

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ANÁLISE E PLANEJAMENTO AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA FREÁTICA EM
POÇOS RASOS NO SETOR MANSÕES DAS ÁGUAS
QUENTES EM CALDAS NOVAS – GO.**

CARLOS ALBERTO BIELLA

UBERLÂNDIA – MG

2008

CARLOS ALBERTO BIELLA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA FREÁTICA EM
POÇOS RASOS NO SETOR MANSÕES DAS ÁGUAS
QUENTES EM CALDAS NOVAS – GO.**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito à obtenção do Título de Mestre em Geografia.

**Área de concentração: Análise e
Planejamento Ambiental**

Orientador: Prof. Dr. Luiz Nishiyama.

Uberlândia – MG

INSTITUTO DE GEOGRAFIA

2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B587a Biella, Carlos Alberto, 1960-
Avaliação da qualidade da água freática em poços rasos
no Setor Mansões das Águas Quentes em Caldas Novas /
Carlos Alberto Biella. - 2008.
120 f. : il.

Orientador: Luiz Nishiyama.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlân-
dândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia.
Inclui bibliografia.

I 1. Geografia urbana - Caldas Novas (GO) - Teses. 2. Sanea-
mento - Caldas Novas Caldas Novas (GO) - Teses. I. Nishiyama,
Luiz. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-
Graduação em Geografia. III. Título.

CDU: 911.375(817.3)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Carlos Alberto Biella

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA FREÁTICA EM POÇOS RASOS NO SETOR MANSÕES DAS ÁGUAS QUENTES EM CALDAS NOVAS – GO.

Prof. Dr. Luiz Nishiyama (orientador) – UFU

Profa. Dra. Ângela Maria Soares – FAC. CATÓLICA UBERLÂNDIA

Prof. Dr. Sylvio Luiz Andreozzi – UFU

Data: ____/____/2008

Resultado: _____.

Dedico...

À Vanessa, esposa querida, pelo amor e apoio em toda a minha jornada.

Aos meus queridos filhos pela compreensão nos meus momentos de ausência.

Aos meus pais pela educação, incentivo, carinho e senso de ética que me ensinaram.

Agradecimentos

Ao professor e amigo Luiz Nishiyama pela orientação, paciência, confiança e respeito desde o primeiro momento em que se prontificou a me orientar neste trabalho.

Ao amigo Rildo Aparecido Costa pelo incentivo e colaboração desde o início desta jornada.

Aos professores Washington Luiz Assunção, Silvio Carlos Rodrigues, Samuel do Carmo Lima e Igo Lepsch por todos os ensinamentos transmitidos, que muito contribuíram para minha formação pessoal e profissional.

Aos colegas com que tive a oportunidade de conviver durante o período da realização deste mestrado.

A minha querida esposa Vanessa que sempre me incentivou em tudo o que tenho realizado.

Aos meus queridos filhos, Franco, Giuliano, Laura e Hugo pela força que me passaram.

A minha irmã Christianne pelo apoio, mesmo a distância.

Aos adorados pais, Laila e Hugo (quanta saudade!) que sempre me apoiaram em todos os passos de minha vida e que me ensinaram a ser o que sou hoje.

Especialmente a Deus, por iluminar minha vida nas horas em que mais precisei de sua luz.

"Depois de algum tempo você aprende que verdadeiras amizades continuam a crescer mesmo a longas distâncias, e o que importa não é o que você tem na vida, mas quem você tem na vida."

William Shakespeare

RESUMO

Este trabalho apresenta uma pesquisa realizada mediante análises bacteriológicas de amostra de água coletadas em poços rasos ou cisternas, no Setor Mansões das Águas Quentes, no município de Caldas Novas, GO. A escolha do local se deu pelo fato do setor não apresentar serviço de água tratada nem rede coletora de esgotos, o que leva os moradores daquele setor a utilizarem poços rasos ou cisternas, para seu abastecimento de água, e fossas para a deposição de seus dejetos, sendo que na maioria dos casos, fossas tipo sumidouro. Outro fato que favoreceu a escolha do local para o trabalho foi a proximidade do setor com o depósito municipal de resíduos sólidos, onde os resíduos urbanos são depositados sem praticamente nenhum tipo de tratamento. As amostras foram coletadas e analisadas para verificação da presença de bactérias do grupo coliformes e também para a verificação da presença de *Escherichia coli*, bactéria indicadora da presença de contaminação fecal, utilizando-se a técnica de tubos múltiplos, sendo que um total de 97,5% das amostras analisadas apresentou-se positiva para este tipo de bactéria, o que indica contaminação fecal na grande maioria das amostras. O trabalho demonstrou assim que os moradores dos locais onde as amostras foram coletadas utilizam uma água de baixa qualidade, considerada imprópria para o consumo humano de acordo com a Resolução nº. 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde, o que pode colocar em risco a saúde destes moradores devido aos problemas relacionados com a ingestão de bactérias da espécie *Escherichia coli*, causadora de várias doenças intestinais. O trabalho também demonstrou a necessidade da utilização de algum tipo de tratamento básico da água utilizada para o consumo pelos moradores do setor estudado, além de demonstrar através dos resultados obtidos a necessidade de que sejam realizadas melhorias no que diz respeito ao saneamento básico do setor pelo poder público municipal de Caldas Novas, como a instalação de redes de água tratada e coletora de esgotos em todo o setor estudado.

Palavras-chave: Caldas Novas – água subterrânea - contaminação de água – saneamento básico.

ABSTRACT

This paper presents a research conducted by bacteriological analyses of the water sample collected from shallow wells or tanks in the Sector Mansões das Águas Quentes, in the city of Caldas Novas, GO. The choice of location was given because the sector does not provide service of treated water or sewage network collector, which leads the residents of that sector to use shallow wells or tanks, for their water supply, and pits for the deposit of their dejection, which in most cases, pits type sink. Another fact that favored the choice of location for the study was the proximity of the sector with the deposit of municipal solid waste, where the waste is deposited without virtually any type of treatment. The samples were collected and analyzed to verify the presence of coliform bacteria in the group and also to verify the presence of *Escherichia coli*, bacteria indicator of the presence of fecal contamination, using the technique of multiple tubes, with a total of 97,5% of the samples showed up positive for this type of bacteria, which indicates fecal contamination in the vast majority of the samples. The work thus demonstrated that the residents of where the samples were collected using a low quality of water, considered unfit for human consumption according to Resolution No. 518 of 25 March 2004 of the Ministry of Health, which may endanger the health of residents due to problems related to the intake of species of bacteria *Escherichia coli*, causing a number of intestinal diseases. The work also demonstrated the need for the use of some type of basic treatment of water used for consumption by residents of the sector studied, and demonstrate the results obtained by the need to be made improvements with regard to the sanitation sector by power municipal government of Caldas Novas, as the installation of networks of treated water and sewage collector in any industry studied.

Keywords: Caldas Novas - groundwater - contamination of water - sanitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01:	Demonstração gráfica da evolução populacional urbana de Caldas Novas	6
Figura 02:	Distribuição da água no planeta Terra	11
Figura 03:	Distribuição da água doce no planeta Terra	11
Figura 04:	Ciclo hidrológico e seus componentes	13
Figura 05:	Zonas não saturada e saturada no subsolo	16
Figura 06:	Localização esquemática do Aquífero Guarani	23
Figura 07:	Localização geográfica ilustrativa de Caldas Novas – GO	26
Figura 08:	Área de expansão urbana de Caldas Novas	28
Figura 09:	Precipitação média anual de Caldas Novas, referente ao período de 1994 a 2007	31
Figura 10:	Parte da hidrografia do município de Caldas Novas	34
Figura 11:	Mapa geomorfológico de Caldas Novas	37
Figura 12:	Mapa de solos da região de Caldas Novas	40
Figura 13:	Modelo esquemático da estrutura geológica de Caldas Novas.	47
Figura 14:	Perfil geológico esquemático da porção central da Serra de Caldas	48
Figura 15:	Representação esquemática dos aquíferos da região de Caldas Novas	55
Figura 16:	Modelo esquemático do fluxo de água subterrânea na região de Caldas Novas	55
Figura 17:	Porcentagem da população, por países, atingidas por doenças causadas por água imprópria ao consumo humano	59
Figura 18:	Esquema simplificado dos testes laboratoriais para a identificação de bactérias coliformes na água	76
Figura 19:	Localização da área escolhida para a pesquisa	80
Figura 20:	Localização do depósito municipal de resíduos urbanos de Caldas Novas e parte do Setor Mansões Águas Quentes	81

Figura 21:	Rua do Setor Mansões das Águas Quentes, em Caldas Novas	82
Figura 22:	Rua do Setor Mansões das Águas Quentes, em Caldas Novas	82
Figura 23:	Localização do Setor Mansões das Águas Quentes em Caldas Novas	83
Figura 24:	Deposição de entulhos de construção e resíduos sólidos domiciliares próximo à residências no setor Mansões das Águas Quentes.	84
Figura 25:	Ensaio de Duplo Anel e <i>Open End</i> – porção norte	86
Figura 26:	Ensaio Duplo Anel e <i>Open End</i> , com amostragem do solo – porção centro-oeste da área	87
Figura 27:	Amostragem do solo na porção norte da área, obtida por tradagem	87
Figura 28:	Ensaio de Duplo Anel e <i>Open End</i> , com amostragem do solo – porção sudeste da área	88
Figura 29:	Amostragem do solo na porção centro-oeste da área, obtida por tradagem	88
Figura 30:	Clorita-quartzo xisto, localmente grafitoso, em forma de blocos soltos são encontrados principalmente ao norte e nas áreas de maior declividade	89
Figura 31:	Residência no Setor Mansões das Águas Quentes	91
Figura 32:	Detalhe do poço raso utilizado para abastecimento de água em residência no Setor Mansões das Águas Quentes.	91
Figura 33:	Representação dos pontos de coleta das amostras de água	94
Figura 34:	O autor do trabalho nas dependências do Laboratório Caldas Novas	97
Figura 35:	Amostras de água coletadas prontas para serem analisadas	98
Figura 36:	Detalhe de uma amostra de água coletada e pronta para ser analisada	99
Figura 37:	Bateria de tubos de ensaio contendo Caldo Lactosado e tubo de Durhan	100
Figura 38:	Um tubo de ensaio contendo Caldo Lactosado e tubo de Durhan	100
Figura 39:	Estufa bacteriológica contendo bateria de tubos de ensaio contendo Caldo Lactosado e placas de Petri contendo Meio EMB	101
Figura 40:	Fluxograma das análises realizadas para as amostras de água	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 01:	Evolução Populacional Urbana de Caldas Novas	6
Quadro 02:	Meios de hospedagem, leitos e piscinas de Caldas Novas	7
Quadro 03:	Porcentagem da população mundial com diferente disponibilidade de água	12
Quadro 04:	Distribuição dos Recursos Hídricos, da Superfície e da População (em % do total do país)	12
Quadro 05:	Área de extensão do aquífero Guarani	22
Quadro 06:	Distribuição da área do Aquífero Guarani no território brasileiro.	22
Quadro 07:	Limites territoriais de Caldas Novas – Goiás	24
Quadro 08:	Evolução populacional comparativa	27
Quadro 09:	Taxa de urbanização de Caldas Novas	27
Quadro 10:	Serie histórica de chuvas para Caldas Novas de 1994 a 2007	31
Quadro 11:	Características dos sistemas aquíferos da região de Caldas Novas	56
Quadro 12:	Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano	73
Quadro 13:	Identificação dos locais de coleta de amostras	93
Quadro 14:	Frequência das profundidades do lençol freático nos locais de coleta das amostras	95
Quadro 15:	Número Mais Provável (NMP) de bactérias com limite de confiança de 95% para série de 10 tubos	96
Quadro 16:	Provas bioquímicas referentes à <i>Escherichia coli</i> .	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 01:	Resultados referentes aos ensaios de permeabilidade realizados na área do depósito municipal de resíduos sólidos urbanos de Caldas Novas	85
Tabela 02:	Resultados obtidos para cada amostra na série de 10 tubos	106
Tabela 03:	Número de amostras positivas e negativas	106
Tabela 04:	Percentual de positividade encontrado	107
Tabela 05:	Resultados obtidos para cada amostra analisada	108

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
AMAT	Associação das Empresas Mineradoras das Águas Termais de Goiás
NA	Agar Nutriente
ANA	Agência Nacional das Águas
CETESB	Companhia de Tecnologia e Saneamento Básico de São Paulo
CL	Caldo Lactosado
CLBVB	Caldo Lactosado Bile Verde Brilhante
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DA	Ensaio de infiltração de Duplo Anel
DEMAE	Departamento Municipal de Água e Esgoto
DNPM	Departamento Nacional da Produção Mineral
EHEC	<i>Escherichia coli</i> enterohemorrágica
EIEC	<i>Escherichia coli</i> enteroinvasora
BEM	Eosina Azul de Metileno
EPEC	<i>Escherichia coli</i> enteropatogênica clássica
ETEC	<i>Escherichia coli</i> enterotoxigênica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NMP	Número Mais Provável
OE	Ensaio de infiltração Open-End
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
SEPLAN	Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento
UFC	Unidades Formadoras de Colônias
VMP	Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1 – A ÁGUA NO MUNDO.....	10
1.1– DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NO PLANETA TERRA.....	10
1.2 – O CICLO HIDROLÓGICO.....	13
1.3 – ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	14
1.4 – OS AQÜÍFEROS.....	19
1.4.1 – Tipos de Aqüíferos.....	19
1.4.2 – Tipos de Aqüíferos Relacionados com as Rochas Armazenadoras.....	20
1.4.3 – O Aqüífero Guarani.....	22
2 – LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO....	24
2.1 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO MUNICÍPIO DE CALDAS NOVAS.....	29
2.1.1 – Clima.....	29
2.1.2 – Hidrografia.....	32
2.1.3 – Geomorfologia.....	35
2.1.4 – Pedologia.....	38
2.1.5 – Geologia.....	41
2.1.5.1 – Grupo Paranoá.	42
2.1.5.2 – Grupo Araxá.....	44
2.1.5.3 – Cobertura Detrito-Laterítica.....	45
2.1.6 – Hidrogeologia	49
A – Sistema Freático	49
B – Sistema aqüífero Paranoá	51
C – Sistema aqüífero Araxá	53
3 –. ÁGUA E SAÚDE HUMANA.....	58

3.1 – Poluição e contaminação das águas subterrâneas.....	59
3.2 – Vulnerabilidade de um aquífero.....	64
3.3 DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA.....	66
3.3.1 – Doenças transmitidas pela água	67
3.3.2 – Doenças de origem hídrica.....	68
3.3.3 – Doenças de origem vetorial relacionadas com a água.....	69
3.3.4 – Doenças vinculadas à escassez de água.....	70
3.4 – ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA.....	71
3.4.1 – Determinação da qualidade bacteriológica da água.....	73
3.4.1.1 – Coliformes totais e fecais – Determinação pela técnica de Tubos Múltiplos.....	74
3.4.1.2 Contagem de bactérias heterotróficas em placas pela técnica “ <i>Pour Plate</i> ”	77
4 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	79
4.1 – CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDO.....	79
4.2 – Permeabilidade do solo na área estudada.....	84
4.3 – ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS DAS AMOSTRAS.....	89
4.3.1 – Metodologia utilizada.....	96
5. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO.....	105
5.1 RESULTADOS OBTIDOS.....	105
5.2 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	109
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	112
REFERÊNCIAS.....	115

INTRODUÇÃO

De um modo geral, a chamada crise ambiental pela qual toda a humanidade passa nos remete a analisar o comportamento humano no planeta. Do Homem Primitivo ao Homem Industrial, inúmeras mudanças se fizeram presentes, colocando o homem como maior provocador de destruição dos recursos naturais. O crescente uso dos recursos naturais por parte do ser humano em busca de riqueza e do crescimento tecnológico, principalmente após o advento da Revolução Industrial, fez com que cada vez mais fossem explorados estes recursos, muitas vezes deixando-os próximos de seu esgotamento ou de sua degradação. Dentre os exemplos atuais podem-se citar: os combustíveis fósseis, como carvão e o petróleo e a água, utilizada para o consumo humano seja para sua sobrevivência ou para fins industriais.

Ao mesmo tempo, a crescente utilização dos recursos naturais, na maioria das vezes, é acompanhada na mesma proporção pela geração de resíduos, que promovem a contaminação dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, da atmosfera e do solo. O crescimento populacional, especialmente nos países em desenvolvimento, tem sido um fator que impulsiona o consumo de recursos naturais e, conseqüentemente, amplia a geração de resíduos.

A contaminação da água não é um fenômeno atual. Como se refere Ondarza (1997), durante o reinado de Jorge III (1760-1820) um membro do parlamento inglês escreveu uma carta queixando-se ao primeiro-ministro do odor e da aparência do rio Tâmesa, sendo que a carta havia sido escrita não com tinta e, sim, com a água do próprio rio.

O crescente desenvolvimento tecnológico e industrial ocorrido entre os séculos XIX e XX trouxe uma infinidade de benefícios para a humanidade, mas também trouxe no seu bojo situações complicadas relacionadas aos resíduos gerados pelas atividades humanas.

Com o decorrer da história da humanidade, a necessidade de abrigar e sustentar um número cada vez maior de pessoas impeliu o ser humano a devastar cada vez mais, áreas de vegetação natural. Isto levou à extinção de espécies da fauna e da flora e, muito outros, na iminência de extinção. O aumento na produção de bens de consumo e alimentos para a subsistência da crescente população do planeta coloca em risco a própria sobrevivência do homem e de outras tantas espécies.

No que diz respeito a um bem natural essencial à todos os seres vivos – a água – a situação parece ter atingido um ponto crítico, pois, apesar de ser um recurso considerado renovável, a água vem sofrendo agressões gradativas conforme a raça humana se desenvolve tecnologicamente e cresce numericamente.

A própria crise hídrica pela qual a humanidade passa também sofre mudanças, sendo que na segunda metade do século XIX a crise principal estava relacionada com epidemias produzidas pela má qualidade da água e na segunda metade do século XX, a descarga de esgotos não tratados, a acidificação e descarga de substâncias tóxicas foram causas muito problemáticas e de alto custo na qualidade e quantidade da água, conforme TUNDISI (2003).

Desta forma, a preocupação com um bem tão necessário ao ser humano deve ser uma constante nas discussões sobre o meio ambiente e o progresso da humanidade. Neste sentido, a urbanização, em sua grande parte, desordenada, cria

situações para os constantes riscos de contaminação dos corpos d'água superficiais e também dos lençóis subterrâneos.

A falta de investimento público na área de saneamento urbano e o próprio crescimento do consumo de água, devido a sua multiplicidade de uso, estão levando a humanidade à beira do colapso no que diz respeito à disponibilidade dos recursos hídricos, principalmente os de água doce, conforme já vem alertando a Organização das Nações Unidas (ONU) que, segundo a entidade, em 2025 o mundo estará vivendo a maior crise relacionada à escassez da água já vivida pela humanidade.

No caso das águas subterrâneas, os problemas ocorrem da mesma forma, porém advindos, sobretudo da retirada excessiva dos aquíferos, da contaminação por resíduos orgânicos e inorgânicos gerados por lixões, aterros sanitários inadequados, esgotos não tratados, em especial àqueles gerados por fossas não sépticas; de resíduos de postos de combustíveis; de resíduos industriais e agrícolas; dentre outros. Porém, não somente a escassez e contaminação dos lençóis subterrâneos devem ser objetos de preocupação. Os efeitos negativos impostos à diversidade biológica também se fazem sentir quando lidamos de forma inadvertida com os corpos d'água.

Impactos mais sutis sobre a diversidade biológica são oriundos da exploração excessiva de aquíferos, redução de nível de lençóis freáticos e afundamento do solo. Esses processos são freqüentemente acompanhados de mudanças nos padrões naturais de percolação das águas subterrâneas, causadas pela destruição dos brejos e pelo desvio do escoamento superficial. (Murphy, 1997, pág. 91)

A urbanização como processo de ocupação de espaço pelo homem traz consigo inúmeras conseqüências desfavoráveis do ponto de vista ambiental que podem ser detectadas ao se observar a infraestrutura da maior parte das cidades instaladas no Brasil. As conseqüências podem ser citadas como a falta de disposição e

tratamento adequados para os efluentes e resíduos sólidos urbanos, a destruição de áreas de afluência de lençóis freáticos, indisponibilidade de água tratada e serviços de esgoto para todos os moradores, entre outros tantos.

Historicamente a ocupação urbana tem sido efetuada de modo desordenado, gerando problemas nas esferas social, econômica e ambiental.

A falta de critério e planejamento na maioria das cidades são os principais fatores de degradação ambiental. Uma vez instalada, esta leva à perda de qualidade de vida dos moradores e da população de toda a sua área de influência.

O êxodo rural proveniente da falta de perspectiva econômica para o homem no campo provocou um crescimento acelerado de cidades brasileiras e, como consequência, verificou-se um crescimento em todos os setores econômicos que movem as mesmas, porém, os problemas ambientais cresceram na mesma proporção.

Como na maior parte das regiões brasileiras, a região Centro-Oeste busca vencer os desafios que caminham juntamente com os processos de desenvolvimento econômico social e político do país, como a garantia da disponibilidade dos recursos naturais, a não poluição do solo e dos cursos de água, a redução da pobreza, entre outros. Estes desafios tornam-se ainda maiores quando surge a preocupação ambiental aliada àqueles processos de desenvolvimento.

A busca de um chamado desenvolvimento sustentável que passe pelos vários níveis do processo de desenvolvimento de um centro urbano também se faz presente nesta região brasileira.

A cidade de Caldas Novas é um exemplo de crescimento desordenado, sem critério, portanto com total falta de planejamento. Esta situação acarretou na implantação de vários bairros residenciais sem as condições básicas de saneamento: água tratada e coleta de esgotos.

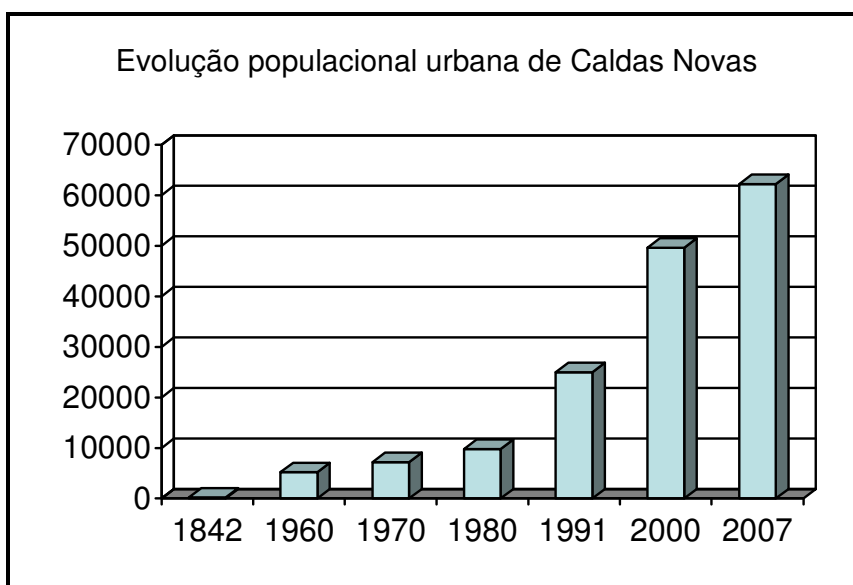
O principal objetivo deste trabalho é analisar a qualidade da água freática em um setor específico da cidade de Caldas Novas e a sua relação com as diferentes fontes poluidoras existentes na área, por meio de análises microbiológicas da água de cisternas e poços rasos. Ainda, este trabalho de dissertação de mestrado objetiva a proposição de medidas preventivas e/ou corretivas para o município no que se refere ao uso da água pelas populações não contempladas com rede municipal de água tratada e esgoto.

A falta de um tratamento adequado aos resíduos sólidos urbanos em Caldas Novas, aliada à presença de bairros residenciais próximos à área destinada ao “lixão” municipal motivou a escolha do setor Mansões das Águas Quentes. As residências instaladas próximas ao lixão municipal não possuem serviços de fornecimento de água tratada e de coleta dos esgotos domésticos, o que leva os moradores a utilizarem água de poços rasos para seu sustento e fossas, a maioria do tipo fossa negra, para deposição de efluentes domésticos.

Quadro – 01: Evolução Populacional Urbana de Caldas Novas

ANO	NÚMERO DE HABITANTES
1842	200
1960	5.200
1970	7.200
1980	9.800
1991	24.159
2000	49.660
2007	62.204

Fontes: Prefeitura Municipal de Caldas Novas (2005) e IBGE (2008)

**Figura – 01:** Demonstração gráfica da evolução Populacional Urbana de Caldas Novas

Fontes: Prefeitura Municipal de Caldas Novas (2005) e IBGE (2008)

A precariedade ou mesmo a ausência de equipamentos urbanos em vários setores da cidade relacionados aos sistemas de saneamento concorre para a degradação dos cursos d'água que cortam a cidade e pode afetar os lençóis subterrâneos que abastecem a maior fonte de arrecadação da região – o turismo. O crescente interesse pela exploração das águas termais para fins turísticos despertou a indústria hoteleira que, por sua vez, acabou movendo a indústria imobiliária que se fez acompanhar pelo crescimento da cidade como um todo, nas áreas de comércio e de serviços.

Dados divulgados no ano de 2004 pela Secretaria Municipal de Turismo e Cultura de Caldas Novas, mostram o número da infra-estrutura dos meios de hospedagem - leitos e piscinas - dentro da área urbana de Caldas Novas (**Quadro 02**).

QUADRO 02 - Meios de hospedagem, leitos e piscinas de Caldas Novas.

Meios de hospedagem	Total	Apartamentos	Leitos	Piscinas termais	Piscinas frias
Sem parque aquático termal	51	773	2.480	0	10
Com parque aquático termal	58	5.977	27.551	192	29
Total	109	6.750	30.031	192	39

Fonte: Prefeitura Municipal de Caldas Novas, 2005

A acelerada condição de crescimento urbano associada à especulação imobiliária provocou uma ruptura com o meio ambiente em decorrência da explosão populacional e ocupação indiscriminada por novos loteamentos, porém sem a infra-estrutura urbana necessária. O crescimento do setor imobiliário movimenta todos os outros setores interligados, como comércio e serviços, o que leva a uma necessidade de serviços de saneamento muito além da atual realidade. A falta de captação municipal de esgotos na maior parte da área urbana faz com que uma grande quantidade de fossas seja aberta e, em sua grande maioria, do tipo sumidouro.

A baixa condição financeira de muitos moradores faz com que, mesmo em regiões servidas por água tratada, se utilizem cisternas e poços para seu abastecimento.

A somatória de todos estes fatores resulta em motivos para grande preocupação, não somente com os aspectos ambientais constantemente afetados, mas também com o risco que estes representam à situação econômica, social e,

principalmente, à saúde e bem estar da população dos setores menos privilegiados da cidade.

A preocupação com a saúde da população que faz uso da água captada em poços domésticos e cisternas é o principal enfoque da presente dissertação. A água captada por estes meios é a mais susceptível à contaminação química, orgânica e microbiológica, assim sendo, uma água de má qualidade pode estar sendo consumida.

O trabalho de dissertação foi estruturado em seis capítulos. No capítulo 1 buscou-se mostrar a situação da água no planeta Terra, sua distribuição e com ênfase maior para as águas subterrâneas, mostrando sua formação e com as mesmas se armazenam sob a superfície do planeta.

O capítulo 2 traz a localização do município de Caldas Novas e da área (física) de abrangência do trabalho, localizando a área trabalhada dentro da área urbana municipal. Ainda, neste capítulo apresenta-se uma caracterização física do município.

No capítulo 3 foi trabalhado o referencial teórico onde se procura evidenciar a relação entre a qualidade da água e a saúde humana, apresentando os tipos de doenças de veiculação hídrica e também apresentando os diferentes métodos de análise bacteriológica de água. O capítulo 4 trata dos materiais e métodos e da adoção de um método para avaliar, via análises de laboratório, a qualidade bacteriológica da água e mostra quais foram os procedimentos de análise para a área de estudo.

No capítulo 5 são apresentados os resultados obtidos com as análises microbiológicas das amostras da água coletadas e a discussão dos resultados destas análises.

Por último, no capítulo 6, são apresentadas as considerações finais, onde são avaliados os resultados obtidos com o trabalho e o alcance dos objetivos propostos neste estudo.

1. A ÁGUA NO MUNDO

A disponibilidade hídrica mundial é estimada em cerca de 40.000 Km³/ano, de acordo com Shiklomanov (1998), sendo que desses, cerca de 4.000 Km³/ano, 10% do total, são derivados de rios para o uso humano. Da água captada estima-se que somente 2.000 km³/ano são efetivamente consumidos, restando outros 2.000 Km³/ano que retorna aos cursos d'água, normalmente com qualidade inferior àquela captada.

A água é um recurso mineral dito renovável, utilizado por todos os habitantes do planeta Terra para sua subsistência, sendo encontrada na atmosfera, na superfície, na subsuperfície, formado rios, lagos e oceanos, ou seja, em praticamente todos os setores do planeta, além de ser o único elemento encontrado na natureza em seus três estados físicos: sólido, líquido e gasoso.

1.1 DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NO PLANETA TERRA

Considera-se atualmente que a quantidade de água no planeta Terra corresponda a aproximadamente 1.400 milhões de Km³, sendo este volume tenha permanecido relativamente constante nos últimos 500 milhões de anos, ainda segundo SHIKLOMANOV (1998).

A distribuição da água no planeta mostra que a grande parte deste recurso encontra-se formando os oceanos e mares – mais de 97% do total da água existente na Terra – portanto salgada. Nesse caso resta apenas uma pequena parte do volume total, cerca de 3%, representado por água doce. Deste total de água doce,

uma diminuta parcela está disponível para uso, armazenada nos lençóis subterrâneos, lagos, rios e na atmosfera. As **figuras 02 e 03** representam a distribuição da água no planeta Terra.

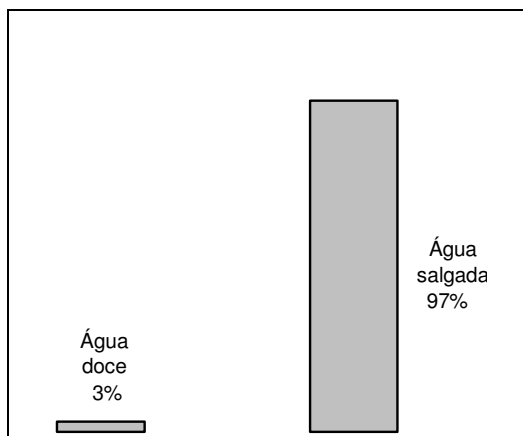


Figura 02 – Distribuição da água no planeta Terra

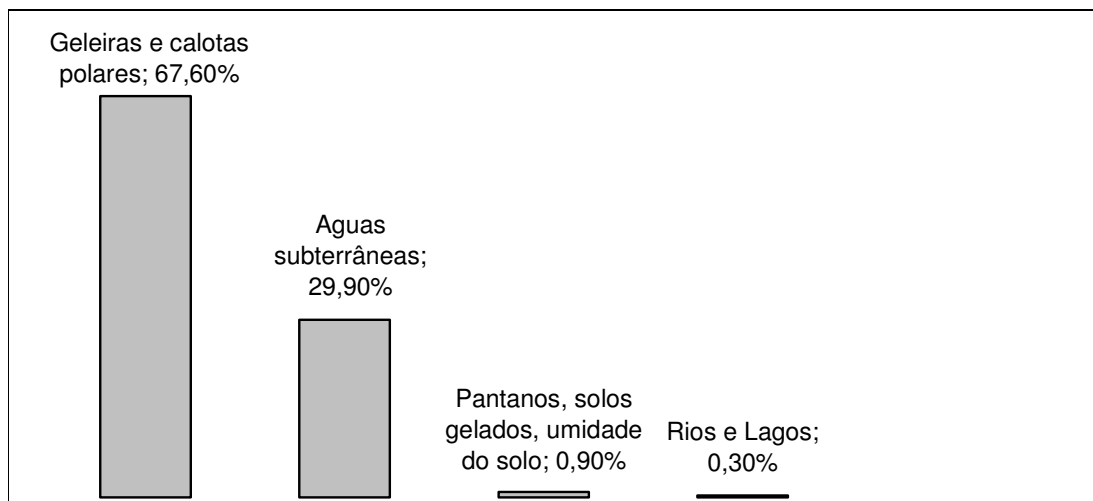


Figura 02 – Distribuição da água doce no planeta Terra

A disponibilidade da água no mundo mostra-se desequilibrada, sendo que mais de um terço da população mundial não dispõe, atualmente, de água para as suas necessidades básicas e esta situação tende a agravar-se (CLARKE; KING, 2005). Ainda, segundo Clarke e King (2005), no ano 2000, a população mundial era

representada por 6 bilhões de habitantes; destes, meio bilhão vivia em países com escassez crônica de água. Uma projeção para o ano de 2050, indica que a população mundial atingirá 8 bilhões e oitocentos milhões de habitantes e, destes, cerca de 4 bilhões de habitantes viverão em regiões com escassez crônica de água. O **quadro 03** mostra a porcentagem da população mundial com diferentes disponibilidades de água.

QUADRO 03 - porcentagem da população mundial com diferente disponibilidade de água

Porcentagem equivalente	Disponibilidade	Porcentagem total	Suficiência
7,8	Água escassa	67,0	Insuficiência
24,5	Água no limite		
34,7	Água insuficiente		
16,3	Abundância	33,0	Suficiência relativa
16,7	Suficiência relativa		

Fonte: Clarcke e King, 2005

O Brasil detém cerca de 14% da água doce superficial do mundo, sendo que 80% desta água estão localizados na Região Amazônica, enquanto que os 30% restantes distribuem-se desigualmente pelo País onde vivem cerca de 93% da população, de acordo com SUGUIO (2006). O **Quadro 04** mostra a distribuição da água no Brasil por região geográfica.

QUADRO 04 - Distribuição dos Recursos Hídricos, da Superfície e da População (em % do total do país).

Região	Recursos hídricos	Superfície	População
Norte	68,20	45,00	7,60
Centro-Oeste	16,00	19,00	6,85
Sul	6,50	7,00	14,70
Sudeste	6,00	11,00	42,65
Nordeste	3,30	18,00	28,20

Fonte: SUGUIO, 2006

1.2 O CICLO HIDROLÓGICO

A água, como citado anteriormente, permanece na natureza nos três estados físicos, alternando-se num constante ciclo denominado ciclo hidrológico, conforme pode ser visualizado na ilustração constante na **Figura 04**, sendo este ciclo hidrológico de fundamental importância para a manutenção da vida no Planeta. Os seres vivos podem consumir água de vários modos: ingerido-a diretamente; utilizando a água contida nos alimentos ou pela penetração por meio da sua pele. Já a perda de água pelos seres vivos dá-se por transpiração, respiração, excreções urinárias e dejeções.

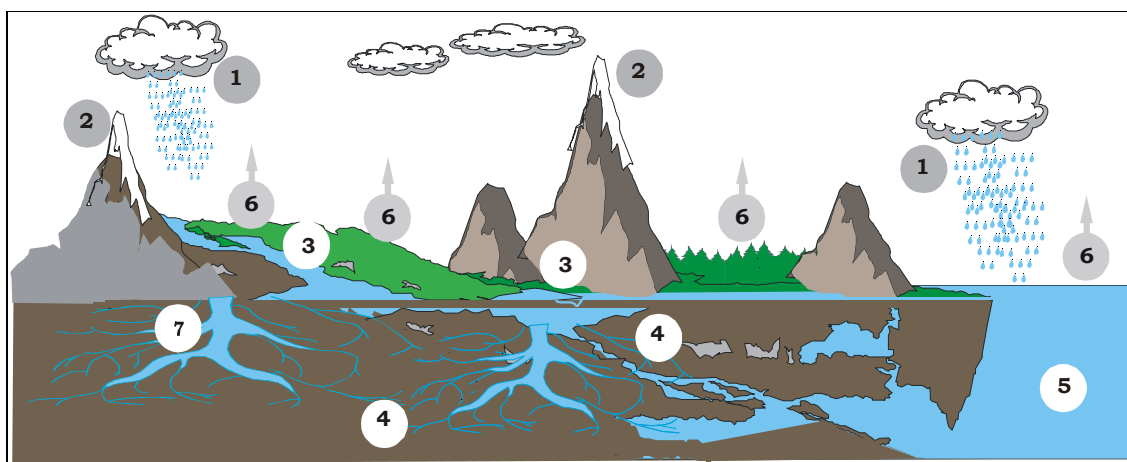


Figura 04 - Ciclo hidrológico e seus componentes

Legenda: 1 = precipitação 2 = degelo 3 = rios e lagos 4 = água subterrânea
5 = oceanos 6 = evaporação 7 = infiltração

A água é de fundamental importância também por atuar como regulador térmico do ambiente, mantendo a temperatura no planeta sem grandes diferenças no que diz respeito à temperatura do dia e da noite. A água circula por vários pontos entre o subsolo, superfície e

atmosfera de nosso planeta, de modo constante. A precipitação é a fonte primária de água doce, com vazão anual cerca de 50 vezes maior que o estoque dos rios, lagos e reservatórios.

Em termos *per capita*, as mais altas precipitações ocorrem na América Latina e Caribe e as mais baixas no Oriente Médio e África do Norte. Com relação ao consumo, as mais altas encontram-se na América do Norte e as mais baixas na África. Atualmente vários países têm recursos hídricos inferiores a 1000 m³ *per capita*, o que indica escassez de água, conforme indicações da Organização Mundial de Saúde (OMS).

1.3 ÁGUA SUBTERRÂNEA

No Brasil, em geral, as águas subterrâneas abastecem rios e lagos, por isso, mesmo na estação seca do ano, a maioria dos nossos rios é perene. Nossos aquíferos têm importância estratégica e suas diversas funções são ainda pouco exploradas, tais como: produção; armazenamento; transporte; filtragem e autodepuração, além da função energética, quando as águas saem naturalmente quentes do subsolo. Estes usos múltiplos das águas subterrâneas são crescentes: abastecimento, irrigação, calefação, balneoterapia, engarrafamento de águas minerais e potáveis de mesa e outros.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (1998) estima-se que 51% do suprimento de água potável brasileiro sejam originados do recurso hídrico subterrâneo. As águas

subterrâneas têm grande alcance social, pois os poços, quando bem construídos e protegidos, garantem a saúde da população.

Como definição, água subterrânea é toda a água que ocorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetida a duas forças (adesão e gravidade) desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos. As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada.

Origina-se predominantemente da infiltração das águas das chuvas, sendo este o processo mais importante de recarga da água no subsolo. Após a precipitação, parte das águas que atinge o solo se infiltra através da superfície do solo e migra para o interior do subsolo, durante períodos de tempo extremamente variáveis, contribuindo, desse modo, com a recarga do reservatório subterrâneo, recarga esta dependente de alguns fatores:

- **Tipo de rocha e solo:** porosidade e permeabilidade; a presença de argila no solo diminui sua permeabilidade, não permitindo uma grande infiltração;
- **Cobertura vegetal:** um solo coberto por vegetação é mais permeável do que um solo desmatado, pois ocorre maior infiltração nas zonas de raízes das plantas;

- **Topografia:** superfícies planas são mais favoráveis, pois em declividades acentuadas a água corre mais rapidamente, diminuindo a possibilidade de infiltração;
- **Precipitação e tipo de chuvas:** chuvas intensas saturam rapidamente o solo, ao passo que chuvas finas e demoradas têm mais tempo para se infiltrarem; quanto mais regulares as chuvas, maior a recarga;
- **Ocupação do solo:** as áreas urbanizadas e as rurais com uso intensivo têm menor infiltração.

Durante a infiltração, uma parcela da água sob a ação da força de adesão ou de capilaridade fica retida nas regiões mais próximas da superfície do solo, constituindo a zona não saturada. Outra parcela, sob a ação da gravidade, atinge as zonas mais profundas do subsolo, constituindo a zona saturada (**figura 05**).

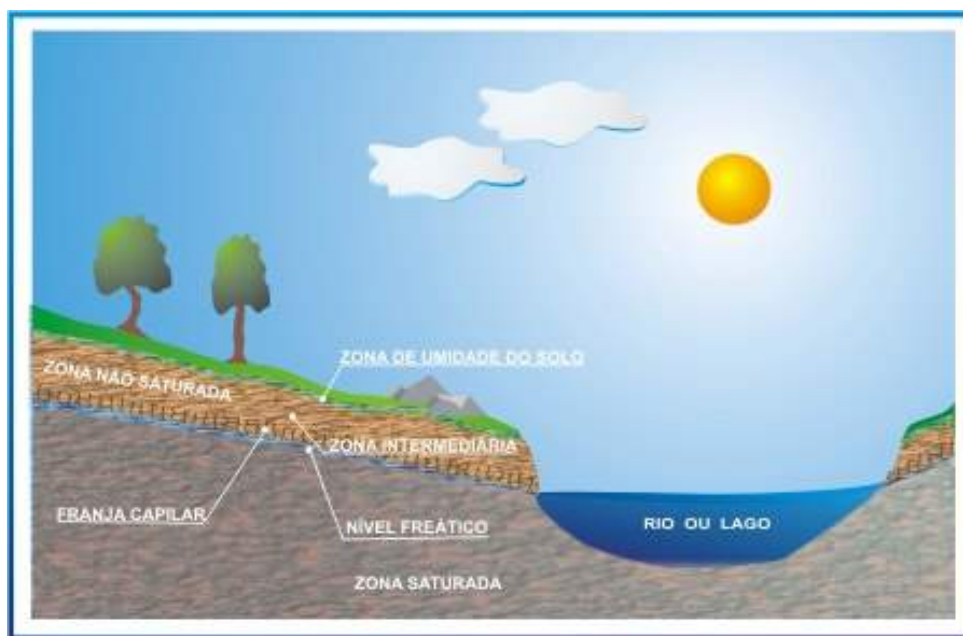


FIGURA 05 - Zonas não saturada e saturada no subsolo
FONTE: ABAS, 2006

- **Zona não saturada:** também chamada de zona de aeração ou vadosa, é a parte do solo que está parcialmente preenchida por água. Nesta zona, pequenas quantidades de água distribuem-se uniformemente, sendo que as suas moléculas se aderem às superfícies dos grãos do solo. Nesta zona ocorre o fenômeno da transpiração pelas raízes das plantas, de filtração e de autodepuração da água. Dentro desta zona encontra-se:
- **Zona de umidade do solo:** é a parte mais superficial, onde a perda de água de adesão para a atmosfera é intensa. Em alguns casos é muito grande a quantidade de sais que se precipitam na superfície do solo após a evaporação dessa água, dando origem a solos salinizados ou a crostas ferruginosas (lateríticas). Esta zona serve de suporte fundamental da biomassa vegetal natural ou cultivada da Terra e da interface atmosfera / litosfera.
- **Zona intermediária:** região compreendida entre a zona de umidade do solo e da franja capilar, com umidade menor do que nesta última e maior do que a da zona superficial do solo. Em áreas onde o nível freático está próximo da superfície, a zona intermediária pode não existir, pois a franja capilar atinge a superfície do solo. São brejos e alagadiços, onde há uma intensa evaporação da água subterrânea.
- **Franja de capilaridade:** é a região mais próxima ao nível d'água do lençol freático, onde a umidade é maior devido à presença da zona saturada logo abaixo.

- **Nível freático ou nível d'água (NA):** A superfície que separa a zona saturada da zona de aeração é chamada de nível freático, ou seja, este nível corresponde ao topo da zona saturada. Dependendo das características climatológicas da região ou do volume de precipitação e escoamento da água, esse nível pode permanecer permanentemente a grandes profundidades, ou se aproximar da superfície horizontal do terreno, originando as zonas encharcadas ou pantanosas, ou convertendo-se em mananciais (nascentes) quando se aproxima da superfície através de um corte no terreno. Pode ser medida por poços onde a altura d'água marca o NA. O NA tende a acompanhar o relevo da superfície.
- **Zona saturada ou freática:** é a região abaixo da zona não saturada onde os poros ou fraturas da rocha estão totalmente preenchidos por água. As águas atingem esta zona por gravidade, através dos poros ou fraturas até alcançar uma profundidade limite, onde as rochas estão tão saturadas que a água não pode penetrar mais. Para que haja infiltração até a zona saturada, é necessário primeiro satisfazer as necessidades da força de adesão na zona não saturada. Nesta zona, a água corresponde ao excedente de água da zona não saturada que se move em velocidades muito lentas (mm/dia), formando o manancial subterrâneo propriamente dito. Uma parcela dessa água irá desaguar na superfície dos terrenos, formando as fontes, olhos de água. A outra parcela desse fluxo subterrâneo forma o caudal basal que deságua nos rios, perenizando-os durante os períodos de estiagem.

1.4 OS AQÜÍFEROS

Um “sistema aquífero” é uma formação ou conjunto de formações geológicas constituídas por rochas capazes de armazenar e transmitir quantidades significativas de água. São efetivamente reservatórios naturais subterrâneos que podem ser de variados tamanhos de poucos km² a milhares de km², ou também, podem apresentar espessuras de poucos metros a centenas de metros de profundidade. Nestes sistemas, a água infiltra-se por ação gravitacional, preenchendo a porosidade existente entre as rochas, através dos quais circula lentamente e que se localiza sobre uma camada impermeável. As águas subterrâneas são realimentadas pelas infiltrações de águas de origem pluvial ou advindas de irrigação, fluindo lentamente pelos poros e ou fissuras/fraturas intercomunicantes das rochas, armazenando-se em reservatórios subterrâneos. A maneira e a velocidade com que esta água se acumula nos aquíferos dependem diretamente do tipo de solo superficial e da cobertura vegetal, do tipo de rochas subterrâneas e das fraturas existentes, da quantidade de chuva que flui, entre outros fatores.

1.4.1 Tipos de Aquíferos

Podemos ter **aquíferos superficiais, freáticos** ou **livres**, quando temos um aquífero próximo à superfície e **aquíferos profundos** ou **confinados** os que escoam entre duas camadas impermeáveis.

Aqüífero livre ou freático – é um estrato permeável, parcialmente saturado de água, cuja base é uma camada impermeável ou semipermeável. O topo é limitado pela própria superfície livre da água também chamado de superfície freática, sobre pressão atmosférica. Ele tende a ter um perfil mais ou menos semelhante ao perfil da superfície do terreno. O lençol freático está geralmente perto da superfície, em vales de rios e a maiores profundidades em altos topográficos.

Aqüífero confinado ou artesianos – é um aquífero completamente saturado de águas, cujo limite superior (teto) e inferior (pisos) são estratos impermeáveis. A água desse aquífero chama-se artesianos ou confinada e sua pressão é, geralmente, mais alta que a pressão atmosférica. Por isso quando se perfura o aquífero, a água sobe para um nível bem superior, podendo até jorrar. Nesse aquífero a contaminação quando ocorre, é muito mais lenta, porém os custos para recuperação podem ser proibitivos.

A fonte de recarga natural para a maioria dos aquíferos é a precipitação, onde a infiltração ocorre nas regiões denominadas de áreas de recarga. Além da precipitação superficial, outros fatores são considerados, como: constituição geológica e natureza das camadas, declividades das camadas e área da seção de contribuição (extensão).

1.4.2 Tipos de aquíferos relacionados com as rochas armazenadoras

Aquíferos Porosos: ocorrem em rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados e solos arenosos decompostos *in situ*. Constituem os mais importantes aquíferos, pelo grande volume de água que armazenam, e por sua

ocorrência em grandes áreas. Estes aquíferos ocorrem nas bacias sedimentares e em todas as várzeas onde se acumularam sedimentos arenosos. Uma particularidade deste tipo de aquífero é a sua porosidade quase sempre homogeneamente distribuída (isotropia), permitindo que a água escoe para qualquer direção, em função tão somente dos diferenciais de pressão hidrostática ali existente.

Aquíferos fraturados ou fissurados: ocorrem em rochas ígneas e metamórficas. A capacidade destas rochas em acumularem água está relacionada à quantidade de fraturas, suas aberturas e intercomunicação. No Brasil a importância desses aquíferos está muito mais em sua localização geográfica, do que na quantidade de água armazenada. Poços perfurados nestas rochas fornecem poucos metros cúbicos de água por hora. A possibilidade de ter um poço produtivo dependerá, tão somente, de o mesmo interceptar fraturas capazes de conduzir água. Nestes aquíferos a água só pode fluir onde houver fraturas, que, quase sempre, tendem a ter orientações preferenciais, e por isto, são meios denominados como anisotrópicos.

Um caso particular de aquífero fraturado é representado pelos derrames de rochas ígneas vulcânicas basálticas, das grandes bacias sedimentares brasileiras, a exemplo do aquífero Serra Geral que ocorre no terceiro planalto paranaense. Estas rochas, apesar de ígneas, são capazes de fornecer volumes de água dez vezes maiores do que a maioria das rochas ígneas e metamórficas.

Aquíferos Cársticos: são aquíferos formados em rochas carbonáticas. Constituem um tipo peculiar de aquífero fraturado, onde as fraturas, devido à dissolução do carbonato pela água, podem atingir aberturas muito grande, criando, neste caso, verdadeiros rios subterrâneos.

1.4.3 O Aquífero Guarani

A região de Caldas Novas não faz parte deste aquífero, estando numa região de aquífero cristalino, tipo fissural, sendo apenas como exemplo de aquífero que o Guarani foi utilizado neste trabalho. O aquífero Guarani é talvez o maior manancial transfronteiriço de água doce subterrânea no planeta, estendendo-se desde a Bacia Sedimentar do Paraná até a Bacia do Chaco–Paraná. Está localizado no centro-leste da América do Sul, subjacente a quatro países: Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai, conforme pode ser visualizado na **Figura 06**. Possui uma extensão total aproximada de 1.195.500 km², compreendendo quatro países da América do Sul, conforme **Quadro 05**, sendo que sua porção brasileira integra o território de oito Estados, conforme pode ser visto no **Quadro 06**. A população atual do domínio de ocorrência do aquífero é estimada em 15 milhões de habitantes.

Quadro 05 – Área de extensão do aquífero Guarani

País	Extensão (%)
Brasil	70%
Argentina	19 %
Paraguai	6 %
Uruguai	5 %

Fonte: BOSCARDIN BORGHETTI *et al* (2004)

Quadro 06 - Distribuição da área do Aquífero Guarani no território brasileiro.

Estado	Área (Km²)
Mato Grosso do Sul	213.200
Rio Grande do Sul	157.600
São Paulo	155.800
Paraná	131.300
Goiás	55.000
Minas Gerais	51.300
Santa Catarina	49.200
Mato Grosso	26.400

Fonte: BOSCARDIN BORGHETTI *et al* (2004)



Figura 06 – Localização esquemática do Aquífero Guarani.
Fonte: BOSCARDIN BORGHETTI *et al* (2004)

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Caldas Novas está situado na região sul do estado de Goiás, na micro-região do rio Meia Ponte, ocupa uma área de aproximadamente de 1.590 Km², balizada pelas coordenadas geográficas 17° 28' e 18° 05' de latitude Sul e 48° 27' e 48° 56' de longitude Oeste. As cotas altimétricas variam entre 520 e 1043 metros. A **Figura 07** mostra a localização de Caldas Novas.

Dista cerca de 170 km da capital do estado de Goiás, Goiânia e 270 km de Brasília. Faz divisa ao Norte com os municípios de Piracanjuba, Santa Cruz de Goiás e Pires do Rio; ao Sul com Corumbaíba e Marzagão; à Leste com Ipameri e à Oeste com Morrinhos e Rio Quente, conforme mostra o **Quadro 07**, que apresenta o distanciamento de Caldas Novas com seus municípios vizinhos.

Quadro 07 – Limites territoriais de Caldas Novas – Goiás

Limites	Distância (km)
Ao norte	
Piracanjuba	83 km
Santa Cruz	69 km
Pires do Rio	80 km
Ao Sul	
Marzagão	34km
Corumbaíba	50km
A Leste	
Ipameri	60km
A Oeste	
Piracanjuba	83km
Rio Quente	20km
Morrinhos	54km

Fonte: IBGE/2008

O acesso à Caldas Novas se dá por diversas rodovias estaduais que possibilitam a interligação com praticamente todas as regiões do Brasil e também

por via aérea, com vôos fretados que trazem turistas especialmente da região Sudeste do Brasil, conforme informações da Secretaria Municipal de Turismo de Caldas Novas, especialmente do estado de São Paulo.

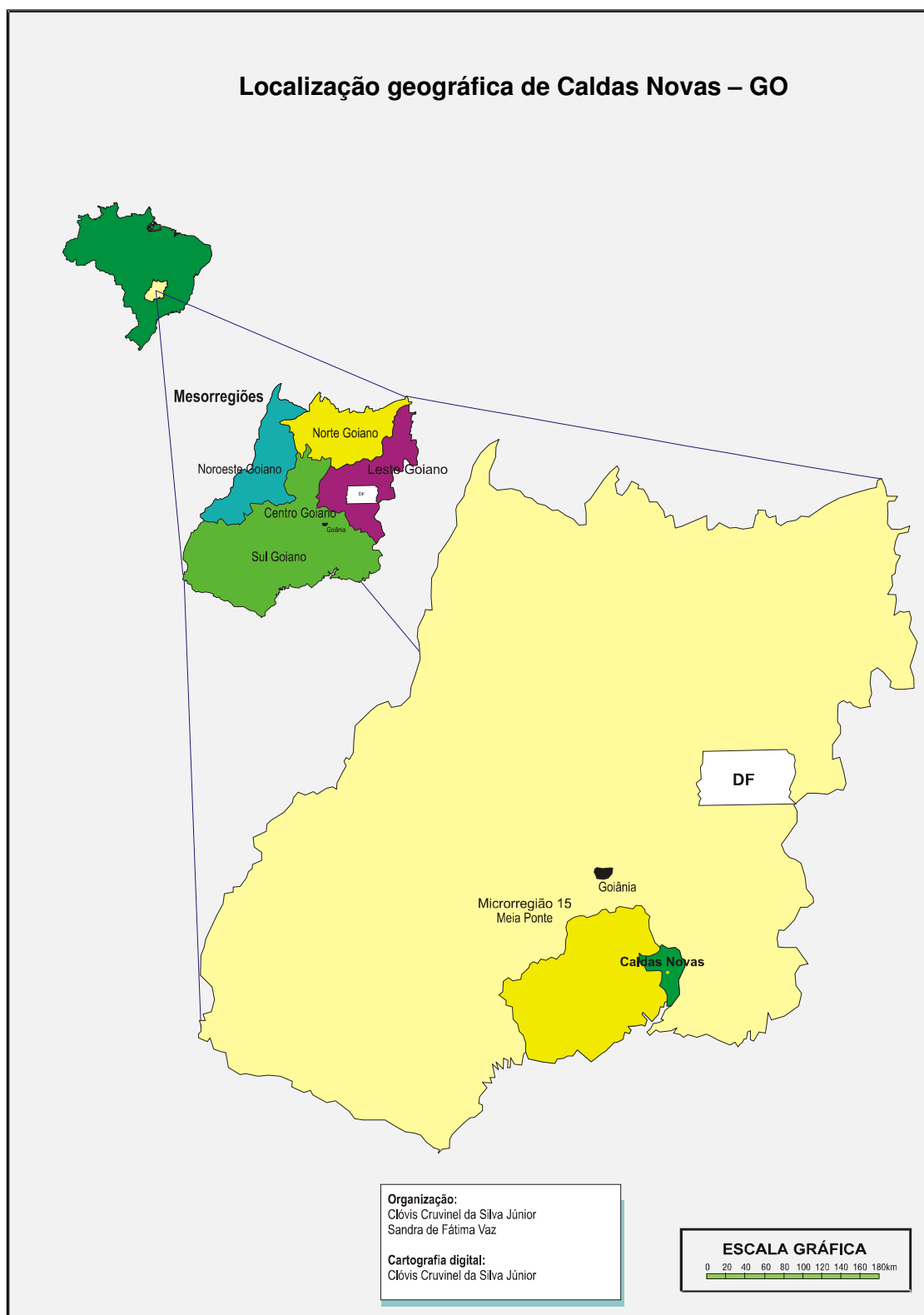


Figura 07 – Localização geográfica ilustrativa de Caldas Novas – GO
Org: Silva Junior, C. C.: Vaz, S.F., 2007

Assim como em várias cidades brasileiras, o crescimento da área urbana de Caldas Novas se deu com ocupação desordenada do solo e precário sistema de saneamento básico, em especial no que diz respeito à destinação final dos resíduos sólidos e à falta de um sistema de coleta e tratamento de esgoto urbano. Ainda com relação ao crescimento urbano de Caldas Novas, os dados conseguidos junto ao IBGE informam que a taxa média geométrica de crescimento anual desta região é superior à media registrada no Brasil, no Centro-Oeste e no estado de Goiás levando-se em conta os censos de 1991 e 2000 (**Quadro 08**). Em relação à taxa de urbanização, Caldas Novas mostra um crescimento destes índices que alcançaram um patamar superior a 95% no ano 2000, conforme mostra o **Quadro 09**.

Quadro 08 – Evolução populacional comparativa

Referência	Censo		Taxa média geométrica de crescimento anual (1991/2000)
	1991	2000	
Brasil	146.825.475	169.799.170	1,64
Centro-Oeste	9.427.601	11.636.728	2,39
Goiás	4.018.903	5.003.228	2,49
Caldas Novas	24.159	49.660	8,42

Fonte: IBGE, 2008

Quadro 09: Taxa de urbanização de Caldas Novas

Município	Taxa de urbanização (%)			
	1980	1991	1996	2000
Caldas Novas	61,21	87,91	93,50	95,26

Fonte: SIEG, 2006

A expansão da área urbana de Caldas Novas pode ser visualizada na **figura 08** a seguir, onde se acha representada a situação referente aos anos de 1980 e 2002, podendo se notar nesta figura o crescimento da referida área urbana no período de 20 anos.

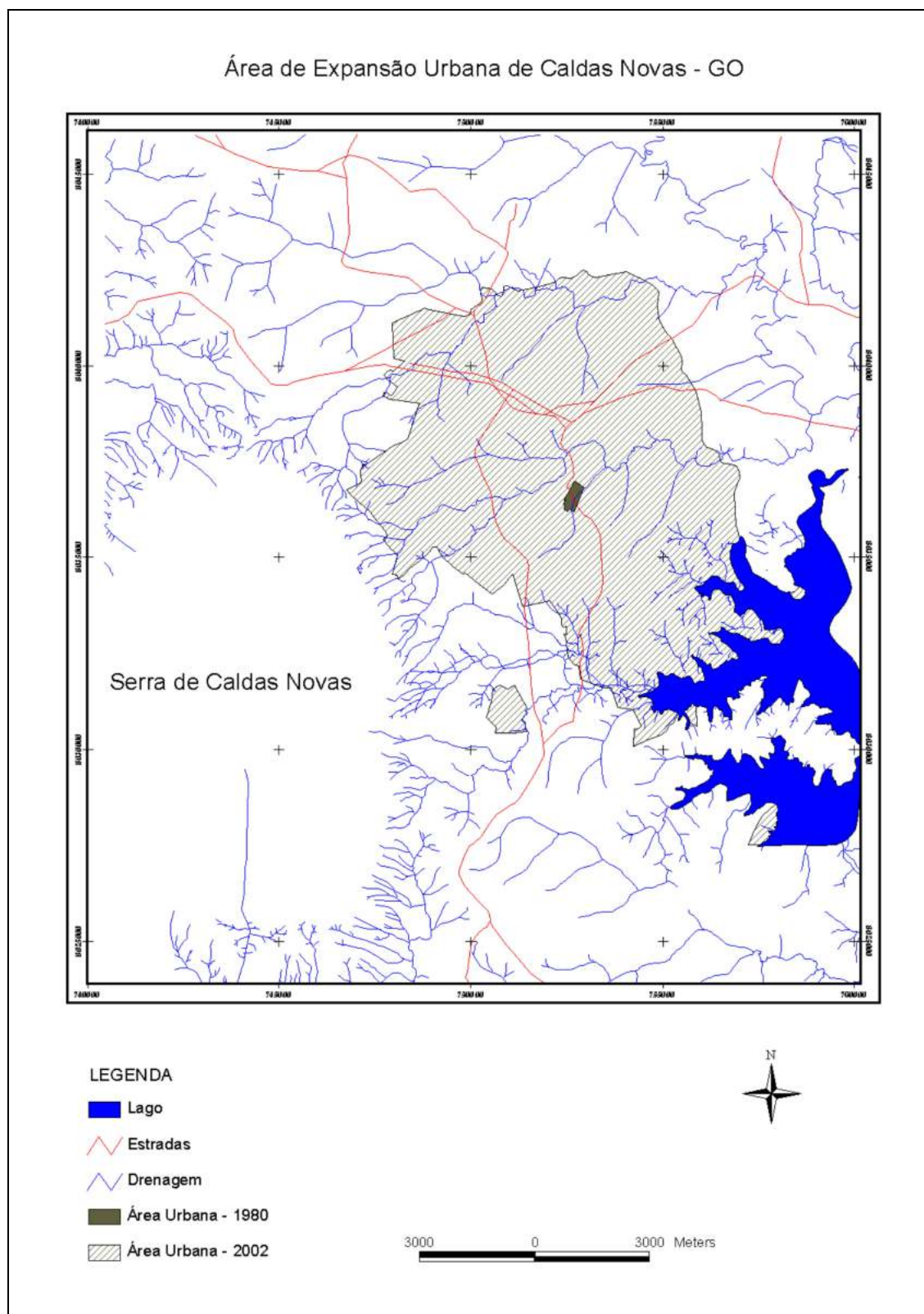


Figura 08 – Área de expansão urbana de Caldas Novas
Fonte: Biella e Costa, 2006.

A “região das águas quentes”, como é conhecida a porção do estado de Goiás que engloba os municípios de Caldas Novas e Rio Quente, possui uma das maiores ocorrências de águas quentes sem vinculação com vulcanismo ou outro tipo de magmatismo (CAMPOS; TRÖGER; HAESBAERT, 2005). As águas do subsolo se aquecem a partir do elevado grau geotérmico, que representa o rápido aumento da temperatura com a profundidade. As águas pluviais ao se infiltrarem através da superfície do solo seguem pelas discontinuidades das rochas (falhas e fraturas) até alcançarem profundidades superiores a 1000 metros e temperaturas que podem atingir cerca de 100° C. Depois de aquecidas, as águas migram em direção à superfície por sistemas de fraturas e quando interceptam a superfície do terreno formam as nascentes termais, que podem ser vistas na formação do rio Quente, na porção Oeste da Serra de Caldas Novas e também nas nascentes que forma a Lagoa de Pirapitinga em Caldas Novas.

2.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO MUNICÍPIO DE CALDAS NOVAS

2.1.1 Clima

A região de Caldas Novas, área do presente estudo, situa-se no Centro-Oeste do Brasil, onde predomina o clima tropical semi-úmido em decorrência de circulação intertropical, comandada pelas massas Tropical Atlântica e Equatorial Continental, algumas vezes intercaladas à circulação extra-tropical comandada pelas massas polares. Isto leva a existência de duas estações bem definidas, uma chuvosa onde as temperaturas tendem a ser mais elevadas, correspondendo às estações da

primavera e verão, e outra seca, com temperaturas mais amenas, nas estações do outono e inverno.

A classificação do clima regional, segundo Köppen (1948) é do tipo *Aw*, predominando características climáticas como:

- Precipitação média anual variando entre 1.700 a 1.300 mm.
- Período chuvoso entre final de setembro e meados de abril.
- Maiores índices pluviométricos no verão.
- Período seco mais intenso entre os meses de junho a agosto, com diminuição da umidade no ar.
- Temperaturas mais altas se concentram nos meses de setembro e outubro, com médias máximas entre 29° e 31° C.
- Temperaturas mais baixas nos meses de junho e julho, com mínimas variando entre 13° e 18° C.

Com relação à precipitação, a média mensal para Caldas Novas no período compreendido entre 1994 e 2007, pode ser visualizada no **Quadro 10**, com base nas informações das estações meteorológicas de Furnas, da ANA e da AMAT.

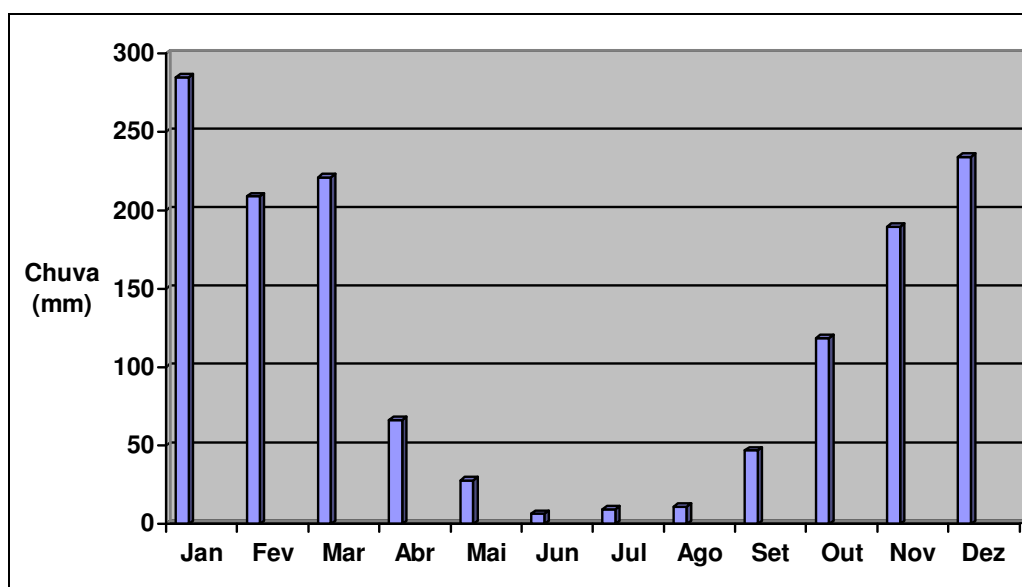
Os dados referentes ao período de 1994 a 1999 são da estação UHE de CORUMBÁ 1 (código 1748016) sob a responsabilidade de FURNAS. Os dados do período referente aos anos de 2000 a 2005 são da estação CHÁCARA DA BARRA (código 1748018) e os dados referentes aos anos 2006 e 2007 são da estação EM-AMAT 1 sob responsabilidade da AMAT, instalado na Serra de Caldas Novas.

Quadro 10 - Série histórica de chuvas para Caldas Novas de 1994 a 2007

Mês	Precipitação (mm)
Jan	284,82
Fev	208,95
Mar	221,05
Abr	66,33
Mai	27,85
Jun	6,66
Jul	9,47
Ago	11,09
Set	46,98
Out	118,49
Nov	189,57
Dez	234,01

Fontes: ANA, FURNAS, AMAT

Baseando-se nos dados do **Quadro 10** foi montado um gráfico para melhor visualização do regime de chuvas relativo ao período compreendido entre 1994 e 2007 para Caldas Novas (**figura 09**), onde podem ser bem visualizadas as estações de seca e de chuva bem definidas, o que caracteriza a região Centro-Oeste, onde se instala a cidade de Caldas Novas.

**Figura 09** - Precipitação média anual de Caldas Novas, referente ao período de 1994 a 2007.

Fontes: ANA, FURNAS, AMAT

Ainda, com relação à precipitação, as maiores médias pluviométricas concentram-se nos meses de dezembro e janeiro, sendo que em alguns anos, ocorre um aumento considerável no volume de chuvas neste período, contribuindo com o desenvolvimento de alguns problemas na região, como foi o rompimento de um aterro na rodovia GO-213, acesso a Caldas Novas, ocorrido em janeiro de 2005 e que vitimou três pessoas (BIELLA; COSTA, 2005).

2.1.2 Hidrografia

O município de Caldas Novas insere-se na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, (segundo a Agência Nacional da Águas, mais precisamente na bacia hidrográfica do Rio Paraná, sub-bacia do Rio Paranaíba), no interflúvio dos rios Corumbá e Piracanjuba, afluentes da margem direita do rio Paranaíba. Os rios principais de Caldas Novas constituem sua limitação geográfica, ou seja, o Rio do Peixe ao Norte, o Piracanjuba a Oeste, o Rio do Bagre ao Sul e o rio Corumbá a Leste, sendo este o principal recurso hídrico da região e controlador do nível de base regional e de importância pelo seu potencial hidrelétrico, onde se instalou a UHE Corumbá I, responsável pelo represamento deste rio que culminou com o aparecimento do Lago de Corumbá, atualmente um dos pontos de atividades turísticas de Caldas Novas. As drenagens apresentam diferenças bruscas nas suas morfologias, dependendo da região geomorfológica em que se encontram, podendo ser subdivididas em diferentes zonas com características distintas (TRÖGER; CAMPOS, 2000). As principais subdivisões observadas referem-se à região superior da Serra de Caldas, onde ocorrem cotas acima de 940m, região esta caracterizada por uma Chapada, aonde predominam os Latossolos, e os Quartzitos do Grupo

Paranoá, sendo as drenagens escassas e quase ausentes, com algumas nascentes se originando nos pontos onde o nível estático da água subterrânea intercepta a superfície do terreno (próximo à borda do topo). As nascentes encontram-se principalmente no subsistema de veredas em ambientes de hidromorfia (TRÖGER; CAMPOS, 2000).

Na região de declive, localizada na borda da Serra de Caldas, com predomínio de Cambissolos e Litossolos, solos pouco espessos com freqüentes afloramentos de rochas do Grupo Paranoá, as drenagens aparecem em grandes quantidades dispostas radialmente ao domo. As nascentes também ocorrem, sendo algumas delas responsáveis pelo abastecimento das drenagens de fluxo perene (TRÖGER; CAMPOS, 2000). Já a região dissecada, adjacente à Serra de Caldas, onde predomina o Grupo Araxá com predomínio de Latossolos, apresenta drenagens superficiais com maiores fluxos, quando comparadas às demais áreas (TRÖGER; CAMPOS, 2000).

O Córrego Caldas tem seus principais contribuintes que nascem nas encostas da borda Nordeste da Serra de Caldas Novas, drena a área urbana e suas imediações e recebe o esgoto da cidade, praticamente *in natura*. Vale ressaltar outros cursos de água que compõem a bacia hidrográfica do município, entre os quais estão o ribeirão Pirapitinga, de onde o poder público, através do DEMAÉ (Departamento Municipal de Água e Esgoto) retira água para o abastecimento da área urbana de Caldas Novas e que é afluente do rio Corumbá. Cita-se ainda o Córrego de Caldas, que corta a cidade no sentido Oeste-Leste, o ribeirão do Sapé, o Córrego do Fundão e diversos outros cursos de menor porte, como o córrego do Açude, córrego do Capão, córrego Boa Vista, entre outros. A **figura 10** mostra parte da hidrografia do município de Caldas Novas.

Parte da hidrografia do município de Caldas Novas

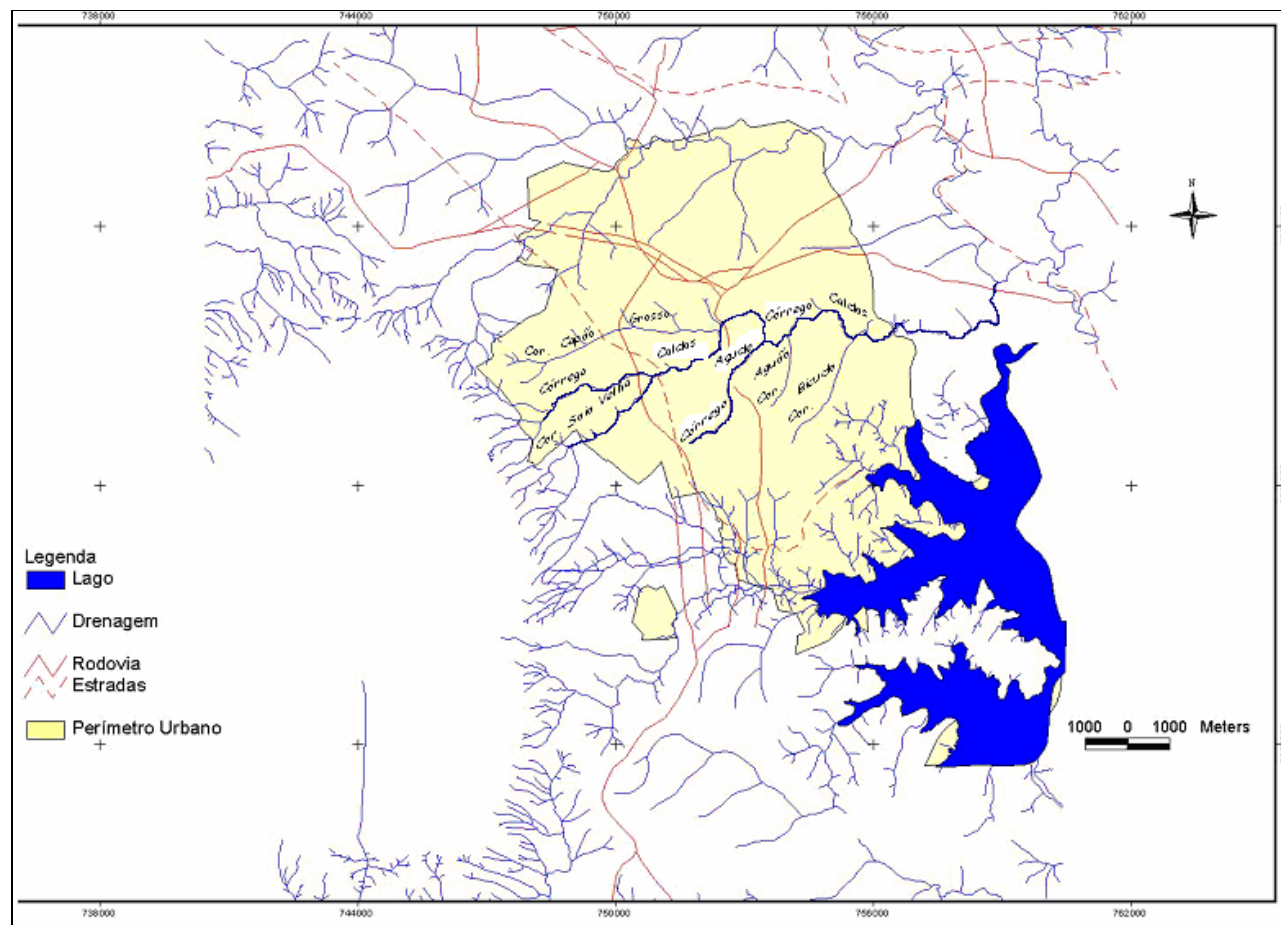


Figura 10 – Parte da hidrografia do município de Caldas Novas
Org.: Biella e Costa, 2005.

2.1.3 Geomorfologia

A região onde está inserido o município de Caldas Novas comporta o Domo de Caldas, além dos terrenos rebaixados adjacentes a qual inclui a área urbana de Caldas Novas. A Serra de Caldas Novas constitui um relevo residual conservado graças a maior resistência frente às forças erosivas de uma camada quartzítica superior. Apresenta dimensões na ordem de 12 km de comprimento, no sentido Norte-Sul, por 9 km de largura, sentido Leste-Oeste, de forma elíptica e topo aplainado, com altitudes variando entre 900 a 1.043 m, bordas abruptas, escarpadas (TRÖGER e CAMPOS, 2000). A região está inserida no **Planalto Central Goiano**, que por suas dimensões foi subdividido em unidades menores, entre as quais o **Planalto do Alto Tocantins/Paranaíba** e o **Planalto Rebaixado de Goiânia**, que configuram o relevo da região em apreço (RADAMBRASIL - folha SE 22, Vol. 31). A área situa-se entre as cotas 680 a 720 metros, conforme Folha SE-22-X-D-V.

O **Planalto do Alto Tocantins/Paranaíba** apresenta um conjunto de relevos bastante dissecados e heterogêneos, com formas convexas e tabulares constituindo os compartimentos topográficos mais elevados, representados por chapadas, serras e escarpas, apresentando alguns relevos residuais conservados, sustentados por rochas quartzíticas, com topos tabulares, geralmente delimitadas por escarpas e quebras de declive. Entre estas porções residuais destaca-se a denominada Serra de Caldas Novas, constituindo uma chapada suave, representando uma superfície erosiva de idade Terciária, remanescente da Superfície Sul-Americana, conforme demonstram os trabalhos de Haesbaert e Costa (2000 e 2005). Toda a Serra de Caldas Novas é delimitada por escarpas estruturais íngremes, com cerca de 300 m

de desnível, onde drenam inúmeros cursos d'água, que constituem os diversos afluentes dos rios Corumbá a leste e Piracanjuba a oeste. Ainda fazendo parte desta subunidade, nos extremos oeste e leste da área de interesse, dominam as serras quartzíticas alinhadas, com formas aguçadas e vales fechados em “V”, com grande influência regional, sobretudo nas imediações do rio Corumbá, onde se encontra a Serra da Matinha (HAESBAERT; COSTA, 2000 e 2005.).

O **Planalto Rebaixado de Goiânia** representa a parte mais rebaixada e erodida do relevo, com altitudes variam entre 600 m e 800 m, desenvolvimento de formas convexas, tabulares e aguçadas. Nas imediações da área urbana de Caldas Novas predomina um planalto dissecado, de formas amplas e suaves, e vales abertos. Já nas imediações da Serra de Caldas Novas predominam formas convexas com alta densidade de drenagens e vales fechados e encaixados (HAESBAERT e COSTA, 2000 e 2005.).

A **figura 11** representa a estrutura geomorfológica que abrange a região de Caldas Novas, apresentando a Chapada de Bela Vista de Goiás – Piracanjuba – Caldas Novas; a superfície dissecada de Marzagão – Rio Piracanjuba; as Morrarias e Serrarias do Rio Corumbá; a Chapada de Caldas Novas que constitui a Serra de Caldas; a Superfície Pediplanada – dissecada de Marzagão – Rio Piracanjuba e a Superfície Pediplanada – dissecada Ribeirão Areia – Baixo Rio Piracanjuba Rio Corumbá.

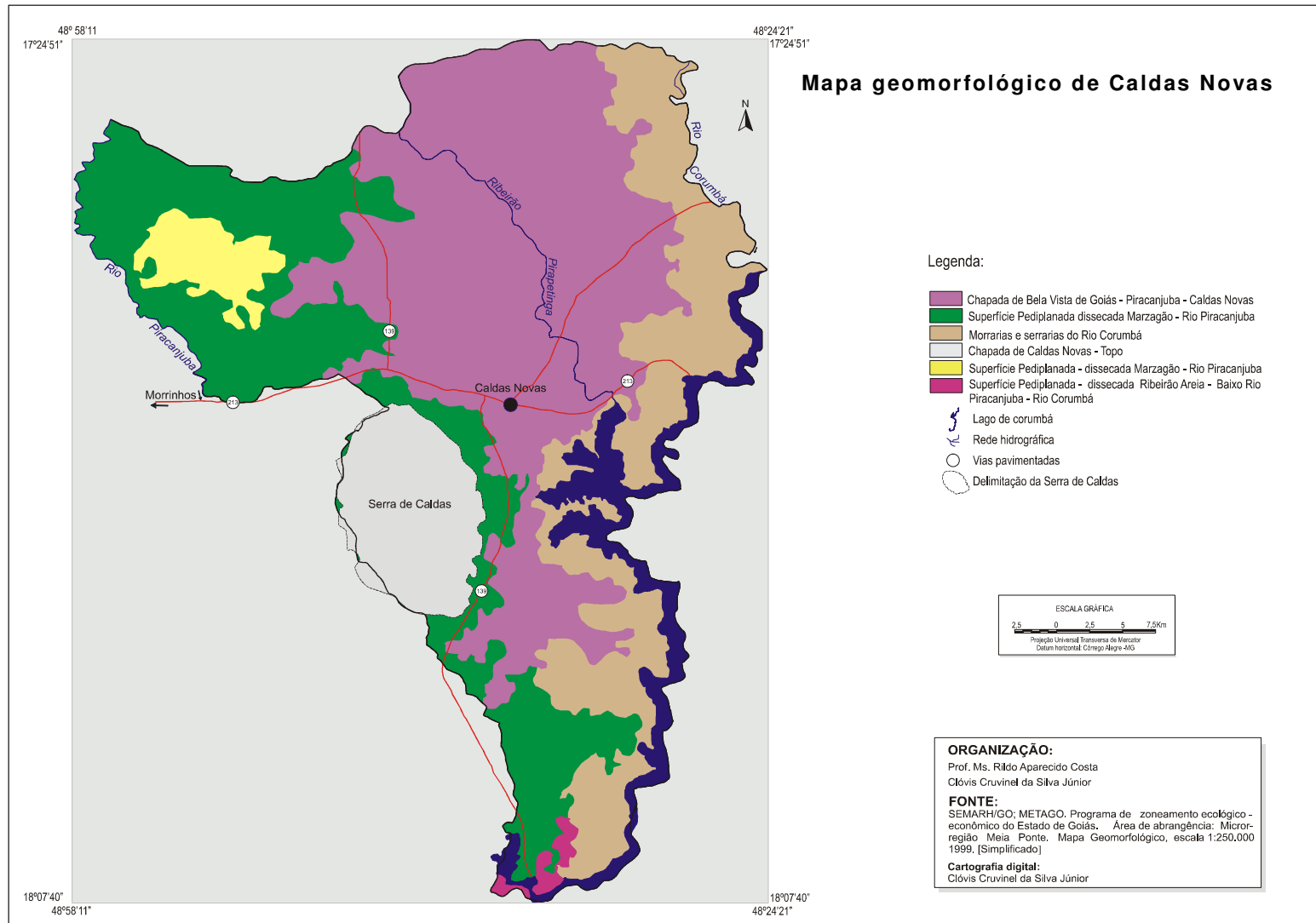


Figura 11 – Mapa geomorfológico de Caldas Novas (SEMARH/GO, METAGO)

2.1.4 Pedologia

Os solos presentes no município de Caldas Novas são predominantemente de três tipos, conforme demonstram os trabalhos de Haesbaert e Costa (2000) e Tröeger e Campos (2000): os **Latossolos** são os tipos com maior distribuição em área, correspondem a 55,6% das terras de Caldas Novas; seguido dos **Cambissolos** que correspondem a 39% e **Solos Podzólicos** que correspondem a 5,4%. A **figura 12** mostra a distribuição dos solos de Caldas Novas.

a) Latossolos - São solos profundos e bem drenados, porosos, apresentando estágio avançado de intemperismo e intenso processo de lixiviação o que resulta numa baixa reserva de nutrientes, sendo necessária a correção da acidez e técnicas de conservação para a prática agrícola. Apresentam horizontes A, B e C bem definidos. São pouco suscetíveis aos processos erosivos e são encontrados em terrenos de relevo plano a suavemente elevado.

b) Solos Podzólicos - Solos com horizonte B textural de menor permeabilidade o que confere aos mesmos uma maior vulnerabilidade à erosão superficial, sendo agravado, no entanto, por sua ocorrência em terrenos de acentuada declividade. Para utilização agrícola, requerem práticas de conservação quando não houver presença de pedregosidade acentuada.

c) Cambissolos – Normalmente caracterizam-se como solos poucos profundos ou rasos, com horizonte B incipiente, formados a partir de diferentes litologias e encontrados em terrenos de relevo ondulado. O relevo ondulado, a declividade acentuada e a presença abundante de cascalho e pedregulhos, dificultam ou tornam desaconselhável o uso de mecanização. São muito

susceptíveis à erosão por sua pouca profundidade e apresentam sérias restrições ao uso agrícola.

Apesar de não demonstrados na **figura 12**, os **litossolos** podem ocorrer isoladamente em áreas restritas e de topografia acidentada. São solos rasos, pouco desenvolvidos, susceptíveis à erosão, com excesso de cascalhos, pedregulhos e concreções, com pouco desenvolvimento vegetal e apresentam apenas o horizonte A sobre a rocha matriz. Também se encontram **areias quartzosas distróficas** em áreas de fundo de vale formando solos pouco desenvolvidos, de textura arenosa, profundos, bem drenados e com baixa capacidade de retenção de água e pobres em bases trocáveis.

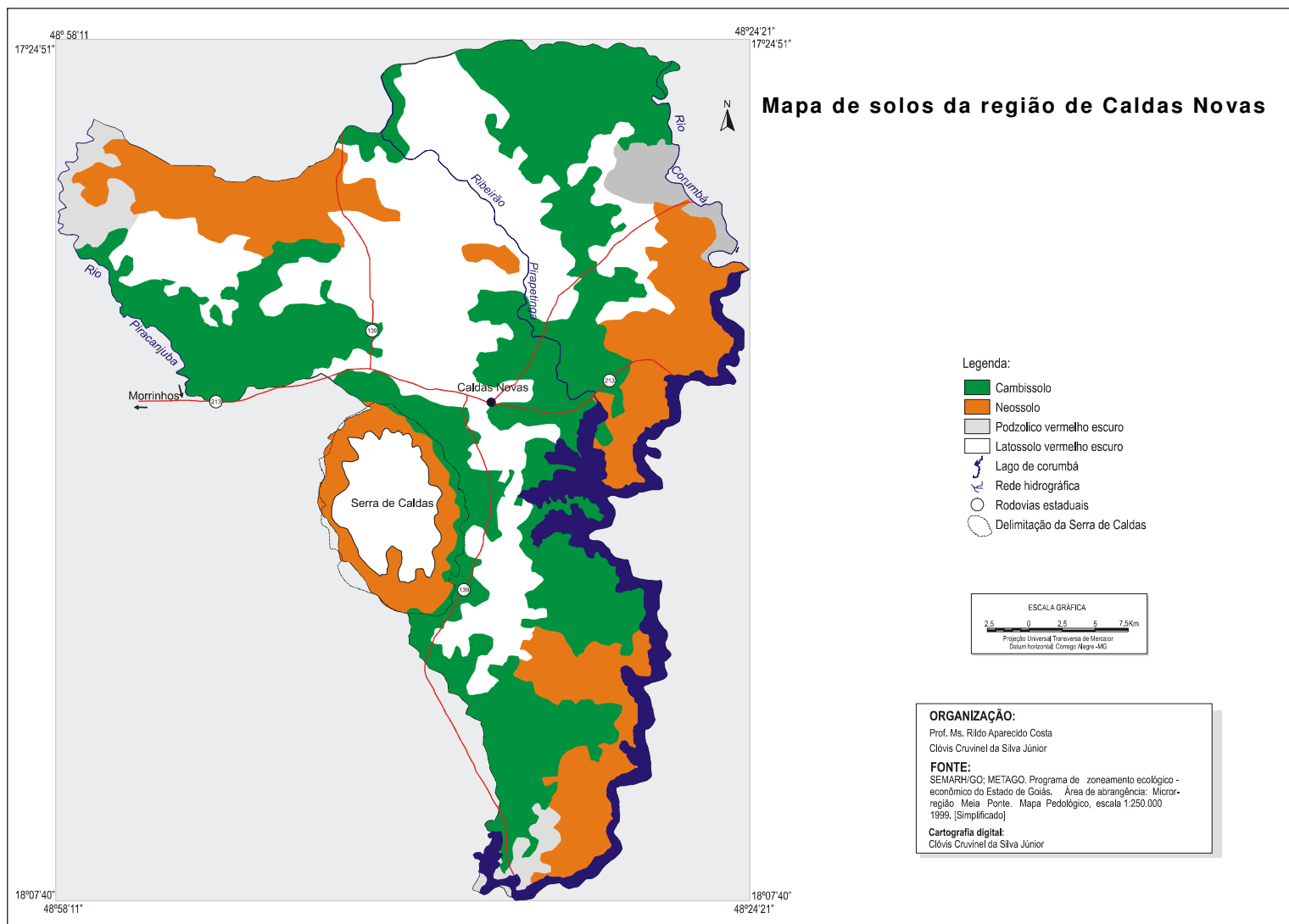


Figura 12 – Mapa de solos da região de Caldas Novas (SEMARH/GO, METAGO)

2.1.5 Geologia

A caracterização geológica da área urbana de Caldas Novas e seu entorno foi baseada nos diversos trabalhos que versam sobre esta porção do estado de Goiás, dentre os quais se citam Haesbaert e Costa (2000), Tröeger e Campos (2000), Tröeger *et al* (1999) e Campos; Tröger; Haesbaert (2005), que foram utilizados como base para o levantamento geológico deste estudo.

Na região onde se situa Caldas Novas, acham-se presentes litologias pertencentes aos Grupos Paranoá e Araxá, além de algumas ocorrências subordinadas de conglomerados atribuídos ao Grupo Areado, em áreas restritas ao topo da Serra de Caldas Novas, em sua porção mais a oeste.

A geologia local caracteriza-se por uma importante feição tectônica dada pela superposição do Grupo Paranoá pelo Grupo Araxá, sendo que, com relação à esta especificidade de caracterização geológica local, Haesbaert e Costa (2000) consideram:

(...) a geologia local é caracterizada pela superposição tectônica do Grupo Paranoá pelo Grupo Araxá e, mais, dos condicionamentos tectono-estruturais do sistema hidrotermal. O Grupo Araxá consiste em uma unidade tectono-metamórfica da porção interna da Faixa Brasília a qual foi posicionada em uma porção mais externa pelo deslocamento tectônico pelicular por nappes, empurrões, duplexes e escamamentos responsáveis pelo encurtamento crustal e movimentação deste conjunto litoestratigráfico por dezenas de quilômetros. (HAESBAERT e COSTA, 2000, pág. 43)

Desta maneira, a geologia de Caldas Novas apresenta o Grupo Araxá, aqui representado por xistos variados, recobrando o Grupo Paranoá, caracterizando uma forte inversão metamórfica regional, conforme demonstram os trabalhos realizados por HAESBAERT e COSTA, 2000.

2.1.5.1 Grupo Paranoá

O Grupo Paranoá corresponde a uma seqüência psamo-pelito-carbonatada que se estende desde o Distrito Federal, a Sul, até o extremo Norte do Estado de Goiás.

No chamado Domo de Caldas, o Paranoá é representado por três conjuntos litoestratigráficos: os quartzitos basais, a seqüência de metarritmitos intermediários e os metassiltitos do topo (TRÖEGER; CAMPOS, 2000) (HAESBAERT; COSTA, 2000).

a) Quartzitos Basais – Trata-se de uma espessa seqüência de quartzitos maciços, médios, brancos, ocasionalmente com estratos cruzados tabulares. Estes quartzitos apresentam-se em geral bem selecionados, com granulação média e ampla cimentação por sílica amorfa localmente recristalizada. Podem ocorrer níveis ricos em minerais pesados, normalmente óxidos, lâminas com muscovita detrítica e raros bancos feldspáticos (TRÖEGER; CAMPOS, 2000) (HAESBAERT; COSTA, 2000). Estruturalmente esta unidade está distribuída de forma dômica com baixo ângulo de mergulho centrífugo observado nas bordas da Serra de Caldas Novas. Na porção plana do tabuleiro, esta unidade é recoberta por um espesso manto de latossolos com textura arenosa, limitando os afloramentos às bordas da serra. A seção basal desta unidade não é exposta na área. O contato superior com a unidade de metarritmitos é brusco.

b) Unidade de Metarritmitos – Enquanto a unidade basal é contínua por toda a Serra de Caldas Novas, a unidade metarrítmica apresenta caráter lenticular,

podendo estar ausente em certas áreas da rampa de descida da referida Serra. Nos níveis e bancos de quartzitos destacam-se as estruturas sedimentares do tipo *hummockys*, acamamento sigmoidal, laminações e estratificações cruzadas de pequeno porte, além de freqüentes camadas com base plana e topo ondulado. Os planos de acamamento mergulham de forma centrífuga segundo a estrutura regional, sendo inclusive dobrada em amplas ondulações e mais raramente em *chevrons* mais apertados. O conjunto demonstra claramente a deposição em uma plataforma aberta dominada por episódios de tempestades o que caracteriza a deposição por processos trativos e suspensivos simultâneos. Esta sucessão é típica de várias unidades dentro do Grupo Paranoá e marca a deposição de areia em porções da plataforma em profundidades abaixo do nível de retrabalhamento de ondas de tempo bom, conforme demonstrado em Tröeger e Campos (2000) e em Haesbaert e Costa (2000).

c) Unidade de Metassiltitos – corresponde à sucessão do topo do Grupo Paranoá na área, sendo composta por um espesso pacote de metassiltitos maciços ou laminados, sendo neste caso caracterizada por metassiltitos argilosos. A principal estrutura sedimentar observada nestes litotipos é a estratificação plano-paralela além da laminação horizontal. A coloração avermelhada é típica desta unidade, com a possibilidade de existência de fácies com tons rosados até brancos e ainda mosqueados. Subordinadamente, na forma de restritas lentes, ocorrem mármore finos com textura sacaroidal, bandados e ricos em turmalina prismática em cristais milimétricos a submilimétricos. Estes mármore são rosados até brancos. A esta unidade estão associadas as ocorrências de jazidas supergênicas de manganês, correlacionáveis aos calcários presentes no equivalente estratigráfico desta unidade, observados no Distrito Federal e na Região de São João D’Aliança, também em

Goiás. Este conjunto litoestratigráfico, em função de seu contraste reológico com relação às demais unidades, apresenta-se fortemente dobrado, apresentando um padrão de dobramentos assimétricos, os quais podem ser mais ou menos fechados. No topo deste conjunto ocorre uma rocha bastante característica, com aspecto brechoso, denominada de “roxinha” pelos perfuradores de poços da região. Trata-se de uma brecha tectônica, com fragmentos angulosos de rochas variadas (principalmente metassiltitos e quartzitos), bastante silicificados e oxidados, localmente em afloramentos intemperizados existem padrões de alteração em *box work* que evidencia provável sulfetação. Este tipo de rocha materializa o plano do descolamento regional no qual o Grupo Araxá deslizou sobre a seqüência psamopelítica do Grupo Paranoá, como demonstram os trabalhos de Tröeger e Campos (2000) e também os trabalhos de Haesbaert e Costa (2000), que tratam deste assunto.

2.1.5.2 Grupo Araxá

A área de ocorrência deste grupo compreende a porção plana distribuída nas adjacências da Serra de Caldas Novas. Os inselbergs destacados na paisagem arrasada presente, como exemplo na Serra da Matinha, também pertencem a esta unidade. Trata-se de seqüências plataformais metamorfisadas na fácies xisto verde, com muscovita-quartzo-biotita xistos, muscovita-biotita xistos, biotita-granada muscovita xistos. Os xistos à muscovita e à biotita são os tipos mais comuns, apresentando textura lepidoblástica, os tipos granadíferos mostram feições de rotação de granadas. O protolito desta sucessão sem dúvida é representado por metapelitos de plataforma. A foliação dos xistos é bastante variável, tanto em

direção quanto nos valores de mergulho, o que deve representar redobramentos após o deslocamento da massa de xistos sobre o anteparo crustal representado pelo Grupo Paranoá (TRÖEGER; CAMPOS, 2000) (HAESBAERT; COSTA, 2000).

Além dos xistos ocorrem cristas de quartzitos, quartzitos micáceos e quartzo xistos, caracterizando prováveis arenitos e arenitos impuros interdigitados e intercalados aos pelitos. Estes quartzitos são foliados e apresentam padrão de fraturamento mais denso que os xistos. O padrão da alteração destes litotipos indica a provável presença de feldspatos na paragênese. Corpos graníticos intrusivos completam o quadro litológico associado ao Grupo Araxá na área. São encontrados granitos desde pouco a intensamente deformados, com nítida associação de deformação milonítica, incluindo texturas tipo *augen*, feições de anastomosamento de micas, estiramento de quartzo e feldspatos, além de transposição de veios e segregação de quartzo. A paragênese mineral do Grupo Araxá na área apresenta processos retrometamórficos definidos pela desestabilização da biotita e granada que passam para clorita em virtude da hidratação possivelmente ligada aos processos de descolamento tectônico durante o Ciclo Brasileiro. Este fato também pode ser observado pela hidratação dos minerais primários dos granitos e dos corpos ultramáficos, onde feldspatos saussuritizam, biotita cloritizam, olivinas talcificam e piroxênios anfibolitizam (TRÖEGER; CAMPOS, 2000) (HAESBAERT; COSTA, 2000).

2.1.5.3 Cobertura Detrito-Laterítica

Sobre as rochas metassedimentares da Serra de Caldas Novas ocorre uma extensa cobertura detrito-laterítica, de idade Terciário-Quaternária, de natureza

arenosa a areno-argilosa, estrutura indefinida e coloração avermelhada. É originada, provavelmente, do retrabalhamento de quartzitos basais e os metapelitos locais durante o processo de aplainamento e laterização no decorrer do ciclo Sul-Americano (TRÖEGER; CAMPOS, 2000) (HAESBAERT; COSTA, 2000).

Na **figura 13**, podem ser visualizadas as diferentes estruturas geológicas da região de Caldas Novas, assim como na **figura 14** pode ser visualizado um perfil esquemático da porção central da Serra de Caldas.

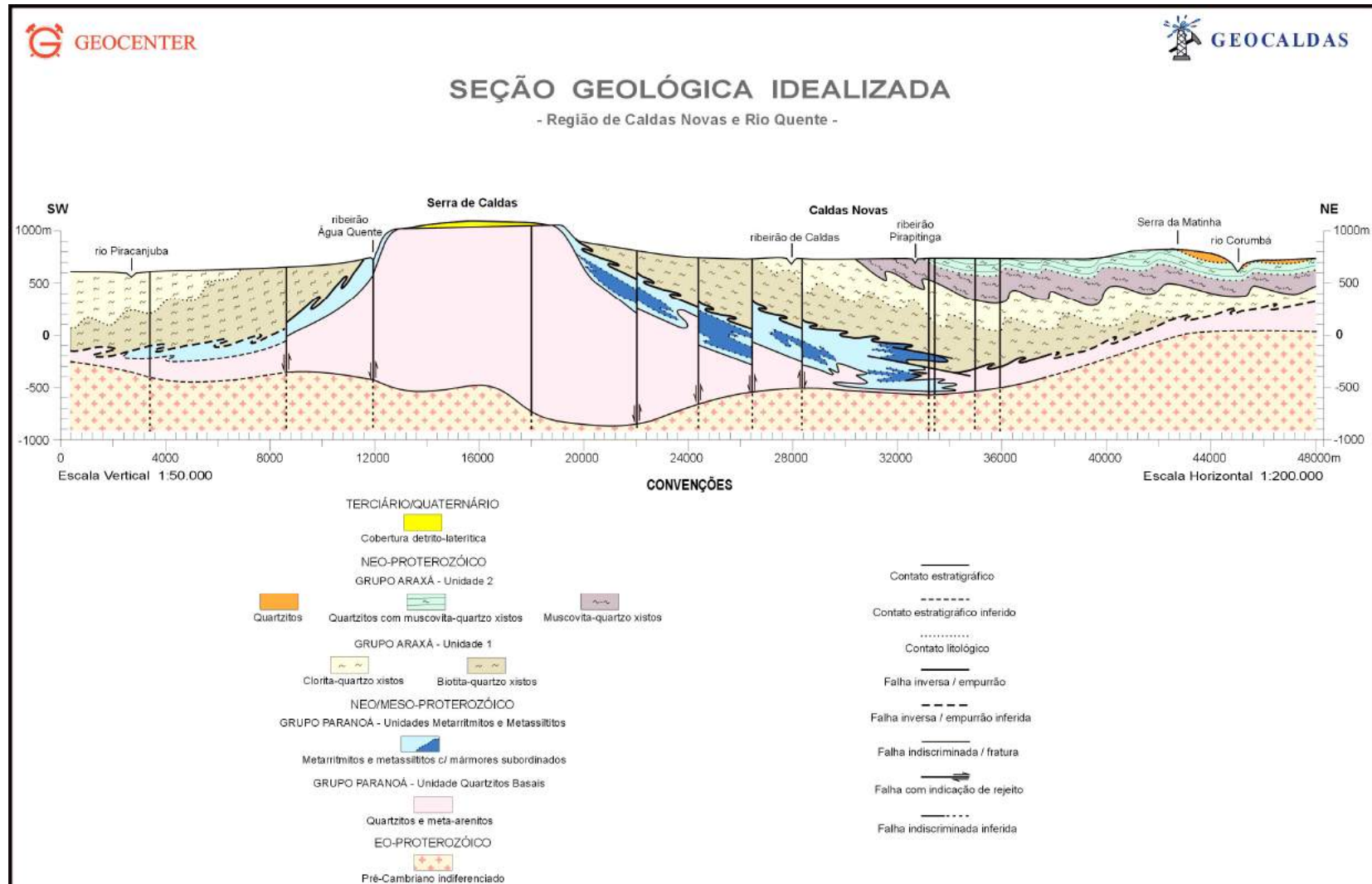


Figura 13 – Modelo esquemático da estrutura geológica de Caldas Novas.

Fonte: Haesbaert e Costa, 2000

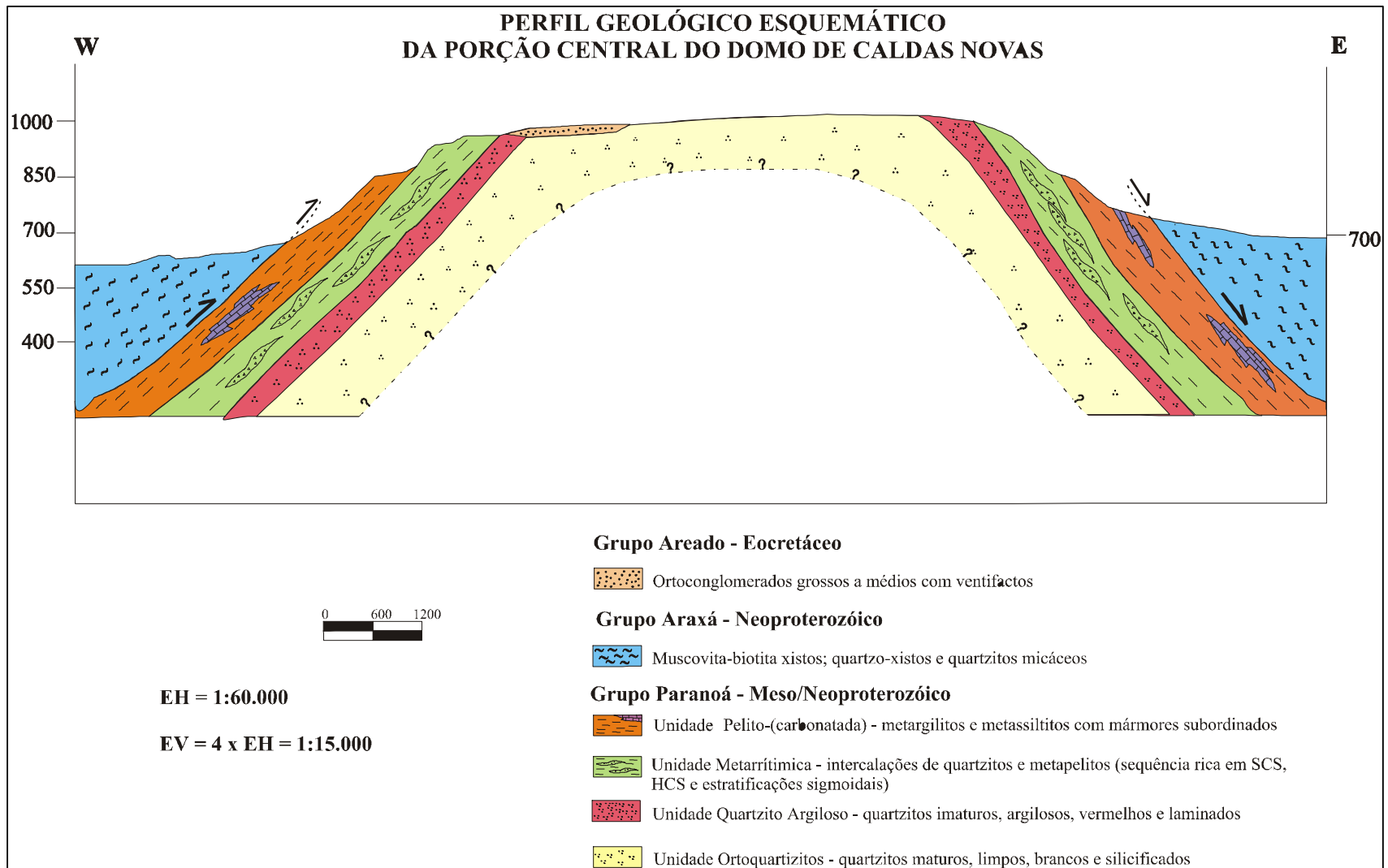


Figura 14 – Perfil geológico esquemático da porção central da Serra de Caldas

Fonte: CAMPOS, J.E.G.; TRÖGER, U.; HAESBAERT, F.F., 2005

2.1.6 Hidrogeologia

Dentre os aspectos gerais da hidrogeologia da região de Caldas Novas, destacam-se principalmente a classificação dos aquíferos, as características hidroquímicas das águas, a causa do hidrotermalismo e os padrões de regimes de fluxo subterrâneos.

Apesar da importância das águas subterrâneas para a região de Caldas Novas, que representa uma das maiores ocorrências de águas termais do mundo, poucos são os estudos consistentes sobre os vários aquíferos e as causas do hidrotermalismo. Nesse sentido destacam-se apenas os trabalhos de Campos e Costa (1980), Tröger *et al.* (1999), Haesbaert e Costa (2000) e Zschocke (2000), que tratam dos diferentes aquíferos na região de Caldas Novas.

O sistema hidrogeológico regional é constituído por três aquíferos (Tröger *et al.* 1999), denominados **Paranoá, Araxá e Freático**, distribuídos por dois domínios, o **domínio Fraturado** (zonas fraturadas em unidades proterozóicas Araxá e Paranoá) e o **domínio Poroso** (cobertura detrítica da Serra de Caldas Novas e o manto de intemperismo sobre os micaxistos Araxá). Em relação aos tipos hidroquímicos regionais, são quatro grupos principais, **Araxá, Paranoá, Freático e Rio Quente**.

A – Sistema Freático

São aquíferos livres, contínuos lateralmente, de ampla extensão com espessura saturada muito variável e de grande importância hidrogeológica local. Estes aquíferos desempenham três importantes funções na região: funcionam como

filtros, favorecem a recarga dos aquíferos sotopostos (Paranoá) e regularizam a vazão de base das drenagens superficiais nos períodos de recessão de precipitações pluviométricas, em especial nos meses de inverno.

Segundo os trabalhos de Campos e Costa (1980), Tröger *et al.* (1999), Haesbaert e Costa (2000) e Zschocke (2000), o aquífero Freático foi dividido em dois subsistemas denominados de **P_I** e **P_{II}**, em função das características físicas das coberturas de solo (incluindo sua textura, espessura, variação lateral e padrão de relevo associado). O Subsistema **P_I** é limitado ao platô da Serra de Caldas Novas, sendo representado pelo regolito dos quartzitos da Unidade Ortoquartzito, com espessuras variando de alguns metros até 64 metros. Os solos dessa cobertura são classificados como latossolos com textura média a arenosa e areias quartzosas (TRÖGER *et al.* 1999).

A relação entre as características físicas e o padrão de relevo essencialmente plano com cotas superiores a 1000 metros resulta em uma situação de recarga regional muito eficiente. Nesse contexto, o volume de água retida por infiltração é muito elevado, sendo o fluxo superficial limitado às bordas da serra nos períodos de máxima precipitação. Esse subsistema, por apresentar grande condutividade hidráulica, é rapidamente drenado, apresentando zona vadosa muito espessa e zona saturada limitada ao topo rochoso (TRÖGER *et al.* 1999).

O Subsistema **P_{II}** é representado pelos Cambissolos e solos litólicos presentes na borda da Serra de Caldas Novas e pelos solos argilosos derivados dos xistos do Grupo Araxá. Nesse caso, os aquíferos apresentam espessuras e valores de condutividade hidráulica significativamente inferiores ao do Subsistema **P_I**, o que associado a um padrão de relevo forte ondulado e com declividades, limitam o

volume de recarga natural pela infiltração das águas de precipitação pluviométrica (TRÖGER *et al.* 1999).

As águas do Subsistema **P_I**, por apresentarem zona saturada muito profundas e estarem integralmente situados no interior de uma área de preservação ambiental (Parque Estadual de Caldas Novas), não são aproveitadas para qualquer fim. O Subsistema **P_{II}** é aproveitado a partir de poços rasos, em áreas rurais ou em bairros periféricos da cidade de Caldas Novas (TRÖGER *et al.* 1999).

As águas do Freático são caracterizadas por águas frias com temperaturas próximas às médias anuais locais e por águas pouco mineralizadas. O tempo de contato entre as águas de chuva e o material geológico (solo ou rocha alterada), é restrito, o que diminui a taxa total de sais dissolvidos. Os exutórios desses aquíferos são representados por pequenas fontes de contato e/ou depressão, e pela drenagem subterrânea para os aquíferos fraturados subjacentes (TRÖGER *et al.* 1999).

Vale ressaltar que apesar do trabalho de Tröger *et al.* (1999), colocar o freático subdividido em dois subsistemas, estes dois subsistemas não apresentam interligação, podendo, desta maneira, serem considerados como dois sistemas distintos e não como subdivisões de um sistema.

B – Sistema aquífero Paranoá

Este sistema é representado por aquíferos: fraturados, livres ou confinados, frios ou termais, anisotrópicos e heterogêneos e com extensão lateral controlada pelos grandes lineamentos. O Sistema Paranoá é classificado como **aquífero livre** quando as zonas de fraturas são associadas a áreas de afloramentos de rochas do

Grupo Paranoá, sendo na região de Caldas Novas correspondente ao Domo de Caldas. Por outro lado, quando as zonas fraturadas/fissuradas são recobertas por rochas xistosas do Grupo Araxá, estes aquíferos são classificados como confinados, sendo os xistos considerados como o conjunto confinante. O Grupo Araxá pode ser considerado como conjunto confinante que apesar de também ser potencialmente fraturado, a densidade e a abertura das fraturas são muito inferiores às do Grupo Paranoá (TRÖGER *et al.* 1999) (HAESBAERT; COSTA, 2000).

O Sistema Paranoá pode ser dividido em aquíferos frios e termais. Ele é considerado como um **aquífero frio** quando se relaciona às zonas fraturadas com águas de fluxo descendente em profundidades inferiores a 400 metros. Normalmente essa situação está associada às porções do aquífero onde estes são classificados como **aquíferos livres** . Por outro lado, é considerado **aquífero termal** quando estiver associado a condições de fluxos descendentes em profundidades maiores que 450 metros, ou em qualquer profundidade, quando mantiver o fluxo ascendente a partir de fraturas abertas em grandes profundidades (TRÖGER *et al.* 1999) (HAESBAERT; COSTA, 2000).

Normalmente esses aquíferos são relacionados a águas pouco mineralizadas. Para o aquífero Paranoá Frio, os exutórios naturais são caracterizados por fontes de fraturas, enquanto que, para o aquífero Paranoá Termal os exutórios são representados por fontes de fraturas e pelo Rio Quente. Também são considerados como exutórios os poços tubulares profundos em operação na região da região de Caldas Novas (TRÖGER *et al.* 1999) (HAESBAERT; COSTA, 2000). A recarga deste sistema aquífero se dá principalmente pela drenagem do Subsistema Intergranular **P_I** , ou seja, a partir da infiltração na região plana do platô da Serra de Caldas Novas e, secundariamente pela infiltração de águas do Subsistema Intergranular **P_{II}** . De

maneira geral, o Sistema Aquífero Paranoá apresenta excelentes condições de circulação e valores de condutividade hidráulica e transmissividade elevados. Na região de Caldas Novas ocorrem poços com profundidades maiores que 900 metros com significativas entradas de águas termais, apresentando, conforme demonstram os trabalhos de TRÖGER *et al.* (1999) e Haesbaert e Costa (2000), temperaturas superiores a 55° C

C – Sistema aquífero Araxá

Representado por aquíferos fraturados muito heterogêneos e anisotrópicos, livres, frios ou termais, com extensão lateral restrita controlada pela distribuição das zonas de fraturamento (TRÖGER *et al.* 1999) (HAESBAERT; COSTA, 2000). Os aquíferos ligados ao Sistema Araxá, classificados como frios são aqueles cujas zonas fraturadas são recarregadas diretamente pela infiltração de águas de precipitação a partir do Subsistema Intergranular **P_{II}**. Neste caso são consideradas as primeiras centenas de metros da coluna de xistos do Grupo Araxá. As zonas fraturadas mais profundas, próximas ao contato tectônico entre os grupos Araxá e Paranoá e eventualmente, as zonas fraturadas mais abertas em profundidades menores, compõem o aquífero Araxá termal da região de Caldas Novas. A recarga destes aquíferos se dá por fluxo ascendente a partir das águas aquecidas do Aquífero Paranoá termal sotoposto (TRÖGER *et al.* 1999) (HAESBAERT; COSTA, 2000).

Nas condições de confinamento, as zonas fraturadas que representam o Sistema aquífero Paranoá Termal apresentam elevada carga potenciométrica, pois a zona de recarga está situada em cotas positivas superiores a 1000 metros. Assim,

quando as águas aquecidas encontram fraturas abertas nos xistos, estas sobem e se misturam com as águas frias do aquífero Araxá, compondo um grupo termal com temperaturas intermediárias entre as águas do aquífero Paranoá Termal e as águas do aquífero Araxá Frio (TRÖGER *et al.* 1999) (HAESBAERT; COSTA, 2000).

Os exutórios do Sistema Aquífero Araxá (termal e frio) são representados pelas antigas fontes termais da região de Caldas Novas e pelas fontes de água fria do tipo fraturada, dispersas pela região de exposição dos xistos. Os poços tubulares da região de Caldas Novas também são exutórios artificiais destes aquíferos (TRÖGER *et al.* 1999) (HAESBAERT; COSTA, 2000).

Pelo modelo de circulação de água apresentado por Tröger *et al.* (1999) e também por Haesbaert e Costa (2000), a profundidade que separa os aquíferos Araxá frio e termal é muito variável, sendo função apenas da abertura das fraturas nos xistos, as quais favorecem a subida da água do Aquífero Paranoá Termal. Assim, poderão existir poços com profundidades de poucas centenas de metros com água quente e poços ainda mais profundos sem a presença de água quente.

Em termos químicos as águas do Araxá são as mais mineralizadas da região, o que é função direta da elevada reatividade das rochas em comparação com o Grupo Paranoá (TRÖGER *et al.* 1999) (HAESBAERT; COSTA, 2000).

No **Rio Quente** ocorrem águas bicarbonatadas cálcicas ou bicarbonatadas cálcicas magnesianas, de mistura dos **aquíferos Paranoá e Freático**, com os menores teores de mineralização entre as demais águas. Os aquíferos regionais são intimamente relacionados com as estruturas tectônicas e a morfologia dos terrenos e, ainda, os tipos litológicos, que condicionam características próprias para cada um deles (TRÖGER *et al.* 1999) (HAESBAERT; COSTA, 2000).

Os estudos hidrogeológicos regionais indicam que os fluxos das águas dos aquíferos termais Paranoá (sotoposto) e Araxá (sobrepsto), através de sistemas hierarquizados de fraturas em rochas xistosas e quartzosas proterozóicas, ocorrem conforme padrões exibidos no modelo esquemático constante na **figura 15**.

Já a **figura 16** apresenta a síntese das relações morfo-tectono-litológicas regionais com as características hidroquímicas próprias de cada ambiente.

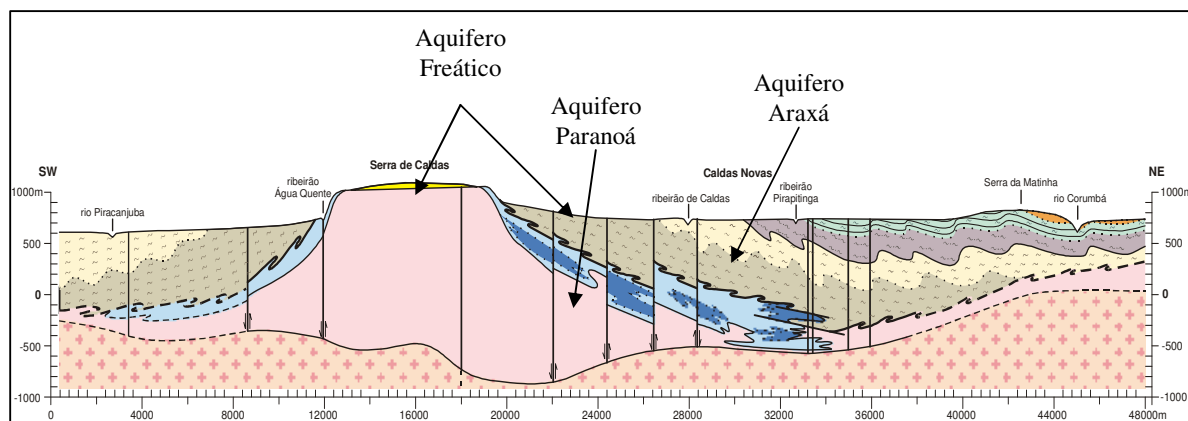


Figura 15 – Representação esquemática dos aquíferos da região de Caldas Novas
Fonte: adaptado de Haesbaert e Costa, 2000

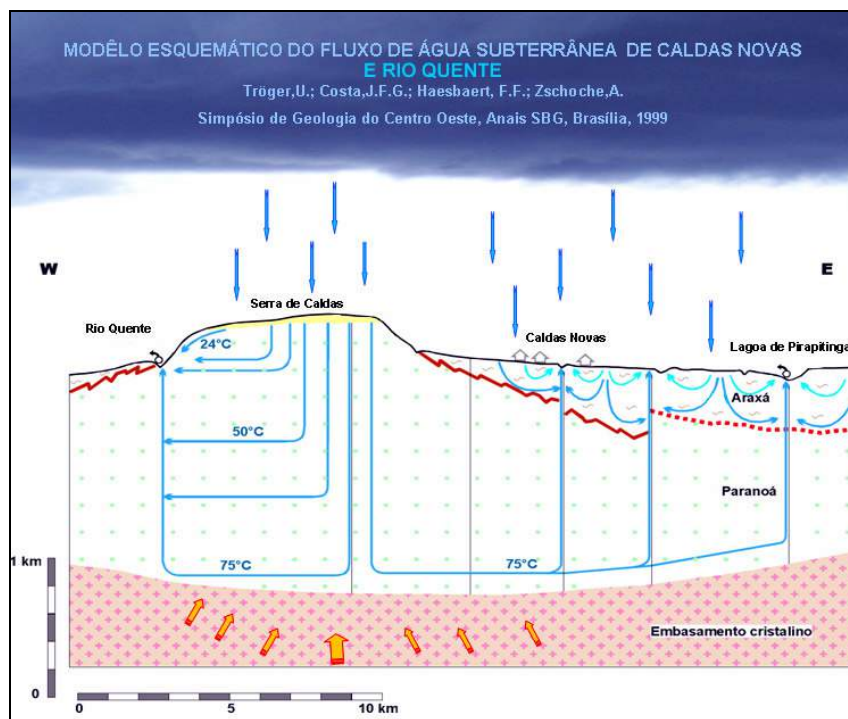


Figura 16 – Modelo esquemático do fluxo de água subterrânea na região de Caldas Novas
Fonte: Tröger *et al*, 1999

A composição química das águas e os padrões de fluxo subterrâneo mostram que há misturas de águas dos diversos sistemas aquíferos. Nas últimas décadas os sistemas aquíferos da região sofreram rápido declínio dos níveis d'água em função da sobreexploração por poços tubulares.

A manutenção dos reservatórios subterrâneos requer iniciativas de gestão dos recursos hídricos, incluindo limitação do bombeamento, divulgação de informações técnicas para o público em geral, desenvolvimento de práticas de recarga artificial dos aquíferos, entre outras.

Resumidamente, o **quadro 11** permite agrupar algumas características referentes aos diferentes sistemas aquíferos que abastecem a região de Caldas Novas, incluindo aqui o sistema aquífero que abastece o município de Rio Quente, vizinho de Caldas Novas e que também utiliza das águas termais para fins turísticos.

Quadro 11 – Características dos sistemas aquíferos da região de Caldas Novas

Características	Sistemas Aquíferos			
	Paranoá	Araxá	Freático	Rio Quente
Tipo	Confinado	Livre/confinado	Livre	Confinado
Domínio	Faturado	Faturado	Poroso/faturado	Faturado
Mineralidade	Bicarbonato, silício	Bicarbonato, magnésio, nitrato.	Bicarbonato, magnésio, nitrato.	Bicarbonato
Temperatura	Superior a 55° C	Até 46° C	Média de 28° C	Entre 37° e 38° C
pH	5,5	6,5 a 8,5	5,5 a 10,5	5,5

Fonte: Tröger *et al.* 1999 e Haesbaert e Costa, 2000

As águas termais constituem o bem mineral de maior importância econômica para a região. Outras ocorrências minerais se restringem aos minérios de manganês, na borda sul da Serra de Caldas Novas e às rochas carbonáticas (mármore), explorados para produção de pó calcário. Em relação aos números de poços termais, segundo Haesbaert e Costa (2005), existem na região que

compreende os municípios de Caldas Novas e Rio Quente 141 poços vinculados a processos de aproveitamento de água termal em vigor. Os poços considerados como irregulares por não estarem vinculados a nenhum processo junto ao DNPM somariam mais de 200, sendo que independente da não vinculação junto ao DNPM, os mesmos são utilizados de maneira intensiva (HAESBAERT; COSTA, 2005).

3. ÁGUA E SAÚDE HUMANA

A utilização da água para o consumo humano carece de alguns cuidados básicos que visam prevenir a veiculação de algumas condições patológicas relacionadas com a água. A retirada de água do subsolo para as diversas atividades humanas, incluindo seu consumo, na maioria das vezes se dá sem maiores preocupações relacionadas à sua qualidade devido, às próprias características dos agentes causadores das patologias – seres microscópicos – não sendo percebidas pelos sentidos humanos e podem, dependendo da sua concentração, provocar doenças e até grandes epidemias.

Cerca de um bilhão de pessoas em todo o mundo consomem água contaminada. Outras centenas de milhões não conseguem água suficiente para suas plantações ou para o desenvolvimento industrial. Essas conclusões estão no *World Water Development Report*, relatório sobre a crise da água elaborado pela Organização das Nações Unidas e divulgado no 3º Fórum Mundial das Águas, que ocorreu entre 16 e 23 de março de 2003 no Japão. O documento da ONU se destaca entre outros relatórios sobre o tema porque, além de apontar os futuros transtornos que serão causados pela crise da água, traz estudos que mostram como o problema já afeta milhões de pessoas no mundo (UNESCO, 2003).

As doenças relacionadas ao consumo de água não potável são responsáveis por uma taxa de mortalidade anual superior a cinco milhões de pessoas em todo o mundo. Ainda, segundo informações da UNESCO (2003), aproximadamente 2,3 bilhões de pessoas sofrem com doenças relacionadas com a água. Cerca de 60% da mortalidade infantil mundial é causada por doenças infecciosas e parasitárias, a maioria relacionada à água em condição imprópria para o consumo humano.

A **Figura 17** mostra o percentual da população, por países, afetada por doenças causadas por uso de água imprópria ao consumo humano, segundo relatório da OMS.

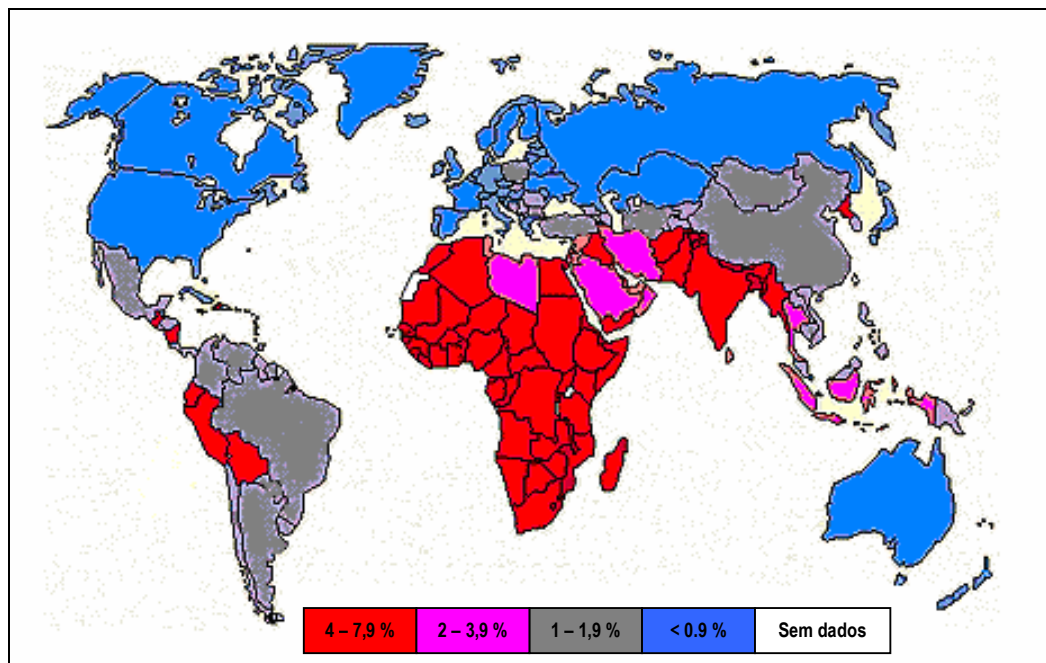


Figura 17 – Percentagem da população, por países, atingidas por doenças causadas por água imprópria ao consumo humano.

Fonte: Ciência Hoje on-line, 2003.

3.1 Poluição e contaminação das águas subterrâneas

As mudanças da qualidade das águas subterrâneas, no sentido de sua deterioração, podem ser causadas diretamente por diversas atividades humanas, ou indiretamente. As influências diretas resultam de substâncias naturais ou artificiais que são introduzidas no ciclo hidrológico por ação antrópica e, finalmente, alcançam as águas subterrâneas. As influências indiretas são as mudanças de qualidade

causadas sem a interferência antrópica, ou seja, àquelas que ocorrem devido a processos químicos, físicos e biológicos naturais. Desta forma, qualquer alteração na qualidade da água subterrânea de origem antrópica no sistema aquífero, é denominado **poluição**. Poluição pode ser também definida como um conjunto de fatores limitantes, de interesse especial ao Homem, constituídos de substâncias nocivas (poluentes) que, uma vez introduzidas no ambiente, podem ser efetiva ou potencialmente prejudiciais à saúde humana ou ao uso que ele faz de seu *habitat*. Quando esta alteração ou degradação da qualidade natural das águas subterrâneas atinge níveis que podem afetar de forma prejudicial, a saúde humana e dos animais que a consomem, é denominada **contaminação**, de acordo com o Dicionário Ambiental Uniágua. Vale ressaltar que esta diferença entre poluição e contaminação é mais uma diferença de terminologia, sendo que os dois termos são utilizados para designar corpos de água com algum tipo de alteração em suas qualidades físicas, químicas ou biológicas.

As atividades antrópicas produzem grande quantidade de resíduos e provocam perturbações no ciclo hidrológico, resultando com freqüência uma contaminação das mesmas, algumas vezes de forma reversível, outras vezes praticamente irreversível.

Para melhor entendimento quanto à conceituação de uma água contaminada ou poluída adota-se aqui uma conceituação utilizada em um seminário realizado em Genebra, na Suíça, no ano de 1961 e que pode ser utilizado para a designação de uma água sem condições de uso para determinadas finalidades que exigem uma qualidade melhor desta água:

Um curso de água se considera poluído quando a composição ou o estado de suas águas são direta ou indiretamente modificados pela atividade do homem, em uma medida tal que sua utilização seja restringida para todos ou para alguns daqueles usos para os quais poderia servir em seu estado natural. (CUSTÓDIO; LLAMAS, 1983, p. 1819)

De um modo geral o significado de uma água contaminada, sem especificações de suas características sejam físico-químicas ou outras, se refere a sua qualidade bacteriológica, quando sua alteração se dá de tal forma que a mesma não pode ser utilizada para fins potáveis, porém, as definições diferenciadas de poluição e contaminação costumam não ser aceitas universalmente (CUSTÓDIO; LLAMAS, 1983). Desse modo, uma água residual proveniente de uma indústria de celulose polui as águas de um curso na qual a mesma é vertida e uma água obtida de um poço para abastecimento público se encontra contaminada por infiltrações oriundas de fossas não tratadas. É comum a interpretação de poluição como sendo o ato de verter ou introduzir substâncias ou propriedades estranhas à água, incluindo mudanças na temperatura. Já na contaminação o mesmo ato degradaria a qualidade desta água, resultando numa água não potável ou inapropriada para seu uso (CUSTÓDIO; LLAMAS, 1983).

O aumento da população é uma das causas do aumento na deterioração da qualidade das águas, pois ao retirarmos água para abastecimento público, praticamente devolvemos o mesmo volume, mas em condições alteradas. Da mesma forma, o desenvolvimento tecnológico e industrial requer grande quantidade de água para ser utilizada para as diversas atividades metalúrgicas e químicas, entre outras, o que normalmente acaba por incorporar resíduos químicos e muitas vezes tóxicos nas águas residuais (CUSTÓDIO; LLAMAS, 1983).

Os depósitos de entulhos e de lixo doméstico são focos de possíveis contaminações ao arrastar juntamente com as águas pluviais, seja superficialmente ou por sua infiltração através do solo, inúmeras substâncias que podem comprometer a qualidade das águas. Já em áreas cultivadas, o uso de fertilizantes

químicos introduz contaminantes e nutrientes que favorecem a proliferação de algas nas águas superficiais, especialmente fósforo e nitrogênio, provocando o processo de eutrofização. Soma-se a esse problema o uso de defensivos agrícolas e herbicidas que constituem um sério risco à saúde humana. Este uso de pesticidas e herbicidas por cobrir extensas áreas, muitas vezes por pulverizações aéreas, compromete o equilíbrio ecológico da região.

Todas estas situações promovem diferentes graus de contaminação das águas, algumas vezes de forma depurável, mas, em alguns casos, tornando-se praticamente irreversível.

Diferentemente do que ocorre com as águas superficiais, a contaminação das águas subterrâneas não se faz visível e a sua detecção, na maioria das vezes, ocorre tardiamente. Em outras palavras, quando a contaminação se torna perceptível, a contaminação do aquífero já pode ter atingido uma extensão considerável (CUSTÓDIO; LLAMAS, 1983).

As águas ao passarem pelo solo sofrem um processo de purificação, sendo que a ação depuradora é devida a três fatores principais, conforme ALMEIDA e ALMEIDA, 2005:

1. A **ação de filtragem mecânica**, que depende fundamentalmente da estrutura, da granulometria e da composição química do solo;
2. A **ação físico-química**, para retenção de ânions e cátions, ação esta intimamente ligada com a capacidade de troca catiônica dos solos;
3. A **ação biológica**, que pode ser ativa por meio dos mecanismos:
 - Ação dos microorganismos do solo que decompõem a matéria orgânica e ativam os processos biogeoquímicos e atuam sobre microorganismos que existem nas águas poluídas;

- Ação das plantas que crescem e retiram nutrientes ao mesmo tempo em que o sistema radicular melhora as condições físico-químicas do solo.

Estes mecanismos promovem a ação depuradora do solo, podendo retardar os processos de contaminação do mesmo e, conseqüentemente, promoverem também uma ação protetora sobre os sistemas aquíferos. O grande volume de água que compõem alguns aquíferos faz com que as contaminações mais extensas se manifestem muito lentamente e as contaminações localizadas não apareçam por muito tempo. Assim, em muitas ocasiões, a contaminação de um aquífero pode demorar muito tempo, mas, após sua instalação, sua recuperação pode em muitos casos tornar-se inviável (CUSTÓDIO; LLAMAS, 1983).

A urbanização, a industrialização, as práticas agrícolas e a extração mineral são as principais atividades humanas que geram resíduos que, quando lançados no solo, rios e/ou atmosfera, transformam-se em fontes potenciais de poluição e/ou contaminação das águas subterrâneas. Na identificação destas fontes potenciais de poluição, é de importância fundamental classificá-las, de acordo com o grau de extensão.

As **fontes pontuais** de poluição são normalmente mais fáceis de serem identificadas, pois causam plumas de contaminação mais concentradas e mais definidas. Entretanto, quando essas atividades são pequenas e múltiplas podem se apresentar, essencialmente, como **fontes difusas**, com conseqüente dificuldade de identificação e controle. As fontes de poluição difusa geralmente não apresentam plumas de contaminação definidas, mas impactam uma área muito mais larga e, assim, maior volume do aquífero (FOSTER; HIRATA; ROCHA, 1988) (FOSTER *et al*, 2002).

3.2 Vulnerabilidade de um aquífero

A civilização humana tem utilizado do solo para disposição dos resíduos gerados em suas atividades cotidianas, tendo este solo, certa capacidade de atenuar e depurar a maior parte dos resíduos. Todavia, a sociedade em sua modernização, alterou a quantidade e a composição dos resíduos e efluentes gerados, sendo que a capacidade do solo em reter os poluentes tem sido ultrapassada. Assim, apesar de serem mais protegidas que as águas superficiais, as águas subterrâneas podem ser poluídas ou contaminadas quando os poluentes atravessam a porção não saturada do solo (CETESB, 2006).

As principais fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas são os lixões, acidentes com substâncias tóxicas, atividades inadequadas de armazenamento, manuseio inadequado e descarte de matérias primas, produtos, efluentes e resíduos, atividades minerárias que expõem o aquífero, sistemas de saneamento "*in situ*", vazamento das redes coletoras de esgoto e o uso incorreto de agrotóxicos e fertilizantes, bem como a irrigação que pode provocar problemas de salinização ou aumentar a lixiviação de contaminantes para a água subterrânea (CETESB, 2006). Outra forma de poluição das águas subterrâneas se dá quando os poluentes são lançados diretamente no aquífero, por meio de poços mal construídos ou utilizados, sem passar pelas camadas de solo, tornando-se caminhos preferenciais para que os poluentes atinjam diretamente as águas subterrâneas (CETESB, 2006).

A vulnerabilidade de um aquífero à poluição significa sua maior ou menor susceptibilidade de ser afetado por uma carga contaminante imposta, sendo que o

aquífero possui uma cobertura não saturada que proporciona certa proteção adicional. A caracterização da vulnerabilidade do aquífero, segundo Foster *et al* (2002) pode ser mais bem expressa por meio da acessibilidade da zona saturada a penetração de poluentes e também à capacidade de atenuação, resultante de retenção físico-química ou reação de poluentes. Assim, o potencial de poluição da água subterrânea dependerá:

- das características, da quantidade e da forma de lançamento do poluente no solo, sendo que quanto maior a persistência ou menor capacidade de degradação e maior sua mobilidade no meio solo e água subterrânea, maior o potencial. Aliado a isso, uma pequena quantidade de poluentes em regiões muito chuvosas, pode transportar rapidamente as substâncias para as águas subterrâneas, mesmo considerando a capacidade do solo em atenuar os efeitos.
- da vulnerabilidade intrínseca do aquífero, que é o conjunto de características que determina o quanto ele poderá ser afetado pela carga de poluentes, sendo considerados aspectos fundamentais da vulnerabilidade: o tipo de aquífero (livre a confinado), a profundidade do nível d'água e as características dos estratos acima da zona saturada, em termos de grau de consolidação e litologia (argila a cascalho).

Quando um aquífero encontra-se poluído ou contaminado, necessário se faz um elevado dispêndio de recursos financeiros e humanos para sua remediação, o que de modo geral é atingido ao final de vários anos, o que indica que devem ser tomadas medidas preventivas para sua proteção, associadas ao controle de poluição como um todo (CETESB, 2006)

3.3 DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA

Os efeitos adversos sobre a saúde humana ocasionados pela água, podem se dividir em quatro categorias: doenças transmitidas pela água, doenças de origem hídrica, doenças de origem vetorial relacionadas com a água e doenças vinculadas à escassez de água. Os contaminantes são produtos da ação do homem em suas atividades domésticas, industriais, agrícolas e de extração mineral, principalmente. Os resíduos domésticos são materiais orgânicos que podem contaminar as águas e se transformam em nitratos, substâncias potencialmente cancerígenas, que podem também conter organismos transmissores de enfermidades de origem hídrica (diarréia, tifo, cólera, entre outras).

Os aquíferos freáticos estão muito ameaçados em lugares onde não há tratamento de águas servidas e são dispostas em fossas ou latrinas de diversos tipos provocando, na maioria dos casos, a contaminação dos lençóis subterrâneos. Os aquíferos também podem contaminar-se através de lagoas de tratamento de efluentes e estabilização, cursos d'água receptores de resíduos e irrigação com águas já servidas. Muitas indústrias podem contribuir para a contaminação das águas subterrâneas. Seus metais pesados e compostos químicos orgânicos, entre outros, apesar de em pequenas quantidades, podem ser altamente tóxicos, geradores de câncer e de mutações genéticas.

As práticas agrícolas atuais são potencialmente contaminantes, devido à aplicação intensiva e prolongada de fertilizantes inorgânicos, em grandes áreas, assim como a utilização de praguicidas. As atividades de extração mineral,

exploração petrolífera e o destino final de dejetos nucleares são outros exemplos da contaminação das águas subterrâneas.

Além dessas fontes de contaminação, os poços perfurados em si, podem se constituir focos potenciais de contaminação se, no momento de sua perfuração, operação ou manuseio, não são tomadas as devidas precauções. Esse fato é muito preocupante, especialmente nas grandes cidades, como, por exemplo, Lima no Peru ou na cidade de São Paulo.

A presença de bactérias em águas subterrâneas, sobretudo as do grupo *coliformes* (sejam *coliformes* totais ou a *Escherichia coli*), indica obrigatoriamente a presença de material fecal, pois estes microorganismos não se reproduzem no ambiente aquático, mas somente no intestino dos animais (incluindo o homem).

Segundo Branco (1993), um indivíduo adulto expele cerca de 50 a 400 bilhões de *coliformes* em suas fezes, sendo que a grande maioria destes *coliformes* não é patogênica, mas podem sugerir a presença destes outros.

Já a presença dos designados coliformes fecais, representados pela bactéria intestinal *Escherichia coli* é um indicador de contaminação fecal da água que apresenta este tipo de microorganismos, sendo inclusive um indicador da baixa de qualidade da água.

3.3.1 Doenças transmitidas pela água

São aquelas doenças causadas pela ingestão de água contaminada por despejos humanos, animais ou químicos, incluindo entre outras: a cólera, a febre tifóide, a shigella, a poliomielite, a meningite, as hepatites A e E e a diarreia. Estas

doenças são produzidas por despejos de águas residuais, sendo que a maioria pode ser prevenida com um tratamento prévio antes de ser usada.

Cada dia morre no mundo cerca de 6.000 pessoas por causa da **diarréia**, conforme a OMS (2003), sobretudo crianças menores de cinco anos. Em 2001 morreram 1,96 milhões de pessoas por diarréia infecciosa, destas, 1,3 milhões eram crianças menores de cinco anos. A diarréia tem provocado mais mortes de crianças nos últimos dez anos do século XX do que todos os conflitos armados que aconteceram desde a II Guerra Mundial.

Cerca de 90% destas mortes correspondem a crianças menores de cinco anos. Na China, Índia e Indonésia, morrem duas vezes mais pessoas de diarréia do que de AIDS.

Com simples medidas de higiene como lavar as mãos depois de ir ao banheiro ou antes de preparar a comida, se evitaria a maior parte destas mortes.

3.3.2 Doenças de origem hídrica

São aquelas doenças causadas por organismos aquáticos que passam uma parte de seu ciclo vital na água e outra parte como parasitos de animais. Entre essas doenças estão a paragonimíase, a clonorquiose e a esquistossomose. Os causadores são uma variedade de vermes, tênias, lombrigas intestinais e nematódeos, denominados coletivamente como helmintos que infectam o homem. Mesmo que estas doenças não sejam mortais, impedem as pessoas de levar uma vida normal e afetam sua capacidade para trabalhar.

O predomínio de doenças com base na água tende a aumentar quando se constroem represas, pois a água parada é ideal para a proliferação de vetores que

são hóspedes intermediários de muitos tipos de microorganismos. Por exemplo, a Represa de Akosombo, no Lago Volta, em Gana, e a Alta Represa de Asuán, no rio Nilo, Egito, têm contribuído ao enorme incremento da esquistossomose nas áreas de suas influências (OMS, 2003).

Como maior exemplo de doença de origem hídrica cita-se a **Esquistossomose**, causada pelo parasita *Schistossoma mansoni*. Dos 200 milhões de pessoas no mundo infectadas pelo microorganismo que causa a esquistossomose, uns 20 milhões são vítimas de graves conseqüências. Ainda há epidemias em 74 países. Os estudos mostram que a doença tem diminuído em até 77 % em algumas zonas onde há melhoria de abastecimento (água de melhor qualidade) e acesso ao saneamento, mas cerca de 88 milhões de crianças menores de 15 anos se infectam cada ano com a esquistossomose, sendo que 80 % das transmissões acontecem na África Sub-Sahariana (OMS, 2003)

3.3.3 Doenças de origem vetorial relacionadas com a água

São aquelas doenças transmitidas por vetores, como os mosquitos e as moscas tsé-tsé, que vivem perto de águas sejam elas contaminadas ou não. Milhões de pessoas padecem infecções transmitidas por esses vetores que infectam o homem com malária, febre amarela, dengues, doença do sono e filaríase. A malária, a doença que mais propaga, é endêmica em 100 países em vias de desenvolvimento, pondo em risco a vida de cerca de 2 bilhões de pessoas. Só na África Sub-Sahariana se estima que o custo anual da malária é de US\$ 1,7 bilhão em tratamentos e perdas de produtividade (OMS, 2003).

A incidência destas doenças parece estar aumentando. Há muitas razões para isso: as pessoas estão desenvolvendo resistência aos medicamentos que ajudam a combater a malária; os mosquitos estão desenvolvendo resistência ao DDT, o inseticida de maior uso; as mudanças ambientais estão criando novos criatórios; por outro lado, a migração, as mudanças climáticas e a criação de novos *habitats*, proporcionam que menos gente desenvolva uma imunidade natural a estas doenças. Mais de 1 milhão de pessoas morre de malária a cada ano, sendo que cerca de 90 % da taxa anual de mortes por malária é registrada na África Sub-sahariana. A malária causa pelo menos 300 milhões de casos de doença aguda cada ano. A doença custa anualmente à África mais de US\$ 12 milhões e retarda o crescimento econômico dos países africanos em cerca de 1,3 % ao ano (OMS, 2003). Dormir usando mosquiteiros seria uma maneira simples e eficaz de prevenir muitos casos de malária, sobretudo em crianças menores de cinco anos.

No Brasil, no final do ano de 2007, vários casos de febre amarela na região central do país levaram milhões de pessoas a procurarem imunização através das campanhas de vacinação, de acordo com o Ministério da Saúde.

3.3.4 Doenças vinculadas à escassez de água

Estas doenças, que incluem o tracoma e a tuberculose, se propagam em condições de escassez de água doce e saneamento deficiente. Para abastecer aos mais de 6,5 bilhões de habitantes que se estima viverão no planeta no ano 2050, será necessário oferecer sistemas de esgotamento sanitário para os 383.000 novos consumidores diários. Estas doenças avançam sem parar através do mundo. Mas

podem ser controladas facilmente com uma melhor higiene, para a qual é imprescindível dispor de suprimento adequado de água potável (OMS, 2003).

3.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA

Conforme a Portaria n° 518 do Ministério da Saúde de 25 de março de 2004, água potável é a “água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde”. Diz ainda a mesma portaria que “Toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água”. Desta forma, a portaria acima citada indica quais os parâmetros para classificar uma água como sendo própria para o consumo humano.

Tomando por base a Portaria nº. 518 e a resolução nº 357 do CONAMA, de 17 de março de 2005, a determinação da qualidade microbiológica da água pode ser realizada através de metodologia que indique a presença de determinado grupo de microorganismos que, segundo a legislação acima citada, se definem alguns termos como os que se seguem:

- **Coliformes termotolerantes:** bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase negativas, caracterizadas pela atividade da enzima B-galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44° - 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados

por material fecal. Tem como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal;

- **Escherichia coli** (*E.coli*): bactéria do grupo coliforme, pertencente à família Enterobacteriaceae que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas β -galactosidase e β -glucoronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos, pois é a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas;
- **Coliformes totais** (bactérias do grupo coliforme) - bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β - galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo.

Ainda dentro da Portaria Nº. 518, o Ministério da Saúde estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Em seu Capítulo IV que trata dos padrões de potabilidade informa, dentro do artigo 11, que a água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico conforme a **Quadro 12**, a seguir:

Quadro 12: Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano

Parâmetro	VMP (1)	
Água para consumo humano (2)		
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes (3)	Ausência em 100 mL	
Água na saída do tratamento		
Coliformes totais	Ausência em 100 mL	
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)		
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes (3)	Ausência em 100 mL	
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês	Ausência em 100 mL em 95% das amostras analisadas em um mês.
	Sistema que analisam menos de 40 amostras por mês	Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100 mL.
NOTAS:		
(1) Valor Máximo Permitido.		
(2) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.		
(3) a detecção de Escherichia coli deve ser preferencialmente adotada.		

Fonte: Portaria nº. 518 do Ministério da Saúde do Brasil

3.4.1 Determinação da qualidade bacteriológica da água

Para se determinar a qualidade bacteriológica da água, vários são os métodos que podem ser utilizados, sendo que para este presente estudo foi utilizada a técnica dos tubos múltiplos para a determinação dos coliformes totais e da bactéria indicadora de contaminação fecal, a *Escherichia coli*, além da determinação de bactérias heterotróficas em placas pela técnica de “pour plate”.

3.4.1.1 Coliformes totais e fecais – Determinação pela técnica de Tubos Múltiplos

Como o grupo dos coliformes totais inclui gêneros que não são de origem exclusivamente fecal, isto limita sua aplicação como indicador específico de contaminação fecal o que provocou o desenvolvimento de métodos de enumeração de um subgrupo denominado coliformes fecais (ou termotolerantes), os quais são diferenciados dos coliformes totais pela sua capacidade de fermentar a lactose em temperatura elevada (44,5 °C). A determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes em uma amostra pode ser efetuada a partir de aplicação da técnica de tubos múltiplos, que é baseada no princípio de que as bactérias presentes em uma amostra podem ser separadas por agitação, resultando em uma suspensão de células bacterianas, uniformemente distribuídas na amostra. Consiste na inoculação de volumes decrescentes da amostra em meio de cultura adequado ao crescimento dos microrganismos pesquisados, sendo cada volume inoculado em uma série de tubos. Através de sucessivas diluições da amostra, são obtidos inóculos, cuja semeadura fornece resultados negativos em pelo menos um tubo da série em que os mesmos foram inoculados e a combinação de resultados positivos e negativos permite a obtenção de uma estimativa da densidade das bactérias pesquisadas, através da aplicação de cálculos de probabilidade. Para análises de águas, tem sido utilizado preferencialmente a fator 10 de diluição, sendo inoculados múltiplos e submúltiplos de 1 mL da amostra, usando séries de 5 tubos para cada volume a ser inoculado.

O exame para a determinação de coliformes totais se processa através de duas etapas (ensaio presuntivo e confirmativo), de realização obrigatória para todos os tipos de amostras de água, as quais são complementadas, quando indicado, por

uma terceira etapa (exame completo). A densidade de coliformes é obtida a partir de um exame específico, aplicado paralelamente ao teste para a confirmação de coliformes totais.

- A. **ENSAIO PRESUNTIVO:** Consiste na inoculação de volumes determinados da amostra em séries de tubos de Caldo Lactosado (CL), que são incubados a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, durante 24 – 48 horas. A acidificação, com ou sem produção de gás, a partir da fermentação da lactose no meio de cultura empregado nesse ensaio é prova presuntiva positiva para a presença de bactérias do grupo coliforme.
- B. **ENSAIO CONFIRMATIVO:** Consiste na transferência de cada cultura com resultado presuntivo positivo (produção de ácido com ou sem gás em CL) para o Caldo Lactosado Bile Verde Brilhante (CLBVB) após 24 – 48 h a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. A produção de gás a partir da fermentação da lactose neste meio é prova confirmativa positiva para a presença de bactérias do grupo coliforme. Esta etapa do exame reduz a possibilidade de ocorrência de falsos-positivos, decorrentes da atividade de bactérias esporuladas e de bactérias gram positivas fermentadoras de lactose.
- C. **ENSAIO PARA A DIFERENCIAÇÃO DE COLIFORMES FECAIS:** Consiste na transferência de um inóculo de cada cultura com resultado positivo em CL, incubados durante 24/48 h a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, para tubos contendo o meio Eosina Azul-de-Metileno (EMB), que serão incubados durante 24 h a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em banho-maria. O resultado será positivo quando houver produção de gás.
- D. **ENSAIO COMPLETO:** Além da realização dos ensaios presuntivos e confirmativo, o isolamento das culturas de bactérias com resultado positivo no CLVBB (Caldo Lactosado Bile Verde Brilhante) e em placas de EMB são utilizadas para a realização de testes posteriores. Colônias isoladas em EMB são

transferidas para CL ou para Agar Nutriente (AN), sendo o crescimento bacteriano neste último meio, empregado para a realização do teste de oxidase e coloração de Gram.

A densidade de coliformes é expressa como Número Mais Provável (NMP) de coliformes por 100 mL de água, o qual é obtido através de tabelas próprias. Os resultados são expressos como: NMP/100 mL de coliformes totais e NMP/100 mL de coliformes fecais. A **figura 18** mostra um esquema simplificado para compreensão da metodologia utilizada para contagem de bactérias em amostras de água.

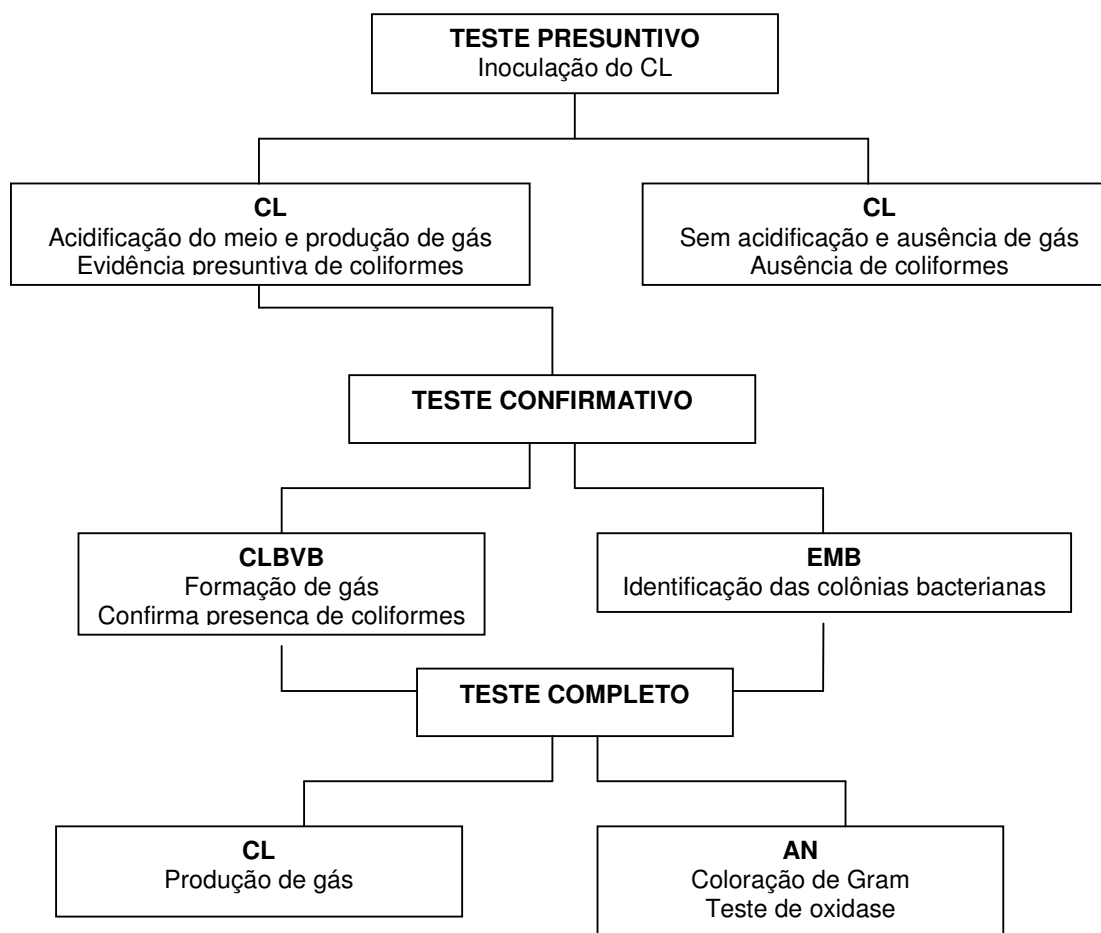


Figura 18 - Esquema simplificado dos testes laboratoriais para a identificação de bactérias coliformes na água.

3.4.1.2 Contagem de bactérias heterotróficas em placas pela técnica “*Pour Plate*”

Embora a pesquisa de bactérias do grupo coliformes seja de fundamental importância na determinação da qualidade bacteriológica da água, deve-se manter sobre controle a população bacteriana geral o que pode ser realizado através de contagem de bactérias viáveis em placas de Petri. A semeadura de material a ser analisado em placas (*pour plate* ou superfície) respeitando as condições ótimas do microrganismo que se procura, isto é, meio de cultura adequado, temperatura, oxigênio e tempo necessário para favorecer seu crescimento e permitir ao final a contagem das colônias formadas.

A contagem padrão em placas é utilizada para estimar a população de bactérias heterotróficas aeróbias facultativas presentes na água e que tem as condições de desenvolver-se nas condições de nutrição, temperatura e tempo de incubação para o teste. Os organismos predominantes presentes na água potável refletem a população microbiana encontrada em filtros e que é introduzida pela água bruta. Tais organismos incluem mais frequentemente *Pseudomonas*, *Spirillum*, *Corinebacterium*, *Arthrobacter* etc. Populações substanciais de tais organismos, ocorrendo em suprimentos de água potável, podem representar riscos à saúde dos consumidores, pois embora a maioria deles não sejam considerados patogênicos, tais microrganismos podem atuar como invasores secundários, evidenciando assim, a necessidade do controle da população microbiana geral em água potável.

Os microrganismos presentes na água, quando em grande número, além de representarem risco à saúde podem ocasionar outros problemas, tais como: deterioração da qualidade da água, com desenvolvimento de odores e sabores

desagradáveis, produção de limo ou películas. A semeadura em placas visando a contagem de bactérias pode ser realizada de duas formas:

a) **Semeadura em profundidade ou "pour plate"**: depois de preparadas as diluições, estas são inoculadas em quantidades de 0,1 ou 1,0 ml em placas de Petri estéreis, utilizando-se duas placas para cada diluição. Devem-se selecionar as diluições de maneira que o número de colônias esperados se situe entre 30 e 300. Após colocar o material (amostra em estudo) na placa, agrega-se de 10 a 15 ml do meio de cultura fundido e resfriado a temperatura de $\pm 45^{\circ}\text{C}$, agitando-se em movimentos rotativos. As placas assim preparadas devem ser incubadas a temperatura e condições recomendadas, devendo estas serem colocadas em posição invertida na estufa, após incubação realizar a contagem, utilizando contador de colônias.

b) **Semeadura em superfície**: após preparar as placas com meio de cultura (15 ml) e uma vez preparadas as diluições escolhidas semeia-se 0,1 ml de cada uma das diluições, utilizando-se também duas placas por cada diluição. Distribuir toda alíquota semeada com uma alça de Drigalski. Proceder a incubação nas mesmas condições descritas acima.

A densidade é obtida multiplicando-se a média das contagens das colônias por placa pela diluição utilizada. O resultado é expresso como Unidades Formadoras de Colônias (UFC)/ml, seguindo as recomendações de tabelas apropriadas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Critérios para a escolha da área de estudo

A área escolhida para a pesquisa situa-se na região Nordeste do município de Caldas Novas, compreendendo áreas do setor denominado Mansões das Águas Quentes, além de uma parte do setor Alto da Boa Vista.

Esta área foi definida por estar nas proximidades do depósito municipal de resíduos sólidos, cuja forma de deposição é aterro não controlado, combinado com deposição a céu aberto. Também se levou em consideração a ausência do sistema de abastecimento público municipal de água tratada em tal área e também a falta de rede coletora de esgotos.

A área onde o trabalho foi realizado pode ser visualizada na **figura 19**, sendo que a área onde está situado o depósito municipal de resíduos urbanos de Caldas Novas localiza-se na porção Norte da área urbana, tendo como divisa natural a Sul, o Córrego Fundo e os setores Alto da Boa Vista e Mansões das Águas Quentes, conforme **figura 20**.

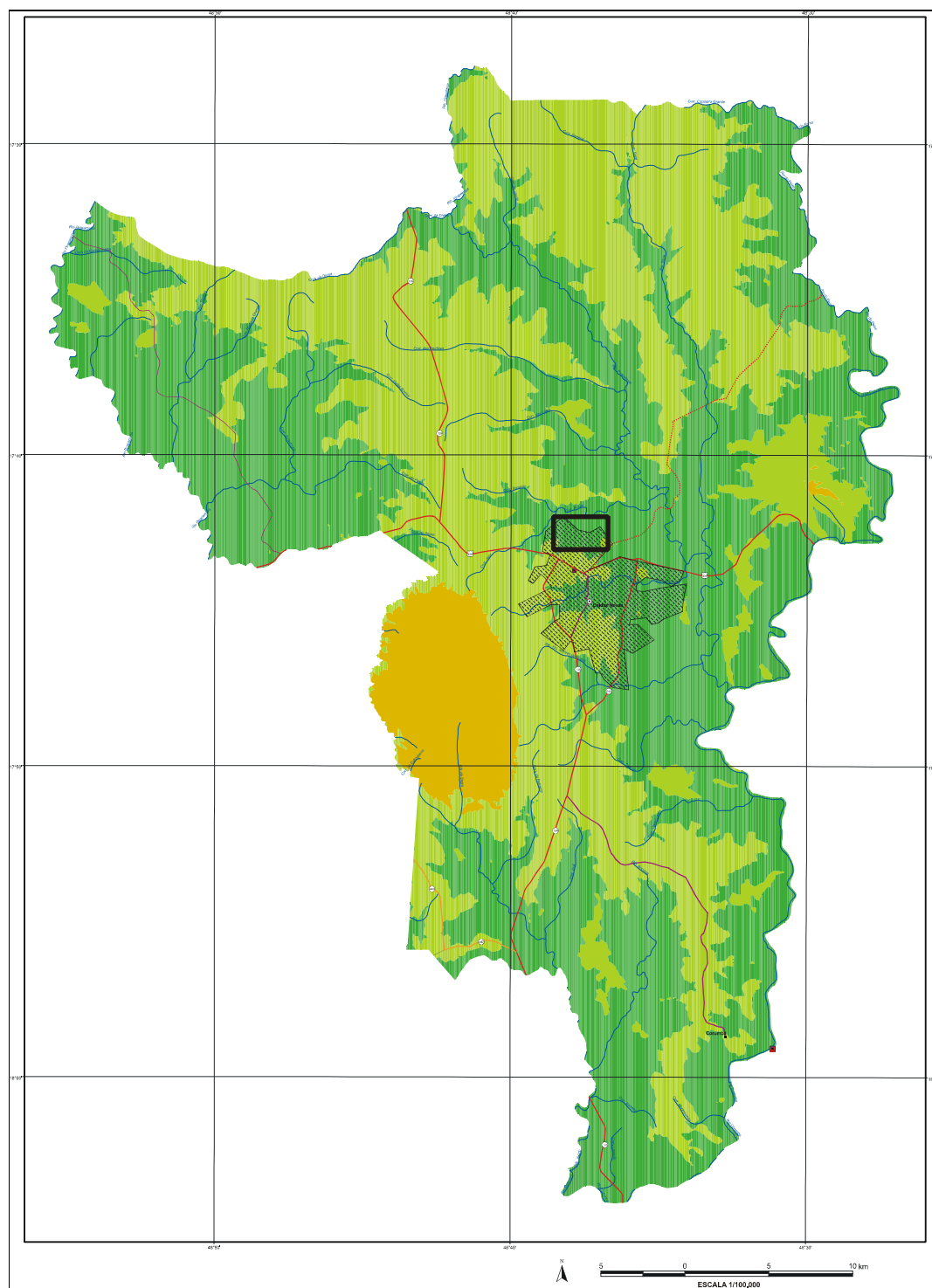


Figura 19 - Localização da área escolhida para a pesquisa. (Retângulo em detalhe)
Fonte: SIEG, 2006

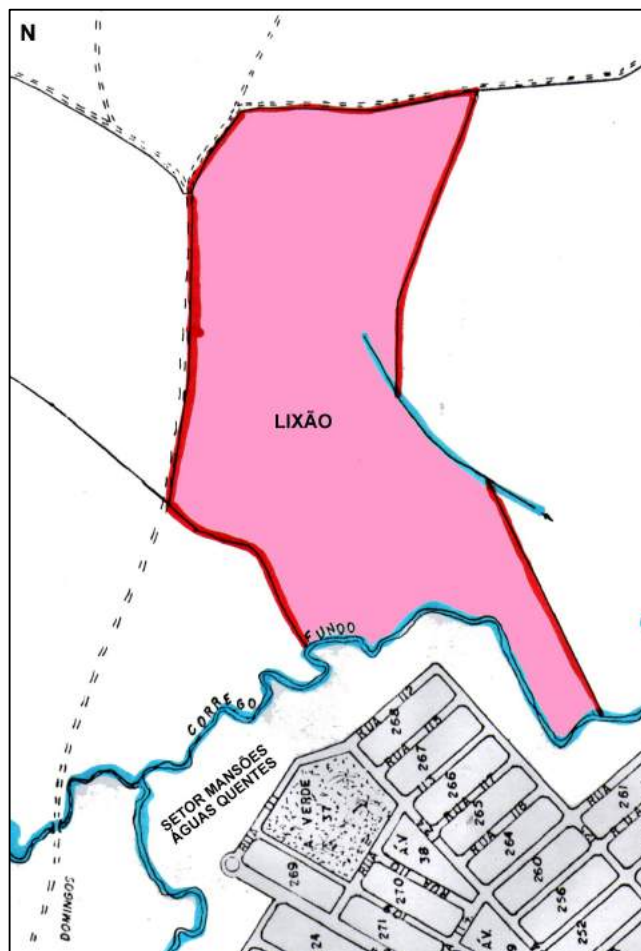


Figura 20 - Localização do depósito municipal de resíduos urbanos de Caldas Novas e parte do Setor Mansões Águas Quentes

Fonte: Haesbaert e Costa, 2000

Os pontos de coleta de amostras para a realização das análises bacteriológicas foram escolhidos de forma a alcançar uma maior extensão dentro do Setor Mansões das Águas Quentes, setor este que, apesar da grande extensão que possui não se encontra densamente povoado, apresentando residências e condomínios residenciais horizontais espalhados pelo setor, conforme pode ser observado nas **figuras 21 e 22**. Na **Figura 23** pode ser observado o setor Mansões das Águas Quentes e sua localização em relação à região Central da cidade de Caldas Novas, mais ao Sul do setor, e sua proximidade com a área do depósito municipal de resíduos sólidos de Caldas Novas.



Figura 21 – Rua do Setor Mansões das Águas Quentes, em Caldas Novas.



Figura 22 – Rua do Setor Mansões das Águas Quentes, em Caldas Novas



Figura 23 – Localização do Setor Mansões das Águas Quentes em Caldas Novas
Fonte: Google Earth, 2008

Outro detalhe que chama a atenção no referido setor diz respeito à deposição de entulhos de construção civil, além de resíduos sólidos domiciliares em muitos lotes baldios, muitas vezes localizados próximos as moradias, o que também contribui para a proliferação de doenças, seja pelo desenvolvimento de microorganismos no próprio local ou pela proliferação de vetores responsáveis pela disseminação de diversas doenças que podem acometer os seres humanos e os animais de estimação, conforme pode ser observado na **figura 24**.



Figura 24 - Deposição de entulhos de construção e resíduos sólidos domiciliares próximo à residências no setor Mansões das Águas Quentes.

4.2 Permeabilidade do solo na área estudada

Para melhor caracterização da área estudada e para posterior discussão sobre a importância do depósito municipal de lixo de Caldas Novas na contaminação do lençol freático, foi feita análise de laudo de permeabilidade do solo na área do depósito municipal de resíduos sólidos urbanos de Caldas Novas, realizado em dezembro de 2000 pela empresa Geocaldas de Caldas Novas. Este laudo revelou que apesar do lençol freático na área encontrar-se a mais de 8 metros de profundidade, a inclinação do terreno e sua posição em cotas superiores a 700 metros, exigem cuidados para evitar a contaminação em subsuperfície. Os líquidos produzidos, com alta concentração de poluentes, podem escorrer superficialmente, como constados, atingindo corpos d'água ou nascentes.

Os resultados foram obtidos através do ensaio de duplo anel e através de sondagem com trado o método *Open-End*. Os resultados podem ser visualizados na **Tabela 01**. Os ensaios de infiltração com duplo anel (DA), realizados *in situ*, dão o coeficiente de permeabilidade, em função da vazão da área, a partir de uma carga hídrica unitária. O ensaio consiste em medir o rebaixamento desta carga hídrica por uma área de terreno em determinado tempo, sendo esta carga constante. O nível do anel externo é mantido constante, garantindo o isolamento da água do anel interno, o que caracteriza a infiltração superficial. Já os ensaios tipo *Open - End* (OE) consistem em medir o rebaixamento dentro de um furo de trado revestido, sendo mantida aberta somente sua porção final e caracterizam a infiltração em níveis mais profundos.

Tabela 01 - Resultados referentes aos ensaios de permeabilidade realizados na área do depósito municipal de resíduos sólidos urbanos de Caldas Novas.

Teste	Tipo	Setor	Profundidade do Ensaio	K (cm/s)	K (mm/h)
1	DA	Norte	Superfície	$3,67 \times 10^{-3}$	132,09
3	DA	Centro-Oeste	Superfície	$1,79 \times 10^{-4}$	6,46
5	DA	Sudeste	Superfície	$3,19 \times 10^{-3}$	114,81
2	OE	Norte	1,56 m	$7,15 \times 10^{-5}$	2,5
4	OE	Centro-Oeste	1,19 m	$2,82 \times 10^{-5}$	1,02
6	OE	Sudeste	0,77 m	$4,51 \times 10^{-4}$	16,25

Fonte: Haesbaert e Costa, 2000

Conforme pode ser observado na **tabela 01**, os solos superficiais na porção Norte e Sudeste da área, com características mais argilo-arenoso, facilitam grandemente a infiltração de fluidos. A porção Norte é hoje utilizada inadequadamente como depósito de animais mortos, pneus e outros dejetos.

Em profundidades acima de 1 metro encontra-se um nível de rocha alterada onde a infiltração torna-se mais lenta. A porção Centro-Oeste da área, onde

atualmente se localizam os depósitos de resíduos sólidos, encontra-se muito compactada, devido ao movimento de máquinas e a porção Sudeste, com solos areno-argilosos possibilita uma maior infiltração de fluidos.

Os ensaios mostraram coeficientes de permeabilidade, na superfície do terreno, da ordem de ordem de 10^{-3} a 10^{-4} cm/s para os terrenos mais arenosos com cascalhos e da ordem de 10^{-4} a 10^{-5} cm/s em sub-superfície. Na área ocorrem afloramentos alterados de clorita-quartzo xisto, e quartzitos que dão origem ao solo arenoso observado em diversos locais. As **figuras 25 a 30**, a seguir, mostram os ensaios em execução e também os diferentes tipos de solo encontrados na área estudada.



Figura 25 – Ensaio de Duplo Anel (esquerda) e *Open End* (direita) – porção Norte
Fonte: Haesbaert e Costa, 2000



Figura 26 – Ensaio Duplo Anel (esquerda – observar mamonas ao fundo, indicando depósitos antigos de resíduos sólidos) e *Open End*, com amostragem do solo (da direita para a esquerda: superfície; 0,5 m; 1,0 m e 1,19 metros.) – porção Centro-Oeste da área.

Fonte: Haesbaert e Costa, 2000



Figura 27 - Amostragem do solo na porção norte da área, obtida por tradagem:

1. Detalhe do solo na superfície
2. Detalhe do nível de cascalho em 0,5 metros
3. Detalhe do solo com cascalho a 1,0 metros
4. Detalhe do solo a 1,56 metros, onde não foi possível a perfuração com trado manual.

Fonte: Haesbaert e Costa, 2000



Figura 28 - Ensaio de Duplo Anel (esquerda) e *Open End*, com amostragem do solo (da direita para a esquerda: superfície; 0,5 m; 0,77 m) – porção Sudeste da área.

Fonte: Haesbaert e Costa, 2000



Figura 29 - Amostragem do solo na porção Centro-Oeste da área, obtida por tradagem:

1. Solos amarelo/avermelhados – da esquerda para a direita: superfície, 0,5 metro, 1,0 metro e 1,19 metro
2. Detalhe do solo a 1,0 e 1,19 metro, onde não foi possível a perfuração com trado
3. Furo de trado com amostragem do solo na porção Sudeste da área, da direita para a esquerda: superfície, 0,5 metro e 0,77 metro, onde não foi possível a perfuração com trado manual.

Fonte: Haesbaert e Costa, 2000



Figura 30 - Clorita-quartzo xisto, localmente grafitoso, em forma de blocos soltos são encontrados principalmente ao Norte e nas áreas de maior declividade (**a**). Os quartzitos também se apresentam (**b**). Na maior parte da área o solo apresenta pequena profundidade devido a um nível de cascalho e rocha alterada.

Fonte: Haesbaert e Costa, 2000

4.3 ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS DAS AMOSTRAS

Água potável é aquela para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos físicos, químicos e radioativos atendam aos padrões de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde sendo que a potabilidade de uma água é definida através de um conjunto de parâmetros e padrões estabelecidos por normas e legislações sanitárias.

O padrão de potabilidade da água está definido na Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde como sendo um conjunto de valores máximos permissíveis das características físico-químicas, microbiológicas e organolépticas das águas destinadas ao consumo humano. Deste modo, este trabalho buscou pesquisar a presença de microorganismos presentes nas águas de poços destinadas ao consumo da população residente nos setores Mansões das Águas Quentes e Alto da Boa Vista na cidade de Caldas Novas, estado de Goiás.

Como dito anteriormente estes dois setores ficam próximos à área destinada ao depósito municipal de resíduos sólidos urbanos, que não conta com um sistema

eficaz de disposição destes resíduos nem tampouco de tratamento do chorume originado na decomposição em especial dos resíduos orgânicos.

Com relação às doenças relacionadas com a água, podemos encontrar a água atuando como veículo de algum agente infeccioso, neste caso encontramos o(s) agente(s) microbiológico(s) na água analisada e normalmente a contaminação desta água ocorre através das excretas de pessoas ou animais infectados e os agentes etiológicos podem ser: bactérias, fungos, vírus, protozoários e helmintos (TRABULSI, 2003).

Em decorrência do fato de que os microrganismos patogênicos usualmente aparecem de forma intermitente e em baixo número na água, pode-se pesquisar outros grupos de microrganismos que coexistem com os patogênicos nas fezes, como os coliformes fecais. Desse modo, a presença desses microrganismos na água constitui indicador de poluição fecal, principalmente originária do homem e de animais de sangue quente. A portaria 518 de 2004 do Ministério da Saúde estabelece que:

Em amostras individuais procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada, toleram-se a presença de coliformes totais, na ausência de *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes, nesta situação devendo ser investigada a origem da ocorrência, tomadas providências imediatas de caráter corretivo e preventivo e realizada nova análise de coliformes. (Portaria MS 518/2004, Capítulo IV, Art.11, §9).

Como poço raso, cisterna, cacimba ou amazonas entende-se poços de diâmetros de 1 metro ou mais, escavados manualmente e revestidos com tijolos ou anéis de concreto, que captam o lençol freático e possuem geralmente profundidades na ordem de até 20 metros (ABAS). As **figuras 31 e 32** apresentam um poço raso construído nos fundos de uma residência no setor Mansões das Águas Quentes.



Figura 31 - Residência no Setor Mansões das Águas Quentes.



Figura 32 - Detalhe do poço raso utilizado para abastecimento de água em residência no Setor Mansões das Águas Quentes.

As amostras foram coletadas nos locais relacionados no **Quadro 13**, onde constam os endereços e a profundidade do lençol de água em cada um dos pontos analisados. A localização dos pontos de coleta está identificada na **figura 33**.

Cada um dos pontos visitados representa uma amostra da água subterrânea dos setores estudados, sendo que foram coletadas amostras nos pontos onde, primeiramente havia moradia construída e habitada e posteriormente onde havia moradores que pudessem nos fornecer a amostra necessária ao estudo. É importante salientar que muitos lotes encontram-se sem construções ou inabitados, o que muitas vezes impossibilitou um maior número de amostras analisadas dentro de uma determinada área nos setores escolhidos para o presente trabalho.

Em cada um dos pontos onde foram coletadas as amostras foi contatado um dos moradores, sendo que a seqüência dos passos relacionados à coleta das amostras foram os seguintes:

- a) Constatação da presença de construção no lote
- b) Constatação da presença de moradores na residência
- c) Questionamento sobre a existência de poço raso na residência
- d) Explicação do trabalho que estava sendo realizado
- e) Solicitação de permissão para coleta de amostra de água
- f) Medição do nível de água do poço a partir da superfície do mesmo utilizando um medidor eletrônico
- g) Coleta de amostra em recipiente estéril diretamente do poço
- h) Armazenagem da amostra coletada sob refrigeração
- i) Envio da amostra ao laboratório para posterior análise bacteriológica

Quadro 13 - Identificação dos locais de coleta de amostras

Identificação/ número da amostra	Localização	Profundidade do lençol freático em relação à superfície
01	Rua 7 Qd 6 Lt 12	8,6 m
02	Rua 7 Qd 6 Lt 10	9,1 m
03	Av. A esq. Rua 7	7,4 m
04	Av. A Qd 1 Lt 12	6,8 m
05	Av. C Qd 224 Lt 14	9,1 m
06	Rua 33 Qd 67 Lt 19	6,8 m
07	Rua 34 Qd 67-A Lt 19	6,0 m
08	Rua BV-9 Qd AV Lt AV	8,2 m
09	Rua BV-9 Qd 17 Lt 13	Superfície
10	Área abaixo do Depósito Municipal de Lixo	Superfície
11	Rua 100-A Qd 31-A Lt 42	11,8 m
12	Rua 136 Qd AV 34	8,0 m
13	Rua 87 Qd 179 Lt 26	7,2 m
14	Rua 101 Qd 31 Lt 20	10,3 m
15	Rua 101 Qd 31 Lt 19	10,0 m
16	Rua 101 Qd AV31 Lt 6	9,8 m
17	Rua 74 Qd 164 Lt 17	8,8 m
18	Rua 74 Qd 172 Lt 13	9,0 m
19	Rua 27 Qd 36 Lt 5	6,6 m
20	Rua 16 Qd 26 Lt 14	10,0 m
21	Rua 29 Qd 28 Lt 10	10,2 m
22	Rua Interna Qd 7-A Lt 9	8,0 m
23	Rua Interna Qd 7-A Lt 36	7,5 m
24	Rua Interna Qd 7-A Lt 39	7,0 m
25	Rua 33 Qd A-7 Lt 1	7,0 m
26	Rua 34 Qd 73 Lt 11	6,5 m
27	Rua 35 Qd 73 Lt 17	7,8 m
28	Rua 36 Qd AI-5 Lt 18	7,5 m
29	Rua 36 Qd AI-6 Lt 14	7,5 m
30	Rua 18 Chácara 7	8,5 m
31	Rua 51 Qd 107 Lt 2	7,8 m
32	Rua 62 Qd AI-10 Lt 15	7,5 m
33	Av. E Qd 152 Lt 34	7,0 m
34	Av. E Qd 137 Lt 12-A	7,4 m
35	Av. C Qd 272 Lt 2	8,2 m
36	Av. C Qd 224 Lt 12	7,5 m
37	Rua 18 Chácara 10	8,0 m
38	Rua 51 Qd 100 Lt 2	8,8 m
39	Rua 27 Qd 101 Lt 11	7,8m
40	Rua 27 Qd 101 Lt 2	7,5 m

As análises bacteriológicas foram iniciadas assim que cada amostra foi enviada ao setor de microbiologia do Laboratório Caldas Novas, na cidade de Caldas Novas, estado de Goiás, sendo que toda a metodologia utilizada para estas análises está pormenorizada mais adiante, neste trabalho.

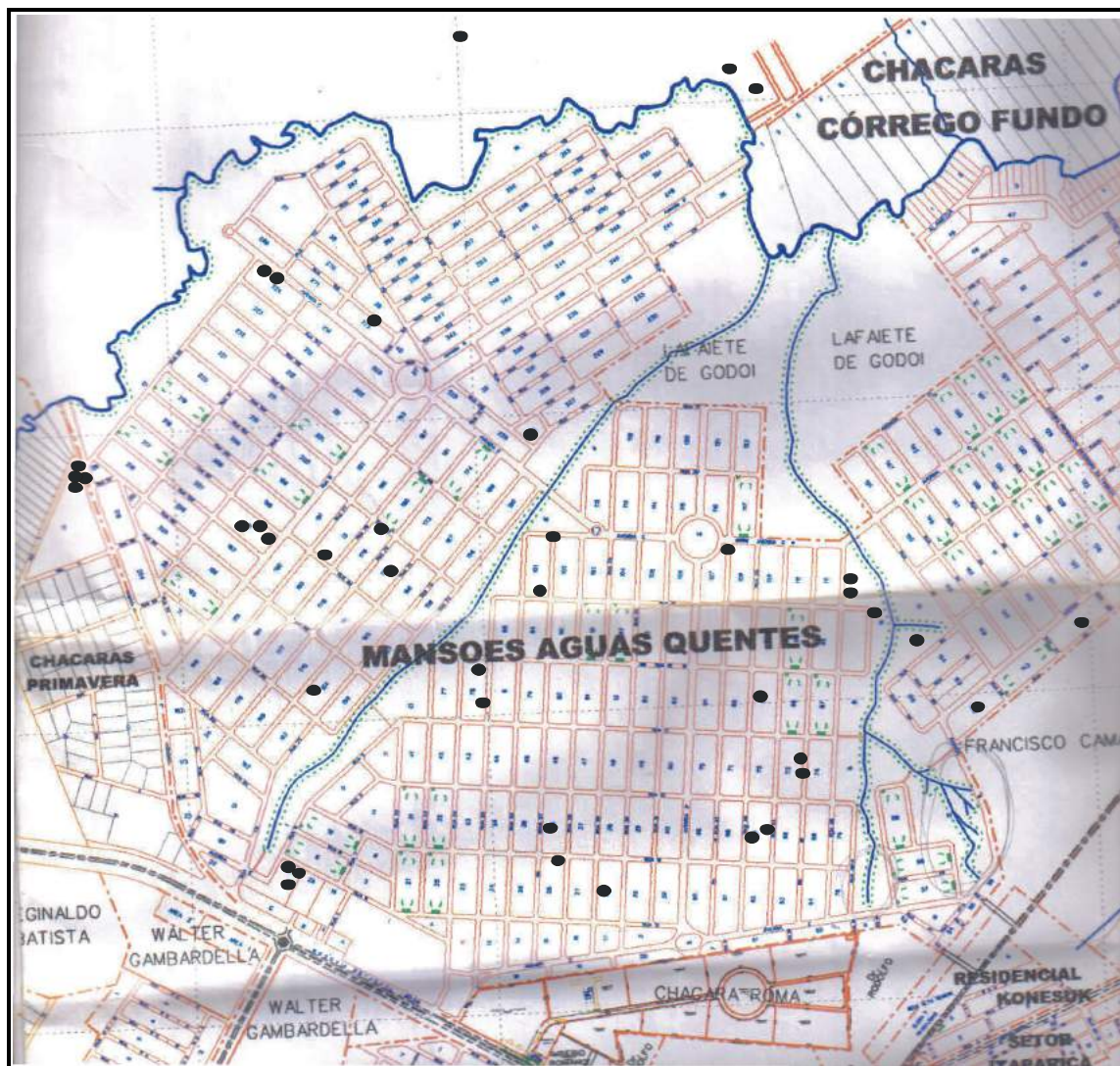


Figura 33 – Representação dos pontos de coleta das amostras de água

Baseando-se no **Quadro 13** mostrado anteriormente, elaborou-se outro quadro com o objetivo de apresentar a distribuição percentual dos 40 pontos de coleta de amostras de água segundo as profundidades do lençol freático, apresentados na no **Quadro 14**, a seguir.

Quadro 14 - Frequência das profundidades do lençol freático nos locais de coleta das amostras

Profundidade	Amostras	%
Superfície	2	5
Menos de 6 m	0	0
6 – 7 m	8	20
7 – 8 m	15	37,5
8 – 9 m	6	15
9 – 10 m	6	15
10 – 11 m	2	5
Mais de 11 m	1	2,5
TOTAL	40	100

Com relação às duas amostras coletadas de água superficial, uma delas, a identificada como número 10 no **quadro 13**, foi coletada encontrava-se em uma área próxima ao depósito municipal de lixo, exsudando livremente pela encosta de um terreno situado entre este depósito e o setor Alto da Boa Vista e a outra, identificada no mesmo **quadro 13** como amostra número 9, foi coletada em um lote vago neste mesmo setor. Como poderá ser visto mais adiante neste trabalho, tanto esta amostra próxima ao depósito municipal de lixo (amostra 10), quanto a que foi coletada no terreno vago (amostra 9) e também uma outra amostra coletada em um local próximo (amostra 8), forneceram os mesmos resultados, ou seja, presença de coliformes totais e *Escherichia coli* em todas as amostras analisadas.

4.3.1 Metodologia utilizada

Buscando-se uma forma mais simples para a execução do trabalho, o autor efetuou uma adaptação na metodologia dos tubos múltiplos, utilizando o quadro de Número Mais Provável (NMP) de bactérias por 100 mililitros de água analisada, conforme indicação constante no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* em sua 20ª edição. Este quadro leva em consideração a uma série de 10 tubos em cada análise realizada e pode ser verificada no **quadro 15**.

Quadro 15 - Número Mais Provável (NMP) de bactérias com limite de confiança de 95% para série de 10 tubos

Número de tubos positivos	NMP/100 ml	Limite 95% de confiança	
		Mínimo	Máximo
0	< 1,1	0	3
1	1,1	0,03	5,9
2	2,2	0,26	8,1
3	3,6	0,69	10,6
4	5,1	1,3	13,4
5	6,9	2,1	16,8
6	9,2	3,1	20,1
7	12	4,3	27,1
8	16,1	5,9	36,8
9	23	8,1	59,5
10	> 23,0	13,5	Infinito

Fonte: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20ª edição

A seqüência utilizada na execução das análises foi a seguinte:

- a) **Coleta da amostra em frasco esterilizado:** Cada amostra foi devidamente coletada utilizando-se um frasco de polipropileno esterilizado por autoclavagem e por radiação ultra-violeta (UV), esterilização esta realizada no próprio laboratório onde se realizaram as análises.

Nos locais onde não havia a possibilidade de acesso direto ao poço, foi coletada a amostra através de bombeamento da água e coleta diretamente de mangueira ou torneira de saída deste bombeamento.

As amostras foram coletadas em condições de assepsia, sendo que nos casos de bombeamento deixa-se a água escorrer por alguns minutos e depois foi realizada a coleta.

b) **Envio ao laboratório:** Após a coleta da amostra, a mesma foi devidamente identificada e colocada em caixa isotérmica para envio ao laboratório, sendo que o tempo máximo de espera para dar entrada no laboratório não ultrapassou 60 minutos.

A **figura 34** mostra as análises em execução e as dependências do Laboratório Caldas Novas, local onde foram realizadas as análises deste trabalho.



Figura 34 – O autor do trabalho nas dependências do Laboratório Caldas Novas

A **figura 35** Mostra algumas amostras coletadas em frascos estéreis, devidamente numeradas e prontas para serem analisadas no Laboratório Caldas Novas.



Figura 35 – Amostras de água coletadas prontas para serem analisadas

- c) **Fichamento da amostra:** Cada amostra, ao dar entrada no laboratório, foi cadastrada com informações sobre o número da amostra, local onde a mesma foi coletada, data e horário da coleta, nível de água do poço e caso houvesse, algumas observações. A **figura 36** mostra um detalhe do frasco contendo uma amostra de água coletada e pronta para ser analisada.



Figura 36 – Detalhe de uma amostra de água coletada e pronta para ser analisada

- d) **Semeadura em meios de cultura e observação dos resultados:** Cada amostra foi semeada em 10 tubos de ensaio contendo cada um 10 ml de Caldo Lactosado, com um tubo de Durhan invertido em cada um deles, sendo que em cada tubo foi colocado 10 ml da amostra a ser analisada. Aqui foi utilizado Caldo Lactosado em pó da marca Biobrás. A **figura 37** mostra uma bateria de tubos de ensaio contendo Caldo Lactosado e tubos de Durhan, prontos para serem semeados com as amostras. Na **figura 38** pode ser visualizado um tubo de ensaio contendo Caldo Lactosado e tubo de Durhan.



Figura 37 – Bateria de tubos de ensaio contendo Caldo Lactosado e tubo de Durhan



Figura 38 – Um tubo de ensaio contendo Caldo Lactosado e tubo de Durhan

Depois de semeados com as amostras, cada série de 10 tubos foi colocada em estufa bacteriológica regulada em 35° C por um período de 24 horas. A **figura 39** mostra uma bateria de tubos de ensaios contendo Caldo Lactosado e também placas de Petri contendo Meio EMB, depois de semeados e prontos para serem incubados, no interior de uma estufa bacteriológica, onde permaneceram por 24 horas para posteriormente serem analisadas.



Figura 39 – Estufa bacteriológica contendo bateria de tubos de ensaio contendo Caldo Lactosado e placas de Petri contendo Meio EMB

Após o período de incubação observou-se em cada tubo da série de 10 tubos por amostra, a presença ou não de crescimento bacteriano, o que pode ser visto através da acidificação do meio de cultura, da turvação do meio de cultura e também se observou a produção ou não de gás dentro dos tubos de Durham.

O não aparecimento de acidificação, turvação do meio de cultura ou produção de gás indica a não presença de coliformes nas amostras, o que indica nova incubação em estufa bacteriológica por mais 24 horas. No caso das amostras

positivas (acidificação do meio, turvação do meio e produção de gás), cada tubo com positividade presumida foi semeado em tubos contendo Caldo Lactosado Bile Verde Brilhante (CLBVB), também com tubos de Durhan invertido em cada um deles, sendo os mesmos colocados em estufa bacteriológica regulada em 35° C por um período de 24 horas. Foi utilizado meio de cultura em pó da marca Biobrás.

Após este período, cada tubo foi observado para constatar a presença da produção de gás a partir da fermentação da lactose neste meio, o que é prova confirmativa positiva para a presença de bactérias do grupo coliforme. Cada tubo com positividade confirmada para coliformes foi semeado em placas de Petri contendo meio EMB (Eosina Azul-de-metileno ou meio Teague), sendo neste caso utilizado meio de cultura pronto para uso da marca CEFAR. Este meio é utilizado para diferenciação e isolamento de bacilos entéricos Gram-Negativos, que ao utilizarem a lactose e ou a sacarose presentes em sua composição, formam colônias azul-negras com brilho metálico esverdeado. Após esta semeadura, cada placa de Petri foi incubada em estufa bacteriológica regulada em 35° C por 24 horas. O crescimento de colônias de coliformes típicas no meio EMB indicava a positividade da amostra. Para confirmação da presença de coliformes da espécie *Escherichia coli*, indicativo da contaminação fecal, utilizou-se meio de cultura em tubo contendo meio de Rugai com Lisina, sendo que neste caso foi utilizado meio da marca Newprov.

Este meio de Rugai é um meio de cultura destinado à identificação presuntiva de enterobactérias e proporciona uma série de nove provas bioquímicas que identificam a enterobactéria isolada nos meios anteriores, conforme a combinação dos resultados, sendo que as bactérias isoladas nos meios anteriores identificadas previamente como sendo *Escherichia coli* apresentam neste meio as seguintes

respostas às provas bioquímicas, utilizadas para a identificação bacteriana (**Quadro 16**).

Vale ressaltar que todas as amostras testadas que apresentaram crescimento bacteriano sugestivo de *Escherichia coli* mostraram a mesma resposta frente aos testes bioquímicos no meio de Rugai, confirmando a presença da bactéria *Escherichia coli* em todas as amostras que apresentaram resposta positiva no teste de tubos múltiplos.

Quadro 16: provas bioquímicas referentes à *Escherichia coli*.

Prova bioquímica	Resultado
Indol	+
Desaminação do L triptofano (LTD)	-
Sacarose	+
Glicose	+
Gás	+
Uréia	-
Ácido sulfídrico (H ₂ S)	-
Lisina	+
Motilidade	+

Fonte: Adaptado de Finegold e Martin, 1983

O resumo de toda a metodologia utilizada nas análises bacteriológicas realizadas neste trabalho pode ser visualizado no fluxograma apresentado na **Figura 40**, a seguir.

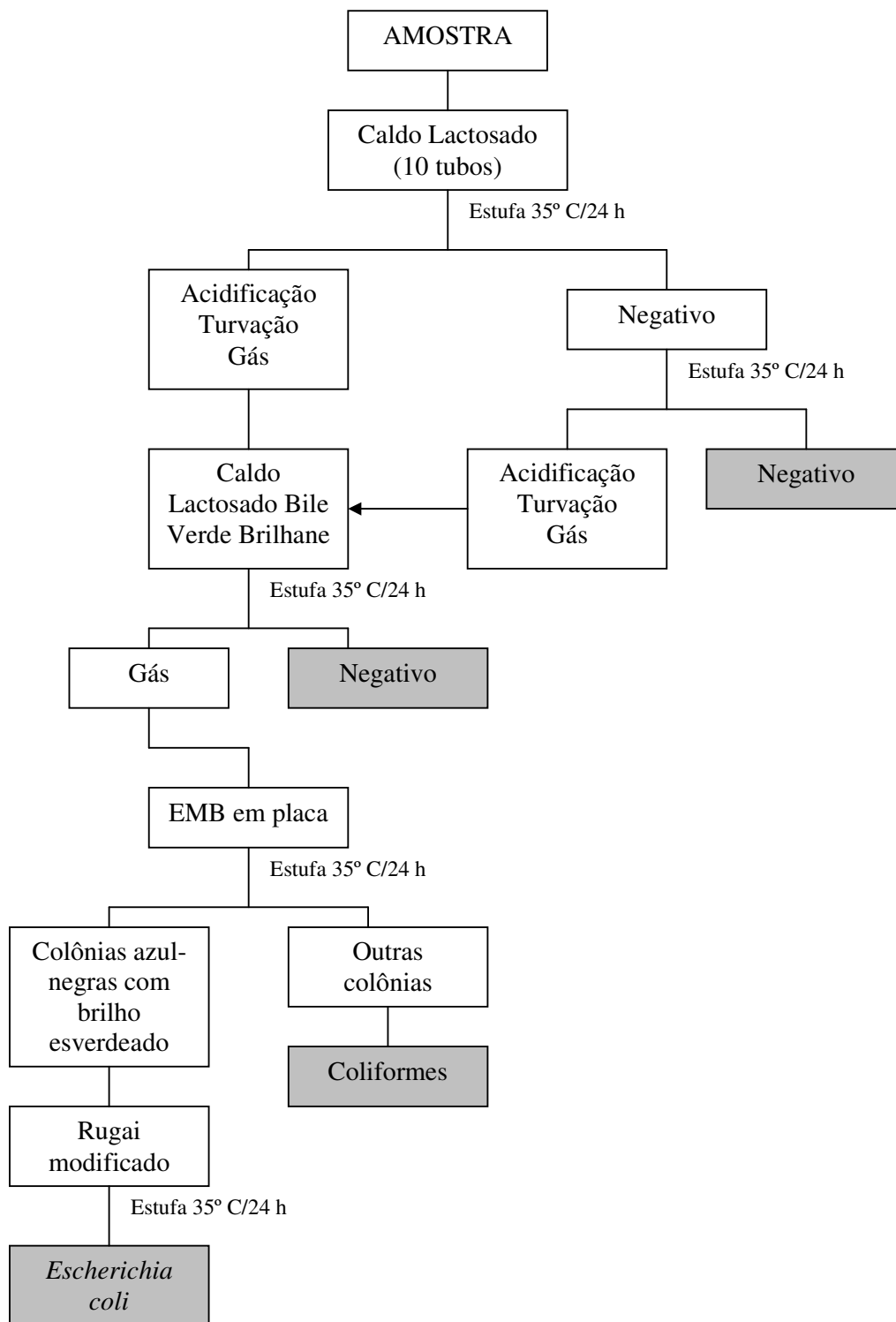


Figura 40: Fluxograma das análises realizadas para as amostras de água

5. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados obtidos

Tomando-se por base o fluxograma das análises realizadas para as amostras de água utilizada neste trabalho, conforme se encontra resumido na **figura 40**, chegou-se aos resultados indicados na **Tabela 02**, referentes a cada uma das 40 amostras analisadas.

A positividade dos tubos significa que houve o crescimento de bactérias em termos do Número Mais Provável (NMP) de tais bactérias em 100 mililitros de água analisada, conforme indicação constante no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* em sua 20^a edição.

Vale ressaltar que o método utilizado apresenta um índice de confiabilidade de 95%, conforme indicação constante no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* em sua 20^a edição.

A pesquisa revelou que, de um total de 40 amostras analisadas, apenas uma mostrou-se **negativa**, ou seja, não apresentou crescimento de microorganismos, o que representa um percentual de 2,5% em relação ao total de amostras analisadas, sendo que foram consideradas como **positivas** pela presença de crescimento bacteriano, um total de 39 amostras, ou seja, 97,5% do total de amostras analisadas, conforme demonstra a **tabela 03**, a seguir.

Tabela 02 - Resultados obtidos para cada amostra na série de 10 tubos

Amostra	Tubos Positivos	NMP de bactérias/100 ml
01	10	> 23,0
02	10	> 23,0
03	10	> 23,0
04	10	> 23,0
05	8	16,1
06	5	6,9
07	5	6,9
08	10	> 23,0
09	10	> 23,0
10	10	> 23,0
11	7	12
12	5	6,9
13	3	3,6
14	8	16,1
15	8	16,1
16	7	12
17	5	6,9
18	4	5,1
19	3	3,6
20	3	3,6
21	3	3,6
22	3	3,6
23	2	2,2
24	3	2,2
25	6	9,2
26	7	12
27	7	12
28	7	12
29	7	12
30	0	< 1,1
31	4	5,1
32	4	5,1
33	3	3,6
34	3	3,6
35	8	16,1
36	8	16,1
37	1	1,1
38	6	9,2
39	5	6,9
40	6	9,2

Tabela 03 – Número de amostras positivas e negativas

Tubos Positivos	Número de Amostras	%
Positivas	39	97,5
Negativas	1	2,5
TOTAL	40	100

A **Tabela 04** mostra em termos percentuais um resumo dos resultados obtidos na pesquisa, em termos de positividade das amostras analisadas.

Tabela 04 – Percentual de positividade encontrado

Tubos Positivos	Número de Amostras	%
0	1	2,5
1	1	2,5
2	1	2,5
3	8	20,0
4	3	7,5
5	5	12,5
6	3	7,5
7	6	15,0
8	5	12,5
9	0	0,0
10	7	17,5
TOTAL	40	100

Todas as amostras que tiveram crescimento bacteriano comprovado na técnica de tubos múltiplos, consideradas como **positivas**, foram semeadas em caldo lactosado bile verde brilhante (CLBVB), sendo que todas apresentaram crescimento neste meio. Posteriormente todas as amostras semeadas em CLBVB foram semeadas em Agar EMB apresentando também crescimento bacteriano, sendo que as colônias típicas sugestivas de *Escherichia coli* foram submetidas às provas bioquímicas através dos tubos contendo meio de Rugai modificado, chegando-se ao resultado da presença de *Escherichia coli* em todos os tubos analisados.

Assim, das 39 amostras consideradas como positivas (conforme Tabela 06), todas (100 %) apresentaram positividade no meio CLBVB, todas (100%) apresentaram crescimento de colônias típicas no meio EMB e todas (100%) tiveram a confirmação da presença de *Escherichia coli* nas provas bioquímicas através das provas bioquímicas constantes no tubos contendo meio de Rugai modificado, conforme mostra a **tabela 05**.

Tabela 05 - Resultados obtidos para cada amostra analisada

Amostra número	Tubos Positivos em Caldo Lactosado com produção de gás	Crescimento em CLBVB com produção de gás	Crescimento em Agar EMB	Resposta às provas bioquímicas no meio de Rugai modificado
01	10	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
02	10	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
03	10	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
04	10	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
05	8	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
06	5	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
07	5	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
08	10	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
09	10	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
10	10	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
11	7	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
12	5	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
13	3	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
14	8	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
15	8	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
16	7	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
17	5	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
18	4	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
19	3	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
20	3	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
21	3	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
22	3	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
23	2	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
24	3	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
25	6	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
26	7	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
27	7	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
28	7	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
29	7	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
30	0	Não	Não	Não realizado
31	4	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
32	4	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
33	3	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
34	3	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
35	8	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
36	8	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
37	1	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
38	6	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
39	5	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>
40	6	Sim	Sim	<i>Escherichia coli</i>

5.2 Discussão dos resultados

Conforme citado anteriormente, a confiabilidade dos resultados segundo a metodologia utilizada (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20ª edição) é de 95%, o que demonstra que a porcentagem de amostras consideradas como **positivas**, ou seja, amostras que demonstraram crescimento bacteriano realmente são bem significativas. A confirmação da presença da bactéria *Escherichia coli* na totalidade das amostras consideradas como positivas indica que a população que utiliza desta água está consumindo uma água de baixa qualidade.

A utilização da *Escherichia coli* como um indicador da qualidade das águas analisadas neste trabalho se deu pelo que determina a Portaria nº. 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde que define a *Escherichia coli* como sendo o mais específico indicador de contaminação fecal recente:

Escherichia coli – bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidrolisa a uréia e apresenta atividade das enzimas β -galactosidase e β -glucoronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos. (Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, Capítulo II, Art. 4º, item VIII)

A mesma portaria, em seu Capítulo IV que trata do Padrão de Potabilidade, indica em seu Artigo 11 que todas as amostras com resultados positivos para coliformes totais devem ser analisadas para *Escherichia coli* devendo, neste caso, ser efetuada a verificação e a confirmação dos resultados positivos, o que foi levado em consideração neste trabalho.

Ainda segundo o Capítulo IV da portaria 518, no mesmo Artigo 11 é citado que a água para consumo humano deve apresentar-se isenta de *Escherichia coli*,

motivo este que levou à conclusão de que 97,5% das amostras analisadas estão impróprias para o consumo humano.

A espécie *Escherichia coli* pertence ao gênero *Escherichia* e compreende grande número de grupos e tipos sorológicos, que podem determinar as principais ações patogênicas desta bactéria que estão associadas à infecções extra-intestinais como infecções urinárias, meningites e bacteremias, além dos problemas intestinais, relacionados com a ingestão de água contaminada (TRABULSI, 2005).

Com relação aos problemas intestinais provocados pela *Escherichia coli*, quatro categorias de enteropatogenicidade podem ser considerados (TRABULSI, 2005):

- *Escherichia coli* enteropatogênica clássica (EPEC) – agente mais freqüente de diarreia infantil no Brasil, sobretudo nos primeiros seis meses de vida, localizando-se preferencialmente no intestino delgado;
- *Escherichia coli* enteroinvasora (EIEC) – causa de infecção intestinal com inflamação e necrose da mucosa da porção terminal do íleo e do cólon, sendo mais comum em crianças com mais de dois anos e nos adultos;
- *Escherichia coli* enterotoxigênica (ETEC) – a bactéria ataca o intestino delgado, provocando uma diarreia aquosa tanto em crianças como em adultos;
- *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC) – provoca a doença conhecida como colite hemorrágica, tanto em crianças como em adultos.

Importante observar que todas estas manifestações intestinais se transmitem pela ingestão de água ou alimentos contaminados, o que indica a importância da identificação deste tipo de bactéria em águas utilizadas para o consumo humano e

como a comprovação da presença destas enterobactérias pode acarretar sérios riscos à população que utiliza destas águas para seu consumo (TRABULSI, 2005).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os resultados obtidos pelas análises de amostras de água, nota-se que, em sua grande maioria (97,5%) houve crescimento de microorganismos identificados como *Escherichia coli*, o que é um indicativo de contaminação fecal. A sua presença por sua vez, é indicativo de que as águas dos poços onde foram coletadas as amostras não são próprias para o consumo humano. Pode-se perceber também, a partir do estudo realizado, a ocorrência de uma generalização dos resultados, apresentando em maior ou menor escala uma deterioração da qualidade da água utilizada pelos moradores dos pontos estudados, no que diz respeito à presença de microorganismos de origem fecal.

O crescimento populacional acelerado observado na cidade de Caldas Novas levou à implantação de vários bairros ou setores na área urbana de Caldas Novas sem rede de água tratada e, nem tampouco, rede coletora de esgotos para a população residente nestes locais. Esta situação promoveu um acúmulo de poços rasos do tipo cisterna, construídos sem orientação técnica e também de fossas que, na maioria dos casos, não se caracterizam como sépticas (fossas negras), e o que é mais grave: construídas próximas dos poços de captação de água para o consumo humano.

A ampliação dos setores urbanos periféricos de Caldas Novas acabou por levar moradores a se instalar em áreas próximas ao aterro controlado municipal de resíduos sólidos de Caldas Novas, aterro este que não conta com praticamente nenhum tipo de tratamento e onde são depositados os resíduos gerados pela população local e pelos turistas que visitam a região. Os resíduos sólidos do município são dispostos diretamente no solo, em local não apropriado para tal

finalidade, sem adequação técnica e operação deficiente. Este procedimento acaba por gerar uma série de problemas não somente à saúde pública, mas um problema sócio-ambiental.

A coleta de amostras de água realizada em diferentes pontos do Setor Mansões da Águas Quentes e também em alguns pontos do Setor Alto da Boa Vista, e a sua posterior análise bacteriológica, evidenciaram a contaminação bacteriológica de praticamente todos os poços amostrados o que, por si só, justifica a necessidade de intervenção do serviço público de abastecimento de água do município de Caldas Novas, a fim de fornecer uma água de qualidade aos moradores daqueles setores onde foi desenvolvido o presente trabalho de dissertação de mestrado.

Os resultados do trabalho evidenciaram que a totalidade das amostras que apresentaram positividade no teste de tubos múltiplos, decorre da contaminação fecal pela presença em maior ou menor índice, da enterobactéria *Escherichia coli*, indicadora deste tipo de contaminação conforme a legislação nacional referente às águas para consumo humano.

Levando-se em consideração de que o setor urbano em que foram realizadas as coletas de água não conta com nenhum sistema de saneamento e que a totalidade dos residentes utiliza fossas não sépticas para deposição de seus dejetos, os resultados positivos indicam que a contaminação advém de fossas construídas sem nenhuma orientação técnica.

A proximidade destes setores com o depósito municipal de resíduos de Caldas Novas também não exclui a possibilidade de o aterro controlado estar contribuindo para a positividade dos resultados, porém seria a situação menos provável.

Uma pesquisa mais detalhada, com aplicação de outros indicadores poderia ser de grande utilidade para se determinar a real extensão da contaminação detectada neste estudo, sobretudo procurando demonstrar a interferência humana nesta contaminação que pode estar se dando por intermédio das fossas abertas nos setores trabalhados ou por percolação de líquidos contaminantes (chorume) oriundos do depósito municipal de lixo de Caldas Novas ou por ambos os processos ou, ainda, por outros fatores que podem ser estudados posteriormente.

Fica uma preocupação quanto à utilização das águas freáticas pela população residente nos setores visitados, uma vez que, todos os moradores estão utilizando para o seu consumo uma água contaminada com bactérias indicativas de contaminação fecal. Desse modo, toda a população residente naquele setor está exposta aos riscos decorrentes desta utilização, uma vez que a inexistência de saneamento básico os impelem a buscar água através da abertura de poços rasos, assim como a falta de um sistema de saneamento os forçam a utilizar fossas para deposição de seus dejetos, ao mesmo tempo em que a necessidade de moradia os lança a se instalarem próximos ao depósito municipal de resíduos desta cidade turística goiana que é Caldas Novas.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas. **Sistema de informações hidrológicas – Hidroweb.**

Disponível em < <http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 20 maio 2007

ALMEIDA, R. A.; ALMEIDA, N. A. M. **REMOÇÃO DE COLIFORMES DO ESGOTO POR MEIO DE ESPÉCIES VEGETAIS.** Revista Eletrônica de Enfermagem, v. 07, n.

03, p. 308 – 318, 2005. Disponível em <http://www.fen.ufg.br/Revista/revista7_3/original_08.htm>. Acesso em: 30 nov. 2007.

Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS. **Águas subterrâneas, o que são?** Disponível em

<<http://www.abas.org.br/educacao.php>>. Acesso em: 06 jun. 2006

Associação das Empresas Mineradoras das Águas Termais de Goiás – AMAT.

Dados referentes à estação meteorológica EMAT-01. Disponível em <<http://www.amatgo.org.br/estacao.htm>> . Acesso em: 20 maio 2008.

BIELLA, C. A, & COSTA, R. A. **Análise da qualidade ambiental das nascentes urbanas de Caldas Novas – GO.** In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference of Geomorphology. Goiânia, 2006

_____, **The Intense Rain and its Contribution to the Collapse of the Embankment at the Highway GO-213 of the city of Caldas Novas, in the State of**

Goiás: a Contribution to the Studies of erosive dynamics. In: International Symposium on Land Degradation and Desertification. Uberlândia, 2005

BOSCARDIN BORGHETTI *et al.* **Aqüífero Guarani**, 2004. Disponível em <<http://www.oaquiferoguarani.com.br>>. Acesso em: 28 nov. 2005

BRANCO, S. M. **Água: origem, uso e preservação**. São Paulo: Moderna, 1993.

_____. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS n.º 518/2004 – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

Campos, E.C. & Costa, J.F.G. 1980. **Projeto estudo hidrogeológico da Região de Caldas Novas**. Vol. I. MME/DNPM/CPRM. Goiânia. P.34-47.

CAMPOS, J.E.G.; TRÖGER, U.; HAESBAERT, F.F. 2005. **Águas Quentes de Caldas Novas, Goiás – Notável ocorrência de águas termais sem associação com magmatismo**. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E.T.; Campos, D.A.; Souza, C.R.G. (Edit.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Publicado na Internet em 20/6/2005 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio113/sitio113.pdf>

CETESB, São Paulo. **Poluição das águas subterrâneas**. São Paulo: CETESB, 2006

CLARCKE, R. T.; KING, J. **O Atlas da Água**. São Paulo: Publifolha, 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2007

CUSTODIO, E. & LLAMAS, M. R. **Hidrología Subterránea**. Barcelona: Ediciones Omega, 1983. (2 volumes)

FINEGOLD, S. M; MARTIN, W. J. **Diagnóstico Microbiológico**. Buenos Aires: Editora Médica Panamericana, 1983.

Folha SD.22 Goiás; **Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra/Projeto RADAMBRASIL** – Rio de Janeiro, 1983

FOSTER, S.S.D *et al.* **Groundwater Quality Protection: a guide for water utilities, municipal authorities, and environment agencies**, The World Bank: Washington, 2002.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C.; ROCHA, G.A. **Riscos de poluição de águas subterrâneas; uma proposta de avaliação regional**. São Paulo: ABAS, 1988.

HAESBAERT, F.F. & COSTA, J.F.G. **Relatório técnico de áreas de proteção dos aquíferos termais da região de Caldas Novas e Rio Quente**. CPRM – Geocaldas. Caldas Novas, 2000 (inédito)

_____. EIA/RIMA – Caldas Novas – GO. Abril, 2005

_____, 2000. Geologia e Hidrogeologia da Região de Caldas Novas: Adequação à Portaria 312 do DNPM. Relatório Técnico GEOCENTER/GEOCALDAS. 3 vol. (inédito).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Dados referentes à cidade de Caldas Novas**. Disponível em <<http://www.ibge.com.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 14 jun. 2008.

LOPES, G. **Conseqüências da falta de água podem ser trágicas. Relatório da ONU mostra que problema já é realidade em países pobres e populosos**. Ciência Hoje on-line, Rio de Janeiro, 30 de março de 2003. Disponível em <<http://cienciahoje.uol.com.br/controlPanel/materia/view/2371>>. Acesso em: 22 mar. 2005

MURPHY, D.D. **Desafios à diversidade biológica em áreas urbanas**. In: WILSON, E. O. (org.). **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

ONDARZA, R.N. **El impacto del hombre sobre la Tierra**. 4ª ed. México: Trillas, 1997

SHIKLOMANOV, I. A. **World water resources: a new appraisal and assessment for the 21 century**. Paris: UNESCO, 1998.

SIEG – Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás. Disponível em <<http://www.sieg.go.gov.br>>. Acesso em: 31 ago. 2006.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20^a edição. CD-rom

SUGUIO, K. **Água**. Ribeirão Preto: Holos, Editora. 2006

TRABULSI, L. R. **Microbiologia**. 4^a ed. São Paulo, Atheneu, 2005.

TRÖGER, U. & CAMPOS, J. E. G. **Hidrogeologia Aplicada na Região de Caldas Novas – Goiás: caracterização dos aquíferos e balanço hídrico preliminar**. Universidade de Brasília. Brasília, 2000.

TRÖGER, U.; COSTA, J.F.G.; HAESBAERT, F.F.; ZSCHOCKE, A. **Novas Contribuições aos Aquíferos Termais de Caldas Novas, Goiás**. Boletim de resumos. In: VII Simpósio de Geologia do Centro-Oeste e X Simpósio de Geologia de Minas Gerais. Brasília – DF. 1999

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 2003.

UNESCO. **The United Nations World Water Development Report, WWDR.**

Disponível em < <http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/index.shtml>>. Acesso em: 20 mar. 2005

Universidade da Água. **Dicionário Ambiental Uniágua.** Disponível em <<http://www.uniagua.org.br/website/default.asp?tp=3&pag=dicionario.htm#P>>.

Acesso em: 10 maio 2006

Zschocke, A. 2000. **Hidroquímica das águas termais da região de Caldas Novas – Goiás.** Trabalho Final de Graduação. Universidade Técnica de Berlim. (inédito – original em alemão).