatamentos, áreas de solo impermeabilizado, contaminação com agrotóxicos, queima de combustível fóssil, consumo indiscriminado de óleos, lubrificantes, produção de lixo eletrônico, químicos e outros. O desmatamento ocasionado pela ação humana ao longo do tempo já provocou a destruição de grande parte das matas nativas típicas do cerrado atingindo áreas de preservação como topos de morros, nascentes e matas ciliares (COSTA, 2004).

O Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil, por meio do Ministério da Saúde e da Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – CGVAM iniciou em 1999, a implantação e coordenação do Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA), o qual tem como meta buscar a melhoria das condições sanitárias das diversas formas de abastecimento de água para consumo humano, assim como avaliar e gerenciar o risco à saúde das condições sanitárias das diversas formas de abastecimento de água.

Tomando por base o VIGIAGUA, justifica-se a avaliação da qualidade da água consumida e sua correlação com a saúde da população, pois pode-se através dos dados substanciais acerca da contaminação da água, promover o desenvolvimento da consciência e responsabilidade individual e coletiva da importância do fortalecimento das ações e dos serviços de proteção e prevenção de agravos à saúde, relacionados com a presença de xenobióticos.

Considera-se a contaminação química da água um problema ambiental e de saúde pública, esta pesquisa faz parte de um projeto maior em desenvolvimento, cujo tema é “Pesquisa nas ETA, Análise de metais pesados, Qualidade de vida e saúde no Estado de Goiás”, onde a região norte goiana complementa o estudo para todo o estado. A pesquisa analisou a água distribuída pelas Estações de Tratamento de Água (ETA) de 18 municípios da região Norte do Estado de Goiás, Alto Horizonte, Amaralina, Campinaçu, Campinorte, Estrela do Norte, Formoso, Mara Rosa, Minaçu, Montevídiu do Norte, Mundo Novo, Mutunópolis, Nova Crixás, Nova Iguaçu, Novo Planalto, Porangatu, São Miguel do Araguaia, Santa Tereza e Trombas.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral da pesquisa foi realizar uma verificação da água tratada nas Estações de Tratamento de Água (ETA) a partir das análises química multielementar de amostras de água distribuída nas Estações dos 18 (dezoito) municípios do norte goiano.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a potabilidade da água distribuída para consumo em 18 municípios da região norte de Goiás.
- Realizar uma análise multielementar nas amostras de água por Espectroscopia de Emissão Ótica com Plasma de Argônio Induzido, ICP OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy).
- Classificar os elementos químicos segundo a ordem de significância e o seu potencial de toxicidade.
- Identificar possíveis problemas de saúde que os elementos químicos podem provocar pelo excesso ou carência no organismo humano.
- Relacionar as alterações ambientais com as doenças que são causadas pelo desequilíbrio quantitativo de elementos químicos na composição da água.
- Destacar a importância das políticas públicas para a realização do saneamento básico e da saúde coletiva;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Qualidade da água potável e a saúde humana

A água potável de boa qualidade é essencial para a manutenção da vida e para a saúde, por isto todo esforço possível deve ser feito para a promoção da saúde humana. A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De maneira geral, pode -se dizer que a qualidade de uma determinada água é função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica.

Segundo SPERLING (1993) os fatores que afetam a qualidade da água são as condições naturais, destacamos o impacto do contato da água em escoamento ou infiltração com as partículas, substâncias e impurezas no solo, a incorporação de sólidos em suspensão como as partículas de solo ou dissolvidos como os íons oriundos da dissolução de rochas ocorre, mesmo na condição em que a bacia hidrográfica esteja totalmente preservada em suas condições naturais como a ocupação do solo com matas e florestas. Neste caso verifica-se a grande influência da cobertura e a composição do solo. Destaca-se ainda a interferência dos seres humanos, pois a forma em que o homem usa e ocupa o solo tem uma implicação direta na qualidade da água.

O conhecimento da qualidade da água, a preservação de mananciais hídricos e o planejamento da ocupação do solo são recursos que muito contribuem para a qualidade de vida, desenvolvimento sustentável e para o controle de doenças (VITOR, 2006). Nesse contexto, a veiculação de elementos ou compostos químicos na água potável é de suma importância. A presença de substâncias químicas no solo, água e ar decorrem de fatores naturais como intemperismo, erosão, transporte por correntes aéreas ou aquáticas, etc., bem como de fatores antrópicos, podendo assim se transferirem da geosfera para a biosfera, com potencial para interferir na homeostase dos organismos vivos (SELINUS et al., 2005).

A água potável deve ser segura para o consumo de todas as pessoas, não apresentando risco significativo para a saúde, inclusive nas diferentes fases da vida humana (NWQMS, 2004). E não deve conter concentrações nocivas de substâncias químicas ou microrganismos, deve ter aparência, sabor e odor agradável (NWQMS, 2004; OMS, 2006).

A toxicidade dos metais é uma questão de dose ou tempo de exposição, da forma física e química do elemento e da via de administração/ absorção. Os níveis máximos permitidos pelos órgãos de controle ambiental, CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), EPA (Environmental Protection Agency, EUA) e WHO (World Health Organization, ONU), quanto a qualidade da água variam entre si, sendo as diferenças reflexos do potencial toxicológico do metal e da qualidade ambiental de cada país (PIRES et al., 2000).

De acordo com a resolução do CONAMA Nº. 357 de 17 de março de 2005, que estabelece as diretrizes ambientais para as condições e os padrões da qualidade da água, no artigo 4, Das Águas Doces, classifica as águas em cinco classes, como: Classe especial – água destinada ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção, preservação do equilíbrio natural e dos ambientes aquáticos; Classe I – água destinada ao abastecimento, após tratamento simples, recreação, irrigação de hortaliças; Classe 2 – água destinada ao abastecimento, após tratamento convencional, irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, parques e recreação; Classe 3 – água destinada ao abastecimento, após tratamento convencional ou avançado, irrigação, culturas arbóreas, pesca e recreação; Classe – 4 águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Dentro da ideia genérica de poluição, SPERLING (1993) destaca que podem ser incluídos vários processos que altera a qualidade, como contaminações bacteriológica e química, eutrofização e assoreamento. As contaminações são originárias principalmente do lançamento de águas residuais domésticas e industriais em rios e lagos. A poluição de um ambiente aquático envolve, portanto, processos de ordem física, química e biológica.

Philippi Jr. (2005) descreve que as características da água são estabelecidas por parâmetros físicos, químicos e biológicos que compõem o recurso hídrico. No aspecto físico, pode-se determinar a temperatura, a turbidez, os sólidos (totais, suspensos, dissolvidos), a condutividade e a cor. No aspecto químico, pode-se indicar as espécies iônicas cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), cádmio (Cd), cromo (Cr), mercúrio (Hg) , chumbo (Pb), cloretos, sulfato, nitrato, fosfato, bicarbonatos etc., os compostos orgânicos naturais como, carboidratos, proteínas e lipídios, medidos pelo teste de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e os componentes orgânicos sintéticos como surfactantes, pesticidas e agroquímicos,

solventes, trihalometanos etc., os gases, oxigênio, amônia etc., o pH, a alcalinidade e a dureza.

Estima-se que 80% de todas as moléstias e mais de um terço dos óbitos dos países em desenvolvimento sejam causados pelo consumo de água contaminada, e, em média, até um décimo do tempo produtivo de cada pessoa se perde devido a doenças relacionadas à água. Os esgotos e excrementos humanos são causas importantes dessa deterioração da qualidade da água em países em desenvolvimento (AGENDA 21, 1996).

Os principais agentes biológicos descobertos nas águas contaminadas são as bactérias patogênicas, os vírus e os parasitas. As bactérias patogênicas encontradas na água e/ou alimentos constituem uma das principais fontes de morbidade em nosso meio. São as responsáveis pelos numerosos casos de enterites, diarreias infantis e doenças epidêmicas (como a febre tifoide), com resultados frequentemente letais. Os vírus mais comumente encontrados nas águas contaminadas por dejetos humanos, são os da poliomielite e da hepatite infecciosa (WHO,1996).

Dentre os parasitas que podem ser veiculados através da água destaca-se a *Entamoeba histolytica*, causadora da amebíase e suas complicações. É encontrada sobretudo em países quentes e em locais onde existem más condições sanitárias. A escala global das doenças relacionadas com a água está descrita na tabela 1, comumente as bactérias patogênicas detectadas em água contaminada são *Shigella*, *Salmonella*, *Campylobacter*, *Esherichia Coli tóxica*, *Vibrio* e *Yersinia*. A medida que os métodos de detecção melhoram suas características técnicas, aumenta a lista de agentes encontrados na água (WHO, 1996).

As doenças relacionadas à contaminação da água potável constituem-se num grande desafio para a Saúde Pública. Intervenções que melhoram a qualidade da água potável promovem significantes benefícios à saúde. A grande maioria das enfermidades relacionadas à qualidade da água consumida resulta de contaminação por microrganismos, entretanto um número apreciável de sérias doenças ocorre como resultado da contaminação por substâncias química da água potável (OMS, 2006).

Tabela 1- Doenças humanas transmitidas por veiculação hídrica.

Doença	Agente Infeccioso	Tipo de Organismo	Sintomas
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Bactéria	Diarreia severa e grande perda de líquido.
Disenteria	<i>Shigella dysintariae</i>	Bactéria	Infecção do Cólon, dores abdominais mais intensas.
Enterites	<i>Clostridium perfringes</i> e outra bactéria	Bactéria	Inflamação do Intestino delgado, diarreia, dores abdominais.
Febre Tifoide	<i>Salmonella typhi</i>	Bactéria	Dor de cabeça, perda de energia, hemorragia intestinal; febre.
Hepatite infecciosa	<i>Hepatite, Virus A;</i>	Vírus	Inflamação do fígado, vômitos e febre; perda de apetite.
Poliomelite	<i>Polivírus</i>	Vírus	Febre, Diarreia, dores musculares, paralisia e atrofia dos músculos.
Criptosporidiose	<i>Cryptosporidium</i>	Protozoário	Diarreia e dores abdominais.
Disenteria amebiana	<i>Entamoeba hystolítica</i>	Protozoário	Infecção do Colón, diarreia e dores abdominais.
Esquistossomose	<i>Shistosoma</i> sp.	Verme	Doença tropical d fígado, diarreia, perda e energia, dores abdominais intensas;
Ancilostomíase	<i>Ancylostoma</i> sp.	Verme	Anemia Severa
Malária	<i>Anopheles</i> sp.	Protozoário	Febre alta.
Febre Amarela	<i>Aedes</i> sp.	Vírus	Anemia.
Dengue	<i>Aedes</i> sp.	Vírus	Anemia.

Fonte: WHO, 1996.

3.2 Geomedicina, Elementos Químicos e a Saúde Humana

A Geomedicina pode ser definida como a ciência que se ocupa de fatores ambientais exteriores que influenciam a distribuição geográfica de problemas patológicos e nutricionais que condicionam a saúde de homens e animais (CORTECCI, 2003).

A Geologia Médica é o estudo das relações entre os fatores geológicos e a saúde, enfatizando o impacto dos metais e os processos geológicos na saúde pública, especialmente os materiais nocivos de origem natural ou antrópica presentes no ambiente (SILVA et al, 2006). Estuda a influência das condições climáticas e ambientais sobre a saúde, principalmente em relação aos impactos epidemiológicos desses fatores na distribuição dos elementos químicos.

A geologia médica é definida por SELINUS (2005), como sendo a ciência que lida com as relações entre fatores geológicos naturais, saúde humana e animal. Segundo esse autor, é também a ciência que visa entender a influência de fatores ambientais ordinários na distribuição geográfica de tais problemas de saúde.

Em Licht (2001), observa-se a classificação dos elementos geoquímicos de acordo com experiências que foram realizadas em meteoritos, rochas, mineralizações e materiais artificiais (metalúrgicas) em cinco grupos: a) Siderófilos – com afinidade pelo ferro, como cobalto (Co), níquel (Ni), molibdênio (Mo), ouro (Au), germânio (Ge), estanho (Sn), carbono (C), fósforo (P); b) Calcófilos – com afinidade pelo enxofre e concentrados nos sulfetos, como prata (Ag), zinco (Zn), cádmio (Cd), mercúrio (Hg), gálio (Ga), índio (In), titânio (Ti); c) Litófilos – com afinidade pela sílica, como lítio (Li), sódio (Na), potássio (K), rubídio (Rb), célio (Cs), berílio (Be), magnésio (Mg), cálcio (Ca), estrôncio (Sr), bário (Ba); d) Atmosfílicos – presentes como gases na atmosfera, como hidrogênio (H), carbono (C), nitrogênio (N), oxigênio (O), hélio (He), neônio (Ne), argônio (Ar) e e) Biófilos – comumente encontrados nos organismos vivos, como carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), enxofre (S), cloro (Cl) e iodo (I), assim como certos metais traço, vanádio (V), cobre (Cu), Mn e boro (B).

A água potável é responsável por 2 a 20% da ingestão dos elementos traço. A idade, ocupação, temperatura ambiental, perspiração e hábitos alimentares, juntos determinam a ingestão de água e, conseqüentemente podem influenciar acentuadamente

as ingestões de Cr, F e Pb e, em alguns locais pode também favorecer muito às ingestões de Ar, Cd, Cu, Hg, Se e Zn (OMS, 1998).

No que concerne à saúde humana e animal, a água conduz muitos constituintes químicos que são facilmente absorvidos pelas células. Muitos são benéficos e essenciais à vida Ca, K, Mg, Fe, outros como, F, Se, Mo, Cr, propiciam benefício ou toxicidade dependendo das respectivas concentrações na água potável, porém o As, Pb, Hg e o Cd não desempenham papéis fisiológicos conhecidos, exercendo toxicidade especialmente sobre os sistemas renal e nervoso (FRIZZO, 2006).

Araújo & Pinese (2006) frisam que os elementos químicos em especial os metais tóxicos encontram-se na categoria dos impactos nocivos ao ambiente e à saúde humana, quando em altas concentrações, pois não são biodegradáveis e fisiologicamente esta necessidade dá-se apenas em nível de traços e ultratraços.

Scarpelli (2003) coloca que os elementos constituintes das rochas ao serem liberados pelo intemperismo podem ser disponibilizados no solo para em seguida serem levados para as águas dos rios e subterrâneas. No solo, podem ser assimilados pelas raízes de plantas, entrando na cadeia alimentar. Também entra na cadeia alimentar quando carregados em solução pela drenagem e assimilados por seres aquáticos. Mas além da dieta, as substâncias químicas podem ser também assimiladas pelos seres vivos por inalação ou pela pele.

De acordo com Lindh (2005), a constituição química da massa corpórea do homem é formada por 96% de elementos maiores como hidrogênio, oxigênio carbono e nitrogênio; 3,78% de elementos menores como sódio, potássio, magnésio, cloro, enxofre, cálcio e fósforo e os outros são os elementos traços: lítio, cobalto, manganês, ferro, níquel, cobre, flúor, bromo, iodo, zinco e selênio. Esses elementos são considerados essenciais para a formação da massa do corpo humano e da maioria dos seres vivos. As tabelas 2 e 3 apresentam a porcentagem da abundância desses elementos químicos na massa corpórea do homem.

Tabela 2- Abundância dos elementos químicos no corpo humano na massa corpórea (m %).

Elemento	Massa (%)	Elemento	Massa (%)
Oxigênio	65,0	Magnésio	0,50
Carbono	18,0	Potássio	0,34
Hidrogênio	10,0	Enxofre	0,26
Nitrogênio	3,0	Sódio	0,14
Cálcio	1,4	Cloro	0,14
Fosforo	1,0	-	-

Fonte: LINDH, 2005

Os seres vivos necessitam dos elementos constituintes de seus alimentos. Para os humanos são essenciais, como macronutrientes, Ca, Cl, Mg, P, K, Na, O, H e S e como micronutrientes, As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, V, Zn, F, I e Si. Todos esses nutrientes são importantes e sua falta acarreta prejuízos à saúde. Por outro lado, sua assimilação em excesso, especificamente quanto aos micronutrientes, pode ser fatal.

Tabela 3- Abundancia de alguns elementos traços no corpo humano.

Elemento	Massa (%)	Elemento	Massa (%)
Arsênio	0,26	Manganês	0,17
Bromo	2,90	Molibdênio	0,08
Cobalto	0,021	Níquel	0,14
Cobre	1,00	Selênio	0,11
Flúor	37,00	Tungstênio	0,008
Ferro	60,00	Zinco	33,00
Iodo	0,19	Silício	260,00
Lítio	0,009	Vanádio	0,11
Cromo	0,094	-	-

Fonte: LINDH, 2005.

Do ponto de vista da poluição ambiental, os elementos podem ser classificados de acordo com três critérios ver tabela 4: (1) não tóxico, (2) tóxico, muito insolúvel e, (3) muito tóxico (LEMES, 2001). Os elementos conhecidos e considerados tóxicos,

dependendo da quantidade assimilada e de sua biodisponibilidade, são Al, As, Pb, Cd, Hg, B, Sb, Ru e U (LINS, 2003).

Tabela 4- Classificação dos elementos de acordo com a toxicidade e ocorrência.

Não Tóxico				Tóxico, muito insolúvel			Muito Tóxico			
Na	C	F	K	Ti	Ga	Hf	Be	As	Au	Co
P	Li	Mg	Fe	La	Zr	Os	Se	Hg	Ni	Te
Rb	Ca	S	Sr	W	Rh	Nb	Tl	Cu	Pd	Pb
H	Cl	O	Br	Ir	Ta	Ru	Zn	Ag	Sb	Sn
Si	N			Re	Ba	Al	Cd	Bi	Pt	

Fonte: LINS, 2003

A contaminação de recursos hídricos por substâncias químicas, com consequências para o equilíbrio ambiental e saúde humana, tem sido um problema contemporâneo comum que tem despertado atenção de pesquisadores, governo e sociedade civil (CORTECCI, 2003).

Uma das causas de contaminação dos recursos hídricos são os problemas advindos das urbanizações desordenadas, que trazem graves consequências ambientais, dentre elas a contaminação dos cursos d'água que atravessam os grandes centros urbanos. Diante desta problemática torna-se necessário o monitoramento da qualidade da água em diversas áreas destes cursos para que se possam determinar quais as possíveis fontes de contaminação atuantes, assim como sua correta localização e adoção de medidas necessárias (SPERLING, 1996; ANA, 2002).

Segundo a Agenda 21 (1992), os problemas mais graves que afetam a qualidade da água dos rios, córregos e lagos decorrem, segundo diferentes situações, de esgotos domésticos não tratados ou tratados de forma inadequada, da falta ou precariedade do controle de efluentes industriais, de perda e destruição das bacias de captação, da localização errônea de unidades industriais, do desmatamento, da agricultura migratória sem controle, e de práticas agrícolas deficientes. Todas estas situações perturbam os ecossistemas aquáticos e ameaçam as fontes de água doce, assim como o meio que os circundam.

No Brasil, as fontes de contaminação da água por elementos químicos de origem antrópica, estão associadas a atividades industriais e de mineração, da geração de

efluentes municipais (GUILHERME et al, 2005), ação de garimpos clandestinos com contaminação de mercúrio (PINHEIRO et al, 2000), plantações que utilizam agrotóxicos e inseticidas com a presença de metais tóxicos (RAMALHO et al, 2000), lixões e depósitos de lixo que recebem baterias de carro, telefone celular, material eletrônico entre outros.

O lançamento de esgotos não tratados industriais e domiciliares nos cursos de água, além de transformá-los em veículos patogênicos, representa a principal fonte, ao lado dos solos erodidos de nitrogênio, fósforo e potássio, componentes residuais das atividades humanas, que reunidos sob processo de eutrofização pode trazer alterações as condições físicas, químicas e biológicas nas águas de superfície e subterrâneas.

A poluição por fontes pontuais dos recursos hídricos são, em geral, mais fáceis de serem monitoradas e controladas, podendo direcioná-la para áreas onde seja possível o seu tratamento, ou para lugares onde os riscos à contaminação de ecossistemas frágeis e das populações sejam minimizadas.

A poluição por fontes não pontuais apresentam grandes dificuldades ao monitoramento e controle, pois resultam diretamente do escoamento em superfície das águas precipitadas nos centros urbanos, e são constituídas por resíduos sólidos e líquidos de natureza difusa, podendo apresentar tanto ou mais poluentes que o efluente secundário de uma estação de tratamento de esgoto, e em alguns casos, mais que o esgoto bruto, considerando o escoamento superficial a maior fonte de poluição aquática. (HENKE-OLIVEIRA, 1996; CAMPOS, 2003; REBOUCAS, 2003; TUNDISI, 2003; HIRATA 2003; USGS, 2006).

Segundo Licht (2001), especialmente a partir da década de 80, diversos países realizam diagnósticos ambientais através de técnicas de exploração geoquímica, tentando estabelecer o potencial e a viabilidade de aquíferos e controlar a poluição aquática. O estudo multielementar da composição química da água possibilita a quantificação de elementos químicos em bacias hidrográficas sujeitas a diferentes tipos de contaminação e auxilia a compreensão da realidade ambiental dessas bacias (VITOR, 2006).

No Brasil, a partir da década de 80, pesquisadores da Universidade Federal da Bahia (UFBA), estabeleceram uma base de estudos de avaliação de contaminação de crianças e adultos por Pb e Cd em Santo Amaro da Purificação (BA), onde os rejeitos da metalurgia de minério de chumbo contaminaram o solo e o lençol freático do município,

sendo pioneiros na abordagem desse tipo de problema no Brasil (CARVALHO et al. 1984).

MATSCHULLAT et al (2000), identificaram elevados teores de As em urina de crianças, residentes na proximidade de antigas minerações de Ouro do Quadrilátero Ferrífero.

FIGUEIREDO (2000) identificou contaminação de Pb em sangue de crianças e adultos, residentes na proximidade da metalurgia da Plumbum S.A em Adrianópolis, Paraná.

LICHT (2001), a partir de levantamento geoquímico de baixa densidade, com amostragens de sedimento, água e solos em todo o estado do Paraná, identificou fluorose dentária em crianças na região de Itambaracá- PR, associada à águas subterrâneas e, brometo e cloreto em solos, possivelmente relacionados as doenças cancerígenas que ocorrem na região norte do referido estado.

SANTOS et al. (2003), pesquisaram no Amapá a exposição ao As em população residente próximo ao rejeito da metalurgia de manganês, analisando amostras de cabelo e sangue, sem no entanto identificar risco significativo para as pessoas.

Em Iporanga, estado de São Paulo, embora tenham sido identificadas concentrações anômalas de As em solo e sedimentos, os níveis e exposição humana revelaram-se baixos, não representando risco à saúde da população (SAKUMA, 2004).

MAIA (2004) encontrou contaminação por Cr, de provável causa antrópica, na drenagem do córrego Macambira em Goiânia-GO, estando o elemento em concentrações acima do VMP preconizado pela EPA.

O estudo realizado por BARBOSA (2009), em 22 municípios da mesorregião sul goiano, apresentou resultados acima dos valores máximos permitidos, de NO_3^- nas amostras de Quirinópolis e Morrinhos, e de Pb na amostra de Cromínia, com possível impacto sobre a morbimortalidade dos referidos municípios.

COSTA (2009) pesquisou a microrregião do sudoeste goiano, encontrando a presença de altas concentrações dos elementos químicos Fe, Pb, Zn e do composto NO_3^- nas amostras de água das ETA dos municípios de Aparecida do Rio Doce, Chapadão do Céu, Jataí e Mineiros.

COSTA (2010) pesquisou a região metropolitana de Goiânia, onde identificou alterações no município de Goianira-Go, com presença de Pb na composição da água de abastecimento do município, a ocorrência pode esta interligada com a ocupação do solo, por loteamentos, oficinas mecânicas e ferros velhos, estes estabelecimentos trabalham

com baterias automotivas e outros produtos contendo Pb em sua composição e o descarte são feitos em locais impróprios.

3.3 Ação Biológica dos Elementos químicos selecionados

O bário (Ba) é considerado por alguns pesquisadores como um elemento essencial, porém, sua função metabólica não está bem esclarecida. Níveis elevados de Ba podem interferir no metabolismo de Ca e retenção de K (Motta, 2000). O íon bário é um estimulante muscular que é muito tóxico para o coração e pode causar a fibrilação ventricular. O consumo acima de 500 mg é fatal para o ser humano. O seu excesso causa bloqueio no sistema nervoso e aumento da pressão sanguínea por vasoconstrição (UFRJ, 2003).

Os sintomas por intoxicação por Ba são náuseas, vômito, diarreia, dor abdominal, sudorese, tremores, convulsão, arritmia cardíaca, fibrilação ventricular, fibrilação muscular, hipertensão, diminuição de potássio, paralisia muscular, dispneia, insuficiência respiratória, hemorragias internas (CENEPI/FUNASA, 2003).

O elemento Sr não possui aplicações diretas nas atividades fisiológicas do ser humano. O conteúdo de Sr presente no corpo humano está em média de 4,6 ppm do peso corporal, 99% desse total está localizado nos dentes e nos ossos (ATDSR, 2004).

O elemento F é um elemento essencial com recomendação de ingestão diária de 1,5 a 4,0 mg/dia. Problemas de saúde tais como cáries ou dentes manchados ou fluorose esquelética podem ocorrer devidos ao excesso ou deficiência de flúor (DI BERNARDO et al. 2002).

O elemento Cl é amplamente distribuído na natureza na forma íon de cloreto (Cl^-), especialmente o cloreto de sódio, encontrado nas minas de sal gema e dissolvido no mar, o cloreto de potássio, presente no mineral silvina, e cloreto de cálcio, no calcário (OMS, 2003a). É o halogênio mais abundante na água do mar, com uma concentração de aproximadamente 18000 ppm, e na crosta terrestre está presente em menor quantidade, aproximadamente 130 ppm (BARBALACE, 2007). Portanto, o cloro não é classificado como elemento-traço (GUILHERME et al, 2005).

O cloreto de sódio é amplamente usado na indústria química na produção de substâncias como soda cáustica, cloro puro, clorito de sódio e hipoclorito. Na forma de potássio é usado na produção de fertilizantes (NWQMS, 2004).

A influência do cloreto no sabor da água é dependente dos cátions associados, porém existe um limiar de 200-300mg/L para o cloreto de sódio e de cálcio na água, acima do qual provoca sabor evidente (OMS, 2003a). A presença de níveis elevados de cloreto na água pode provocar corrosão de canos e tubulações, e também pode ter efeito sobre a solubilidade dos íons metálicos (NWQMS, 2004).

Em humanos, o cloreto é o ânion mais abundante do líquido extracelular e desempenha importante papel na manutenção da distribuição de água no organismo, da pressão osmótica do plasma e na neutralidade elétrica (MOTTA, 2000)

A hipercloremia (excesso de cloro no sangue) é geralmente associada à hipernatremia, podendo estar relacionada à acidose metabólica, deficiência de mineralocorticóides, desidratação, acidose tubular renal, insuficiência renal aguda, diabetes mellitus, intoxicação por salicilato, outras nefropatias, tratamento excessivo com sal, obstrução prostática, hiperventilação, hipoproteinemia e anemia (MOTTA, 2000). A hipercloremia provoca cefaléia, confusão mental e arritmias cardíacas (FERRINI et al., 1990).

A hipocloremia é observada em transtornos digestivos (diarréia intensa, vômito prolongado, aspiração naso-gástrica), doenças renais com perda de sal, aldosteronismo, intoxicação por bromo (Motta, 2000). A hipocloremia provoca alcalose metabólica (FERRINI et al., 1990), cujos sintomas são: irritabilidade, câimbras e espasmos musculares involuntários (LEWIS III, 1995).

O NO_3^- ocorre naturalmente em águas subterrâneas mas a sua presença em concentrações elevadas é geralmente resultante da atividade antrópica, dentre elas, destacam se principalmente a aplicação de fertilizantes orgânicos e inorgânicos. As substâncias nitrogenadas dos fertilizantes e dos resíduos orgânicos são transformadas e oxidadas por reações químicas e biológicas e o resultado é a presença de nitrato no solo. Sendo o nitrato extremamente solúvel na água, move-se com facilidade e contamina a água subterrânea (BARBOSA, 2005).

O nitrato, em particular, pode alcançar os lençóis freáticos e cursos de água, causando enfermidades pelo consumo de água contaminada como cianose infantil ou

metaemoglobinemia e câncer no estômago e danos ambientais, como a eutrofização (BURT, 1993).

Em concentrações elevadas, o NO_3^- está associado à doença da metahemoglobinemia ou síndrome do bebê azul, que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea de bebês podendo acarretar a asfixia. Em adultos, a atividade metabólica interna impede a conversão do NO_3^- em NO_2^- , que é o agente responsável por essa enfermidade. Atualmente sabe-se que nitritos, em determinadas condições, podem-se combinar-se com aminas secundárias, formando nitrosaminas, produtos estes considerados carcinogênicos, teratogênicos e mutagênicos segundo testes experimentais realizados em animais. Outros estudos relacionam estatisticamente os cânceres gástricos e os cânceres de colo com o consumo excessivo de NO_3^- (BRASIL 2008).

Para o sulfato SO_4^{2-} , a evidências que na água potável possa causar efeitos adversos na saúde humana (OMS, 2003b). Alguns estudos indicam que o sulfato pode ter efeito laxativo em concentrações de 1000-1200 mg/L, porém não provoca diarreia, desidratação ou perda de peso (OMS, 2003b).

Os sulfatos não ocorrem naturalmente nos alimentos, mas são usados como aditivos na indústria de alimentos. A ingestão diária total de sulfato a partir da inalação aérea, do consumo de água e de alimentos é aproximadamente 500 mg/dia, sendo o alimento a maior fonte. Entretanto em regiões que a água potável tem altos níveis de sulfato, a água pode ser a principal fonte de exposição a esse íon (OMS, 2003b).

O elemento Fe é um dos mais importantes metais. É o quarto elemento mais abundante na crosta terrestre, elemento que pode existir no estado de oxidação variando de -2 a +6. Nos sistemas biológicos, o estado de oxidação é primariamente limitado para o ferroso (+2), férrico (+3). A ligação biológica do ferro ocorre com o oxigênio, o nitrogênio e átomos de enxofre. O ferro III liga-se com o oxigênio, enquanto que o ferro II prefere ligar-se com o nitrogênio e o enxofre (LINDH, 2005).

O Fe é um dos elementos essenciais de muita importância para a sobrevivência dos seres vivos tem um papel muito importante no processo metabólico da respiração pulmonar e da respiração celular dos seres aeróbicos, pois ele atua na composição química da hemoglobina, pigmento vermelho do sangue, presente nas hemácias. A hemoglobina transporta o oxigênio dos pulmões às células dos tecidos (no interior das mitocôndrias), onde o oxigênio é desprendido e entra no processo de combustão (respiração celular), que produz o gás carbônico. Logo em seguida, a hemoglobina transporta-o das células para os pulmões.

No ser humano, os órgãos onde são encontradas as maiores quantidades de ferro, em forma de “ferritina”, são o fígado e o baço e em menor quantidade nos ossos, na medula, nos rins e nos intestinos. A ingestão diária de ferro no organismo humano adulto deve ser em torno de 10 a 20 mg, em crianças, de 6 a 12 mg e nas mulheres grávidas, 30 mg por dia. Um adulto perde cerca de 1 mg por dia, através da via gastrintestinal (CORTECCI, 2003).

Sabe-se que o ferro é um elemento nutricional essencial ao ser humano. Todavia, quando se trata de saneamento, ou seja, em se tratando de saúde pública, estudos feitos na última década mostram que existe uma alteração de origem genética no metabolismo humano chamado “hemocromatose”, que pode se agravar pela ingestão de compostos de ferro. Tais estudos mostram ainda que não são raros os casos de indivíduos portadores de tal alteração (MACIEL FILHO, 1997).

O zinco (Zn) tem sido conhecido como elemento essencial da vida, pois participa dos processos de estabilidade genética, na estrutura da cromatina, na replicação do DNA, na transcrição do RNA e, ainda, facilita o processo de manutenção dos tecidos e órgãos vitais. O zinco tem sido reconhecido em todas as classes de enzimas, como função estrutural, catalítica, reguladora e ações monocatalíticas. Ele combina com a anidrase de carbono, uma enzima essencial para a respiração em animais. É indispensável à síntese de proteínas (LINDH, 2005). A carência de Zinco está ligada a deterioração da função imunológica das células T e associada ao envelhecimento, recomenda-se uma dose diária de 10 a 60 mg por dia.

O manganês é um oligoelemento, elemento químico essencial para todas as formas de vida, nas quais tem funções tanto estruturais quanto enzimáticas. Atua no metabolismo de proteínas, lipídios e glicídios (LINDH, 2005).

O manganês participa na regulação do Ca, bloqueando o influxo de Ca em muitos tecidos eletricamente excitáveis e em sistemas secretórios e aumenta o influxo de cálcio para outras células. O Mn participa do metabolismo cerebral, a deficiência como nos seus estados tóxicos afeta o metabolismo cerebral. Os sintomas dos danos provocados no Sistema Nervoso Central (SNC) podem ser divididos em três estágios: 1º subclínico (astenia, distúrbios do sono, dores musculares, excitabilidade mental e movimentos desajeitados) 2º início da fase clínica (transtorno da marcha, dificuldade da fala, reflexos exagerados e tremor), e 3º clínico (psicose maníaco-depressiva e a clássica síndrome que lembra o Parkinsonismo). Além dos efeitos neurotóxicos, há incidência de bronquite aguda, asma brônquica e pneumonia (SALGADO, 1996).

A distribuição do Mn é grande nos tecidos e líquidos do organismo, onde a atividade das mitocôndrias (centro respiratório das células) é maior. Sendo assim, o seu papel metabólico é considerável, ativar numerosas enzimas implicadas na síntese do tecido conjuntivo, na proteção das células contra os radicais livres e nas atividades neuro-hormonais (VAZ, 2003).

Os benefícios do Mn são ação hipoglicemiante, ação sobre o metabolismo das gorduras, ação protetora das células hepáticas, um papel na biossíntese das proteínas e dos muco-polissacarídeos das cartilagens, assim como uma implicação no metabolismo dos neurotransmissores (SALGADO, 1996). Por outro lado, a deficiência de manganês causa perda de peso, afeta a capacidade reprodutiva, a função pancreática e o metabolismo de carboidratos. O ideal é uma ingestão moderada entre 1 a 5 mg por dia desse mineral, quantidade esta que se consegue através dos alimentos, as principais fontes são os grãos integrais, leguminosas, nozes e chás. As frutas e vegetais são fontes moderadas (SALGADO, 1996).

O Mg é o segundo cátion mais abundante no fluido intracelular, é o cofator em numerosos sistemas enzimáticos, atua no metabolismo do cálcio e do fosforo, na síntese e hidrólise do ATP, na ativação e estabilização de macromoléculas como DNA e ribossomos, na contração muscular e na transmissão neuronal. O déficit de magnésio favorece o aparecimento de distúrbios neuromusculares com hiperexcitabilidade neuromuscular, distúrbios do comportamento, irritabilidade, vertigem, tremores e ansiedade corrigidos com uma suplementação de magnésio (LINDH, 2005).

O Ca é um elemento essencial ao homem e localiza-se principalmente nos ossos e nos dentes, restante dos tecidos e em fluidos corporais intervindo no metabolismo celular. Tem presença ativa no controle de impulsos nervosos, ação muscular, coagulação do sangue e permeabilidade celular. A deficiência do cálcio pode provocar raquitismo, falhas no mecanismo de coagulação sanguínea, distúrbios nervosos e convulsões musculares (CORTECCI, 2003).

3.4 Avaliação da Qualidade da Água Potável

A água potável não é água pura, quimicamente falando. Na realidade, a água potável é uma solução de uma infinidade de substâncias, algumas das quais são de origem natural, outras introduzidas ao longo dos processos de tratamento.

A potabilidade da água é definida através de um conjunto de parâmetros estabelecidos por normas e legislações sanitárias. Para estar apta ao consumo humano, a água interceptada deve passar por uma série de tratamentos e de testes. Diversas leis estabelecem padrões entre alguns parâmetros para a água distribuída. A qualidade da água potável no Brasil é regulada pela Portaria MS nº 518/2004 (BRASIL, 2004). Esta portaria estabelece padrões microbiológicos, de turbidez, de potabilidade para substâncias químicas que apresentam risco a saúde, de radioatividade e de aceitação para consumo humano.

Conforme BRASIL (2004), o Índice de Qualidade das Águas (IQA) é composto por três grupos de parâmetros: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total sólido e turbidez; parâmetros que avaliam a presença de substâncias tóxicas (teste de mutagenicidade, potencial de formação de trihalometanos, cádmio, chumbo, cromo total, mercúrio e níquel); e parâmetros que afetam a qualidade organoléptica da água (fenóis, ferro, manganês, alumínio, cobre e zinco).

A Estação de Tratamento de água (ETA) é a unidade inserida num sistema de abastecimento que abrange desde a captação de água bruta até a distribuição da água tratada. Esta unidade deve garantir a qualidade da água produzida, a fim de evitar qualquer malefício à saúde humana. É importante que as suas características físicas, químicas e organolépticas não sofram alterações, desde a ETA até a rede (TAVARES, 2003).

O tratamento da água envolve o emprego de diferentes operações e processos unitários para adequar a água de diferentes mananciais aos padrões de qualidade definidos pelos órgãos de saúde e agências reguladoras. As exigências de qualidade da água evoluíram e prosseguem, em processo contínuo, acompanhando os avanços do conhecimento técnico e científico. Os padrões de qualidade tornam-se gradativamente mais exigentes.

Da segunda metade do século XIX a primeira metade do século XX, o tratamento de água teve como objetivo central a clarificação e a remoção de organismos patogênicos, em torno do que foram se desenvolvendo as técnicas de coagulação, floculação, decantação e desinfecção (TSUTIYA, 2005).

A partir dos anos 1960 e 1970, o desenvolvimento agrícola e industrial impôs intensa produção e uso de novas substâncias químicas, dentre as quais os agrotóxicos, fármacos e hormônios sintéticos, implicando necessidade de desenvolvimento e emprego de técnicas de tratamento mais específicas e/ou complexas (NETTO, 1984).

O controle de qualidade da água deve ir além do mero monitoramento do que entra (input) e do que sai (output) da ETA; requer o controle operacional e a avaliação permanente dos processos unitários de tratamento, fazendo das partes um todo. Além disso, o desempenho da estação depende, inicialmente, de uma seleção adequada da tecnologia de tratamento e de um projeto criterioso, acompanhados da disponibilidade de recursos humanos e materiais que propiciem uma boa rotina de operação. A boa operação passa ainda pelo conhecimento, o mais detalhado possível, dos parâmetros teóricos, reais e ótimos, obtidos por meio de ensaios de tratabilidade e de procedimentos de avaliação de desempenho (BASTOS et al, 2000).

Com a Portaria de 2001, o Brasil definiu padrão de potabilidade para a água a ser consumida pela população. A partir de 2001, as empresas responsáveis pela captação, tratamento e abastecimento ficaram mais atentas aos parâmetros de qualidade exigidos. Uma das novidades é que a nova portaria facilita para o consumidor o monitoramento da qualidade da água consumida no domicílio. Isso porque é obrigatório para as empresas de abastecimento o envio, para os consumidores, de um relatório anual sobre a qualidade da água oferecida. As empresas também devem facilitar o acesso às informações sobre a água distribuída, possibilitando a consulta pública.

Desde 1974, a fluoretação das águas é obrigatória no Brasil, onde exista Estação de Tratamento de Água. Tal obrigatoriedade foi estabelecida pela lei federal 6.050, de 24/5/74, regulamentada pelo decreto 76.872, de 22/12/75. O estabelecimento de normas legais sobre o assunto foi decisivo para esclarecer dúvidas, dar sustentação ao processo de fluoretação em todo o país e facilitar a alocação de recursos a tais empreendimentos.

Os compostos químicos adicionados à água comumente são o flúor e o cloro, de acordo com Di Bernardo et al. (2002) os benefícios do flúor foram observados a partir de um de seus efeitos colaterais, a fluorose, devido ao alto teor de flúor na água. Dessa

forma passou-se a pesquisar a dose ideal de flúor, capaz de aumentar a resistência do esmalte de um dente sem alterar a sua aparência. A dose ideal de flúor varia com a temperatura média anual e com a umidade relativa do ar, no Brasil é considerada ideal, a dose de $0,7\text{mg/L}^{-1}$.

No início dos anos 1900, as prefeituras começaram a adicionar hipoclorito (NaClO) na água, como um desinfetante para a cólera, febre tifoide e outras doenças, sendo um marco na saúde pública. A adição de cloro salvou incontáveis vidas, sendo um bactericida eficiente na eliminação de outros organismos, a água para o consumo deve conter uma concentração mínima de $0,2\text{ mg/L}$ de cloro residual de acordo com a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

A Portaria MS no 518/2004 é amplamente reconhecida como um avanço em termos de instrumento normativo, por: (i) incorporar o que havia de mais recente no conhecimento científico em termos de tratamento e controle de qualidade da água para consumo humano; (ii) assumir caráter efetivo e simultâneo de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano; (iii) ampliar os conceitos de potabilidade e de controle de qualidade da água para além do estabelecimento do padrão de potabilidade e de exigências de controle laboratorial; (iv) incorporar a abordagem preventiva de avaliação e gestão de risco (BASTOS et al., 2001).

Para Bastos et al (2007) a formulação de normas de qualidade da água para consumo humano, ou em programas de monitoramento, precisa priorizar substâncias químicas. O padrão de potabilidade para substâncias químicas (tabela 5), parte do entendimento do risco associado a determinada substância e o resultado do efeito conjugado da toxicidade inerente a substância .

Como alternativa ou complementação da abordagem centrada na avaliação do produto final, a área relacionada ao abastecimento da água para consumo humano tem incorporado recentemente conceitos e ferramentas já adotados há algum tempo em outros setores produtivos. Essas transformações implicam no entendimento e na aceitação de que o recurso das ferramentas de avaliação e gerenciamento de risco, aplicadas de modo abrangente e integrada, desde a captação até o consumo, é a forma mais efetiva de garantir a segurança da qualidade da água para consumo humano (WHO, 2006).

Tabela 5. Padrão de potabilidade para substâncias químicas.

Parâmetro	VMP ¹ (mg/ L ⁻¹)
Antimônio	0,005
Arsênio	0,01
Bário	0,7
Cadmio	0,005
Chumbo	0,01
Cianeto	0,07
Cobre	2
Cromo	0,05
Fluoreto	1,5
Mercurio	0,001
Níquel	0,007
Nitrato (como N)	10
Nitrito (como N)	1
Selênio	0,01
Uranio	0,03

Fonte: Bastos, et al (2007)

(1) Valor Máximo Permitido.

A Avaliação de Risco (AR) tem se apresentado como uma ferramenta importante e possível de ser utilizada para auxiliar e orientar o processo decisório para o controle e a prevenção da exposição de populações e indivíduos a diversos agentes ou situações perigosas a saúde. Essa metodologia faz parte de uma abordagem maior, denominada Análise de Risco, a qual compreende três procedimentos desenvolvidos normalmente de forma sequencial e integrada: Avaliação de Risco (AR), Gerenciamento de Risco (GR) e Comunicação de Risco (CR) (BASTOS et al, 2007).

De acordo com BRASIL (2004), a análise de risco se fundamenta em vários conceitos e pressupostos que a caracterizam como uma metodologia flexível e passível de ser aplicada em diferentes áreas do conhecimento e adaptada a situações diversas, considerando, inclusive, vários possíveis desfechos/eventos os quais se quer prevenir ou controlar. De forma genérica, essa metodologia permite, a partir do conhecimento e

descrição de possíveis fatores, agentes ou situações que possam determinar a ocorrência de eventos indesejáveis, propor medidas e intervenções que possam evitá-los ou controlá-los, envolvendo a participação da população ou grupo que sofrera as consequências advindas dos eventos indesejáveis, ainda que a participação signifique apenas a disponibilização de informação.

O GR envolve o estabelecimento de medidas e intervenções corretivas ou preventivas de modo a minimizar ou evitar os impactos relacionados aos eventos indesejáveis. Finalmente, a CR corresponde à etapa de informação da população ou grupo exposto aos fatores, agentes ou situações, de forma a garantir não apenas o direito a informação, mas também o estabelecimento de medidas de proteção individual, dentre outras (BRASIL 2004).

Em se tratando da área do abastecimento de água para consumo humano, a aplicação dessa metodologia tem encontrado terreno fértil e promissor de utilização. O evento exposição considerado nesse contexto, o consumo de água; os fatores, agentes ou situações mais tradicionalmente estudados são os contaminantes biológicos (microrganismos patogênicos) e químicos (produtos tóxicos) e os eventos adversos, objeto de controle ou prevenção, são os agravos a saúde associados ao consumo de água (doenças infectocontagiosas e doenças crônicas não-transmissíveis).

Recentemente, a Organização Mundial da Saúde (OMS) traduziu e sistematizou os fundamentos e a abordagem que caracterizam a Análise de Risco aplicado ao abastecimento de água para consumo humano nos denominados Planos de Segurança da Água (PSAs). Esses planos são definidos como um instrumento que identifica e prioriza perigos e riscos em um sistema de abastecimento de água, desde o manancial até o consumidor, visando estabelecer medidas de controle para reduzi-los ou elimina-los e estabelecer processos para verificação da eficiência da gestão dos sistemas de controle e da qualidade da água produzida. Adicionalmente, promovem um sistema estruturado e organizado visando minimizar a ocorrência de falhas e ainda permitem o desenvolvimento de planos de contingência para responder as falhas no sistema ou eventos de perigo imprevistos (WHO, 2006).

No Brasil, a Portaria nº 2.914 de 14 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde define os padrões de potabilidade da água com base nas exigências da OMS. De acordo com essa portaria, os padrões que determinam se uma água é potável ou não, são os

padrões microbiológicos, e organoléptico de potabilidade de acordo com as tabelas 6 e 7.

Tabela 6 - Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano.

Tipo de água		Parâmetro		VMP(1)
Água para consumo humano		Escherichia coli (2)		Ausência em 100 mL
Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais (3)		Ausência em 100 mL
	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Escherichia coli		Ausência em 100 mL
		Coliformes totais (4)	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês

Fonte: Brasil (2011)

Notas:

(1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade Hazen (mgPt-Co/L).

(3) Intensidade máxima de percepção para qualquer característica de gosto e odor com exceção do cloro livre, nesse caso por ser uma característica desejável em água tratada.

(4) Unidade de turbidez.

Os efeitos prováveis decorrentes de um sistema de abastecimento de água são geralmente positivos, por constituir um serviço que assegura melhoria e bem-estar da população (CAIRNCROSS, 1989; VAN DERSLICE & BRISCOE, 1995). O benefício oferecido pelo tratamento de água, por exemplo, é indiscutível, pois transforma, após a remoção de contaminantes, água inadequada para o consumo humano em um produto que esteja em acordo com padrões de potabilidade.

Tabela 7- Padrão organoléptico de potabilidade.

Parâmetro	Unidade	VMP (1)
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH_3)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor aparente (2)	uH	15
1,2 diclorobenzeno	mg/L	0,01
1,4 diclorobenzeno	mg/L	0,03
Dureza total	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Gosto e odor (3)	Intensidade	6
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de hidrogênio	mg/L	0,1
Surfactantes (como LAS)	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez (4)	uT	5
Zinco	mg/L	5
Xilenos	mg/L	0,3

Fonte: Brasil, 2011

NOTAS:

(1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade Hazen (mgPt-Co/L).

(3) Intensidade máxima de percepção para qualquer característica de gosto e odor com exceção do cloro livre, nesse caso por ser uma característica desejável em água tratada.

(4) Unidade de turbidez.

A responsabilidade pelo padrão de potabilidade da água para o consumo humano é do órgão produtor da água, e estes órgãos realizam rigoroso controle da qualidade a fim de que a água servida esteja dentro dos padrões estabelecidos e sem o risco de estar contaminada. A Vigilância Sanitária é responsável pela certificação dos padrões de qualidade, e a informação à população atendida que estes não correm o risco de que a água consumida possa ser motivo de surtos de doenças.

Nos sistemas de distribuição de água potável, a qualidade desta pode sofrer uma série de mudanças, fazendo com que a qualidade da água que chega ao usuário se diferencie da qualidade da água que deixa a estação de tratamento. Tais mudanças podem ser causadas por variações químicas e biológicas ou por uma perda de integridade do sistema (DEININGER et al. 1992). Alguns fatores que influenciam tais

mudanças incluem: (1) qualidade química e biológica da fonte hídrica; (2) eficácia do processo de tratamento, reservatório (armazenagem) e sistema de distribuição; (3) idade, tipo, projeto e manutenção da rede; (4) qualidade da água tratada (CLARK & COYLE, 1989).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Planejamento Preliminar

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica a partir de livros, periódicos, dissertações de mestrados, mapas, arquivos de órgãos públicos, textos informativos, jornais, sites e outros tipos de materiais considerados relevantes para pesquisa científica.

4.2 Parâmetros para definição da área de estudo

A área pesquisada foi delimitada a partir do fracionamento de um grande projeto em desenvolvimento no Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde (MCAS) da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO), cujo tema é “Pesquisa nas ETA, Análise de metais pesados, Qualidade de vida e Saúde no Estado de Goiás”, que teve por objetivo verificar a qualidade da água consumida pela população goiana a partir da análise multielementar de amostras de água tratada coletada nas ETA no Estado de Goiás, no ano de 2005. A avaliação da região norte goiana completa esta ampla pesquisa.

4.3 Atividades de Campo

Nos meses de abril e maio de 2005, foram realizadas as atividades de campo, seguindo as orientações do Manual Técnico da área de geoquímica da CPRM- Serviço Geológico do Brasil, PGAGEM Brasil (LINS et al, 2003). Foram utilizados equipamentos para georeferenciamento (GPS) das estações de amostragem e kits para coleta de amostras de água. As equipes de coleta foram compostas por técnicos da CPRM. Cada estação de amostragem recebeu uma codificação alfanumérica acrescidas da letra A, que indica que é amostra de água, seguidas do número da amostra correspondente a ETA de cada município, as amostras foram coletadas uma única vez nos reservatórios de água tratada das ETA dos municípios selecionado e transferidas para frascos de vidro previamente limpos e esterilizados em estufa.

Em julho de 2012, foram realizadas visitas nos 18 municípios em estudo, para verificação das condições físicas, ambientais e sociais das ETA. Levantamento de informações sobre manutenção, reformas, numero de funcionários, a organização social do município contribuíram para registros importantes no trabalho.

4.4 Atividades Laboratoriais

As amostras dos municípios foram obtidas diretamente dos poços artesianos que provêm água para suas respectivas ETA. Nos frascos destinados à análise dos cátions, foram adicionados 10 mL de ácido nítrico P. A. (HNO_3 , $\text{pH} < 2$) para evitar contaminação bacteriana. Os frascos foram devidamente etiquetados com os números das amostras e com o tipo de análise a que se destinavam e acondicionados em caixas térmicas.

Após a coleta, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Imunologia da PUC-Goiás, onde foram filtradas em papel Micropore 0,45 μm e refrigeradas a 4 °C em frascos âmbar, sendo então encaminhadas para o Laboratório de Espectroscopia Atômica (LEA) da Universidade Católica de Brasília (UCB). No LEA foram realizadas as análises químicas de forma multielementar por Espectrometria de Emissão Atômica em Plasma acoplado Indutivamente (ICP-AES), para os elementos Al, As, B, Ba, Ca, Co, Cd, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, V, Zn, Be e Ti, e por cromatografia líquida, para Br^- , Cl^- , F^- , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} e SO_4^{2-} . A tabela 8 apresenta os elementos e íons dosados nas amostras de água das ETA e suas respectivas metodologias.

Tabela 08. Elementos e íons nas amostras de água das ETA, com suas respectivas análises metodológicas.

Técnica	Elementos químicos e compostos químicos
ICP-AES	Al, As, B, Be, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, V, Zn, Ti, Na, K, F, Cl.
CROMATOGRAFIA	NO_2^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}

4.5 Tratamento dos dados

O tratamento estatístico de correlação dos elementos geoquímicos foi realizado com o Software OASIS 6.1 – módulo Chimera. A primeira determinação realizada foi a obtenção individual dos parâmetros estatísticos de cada elemento químico como média aritmética, desvio padrão e valores anômalos de 1ª, 2ª e 3ª ordens, para os valores de 1ª ordem, a concentração é representada pela cor vermelha. A cor azul determina os valores de 2ª ordem e 3ª ordem a concentração é representada pela cor verde.

5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1 Localização

O Norte Goiano, como região de planejamento do Estado de Goiás, abrange 26 municípios distribuídos em duas microrregiões do estado, totalizando uma área de 59.539,4 Km², o que corresponde a 15,5% da área do estado. A pesquisa abrange 18 municípios no total (figura 1). Sendo 14 municípios localizados na microrregião de Porangatu, (Alto Horizonte, Amaralina, Campinaçu, Campinorte, Estrela do Norte, Formoso, Mara Rosa, Minaçu, Montividiu do Norte, Mundo Novo, Mutunópolis, Nova Iguaçu de Goiás, Porangatu, Santa Tereza de Goiás e Trombas,) e na microrregião de São Miguel do Araguaia localiza-se 04 municípios, (Mundo Novo, Nova Crixás, Novo Planalto e São Miguel do Araguaia).



Figura 1-Localização da área de estudo.

5.2 Hidrografia e Aspectos Geológicos

Os municípios Campinorte, Estrela do Norte, Mara Rosa, Minaçu, Montividiu do Norte, Santa Teresa de Goiás, Trombas em estudo, fazem parte da bacia dos rios Tocantins e Maranhão. Já os municípios de, Alto Horizonte, Amaralina, Mundo Novo, Nova Crixás, Nova Iguaçu, Novo Planalto, São Miguel do Araguaia fazem parte da bacia do Baixo Araguaia que são de acordo com o Decreto nº 6.276, de 17 de outubro de 2005, no art. 8º, as regiões de articulação e integração regional para as ações e os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

A bacia hidrográfica do rio Araguaia ocupa uma área total de 377.000 km² com escoamento no sentido nordeste/norte. Os principais afluentes do rio Araguaia no Estado de Goiás são de sul para norte: os rios do Peixe, Caiapó, Claro, Vermelho e Crixás-Açú. As principais litologias que constituem esta bacia na porção sul são as rochas paleozóicas e mesozóicas da bacia sedimentar do Paraná. Na borda leste, no limite com a bacia hidrográfica do rio Tocantins, as litologias dominantes pertencem ao Complexo Granítico- Gnáissico que se estende até o norte do Estado, onde faz contato com xistos e quartzitos do Grupo Xambioá. Nas zonas mais baixas, em direção à Planície do Bananal, afloram areias, siltes e cascalhos da Formação Araguaia (LATRUBESSE, 2005).

Estes rios têm planícies muito desenvolvidas, representando as maiores planícies fluviais do Estado, excetuando a do próprio rio Araguaia. Devido a sua vulnerabilidade potencial, o uso, ocupação e manejo destas bacias fluviais deve ser realizado com maior precaução possível e sustentado em estudos prévios. Esses quatro rios drenam principalmente a SRAIVC, com áreas de sedimentação onde desenvolvem importantes planícies fluviais complexas, alternando segmentos onde a planície aluvial é muito estreita devido ao controle estrutural de seus canais onde estão cortando rochas pré-cambrianas. Possuem um estilo geomorfológico em comum, caracterizado por planícies de meandros onde se identificam meandros abandonados colmatados, lagos “*oxbows*” e espiras de meandros configurando uma Planície fluvial meandriforme (PFme) (GOIÁS, 2006).

A bacia hidrográfica do rio Tocantins ocupa, no estado de Goiás, uma área de 103.849 km², abrangendo as regiões norte e nordeste. O sentido geral do escoamento é sul-norte, exceto quando é determinado pelo marcante controle estrutural, direcionando o escoamento

de algumas sub-bacias para noroeste e leste. Os principais afluentes do rio Tocantins em Goiás são os rios das Almas, Maranhão, Paranã e Santa Teresa. Na tabela 9 destaca-se as bacias hidrográficas, com os respectivos córregos de abastecimento das ETA estudadas.

Esta bacia tem grande diversidade geomorfológica, inserida em um contexto com forte controle estrutural e áreas com potencial cárstico. As principais unidades geomorfológicas drenadas são: a SRAIVA, que se estende pelo norte e parte da borda leste, apresentando dissecação fraca; e SRAIVA-LA com dissecação muito fraca, situada na borda leste do Vão do Paranã, com Morros e Colinas e Estruturas Dobradas formando *Hogbacks* (GOIÁS, 2006).

As áreas do bioma cerrado mais preservadas se localizam no norte e nordeste, onde o relevo acidentado é um fator limitante para a ocupação, contribuindo para a conservação da vegetação nativa. No Vão do Paranã são identificadas fisionomias de savanas naturais, embora ocorram também áreas com pastagens. As fisionomias de floresta estão restritas a áreas não indicadas a uma agricultura mecanizada, com relevo de Morros e Colinas.

Tabela 9- Localização das ETA e suas respectivas Bacias.

LAT(dec)	LONG(dec)	Toponímia	Manancial	Bacia Goiás	Bacia Brasil
-14.096936	-50.330952	Eta Nova Crixas	Córrego Brejão	Rio Araguaia	Rio Tocantins
-13.775545	-50.271140	Eta Mundo Novo	Rio Palmeiral	Rio Araguaia	Rio Tocantins
-13.281993	-50.162634	Eta São Miguel Araguaia	Córrego do Ouro	Rio Araguaia	Rio Tocantins
-13.244524	-49.520832	Eta Novo Planalto	Novo Planalto	Não Aplicável	Não Aplicável
-13.438461	-49.146674	Eta Porangatu	Ribeirão Funil	Rio Tocantins	Rio Tocantins
-13.731346	-48.989758	Eta Sta Tereza	Rio Santa Tereza I	Rio Araguaia	Rio Tocantins
-13.898458	-49.036344	Eta Estrela do Norte	Rio Santa Tereza II	Rio Araguaia	Rio Tocantins
-13.729895	-49.273329	Eta Mutunópolis	Mutunopolis	Não Aplicavel ¹	Não Aplicável
-13.927308	-49.298624	Eta Amaralina	Poço Amaralina	Não Aplicavel	Não Aplicável
-14.029588	-49.179642	Eta Mara Rosa	Mara Rosa	Não Aplicavel	Não Aplicavel
-14.318482	-49.155583	Eta Campinorte	Poço Campinorte	Não Aplicavel	Não Aplicavel
-14.296605	-49.385996	Eta Nova Iguaçu	Nova Iguaçu	Não Aplicavel	Não Aplicavel
-14.204115	-49.347770	Eta Alto Horizonte	Alto Horizonte	Não Aplicavel	Não Aplicavel
-13.553236	-48.239980	Eta Minaçu	Ribeirão Corrente	Rio Tocantins	Rio Tocantins
-13.782926	-48.569084	Eta Campinaçu	Poço Campinaçu	Não Aplicavel	Não Aplicavel
-13.346540	-48.686811	Eta Montividiu do Norte	Montividiu do Norte	Não Aplicavel	Não Aplicavel
-13.509450	-48.743931	Eta Trombas	Rio Trombas		
-13.650063	-48.865018	Eta Formoso	Ribeirão Jataí	Rio Tocantins	Rio Tocantins

Fonte: SANEAGO, 2012.

Notas: (1)- Poço tubular profundo

De acordo com LATRUBESSE (2005) a geologia local (Figura 2) destaca-se o Grupo Araxá (calcixistos, metacalcários e quartzitos); Grupo Canastra (metarenitos, xistos e filitos); Grupo Serra da Mesa (metavulcano- sedimentares representadas por anfibolitos, xistos e metatufos, calcixistos, calcários, quartzitos, granitos); Grupo Araí (metaconglomerados, quartzitos e andesitos; Grupo Paranoá (metassiltitos, dolomitos, calcifilitos, Siltitos e argilitos) Grupo Bambuí (Calcários); Grupo Urucuaia (rochas sedimentares) .

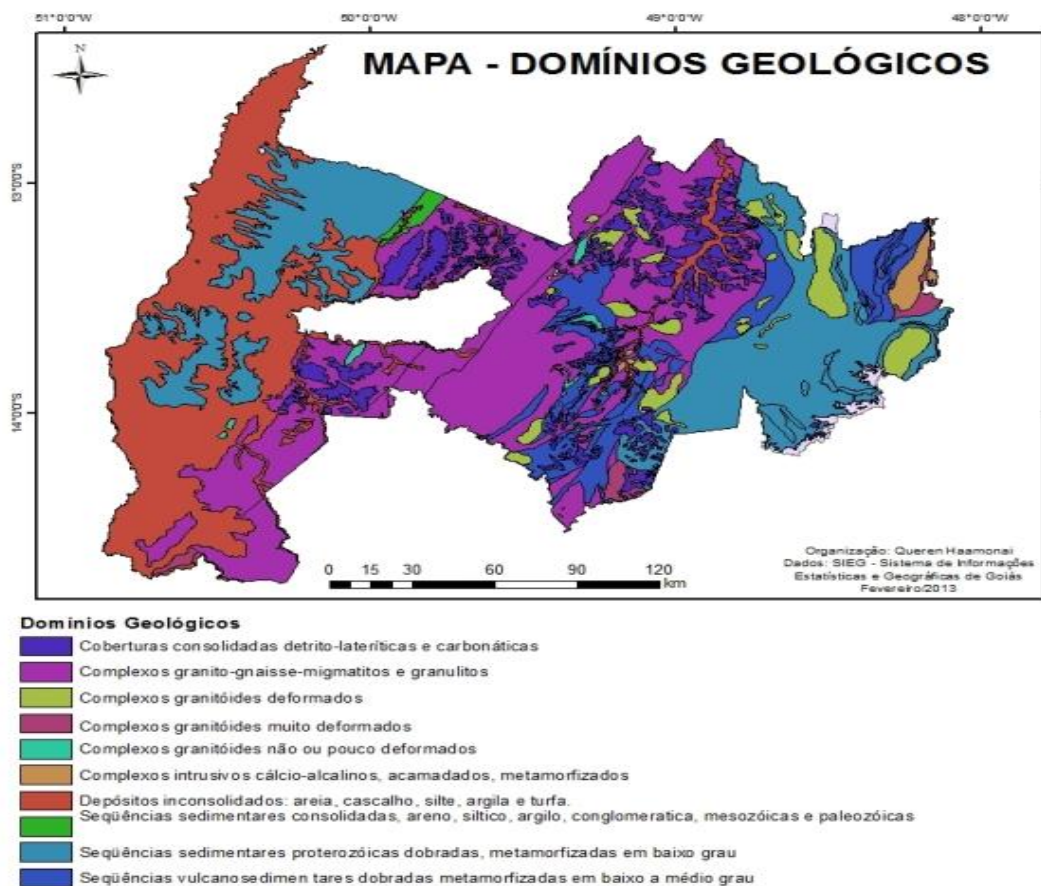


Figura 2- Mapa geológico da região em estudo.

5.3 Clima

O Clima segundo classificação de Köppen, destaca-se como tropical, com temperatura média anual de 26 °C, e dois períodos climáticos bem definidos, o das chuvas (outubro a abril), quando ocorre mais de 90% da precipitação, e o da seca, (maio a setembro), com baixa umidade relativa. O clima da área de estudo é determinado por fatores dinâmicos que asseguram certa homogeneidade de clima característico de toda a região Centro-Oeste. O que concorre para uma grande variação dos elementos climáticos (SEPLAN, 2007).

O período chuvoso, nos meses de outubro a abril, com altos índices pluviométricos, onde ocorrem 95% das precipitações anuais (1100-2100 mm). Período seco, com baixos índices pluviométricos (20-200 mm), representado pelos meses de junho, julho e agosto, com os meses de maio e setembro sendo os de transição entre as estações seca e úmida. Especialmente em agosto e setembro há grande quantidade de ventos e formação de redemoinhos, com circulação de muita poeira e cinza, esta derivada de queimadas.

A média anual de precipitação chuvosa é de 1.532mm (SEPLAN, 2012). O regime de chuvas na região deve-se quase que exclusivamente ao sistema de circulação atmosférica com pouca influência do relevo sobre as tendências gerais determinadas pelos fatores dinâmicos (SEPLAN, 2007).

A precipitação média na região hidrográfica Tocantins-Araguaia é da ordem de 1.869 mm/ano chegando a 2.565 mm/ano no litoral do Pará. A vazão é de 11.800 m³/s, fornecendo uma vazão específica média de 15,6 L/s km². A evapotranspiração real média é de 1.200 mm/ano e o coeficiente médio de escoamento superficial é de aproximadamente 0,30.

As condições climáticas interferem na dispersão dos elementos químicos nos solos e sistemas aquáticos. O período chuvoso favorece a dispersão aquática dos elementos, lixiviados a partir dos solos pelo grande volume de água pluvial (GUILHERME et al., 2005). O período seco favorece a dispersão dos elementos pelos ventos, levando a poluição atmosférica (OMS, 1998).

5.4 Aspectos Econômicos

O Programa de Desenvolvimento Sustentável do Norte Goiano visa alterar o perfil sócio-econômico dessa Região de forma integrada e permanente, com indução a novos investimentos, gerando um aumento na renda da região e uma melhor qualidade de vida de sua população utilizando as suas potencialidades regionais em termos de bens, riquezas, produtos e recursos naturais locais, como elementos construtivos desse processo e procurando o tratamento e a gestão de seus entraves com a execução de projetos específicos e a projeção de suas potencialidades as quais reunirão perspectivas mais imediatas de desenvolvimento e competitividade (SEPLAN, 2000).

No setor produtivo de acordo com os dados da SEPLAN (2007) destaca-se que a agricultura não chega a ser expressiva no contexto estadual, tanto em área plantada quanto no valor da produção. A produção de grãos representa apenas 1,5% da produção estadual. E há em alguns casos, tendências à sua diminuição em consequência da expansão das áreas de pastagens. As lavouras de subsistência - arroz, feijão, milho, mandioca etc., vêm sendo substituídas pela soja, que paulatinamente vai ganhando espaço, caminhando assim para a monocultura exportadora e/ou produtora de matéria-prima energética, tendo por produtos a soja e a cana-de-açúcar. Não existe praticamente agroindústria para incentivar a produção e para beneficiar e comercializar a produção da região (Ex: açafrão, mel, leite, etc.).

Há o destaque para a produção de mandioca no município de Porangatu sendo este o maior produtor do Estado, com cerca de 7.200t, correspondente a 2,9% da produção estadual. No ranking de produção de grãos, entre as 18 microrregiões do Estado, a de Porangatu ocupa o 10º lugar com cerca de 1,32% da exploração agrícola goiana. Já a microrregião de São Miguel do Araguaia ocupa o 16º lugar no ranking estadual com 0,27% da produção (SEPLAN, 2012).

São Miguel do Araguaia é o maior produtor de arroz da região, enquanto Campinorte se destaca na produção de côco e manga, Santa Terezinha de Goiás em abacaxi, Minaçu em mamão e Mara Rosa em açafrão.

A pecuária no Norte Goiano é referência no Estado. A bovinocultura de corte, criada em sua maioria de forma extensiva, ocupa grandes áreas do território da região. Explorada em sistemas de produção que variam os níveis tecnológicos de elevados (Vale do Araguaia) a moderados (Vale do Tocantins). A atividade é de grande expressão econômica e apresenta-se

em expansão nos últimos anos. Do rebanho bovino da ordem de 3,5 milhões de cabeças existentes na região, cerca de 30% encontra-se reunidas nos municípios de Nova Crixás e São Miguel do Araguaia. O rebanho bovino da região apresenta cerca de 17,4% do rebanho do Estado (SEPLAN, 2008).

Os municípios do norte goiano apresentam grande potencialidade tanto em minerais (gemas) como em minérios. Entre os minerais destacam-se as granadas do município de Uruaçu, as esmeraldas de Mara Rosa e as turmalinas de Montividiu do Norte. Entre os minérios destacam-se os depósitos de amianto, em Minaçu (SAMA), as ocorrências de manganês em Campinorte, Mara Rosa e inúmeras ocorrências de cobre e ouro nos municípios de Alto Horizonte, Estrela do Norte, Mara Rosa e argila para cerâmica vermelha praticamente em toda região (SEPLAN, 2007).

Relatórios da SEPLAN (2009) destacam que a maior força econômica e competitiva de Goiás está na produção de amianto, níquel e ouro em cuja produção a região norte é líder absoluto. Por aí pode ser avaliada a importância estratégica do Norte Goiano para a geração de divisas, receitas públicas e empregos na economia goiana. Essa região responde por mais de dois terços (88%) do valor das exportações goianas e por mais da metade (53%) do valor da produção mineral do Estado.

Embora nos últimos anos tenha aumentado o número de estabelecimentos industriais e outros indicadores de crescimento do setor no Norte Goiano, a região é pouco industrializada, prevalecendo às atividades de beneficiamento de matéria-prima local, como a cerâmica vermelha e a mineral, principalmente nos municípios de Minaçu e Niquelândia. Alto Horizonte, ocupa a primeira posição no PIB per capita, devido a indústria de extração e beneficiamento de sulfeto de cobre, com a mineradora Maracá (SEPIN, 2008).

O município de Porangatu destaca como o maior pólo industrial da região com cerca de 63 indústrias instaladas, um distrito industrial consolidado. Nesse mesmo município encontra-se o maior número de estabelecimentos de comércio varejista do Norte Goiano (SEPIN, 2008).

5.5 Meio Ambiente e Saneamento das ETA

A Região do Norte Goiano é agraciada pela beleza e grande biodiversidade do cerrado. Nessa região se encontram algumas unidades de conservação como a Área de Proteção Ambiental dos Meandros do Araguaia na cidade de São Miguel do Araguaia, a Reserva Particular do Patrimônio Natural do Pontal do Jaburu em Nova Crixás, e a de Serra Dourada em Trombas.

Dentre os graves problemas ambientais do Norte Goiano, um dos mais sérios é a garimpagem de minerais diversos desenfreada e irresponsável, tais como as que ocorrem nos municípios de Crixás, Santa Terezinha de Goiás, Mara Rosa, Campos Verdes, Niquelândia e Uruaçu. Somados à garimpagem vem a agropecuária extensiva sem os devidos critérios com o uso da terra, seguido de desmatamento, aração, gradeamento do solo, provocando erosão laminar, carreamento de material assoreado para os fundos de vales e cursos d'água e do lençol freático. Entre outros abusos temos ainda a utilização dos agrotóxicos, comprometendo a qualidade ambiental do ar, água, e da vida, lançamento dos dejetos sólidos do esgoto urbano e industrial diretamente nos cursos d'água e a pesca predatória realizada no Lago de Serra da Mesa, etc (SEPLAN, 2012).

Em relação ao saneamento, a extensão da rede de água tratada é de 1.262.948m, o que corresponde a 8,2% do Estado (86% da população nortense é atendida com abastecimento de água tratada, sendo maior, portanto do que a média goiana de 84%), a extensão da rede de esgoto é equivalente a 1,3% de Goiás; sendo que apenas 2% da população do Norte é atendida com esgotamento sanitário; 66,5% do lixo é coletado e 33,5% possui outro destino (SEPLAN, 2007).

As condições ambientais das ETA em estudo, como os sistemas de abastecimento subterrâneo Alto Horizonte, Amaralina, Campinaçu, Mara Rosa, Campinorte, Nova Iguaçu, Mutunópolis, Montevídiu do Norte, Trombas, verifica-se que a qualidade da água encontra-se em condições para ser tratada para o consumo humano. Não identificamos nas proximidades a presença de nenhum comprometimento ambiental nas proximidades que podem ocasionar a poluição e degradação do poço tubular profundo.

Nas ETA abastecidas por águas superficiais, os mananciais encontram-se em condições para ser tratada para o consumo humano. Entretanto, identificamos no entorno da bacia a presença de assoreamento (figura 3), lixo, chiqueiro, lavoura, hortaliças, ponto de

banhistas e lazer, desvios como reservatórios, lagos (figura 4), regos, barragem, além da instalação de processos erosivos como ravinas, sulco, voçorocas, instalação de estradas e ponte (figura 5) loteamentos- expansão urbana, piscicultura , práticas agropecuárias ocasionando a poluição e degradação do manancial.



Figura 3- Assoreamento do Ribeirão Corrente, onde localiza a barragem de captação da ETA Minaçu-GO.

Foto: Q. H. S. Julho, 2012.

O assoreamento dos mananciais é um grave problema de impacto ambiental junto com crescimento agudo do consumo de água podendo comprometer o fornecimento no curto e no médio prazo na região. Na figura 4, identificamos na GO - 428 entre Campinorte e Alto Horizonte, a construção do Lago que serve de lazer, para a população local como também para irrigação no tempo seco de algumas ruas da cidade, alguns caminhões pipas abastecem neste lago.



Figura 4- Lago construído na cidade de Campinorte, na GO-428.

Foto: Q. H. S. Julho, 2012.

Visualizamos também instalação de pontes que interligam as fazendas. Estas instalações aumentam o fluxo de pessoas no local, com isso dejetos são descartados de forma impropria, pois no local sempre há presença de banhistas e pescadores.



Figura 5- Ponte de acesso as fazendas próximas ao manancial de abastecimento da ETA em Santa Tereza-GO.

Foto: Q. H. S. Julho, 2012.

Entre os setores da infraestrutura brasileira, o abastecimento de água e o esgotamento sanitário são os que mais têm apresentado dificuldades econômicas e institucionais, com repercussão nos índices de atendimento e na qualidade dos serviços. Entre os principais problemas do setor estão a baixa eficiência operacional, a insuficiência de investimentos, a ausência de regulação e de controle social e a presença de déficit de atendimento, especialmente no tocante à coleta e tratamento de esgotos sanitários.

Nascimento & Heller (2005) destacam como responsáveis pelo déficit dos serviços os seguintes fatores: a fragmentação de políticas públicas, com múltiplos agentes e baixo nível de integração das ações; os problemas relacionados com a concessão e a regulação dos serviços, envolvendo o poder concedente e a concessionária; a carência de instrumentos de regulamentação e de regulação; e a ausência de continuidade administrativa e de mecanismos que assegurem a implantação de ações e regulamentos oriundos do planejamento.

5.6 Métodos e Técnicas das ETA em Estudo

A Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO) é a concessionária autorizada pelo poder público que assume a responsabilidade pelo abastecimento de água tratada, coleta e tratamento de esgoto sanitário na maior parte do Estado de Goiás. Atua em 223 dos 246 municípios, atende cerca de 4.619.000 (quatro milhões seiscentos e dezenove mil) habitantes. A água utilizada pela população é captada em rios e córregos (mananciais de superfície) ou em poços (mananciais subterrâneos). Os mananciais são as fontes de onde a água é retirada para o abastecimento e consumo da população (SANEAGO, 2009).

Das 18 ETA pesquisadas, somente a ETA do município de Trombas possui o serviço prestado pelo SAAE- Serviço Autônomo de Água e Esgoto. As unidades de um sistema convencional são, Captação, Adução, Tratamento, Reservação e Distribuição (figura 6), sendo definidas como:

Captação: estrutura para retirada de água do *manancial abastecedor* (fonte de onde se retira a água);

Adução: canalização de transporte da água entre as diversas unidades do sistema;

Tratamento: retirada das impurezas indesejáveis ao emprego final da água;

Reservação: armazenamento dos excessos de água para compensações de equilíbrio, de emergência ou acidental e antiincêndio;

Distribuição: condução através de *canalizações* (rede de tubulações) até os *pontos de consumo* (ramais prediais).

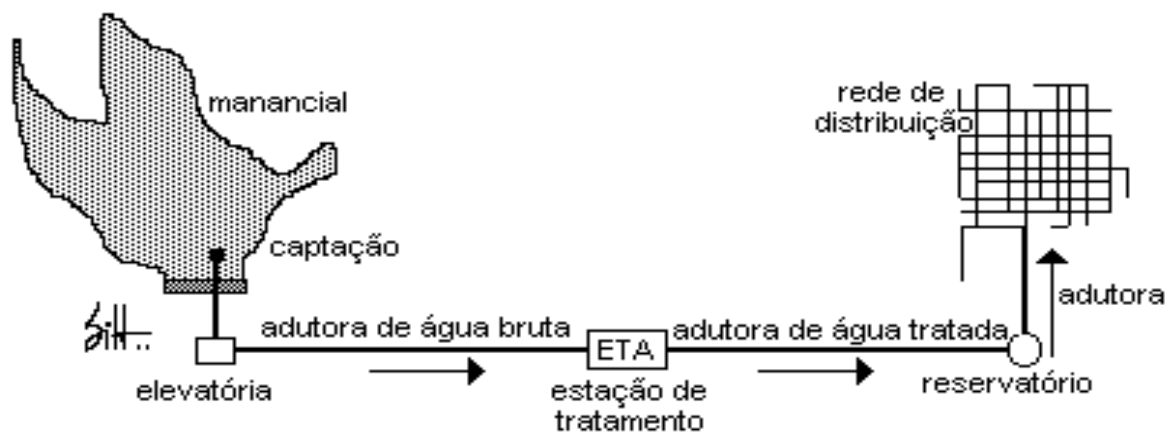


Figura 6- Esquema de um sistema convencional de abastecimento de água urbano.

Fonte: Netto, 1998.

O manancial superficial empregado em sistemas de abastecimento geralmente são originários de um curso natural, aquele que escoar na superfície terrestre, compreendendo os córregos, ribeirões, rios, lagos e reservatórios artificiais, as águas de superfície são as de mais fácil captação e por isso havendo, pois, uma tendência a que sejam mais utilizadas no consumo humano. No entanto temos que menos de 5% da água doce existente no globo terrestre encontram-se disponíveis superficialmente, ficando o restante armazenado em reservas subterrâneas.

As etapas que constituem o tratamento de água (figura 7) em um sistema de abastecimento são:

- Coagulação/Floculação: a água bruta recebe o coagulante (sulfato de alumínio) e às vezes cal, responsável pela correção do pH. O coagulante faz com que as partículas em suspensão iniciem o processo de união que formarão os flocos decantadores. A coagulação é, portanto, a retirada das impurezas que flutuam na água - por meio do emprego de sulfato de alumínio. A água se torna então ácida, sendo necessário acrescentar sal para neutralizá-la. Em seguida é estimulada a floculação. A água é agitada para que as partículas de impurezas se aglomerem.

- **Decantação ou Sedimentação:** A água floculada entra em grandes tanques (decantadores), através de cortinas de distribuição que regulam sua velocidade de entrada. A decantação faz com que os flocos que se originaram na etapa anterior, sendo mais pesados que a água, depositem-se no fundo da água (no decantador) formando uma camada de lodo, que periodicamente é removida através de lavagens ou descargas para o canal de águas residuais da estação. É, portanto, a separação da água e da camada de lodo.

- **Filtração:** Após a decantação a água passa pelos filtros onde as pequenas partículas e microorganismos que não tenham sido removidas até então possam ser retiradas. O filtro é constituído por uma camada de areia (leito filtrante) e outra de pedregulhos e cascalhos com tamanhos variáveis (camada suporte), por onde a água tem de passar antes de chegar a um novo reservatório. Periodicamente os filtros são lavados para remover as partículas retidas no leito filtrante, o que é conseguido pela inversão do fluxo da água. Finalmente, o pH da água é corrigido para que ela não seja nem muito ácida nem muito alcalina.

- **Desinfecção:** Uma vez filtrada a água, a desinfecção é realizada pela ação do cloro que elimina: os microrganismos nocivos remanescentes do tratamento, mau cheiro, gosto desagradável e qualquer coloração anormal, sendo mantido um teor residual de acordo com a legislação. Além de ser acrescentado no início do tratamento (pré-cloração), o cloro é colocado também na água decantada (intercloração) e na água filtrada (pós-cloração). A pós-cloração evita que a água se contamine durante o processo de distribuição

- **Fluoretação:** A ultima etapa é a adição de cloro e fluor, pratica que ocorre em algumas cidades. A partir daí a água está pronta para abastecer a população e é enviada para um reservatório interno da ETA em seguida para o reservatório na parte alta da cidade a fim de que possa ser distribuída para os consumidores através da força gravitacional.

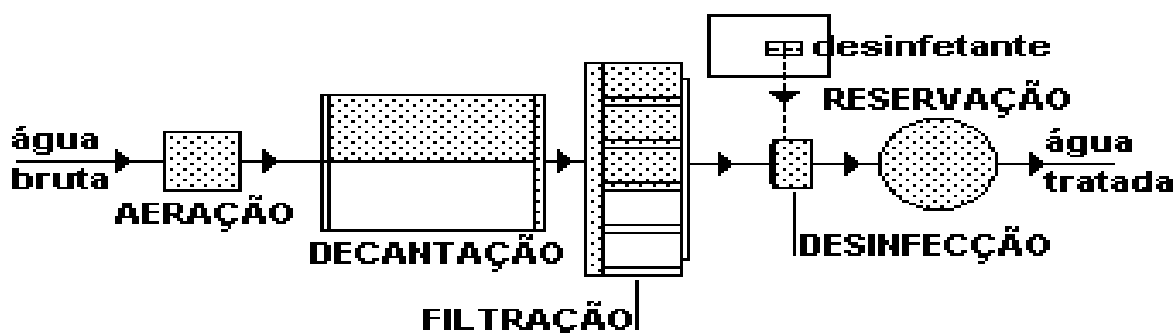
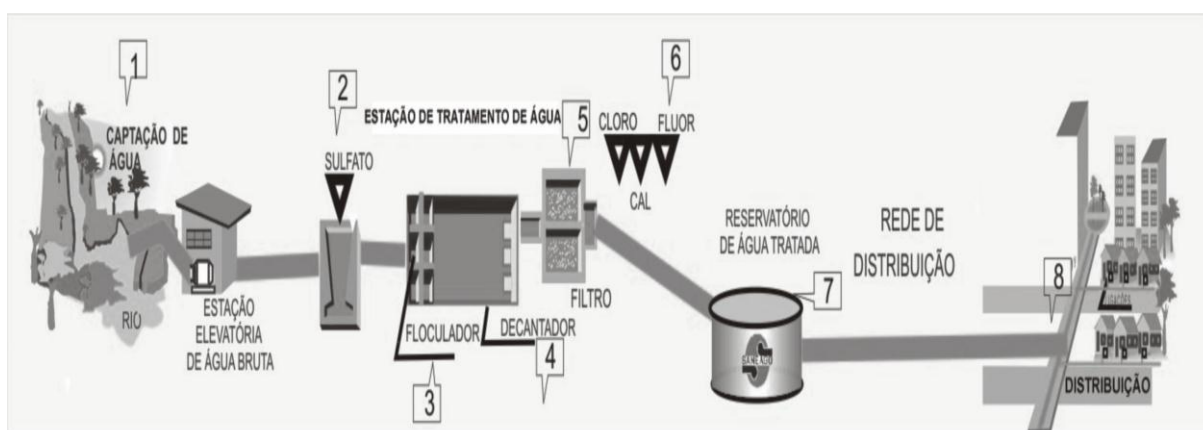


Figura 7- Esquema fluxométrico de ETA simplificada.

Fonte: Netto, 1998.

A água captada em mananciais de superfície (figura 8) passa pelo tratamento simplificado, nas ETA de Porangatu, Minaçu, Estrela do Norte, Formoso, Santa Tereza do Norte, Formoso, Mundo Novo, Nova Crixas, São Miguel do Araguaia . O Sistema de abastecimento de água para consumo humano é composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos destinados à produção e a distribuição canalizada de água potável para populações, sob responsabilidade do poder publico mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão (SANEAGO, SAAE, DMAE).



1	CAPTAÇÃO	Água bombeada para estação de tratamento	4	DECANTAÇÃO	Processo físico de remoção das partículas.	6	PRODUTOS QUÍMICOS I	Adição de cal para ajuste de pH, desinfecção e fluoretação de água.
2	PRODUTOS QUÍMICOS I	Adição de sulfato de alumínio para remover impurezas.	5	FILTRAÇÃO	Retenção de partículas em camadas filtrante.	7	RESERVAÇÃO	Armazenamento em reservatórios elevados e apoiados.
3	COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO	Processo físico-químico de remoção das impurezas pela formação de partículas.				8	DISTRIBUIÇÃO	Sistemas de tubulações que conduz a água às residências.

Figura 8- Sistema de tratamento de água integrado com captação de água superficial.

Fonte: SANEAGO, 2011.

As ETA Novo Planalto, Mutunopolis, Amaralina, Mara Rosa, Campinorte, Nova Iguaçu, Alto Horizonte, Campinaçu, Montevídiu do Norte e Trombas, estão localizadas sobre reservatórios de águas subterrâneas, o manancial subterrâneo é aquele que se encontra totalmente abaixo da superfície terrestre, compreendendo os lençóis freático e profundo, tendo sua captação feita pelos poços rasos ou profundos, galerias de infiltração ou pelo aproveitamento das nascentes, como ilustra a figura 9.

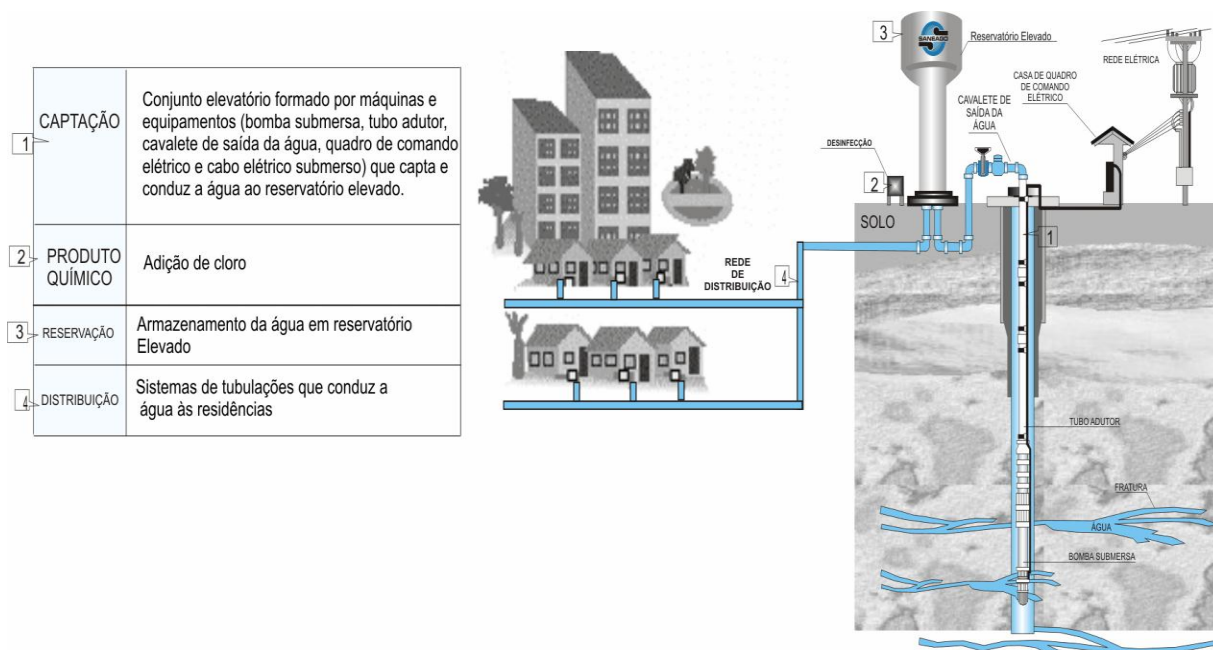


Figura 9– Sistema de tratamento de água integrado com captação de água subterrânea.

Fonte: SANEAGO, 2011.

Cerca de 97% da água doce disponível para uso da humanidade encontra-se no subsolo, na forma de água subterrânea e mais da metade da água de abastecimento público no Brasil provém destas reservas. A crescente preferência pelo uso desses recursos hídricos, nos mais diversos tipos de usos, se deve ao fato de que, em geral, eles apresentam excelente qualidade e menor custo (GEOGOIÁS, 2002). A qualidade da água subterrânea depende da composição da rocha que a contém e sua interação com este material. Está condicionada à interação água-rocha e à conservação de áreas de recarga do aquífero.

Apesar da crença popular que a água subterrânea está protegida contra as diversas formas de contaminação, os cientistas estão identificando a presença de xenobióticos em aquíferos de todos os continentes, tanto nas proximidades das lavouras, quanto de fábricas e de cidades. O tempo médio de permanência da água nos depósitos subterrâneos é de 1.400 anos, contra apenas 16 dias para a água fluvial (REBOUÇAS, 2003).

Antes de abastecer a população, a água tratada passa por um processo de controle de qualidade onde são realizadas análises físico-químicas e bacteriológicas de duas em duas horas para garantir o índice de potabilidade. São observados os seguintes parâmetros:

coliforme total-NMP/100mL; coliforme termotolerante-NMP/100mL; pH-potencial hidrogeniônico; cor aparente-mg/L PtCo; turbidez-NTU; flúor-mg/L e cloro residual livre-mg/L.

A ETA Campinorte, possui um laboratório de análises físico-químicas, que verifica o índice de cloro e flúor, das ETA de Alto Horizonte, Nova Iguaçu e Mara Rosa. A ETA- Porangatu é a regional responsável pelas análises dos parâmetros físico-químicas, e análises bacteriológica de Amaralina, Mutunópolis, Estrela do Norte, Formoso, Montevídiu do Norte, Campinaçu, Santa Tereza do Norte, (SANEAGO, 2012).

6. RESULTADOS

As amostras foram coletadas nos reservatórios de água tratada em cada ETA no período de abril e maio de 2005 , num total de 18 (n= 18). A Tabela 10 apresenta suas coordenadas de localização geográfica obtidas por GPS.

Tabela 10- Registro de localização e coordenadas geográficas dos pontos de coleta.

Num Campo	Amostras		Coordenadas Geográficas				Toponímia
	ZN	Num Labor.	X	Y	LAT (dec)	LONG (dec)	
PR-5281	22	GHS-389	572225	8441432	-14.096936	-50.330952	Eta Nova Crixas
PR-5283	22	GHS-391	578791	8476960	-13.775545	-50.271140	Eta Mundo Novo
PR-5286	22	GHS-394	590708	8531510	-13.281993	-50.162634	Eta São Miguel Araguaia
PR-5287	22	GHS-395	660267	8535332	-13.244524	-49.520832	Eta Novo Planalto
PR-5288	22	GHS-396	700658	8513604	-13.438461	-49.146674	Eta Porangatu
PR-5291	22	GHS-399	717386	8481062	-13.731346	-48.989758	Eta Sta Tereza
PR-5293	22	GHS-401	712195	8462612	-13.898458	-49.036344	Eta Estrela do Norte
PR-5294	22	GHS-402	686713	8481460	-13.729895	-49.273329	Eta Mutunópolis
PR-5295	22	GHS-403	683822	8459638	-13.927308	-49.298624	Eta Amaralina
PR-5296	22	GHS-404	696594	8448226	-14.029588	-49.179642	Eta Mara Rosa
PR-5297	22	GHS-405	698941	8416240	-14.318482	-49.155583	Eta Campinorte
PR-5298	22	GHS-406	674099	8418846	-14.296605	-49.385996	Eta Nova Iguaçu
PR -5299	22	GHS-407	678296	8429050	-14.204115	-49.347770	Eta Alto Horizonte
PR-5300	22	GHS-408	798739	8499978	-13.553236	-48.239980	Eta Minaçu
PR-5302	22	GHS-410	762842	8474934	-13.782926	-48.569084	Eta Campinaçu
PR-5303	22	GHS-411	750564	8523356	-13.346540	-48.686811	Eta Montividiu do Norte
PR-5304	22	GHS-412	744209	8505384	-13.509450	-48.743931	Eta Trombas
PR-5307	22	GHS-415	730960	8489941	-13.650063	-48.865018	Eta Formoso

6.1 Resultados da Análise Geoquímica da Água

Os resultados dos valores médios encontrados para cada elemento químico estão apresentados na tabela 11, exceto as concentrações de Al, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, V, Be, Mo, NO₂, Br e PO₄, que apresentaram valores abaixo dos limites mínimos de detecção química dos métodos adotados para o ICP-AES e Cromatografia Líquida.

Os dados obtidos foram estatisticamente calculados seus valores máximos (X max), mínimos (X min), média aritmética (X) e desvio padrão (S). Para tanto, utilizou-se o OASIS

montaj v. 6.1- modulo Chimera. As tabelas 12 e 13 apresentam os valores de 1^a, 2^a e 3^a ordens de cada elemento e íons dosados a partir dos dados do sumario estatístico.

A partir destes dados foram calculados os valores de primeira, segunda e terceira ordens como vistos na tabela 14. Os Valores de 3^a ordem estão no intervalo $\bar{X}+S$; $\bar{X}+2S$. Os valores de 2^a ordem estão no intervalo $\bar{X}+2S$; $\bar{X}+3S$ e os valores de 1^a ordem são os maiores que $>\bar{X}+ 3S$. Desta forma os valores de 1^a ordem correspondem aos intervalos das concentrações encontradas.

Os valores encontrados estão relacionados nas tabelas 15 e 16 os mesmos serão comparados com os Padrões Brasileiros e Internacionais de Qualidade da Água com Valor Médio Padrão (VMP) em mg/L conforme a resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA); com a portaria 518/2004 do Ministério da Saúde do Brasil (MS); e com as normas da Organização Mundial de Saúde (OMS), encontramos valores acima para Ferro (1,25) na ETA Alto Horizonte, cloro (11,7) , (14,8) nas ETA Amaralina e Trombas respectivamente, nitrato (31,94) na ETA Amaralina.

Tabela 11- Os valores médios encontrados da análise geoquímica multielementar para os elementos químicos selecionados (mg/L⁻¹).

Elemento/ ETA	Ba	Ca	Fe	Mg	Mn	Sr	Zn	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
Eta Nova Crixas	0,043	3,82	0,011	0,84*	0,004	0,036	0,008	0,02*	1,71	0,16	8,76
Eta Mundo Novo	0,065	10,34	0,004*	2,01	0,035	0,090	0,003	0,02*	3,92	0,62	22,8**
Eta São Miguel Araguaia	0,020*	5,48	0,035	1,24	0,003	0,033	0,005	0,87**	3,00	0,90	5,38
Eta Novo Planalto	0,103	13,38	0,005	3,45	0,002*	0,153	0,030	0,12	0,22*	0,10	1,27
Eta Porangatu	0,020*	1,43	0,005	1,64	0,018	0,023	0,003	0,34	2,67	0,03*	5,21
Eta Sta Tereza	0,031	19,44	0,077	5,97	0,011	0,065	0,004	0,69	4,34	0,57	7,42
Eta Estrela do Norte	0,054	30,75**	0,026	8,96	0,002*	0,082	0,071**	0,77	7,52	1,71	5,32
Eta Mutunópolis	0,040	3,98	0,015	1,80	0,002*	0,057	0,054	0,06	1,93	2,43	0,31
Eta Amaralina	0,162	17,98	0,034	11,88**	0,002*	0,247**	0,011	0,64	11,7	31,94**	2,33
Eta Mara Rosa	0,031	11,01	0,008	4,04	0,002*	0,187	0,009	0,04	0,90	3,27	0,29
Eta Campinorte	0,035	8,92	0,035	2,29	0,075	0,086	0,009	0,11	1,58	0,10	4,30
Eta Nova Iguaçu	0,052	23,18	0,054	9,60	0,021	0,175	0,028	0,11	0,98	0,38	4,18
Eta Alto Horizonte	0,032	12,21	1,256**	5,14	0,286**	0,128	0,021	0,04	1,26	0,55	1,38
Eta Minaçu	0,320**	21,4	0,006	11,51	0,002*	0,023	0,001	0,04	0,56	0,11	1,06
Eta Campinaçu	0,042	0,91*	0,041	1,72	0,006	0,010*	0,070	0,02*	1,03	1,38	0,09*
Eta Montividiu do Norte	0,067	10,6	0,190	3,64	0,002*	0,166	0,035	0,05	2,72	2,51	0,20
Eta Trombas	0,029	7,02	0,031	3,4	0,008	0,027	0,001*	0,19	14,8**	8,77	6,38
Eta Formoso	0,03	15,52	0,020	4,88	0,002*	0,037	0,009	0,81	4,70	0,42	4,49

X min = menor valor (*); X max = maior valor (**)

Tabela 12 - Sumário estatístico das concentrações dos elementos químicos, valores mínimos e máximos.

Elemento	X- Mínimo	X- Máximo	\bar{X}	\bar{S}
Ba	0,02	0,32	0,06	0,07
Ca	0,91	30,70	12,07	8,11
xFe	0,004	1,25	0,10	0,29
Mg	0,84	11,88	4,66	3,54
Mn	0,002	0,28	0,02	0,06
Sr	0,01	0,24	0,09	0,06
Zn	0,001	0,07	0,02	0,02
F	0,01	0,80	0,27	0,31
Cl	0,21	14,80	3,64	3,97
NO_3^-	0,03	31,90	3,10	7,40
SO_4^{2-}	0,08	22,80	4,51	5,30

X- Média Aritmética S- Desvio Padrão.

As recomendações nacionais e internacionais são baseadas em pesquisas que determinam o limiar de intoxicação para os elementos na água. Alguns elementos como o cálcio e o magnésio, não tem um risco evidente de intoxicação, mais tais substâncias provocam modificações na cor e no sabor da água, tornando a imprópria para consumo (NWQMS, 2004; OMS, 2006; EPA, 2008). Para o Sr não existe recomendação nacional de VMP, somente a EPA (ATDSR, 2004) estabelece valor de referência de 4 mg/L. Pode-se observar na tabela 13, que os valores máximos para Fe, Mn, Cl e NO_3^- não atendem os valores referenciais do CONAMA, MS, OMS e EPA.

Tabela 13- Padrões Brasileiros e Internacionais de Qualidade da água VMP em mg/L^{-1} e os elementos químicos.

Elemento	X- Mínimo	X- Máximo	Conama (396/2008) Para consumo humano	MS 518/2004 (água potável)	OMS	EPA
Ba	0,02	0,32	0,7	0,7	0,7	2
Ca	0,91	30,70	--	--	--	--
Fe	0,004	1,25	0,3	0,3	0,3	0,3
Mg	0,84	11,88	--	--	--	--
Mn	0,002	0,28	0,1	0,1	0,4	0,05
Sr	0,01	0,24	--	--	--	4
Zn	0,001	0,07	0,18	5	3	5
F	0,01	0,80	1,4	1,5	1,3	4
Cl	0,21	14,80	0,01	5	5	-
NO_3	0,03	31,90	10	10	50	10
SO_4	0,08	22,80	250	250	500	250

Fonte: CONAMA, 2006 e 2008. MS,2004. OMS, 2006. EPA, 2008 a. EPA apud ATDSR,2004.

Tabela 14 – Sumário estatístico e valores de 1ª, 2ª e 3ª ordens de cada elemento e íons dosados nas amostras e seus respectivos VMP pelo Padrão Brasileiro e Internacional de Qualidade da água (em mg/ L⁻¹) dos elementos químicos analisados.

Elemento	1ª Ordem > X + 3 S	2ª Ordem X + 2S --- X+ 3S	3ª Ordem X + S --- X + 2 S	MS VMP	CONAMA VMP	EPA VMP	OMS VMP
Ba	> 0,27	0,2--- 0,27	0,13---0,2	0,7	0,7	2	0,7
Ca	> 36,4	28,29--- 36,4	20,18---28,29	-	-	-	-
Fe	> 0,97	0,68--- 0,97	0,39--- 0,68	0,3	0,3	0,3	0,3
Mg	>15,28	11,74---15,28	8,20---11,74	-	-	-	-
Mn	> 0,2	0,14--- 0,2	0,08--- 1,4	0,1	0,1	0,05	0,4
Sr	> 0,27	0,21--- 0,27	0,15--- 0,21	-	-	-	-
Zn	> 0,08	0,06--- 0,08	0,04--- 0,06	5	1,4	4	1,3
F	> 1,2	0,89--- 1,2	0,58--- 0,89	1,5	0,01	-	5
Cl	> 15,55	11,58--- 15,55	7,61--- 11,58	5	0,01	-	5
NO₃	> 25, 30	17,90--- 25,30	10,50--- 17,90	10	10	10	50
SO₄	> 20,41	15,11--- 20,41	9,81--- 15,11				

VMP – Valor Máximo Permitido. X – Média Aritmética. S – Desvio Padrão
 MS – Ministério da Saúde. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.
 EPA – Agência de Proteção Ambiental dos EUA. OMS – Organização Mundial de Saúde.
 Fonte: CONAMA, 2008. MS, 2004. OMS, 2006. EPA, 2008. EPA *apud* ATDSR, 2004.

Tabela 15- Valores anômalos de 1^a (vermelho), 2^a (azul), 3^a (verde) ordens dos elementos químicos dosados nas amostras, segundo níveis e limites de concentrações (mg/L⁻¹).

Toponímia	Ba	Ca	Fe	Mg	Mn	Sr	Zn	F	Cl	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
Eta Nova Crixas	0,043	3,82	0,011	0,84	0,004	0,036	0,008	0,02	1,71	0,16	8,76
Eta Mundo Novo	0,065	10,34	0,004	2,01	0,035	0,090	0,003	0,02	3,92	0,62	22,8
Eta São Miguel Araguaia	0,020	5,48	0,035	1,24	0,003	0,033	0,005	0,87	3,00	0,90	5,38
Eta Novo Planalto	0,103	13,38	0,005	3,45	0,002	0,153	0,030	0,12	0,22	0,10	1,27
Eta Porangatu	0,020	1,43	0,005	1,64	0,018	0,023	0,003	0,34	2,67	0,03	5,21
Eta Sta Tereza	0,031	19,44	0,077	5,97	0,011	0,065	0,004	0,69	4,34	0,57	7,42
Eta Estrela do Norte	0,054	30,75	0,026	8,96	0,002	0,082	0,071	0,77	7,52	1,71	5,32
Eta Mutunópolis	0,040	3,98	0,015	1,8	0,002	0,057	0,054	0,06	1,93	2,43	0,31
Eta Amaralina	0,162	17,98	0,034	11,88	0,002	0,247	0,011	0,64	11,7	31,94	2,33
Eta Mara Rosa	0,031	11,01	0,008	4,04	0,002	0,187	0,009	0,04	0,90	3,27	0,29
Eta Campinorte	0,035	8,92	0,035	2,29	0,075	0,086	0,009	0,11	1,58	0,10	4,30
Eta Nova Iguaçu	0,052	23,18	0,054	9,6	0,021	0,175	0,028	0,11	0,98	0,38	4,18
Eta Alto Horizonte	0,032	12,21	1,256	5,14	0,286	0,128	0,021	0,04	1,26	0,55	1,38
Eta Minaçu	0,320	21,4	0,006	11,51	0,002	0,023	0,001	0,04	0,56	0,11	1,06
Eta Campinaçu	0,042	0,91	0,041	1,72	0,006	0,010	0,070	0,02	1,03	1,38	0,09
Eta Montividiu do Norte	0,067	10,6	0,19	3,64	0,002	0,166	0,035	0,05	2,72	2,51	0,20
Eta Trombas	0,029	7,02	0,031	3,4	0,008	0,027	0,001	0,19	14,8	8,77	6,38
Eta Formoso	0,03	15,52	0,020	4,88	0,002	0,037	0,009	0,81	4,70	0,42	4,49

Tabela 16- As ETA que apresentaram valores Anômalos de 1^a (vermelho), 2^a (azul), 3^a (verde) ordens dos elementos e compostos químicos dosados nas amostras, segundo níveis e limites de concentrações (mg/L⁻¹).

Toponímia	Ba	Ca	Fe	Mg	Mn	Sr	Zn	F	Cl	NO3	SO4
Eta Mundo Novo											22,8
Eta São Miguel Araguaia								0,87			
Eta Novo Planalto						0,153					
Eta Sta Tereza								0,69			
Eta Estrela do Norte		30,75		8,96			0,071	0,77			
Eta Mutunópolis							0,054				
Eta Amaralina	0,162			11,88		0,247		0,64	11,7	31,94	
Eta Mara Rosa						0,187					
Eta Nova Iguaçu		23,18		9,6		0,175					
Eta Alto Horizonte			1,256		0,286						
Eta Minaçu	0,320			11,51							
Eta Campinaçu							0,070				
Eta Montividiu do Norte						0,166					
Eta Trombas									14,8		

7 DISCUSSÃO

O íon (SO_4^{-2}) foi encontrado em nível de significância de 1ª ordem na ETA Mundo Novo com $22,8 \text{ mg/L}^{-1}$; O flúor (F^-) também foi encontrado em nível de significância de 3ª ordem nas ETA São Miguel do Araguaia com $0,87 \text{ mg/L}^{-1}$ e Stª Tereza do Norte com $0,69 \text{ mg/L}^{-1}$; Na ETA Estrela do Norte com $0,77 \text{ mg/L}^{-1}$ e também na ETA Amaralina com $0,64 \text{ mg/L}^{-1}$.

O Estrôncio (Sr) apresentou nível de significância de 2ª ordem na amostra na ETA Amaralina com $0,247 \text{ mg/L}^{-1}$ e nas ETA Novo Planalto em concentração com nível de 3ª ordem $0,153 \text{ mg/L}^{-1}$; Na ETA Mara Rosa com $0,187 \text{ mg/L}^{-1}$; Na ETA Nova Iguaçu com $0,175 \text{ mg/L}^{-1}$; e também a ETA Montividiu do Norte com $0,166 \text{ mg/L}^{-1}$.

O Bário (Ba) foi encontrado em nível de 1ª ordem na amostra PR-5300 (Minaçu) com $0,320 \text{ mg/L}^{-1}$ e em nível de 3ª ordem na amostra PR-5295 (Amaralina) com $0,162 \text{ mg/L}^{-1}$.

O cálcio (Ca) foi encontrado em nível de significância de 2ª ordem na ETA Estrela do Norte com $30,75 \text{ mg/L}^{-1}$; e a com nível de significância de 3ª ordem na ETA Nova Iguaçu com $23,18 \text{ mg/L}^{-1}$. O Ferro (Fe) também foi encontrado em nível de significância de 1ª ordem na ETA Alto Horizonte com $1,256 \text{ mg/L}^{-1}$, ficando acima dos VMP recomendados nacional e internacionalmente.

O magnésio (Mg) apresentou nível de significância de 2ª ordem na ETA Amaralina com $11,88 \text{ mg/L}^{-1}$ e nas ETA Estrela do Norte em concentração com nível de significância de 3ª ordem $8,96 \text{ mg/L}^{-1}$; Na ETA Nova Iguaçu com $9,6 \text{ mg/L}^{-1}$ e a ETA Minaçu com $11,51 \text{ mg/L}^{-1}$. O Manganês (Mn) foi encontrado em nível de 1ª ordem na ETA Alto Horizonte com $0,286 \text{ mg/L}^{-1}$.

O Zinco (Zn) apresentou nível de significância em 2ª ordem nas ETA Estrela do Norte com $0,071 \text{ mg/L}^{-1}$, Na ETA Campinaçu com $0,070 \text{ mg/L}^{-1}$. E em nível de 3ª ordem na ETA Mutunópolis com $0,054 \text{ mg/L}^{-1}$. Comparando estes valores encontrados, com a microrregião sudoeste do Estado de Goiás, vimos que em Chapadão do Céu a contaminação das águas subterrâneas por Pb e Zn, estando relacionados a despejos domésticos, industriais e

ao chorume oriundo de aterros de lixo inadequados. Na pesquisa de Barbosa (2009), na mesorregião sul goiano, existe o predomínio do íon Zn, nos municípios de Itumbiara e Castelândia.

O cloro (Cl) foi encontrado em nível de significância em 2ª ordem nas ETA Amaralina com 11,7 mg/L⁻¹, e na ETA Trombas com 14,8 mg/L⁻¹. As amostras analisadas apresentaram concentrações de cloreto com valores bem abaixo dos VMP estabelecidos pelo Conama (2006 & 2008), MS (2004), OMS (2006) e EPA (2008), assim não indica risco à saúde humana.

E o composto NO₃⁻ apresentou nível de significância de 1ª ordem na ETA Amaralina com 31,94 mg/L⁻¹. Nas águas subterrâneas, os nitratos ocorrem em teores, geralmente, abaixo de 5 mg/L. Nitritos e amônia são ausentes, devido à velocidade com que são convertidos a nitrato pelas bactérias. Segundo a OMS, uma água não deve ter mais do que 10 mg/L⁻¹ de NO₃⁻. A amostra apresentou 31,94 mg/L⁻¹. O limite estabelecido para nitratos em águas superficiais é de 45 mg/L⁻¹ sob forma de NO₃⁻, ou 10 mg/L⁻¹ sob forma de nitrogênio (N- NO₃) Devido ao risco que representa, a concentração de nitrato na água para consumo humano não deve exceder 10 mg de N-NO₃/L (CONAMA, 2006) ou 44 mg de N-NO₃-/L (DANIEL, 2008).

Acredita-se que a presença de altas concentrações valores de 1ª ordem dos elementos químicos Ba, Fe e Mn, NO₃⁻ e SO₄ nas respectivas ETA Minaçu, Alto Horizonte, Amaralina e Mundo Novo, possa estar relacionados com a ação antrópica. Nestes municípios, com exceção da ETA Minaçu, pode -se concluir contaminação das águas subterrâneas, uma vez que as demais ETA são poços subterrâneos. A contaminação pode ser associada a despejos domésticos, industriais e ao chorume oriundo de aterros sanitários inadequados. As fontes antropogênicas podem contribuir com cerca de 11% (no caso do Mn) por ano. (Nriagu & Pacyna, 1988).

Costa (2009), encontrou altas concentrações nas amostras do município de Jataí, níveis de NO₃⁻ e Fe, acredita-se que possam estar relacionados á ação humana, na região existe a pratica da agricultura intensiva e irrigada, com o uso de lançamentos de insumos e defensores agrícolas.

Os valores encontrados nas amostras, está dentro dos VMP preconizados pelas entidades nacionais e internacionais supracitadas, revelando que a água tratada fornecida à população tem boa qualidade, pelo menos em termos de composição química.

A ETA de Alto Horizonte destaca-se por apresentar Fe e Mn com valores de 1ª ordem. No Brasil há muitas ocorrências de contaminação por elementos traços nas proximidades de áreas industriais ou de mineração, e neste caso, temos uma mineradora, cujos resíduos contêm minerais sulfetados, como apirita (Fe S_2), quando expostos a condições bem aeradas na superfície terrestre, sofrem oxidação, resultando em significativo abaixamento do pH das águas que drenam esses dejetos ($\text{pH} < 2$).

A concomitante presença de Fe e Mn livres em águas de poços em valores acima dos normais podem ter origem natural. No entanto, poderia também estar sendo provocada pela poluição antropogênica, em consequência da presença de lixões, valas negras e grande número de fossas da região. A composição desse cenário é crítica, levando a uma contaminação do lençol freático pelo líquido contaminado que percola através do solo. Este líquido, ao entrar em contato com o lençol subterrâneo, altera o pH do meio, podendo mobilizar elementos-traço que estavam contidos em partículas em suspensão, que passam para a forma dissolvida na água (FREITAS et al, 2001).

O monitoramento, portanto, constitui uma ferramenta útil para o conhecimento da situação da qualidade dos sistemas aquáticos, bem como da concentração de elementos-traço em águas superficiais e tem sido usado como estratégia para caracterização de bacias hidrográficas.

Moraes & Jordão (2002), analisando dados sobre a real disponibilidade dos recursos hídricos e o reflexo de sua degradação na saúde humana e na quantidade de água potável disponível no Brasil, concluíram que os resultados são alarmantes. Percebe-se, com isso, que a manutenção da qualidade dos recursos hídricos merece total atenção. As medidas de controle vêm sendo tomadas, como é o caso das leis que determinam que o esgoto deve ser tratado, em vez de lançado aos rios in natura.

A minimização dos impactos causados pela poluição da água é fundamental para a melhoria da qualidade ambiental, para a saúde e para o desenvolvimento sustentável, entendido como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades” (ALLENBY, 1999).

CONCLUSÕES GERAIS

Este trabalho foi realizado com intuito de levantar dados hidrogeoquímicos em amostras de água tratada em 18 municípios da região norte Goiano, para verificação de possíveis contaminações ambientais e seu impacto sobre a saúde da população local. Com base nos resultados encontrados, foi possível concluir o Projeto “ Pesquisa nas ETA, Análise de metais pesados, Qualidade de vida e Saúde no Estado de Goiás”.

Concluimos que a metodologia empregada para obtenção, tratamento e representação dos dados, mostrou eficiente na espacialização da distribuição de elementos químicos e na interpretação dos relacionamentos destes com o ambiente natural e com os processos antrópicos, em todos os trabalhos do projeto, nos possibilitando uma visão geral da qualidade da água tratada no estado de Goiás.

Sugere-se uma investigação com uma maior resolução nos municípios que compõem as pesquisas das regiões dos projetos, norte goiano, sudoeste goiano, mesorregião sul e região metropolitana, pela adoção de redes de amostragem mais densas, suportadas por técnicas analíticas adequadas aos baixos teores que ocorrem nas águas de suas bacias hidrográficas. E estes resultados devem ser calibrados com os que foram apresentados nos trabalhos, viabilizando compara-los e compatibiliza-los as séries de dados.

Ressalta-se a importância destes estudos hidrogeoquímicos da água de abastecimento público, como instrumento no estabelecimento de prioridades e estratégias para melhorar a política de saúde das regionais analisadas.

Ainda podemos concluir, a importância do planejamento de ações de intervenção sanitária, ambiental, educacional, fiscalização e ação de políticas públicas em todo o estado de Goiás.

Apesar da necessidade de ações mais rigorosas para o tratamento do esgoto e lixo na área de estudo, o tratamento da água é de qualidade, fornecendo à população o acesso a um bem com impacto direto na saúde pública. Entretanto a responsabilidade ambiental na área pesquisada ainda é bastante negligenciada, visto que ainda muito pouco se tem feito para o saneamento dos efluentes municipais.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 21. Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Capítulo 18. Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos. 1992.

AGENDA 21. Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos. *Água em Rev: Suplemento das Águas*; 1996. p. 14-33.

ANA (2002). A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil. Brasília: Agência Nacional de Águas (ANA), Agosto de 2002, Edição Comemorativa do Dia Mundial da Água.

ALLENBY, B.R. Industrial ecology: policy framework and implementation. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1999. 308p.

ARAUJO, P. R. & PINESE, J.P.P. – Geoambientes, Elementos Químicos e Saúde Humana. In: YAMAKI, H.; PINESE, J.P.P.; ASARI, A.Y.; BARROS, M.V. (Org.). Geografia e Meio Ambiente: reflexões e proposições. 1 ed. Londrina: Midiograf II, 2006, v. 1, (p. 131 a 162).

ATSDR – Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Evaluation de riesgo en salud por la exposición a residuos peri gozos*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta. Georgia, 1995.

AZEVEDO NETTO, J. M. & BOTELHO, M. H. C. - "Manual de Saneamento de Cidades e Edificações", PINI Editora, Reimpressão 1995, São Paulo.

AZEVEDO NETTO, J. M., *et alli*. - "Manual de Hidráulica", Ed. Edgard Blucher Ltda, 8ª Edição, São Paulo, 1998.

BARBALACE, K. L. (2007). *Periodic Table of Elements: Chlorine*. Acessado em 04/10/2011. Disponível em <http://environmentalchemistry.com/yogi/periodic/Cl.html>.

BARBOSA, C. F. Hidrogeoquímica e a contaminação por nitrato em água subterrânea no bairro Piranema, Seropédica-RJ. Dissertação - Universidade Estadual de Campinas. 2005.

BARBOSA, A. M. Análise química multielementar de amostras de água tratada e aspectos de saúde pública de municípios da mesorregião sul de Goiás. Goiânia: PUC, 2009. Dissertação de mestrado, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2009, 125 p.

BASTOS, R.K.X. et al. Revisão da Portaria no 36 GM/90: premissas e princípios norteadores. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL. 2001, Joao Pessoa. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2001. (CD-ROM).

BASTOS, R.K.X.; BEZERRA, N.R.; BEVILACQUA, P.D. Planos de segurança da água: novos paradigmas em controle de qualidade da água para consumo humano em nítida consonância com a legislação brasileira. In: 24o CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL. 2007, Belo Horizonte. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2007 (CD ROM).

BAYER, M. Análise Geomorfológica da Bacia do Meia Ponte. Artigos, Revista Brasileira de Geomorfologia. União da Geomorfologia Brasileira, 2009.

BURT, T.P.; HEATHWAITE, A.L.; TRUDGILL, S.T. Nitrate process, patterns and management. Chichester, John Wiley. 1993. cap.15, p.404-8

BRASIL, Fundação nacional de Saneamento. Manual de Saneamento. 3. ed.ver. Brasília: Fundação nacional de Saúde, 2004. 408p.

BRASIL, Ministério da Saúde. Fundação nacional de Saúde. Portaria 518 de 25 de março de 2004 aprova o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Subsídios para construção da Política Nacional de Saúde Ambiental. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2007. 56 p. (Serie B. Textos Básicos de Saúde).

BRASIL, Ministério da Saúde. Contaminação de água para consumo humano com nitrato. Parecer técnico. 2008.

CAIRNCROSS, S.; 1989. Water supply and sanitation: An agenda for research. Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 92:301-314.

CAMPOS, J. E. G. (coordenador) & GOVERNO DE GOIÁS & UNB, in Diagnostico Hidrogeológico da Região de Goiânia, (final) Cd-rom 2003.

CARVALHO F.M.; BARRETO, M.L.; SILVANY NETO, A. M.; WALDRON, H.A.; TAVARES, T. M. Multiple causes of anemia amongst children living near a lead smelter in Brazil. Sci Total Environ, Amsterdam, v. 35, n. 1, p. 31-84, Apr. 1984.

CENEPI/FUNASA - Centro Nacional de Epidemiologia. *Investigação de surto de reações adversas ao sulfato de bário*. Notícias. FUNASA, Ministério da Saúde: Brasília, 18.06.03. In: URL: <http://www.funasa.gov.br/not/not436.htm> acesso em 28.02.11.

CLARK, R. M. & COYLE, J. A., 1989. Measuring and modeling variations in distributions systems water quality. Journal of the American Water Works Association, 82:46-52.

COMBS JR, G.F. – Geological impacts on nutrition. in SELINUS, O.; ALLOWAY, B.; CENTENO, J.A.; FINKELMAN, R.B.; FUGE, R.; LINDH, U.; SMEDLEY, P. – Essentials of Medical Geology: Impacts of the natural environment on public health. ELSEVIER Ademic Press, Califórnia, USA, 2005.

CORTECCI, G. Geologia e Saúde. Tradução Wilson Scarpelli. São Paulo, 2003.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resoluções do Conama: resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008 – 2. ed. / Conselho Nacional do Meio Ambiente. – Brasília: Conama, 2008. 928 p.

CONAMA. (2006). Resoluções do Conama. Conama, Brasília. 808p.

CONAMA. (2008). Resolução nº 396. Diário Oficial, 7 de abril.

CORTECCI, G. (2003). Geologia e saúde. Acesso em 20/9/2011. Disponível em <http://www.cprm.gov.br/publique/media/geosaude.pdf>

CPRM Serviço Geológico do Brasil. Métodos Laboratoriais de Análises Físico-Qímica. CPRM/DNPM, Goiânia-GO. 15 p. 2003.

COSTA, J.R.; LIU, A. S.; FIORINI, M. P.; GIRARDI, L.; AQUINO-SILVA, M. R. (2004). Percepção Ambiental e Participação Pública na Gestão dos Recursos Hídricos da Cidade de São Sebastião (SP). Disponível em: <http://Biblioteca.Univap.Br:88/Inic/Inic/INIC%20trabalhos%20paginados/ENGENHARIAS%20paginados/INIC0000198ok.Pdf>, Acessado Em 10/10/2011.

COSTA, H.S. A Geoquímica multielementar na gestão ambiental identificação e caracterização de regiões de riscos para saúde nos municípios do sudoeste do Estado de Goiás, Brasil. Goiânia: PUC, 2009. Dissertação de mestrado, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2009, 81 p.

COSTA, J.S. Análise química da água nas estações de tratamento de água (ETA's) da região metropolitana de Goiânia-GO e sua relação com a saúde. Goiânia: PUC, 2010. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2010, 76 p.

D'AGUILA, P. S., ROQUE, O. C. C., MIRANDA, C. A. S. & FERREIRA, A. P. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. Cadernos de Saúde Pública. 16(3): 791-798, 2000.

DANIEL, M. H. B. Caracterização do perfil do nitrato na água para consumo humano do município de Natal-RN no ano de 2007. Monografia (especialização) - Universidade de Brasília. 2008.

DEININGER, R. A.; CLARK, R. M.; HESS, A. F. & BERNSTAM, E. V., Animation and visualization of water quality in distribution systems. *Journal of the American Water Works Association*, 84:48-52,1992.

DI BERNARDO, L; DI BERNARDO, A; CENTURIONE FILHO, P. L. *Ensaio de tratabilidade de água e de resíduos gerados em estações de tratamento de água*. São Carlos-SP: Rima, 2002. 236p.

FERRINI, M. T., BORGES, V. C. & WAITZBERG, D. L. Minerais: oligoelementos e elementos traço. *In: Waitzberg, D. L. (Org.). Nutrição enteral e parenteral na prática clínica*. (pp. 52-74). Livraria Atheneu, Rio de Janeiro, 442p, 1990.

FIGUEIREDO, B.R. – Minérios e Ambiente. Campinas SP: Editora da Unicamp, 2000.

FREITAS, M.B.; BRILHANTE, O.M. & ALMEIDA, L.M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do estado do Rio de Janeiro; enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. *Cad. Saúde Pública*, 17:651-660, 2001.

FREITAS, C.M.; PORTO, M.F.S.; MOREIRA, J.C. Segurança química, saúde e ambiente: perspectivas para a governança no contexto brasileiro. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 18, n. 1, p. 249-256, 2002.

FRIZZO, S. J. Elementos químicos (metais pesados) em águas de abastecimento público no estado do Ceará. Fortaleza: CPRM – Residência de Fortaleza, 2006. 67p.

GEOGOIÁS – Estado Ambiental de Goiás – Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Agência Ambiental de Goiás/2002

GLEICK, P. H. *The World's Water 2000-2001: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Island Press, Washington. 300p.

GOIÂNIA – Prefeitura de Goiânia. acesso em 22/03/2012. Disponível em: <http://www.goiania.go.gov.br>. 2012.

GUERINO, Mário Cezar. A quem interessa o reservatório João leite? *Jornal Diário da Manhã*, página 03, 21/01/2009.

GUILHERME, L. R. G., MARQUES, J. J., PIERANGELI, M. A. P., ZULIANI, D. Q., CAMPOS, M. L. & MARCHI, G. (2005). Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos. *Tópicos em Ciência do Solo*. 4: 345-390.

HENKE-OLIVEIRA C.,Planejamento ambiental na Cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnósticos e propostas. Dissertação (Mestrado). São Carlos: PPGERN/ UFSCar, 181p,1996.

HIRATA, R.C.A., mapeamento da Vulnerabilidade e Risco de Poluição das Águas Subterrâneas, em SP, IG-CETESB, SP, 2003.

KOLJONEN, T.; ELO, S.; GUSTAVSSON, N.; HUHMA, L.K.; KAURANNE, K.; KOLJONEN, T.; NORAS, P.; PESONEN, L.J.; RUOTOISTENMÄKI, T.; SALTIKOFF, B.; SILLANPÄÄ, M.; TANSKANEN, H.; VAASJOKI, M.; VUORELA, P. – The geochemical Atlas of Finland. Helsingin: Geol. Survey of Finland, 1992. in MINERAIS DO PARANÁ S.A. – Atlas geológico do Estado do Paraná. Curitiba: MINEROPAR, 2001.

LATRUBESSE, E. M. *Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás*. Relatório Final. Goiânia: SIC/SGM/FUNMINERAL, 2005. 85p.

LATRUBESSE, E. M. ; CARVALHO, T. M. GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Goiânia, 2006. 128 p. (Série Geologia e Mineração, n.2)

LEMES, M. J. L. *Avaliação de metais e elementos-traço em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogiguaçu e Pardo, São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Energética e Nucleares, Universidade de São Paulo, 2001.

LEWIS III, J. L. (1995). *Equilíbrio ácido-básico*. Acessado em 04/10/2011. Disponível em http://www.msdbrazil.com/msd43/m_manual/mm_sec12_138.htm.

LICHT, O. A. B. *Geoquímica Multielementar na Gestão Ambiental. Identificação e Caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no estado do Paraná, Brasil*. Curitiba: UFP, 2001. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, 2001.

LINS, C. A. C. *Manual de Geoquímica do PGAGEM*. CPRM, 2003.

LINDH, U. *Medical Geology: Impacts of the natural environment on public health*. Amsterdam: Elsevier, 2005. p.115-156.

MACHADO, J. Políticas Públicas – A lei das águas. *Jornal O Popular*, caderno especial. Dia mundial da água. 22/03/2009.

MACIEL Fº, C.L.1997. *Introdução à geologia de engenharia*. 2 ed. Santa Maria, Editora da UFSM;Brasília, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 283 p.

MAGALHÃES, T. Perigo de morte (ou risco de via). *Bio*. 7: 4-9. 1995.

MAIA, Y.L.M. Análise multielementar em água e sedimentos de corrente da bacia hidrográfica do Rio Meio Ponte na Região Metropolitana de Goiânia e sua relação com a

saúde. Goiânia: UCG, 2004. Dissertação de Mestrado, Universidade Católica de Goiás, 2004. 92 p.

MATSCHULLAT, J.; BORBA, R. P.; DESCHAMPS, E.; FIGUEIREDO, B.F.; GABRIO, T.; SCHWENK, M. Human and environmental contamination in the Iron Quadrangle, Brazil. *Applied Geochemistry*, [Amsterdam], v. 15, n.2, p. 181- 190, fev. 2000.

MORAES, D. S. L. & JORDÃO, B.Q. Degradação dos recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. *R. Saúde Pública*, 36: 370 - 74, 2002.

MOTTA, V. T. *Bioquímica Clínica: Princípios e Interpretações*. Editora Médica Missau, Porto Alegre. 358p. 2000.

NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L. Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. *Eng. San. Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 36-48, jan./mar. 2005.

NETTO, A. J.M. Cronologia do abastecimento de água (até 1970). *Revista DAE*, v. 44, n. 137, 1984. p. 106-111.

NWQMS. (2004). Australian Drinking Water Guidelines. Acessado em 10/09/2011. Disponível em http://www.nhmrc.gov.au/publications/synopses/files/adwg_11_06.pdf.

NRIAGU, J.O. & PACYNA, J.M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils with trace metals. *Nature*, 333:134-139, 1988.

OMS (1998) Elementos traço na nutrição e saúde humanas. Organização Mundial de Saúde; tradução Andréa Favano. São Paulo: Roca, 1998. (Preparado em colaboração com a Organização de Alimentação e Agricultura das Nações Unidas [FAO] e Agência Internacional de Energia Atômica [IAEA]. Título original: Trace elements in human nutrition and health.)

OMS (2003a). *Chloride in drinking-water*. Acessado em 20/05/2012. Disponível em www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chloride.pdf.

OMS (2003b). *Sulfate in drinking-water*. Acessado em 20/05/2012. Disponível em www.who.int/entity/water_sanitation_health/dwq/chemicals/sulfate.pdf.

OMS (2003c). *Zinc in drinking-water*. Acessado em 20/05/2012. Disponível em www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/zinc.pdf.

OMS. (2006). *Guidelines for Drinking-water Quality*. Acesso em 20/05/2012. Disponível em http://www.who.int/entity/water_sanitation_health/dwq/gdwq0506.pdf.

PÁDUA, H. B. *Química Bioinorgânica*, 2002. Acesso em 13/11/2011. Disponível em: [HTTP://www.ruralnet.com.br/upload/artigos/quimica%2520BIOINORGANICA%2520PART%2520XVIII%2520S%25C3%2589RIE%2520%253%2581GUA](http://www.ruralnet.com.br/upload/artigos/quimica%2520BIOINORGANICA%2520PART%2520XVIII%2520S%25C3%2589RIE%2520%253%2581GUA)

PEREIRA, P. A. & Lima, O. A. L. Estrutura elétrica da contaminação hídrica provocada por fluidos provenientes dos depósitos de lixo urbano e de um curtume no município de Alagoinhas, Bahia. *Revista Brasileira de Geofísica*. 25(1): 5-19, 2007.

PHILIPPI Jr. A. Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. USP, 2005.

PINHEIRO, M. C. N., Nakanishi, J., Oikawa, T., Guimarães, G., Quaresma, M., Cardoso, B., Amoras, W. W., Harada, M., Magno, C., Vieira, J. L. F., Xavier, M. B. & Bacelar, D. R. (2000). Exposição humana ao metilmercúrio em comunidades ribeirinhas da Região do Tapajós, Pará, Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. 33(3): 265-269.

RAMALHO, J. F. G. P., Sobrinho, N. M. B. A. & Velloso, A. C. X. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 35(7): 1289-1303, 2000.

REBOUÇAS, A.C., (coordenador). *Águas Doces do Brasil*. São Paulo: Ed. Escrituras, SP, 770 p., 2003.

SAKUMA, A.M.A. Avaliação da exposição humana ao arsênio no Alto Vale do Ribeira, Brasil, Tese de Doutorado, Faculdade de Ciências Médicas, UNICAMP, 161 p, 2004.

SALGADO, P.E.T. Toxicologia dos metais. In: OGA, S. *Fundamentos de Toxicologia*. São Paulo, 1996. Cap. 3.2, p. 154- 172.

SANEAGO. (2011). *Monitoramento da qualidade da água*. Acesso em 20/05/2011. Disponível em <http://www.saneago.com.br>.

SANTOS, E.C.O.; JESUS, I.M.; BRABO, E.S.; FAYAL, K.F.; LIMA, M.O. Exposição ao mercúrio e ao arsênio em estados da Amazônia: síntese dos estudos do Instituto Evandro Chagas/FUNASA. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 6(2): 171-185, 2003.

SANTOS, A.C. – Noções de hidroquímica. In FEITOSA, F.A.C.; FILHO, J.M. (coord.) – *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Fortaleza: CPRM, LABHIDUFPE, 1997. (p. 81 a 108)

SCARPELLI, W.– *Introdução a Geologia Médica*. I FENAFEG, IGc da USP, 2003. Disponível em http://www.cprm.gov.br/pgagem/slides_pales.pdf, acessado em 20/11/2011.

SELINUS, O., ALLOWAY, B., CENTENO, J. A., FINKELMAN, R. B., FUGE, R., LINDH, U. & SMEDLEY, P. (2005). *Essentials of Medical Geology: Impacts of the Natural Environment on Public Health*. Academic Press, New York. 832 p.

SEPIN. (2008). Região Norte Goiano. Acessado em 04/10/2011. Disponível em <http://www.seplan.go.gov.br/sepin/viewcad>

SEPLAN. (2007). *Goiás em Dados – 2007*. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento, Goiânia. 138p.

SEPLAN. (2009). *Anuário Estatístico do Estado de Goiás – 2005*. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento, Goiânia. 823p.

SEPLAN. (2012) http://www.seplan.go.gov.br/sepin/viewcad.asp?id_cad=5100&id_not=4

SILVA, C. R., Figueiredo, B. R. & Capitani, E. M. (2006). Geologia Médica no Brasil. In: C. R. Silva, B. R. Figueiredo, E. M. Capitani & F. G. Cunha (Org.). *Geologia Médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente*. (pp. 6-14). CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro. 220p.

SPERLING, M.V. Considerações sobre a saúde de ambientes aquáticos. *Bio* 1993; 2 (3): 536.

SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2ª ed. Belo Horizonte Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

TAVARES, T.M. Avaliação de efeitos das emissões de cádmio e chumbo em Santo Amaro, Bahia. Tese de Doutorado, USP, SP, 2003, 273p.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R; TAIOLI, F. – Decifrando a terra. São Paulo, Oficina de textos, 2ª. Reimpressão, 2003.

TUNDISI, J. G.; Tundisi, T. M.; Rodrigues, S. L. Gerenciamento e recuperação das bacias hidrográficas dos rios Itaqueri e do Lobo e da Represa Carlos Botelho (Lobo-Broa). IIE, IIEGA, AROAQUA E LEKTRO; 2003.

TSUTIYA, M.T. Abastecimento de água. 2. ed. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: 2005.

USEPA- United States Environmental Protection Agency Drinking Water Contaminant Candidate List 3- Draft, Notice, Federal Register, Part II, v. 73 n. 35, 2008.

USGS, Scientific American, Misturas Perigosas, Jun/2006

VANDERSLICE, J. & BRISCOE, J., Environmental interventions in developing countries: Interactions and their implications. *American Journal of Epidemiology*, 141: 135- 144; 1995.

VAZ, A.J.; LIMA, I.V. – Imunotoxicologia dos metais. In AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A.A.M. – Metais: gerenciamento da toxicidade. Editora Atheneu, SP, 2003.

VITOR, R. J. Análise comparativa das estações de tratamento de água com análise de elementos traços e quadro epidemiológico em municípios do sudoeste goiano. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde, Universidade Católica de Goiás, 2006.

WINTER, M. – Webelements. Disponível <http://www.webelements.com/>. Univ. Sheffield, 1998. in MINERAIS DO PARANÁ S.A. – Atlas geoquímico do Estado do Paraná. Curitiba: MINEROPAR, 2001.

WHO (World Health Organization), Guidelines for Drinking-Water Quality. Geneva: 1996.

WHO (World Health Organization), Environmental Health Criteria: mercury. Geneva, 2006.

