



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
GEOLOGIA**



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO DAS VEREDAS DO RIO DO
FORMOSO NO MUNICÍPIO DE BURITIZEIRO, MINAS
GERAIS.**

AUTORA: Veridiana Mendes Figueiredo Cristofolo Viana

ORIENTAÇÃO: Prof. Dr. Heinrich Adolf Horn

**BELO HORIZONTE
2006**

Veridiana Mendes Figueiredo Cristofolo Viana

Estudo hidrogeoquímico das veredas do Rio do Formoso no
município de Buritizeiro, Minas Gerais.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do título de mestre em Geologia.

Área de concentração: Geologia Econômica e Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Adolf Heinrich Horn.

V614e
2006

Viana, Veridiana Mendes Figueiredo Cristofolo.

Estudo geológico ambiental das veredas do Rio do Formoso no município de Buritizeiro, Minas Gerais [manuscrito] / Veridiana Mendes Figueiredo Cristofolo Viana. – 2006.

102 f. : il., mapas color.; enc.

Orientador: Adolf Heinrich Horn.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2006.

Área de concentração: Geologia Econômica Aplicada.

Bibliografia: f. 68-71

Inclui anexo.

1. Geologia Ambiental – Minas Gerais – Teses . 2. Meio Ambiente – Buritizeiro (MG) – Teses. 3. Cerrados – Teses. 4. Buritizeiro (MG) – Teses. I. Horn, Adolf Heinrich. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Título.

CDU: 577.4:55(815.1)

AGRADECIMENTOS

A Deus, eternamente.

Aos meus pais, pela força, dedicação e incentivo em todos os meus sonhos.

Ao admirável professor Dr. Heinrich Adolf Horn pela orientação e amizade, por todo respeito e ensinamento de conceitos acadêmicos e de vida.

Ao eterno professor Msc. Hernando Baggio Filho por ter acreditado em mim, co-orientando e apoiando minha pesquisa.

Aos que depositaram em mim toda a confiança, em especial os amigos de Pirapora, sempre presentes nas campanhas de campo.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Geologia da UFMG, pela paciência e atenção nos momentos de aprendizagem, ao colegiado pela compreensão e à secretária Maria Paula Borges Berlando por toda a dedicação empenhada.

Ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio e incentivos financeiros.

Ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE de Pirapora pela parceria estabelecida.

Ao grande amigo Valdinei Egger pelo companheirismo em todos os momentos alegres e de angústia nas campanhas de campo e no cotidiano.

A querida amiga Luciana Galuppo, pela amizade, colaboração na produção e pelos momentos de grandes risadas.

Aos colegas Charles Rezende e Sérgio Melo pela colaboração na cartografia.

Aos demais colegas de curso pelas dicas dadas em momentos de dúvidas no desenvolver da pesquisa.

Aos professores e colegas do curso de Engenharia Ambiental pelo apoio e compreensão nas ausências em sala de aula.

Pelo companheirismo e auxílio indispensáveis a todo o momento, aos amigos inseparáveis Carlos Gastron da Rocha Júnior e a Áurea Fernanda Machado.

Aos professores e principalmente aos colegas da turma de Geografia, na UNIMONTES – Pirapora, pelo carinho enquanto este projeto era apenas um sonho.

A todos que contribuíram de alguma forma para a execução deste projeto.

*“_ Adianta querer saber muita coisa? O senhor sabia, lá para cima_me disseram.
Mas, de repente chegou neste sertão, viu tudo diverso diferente, o que nunca tinha
visto.*

Sabença aprendida não adiantou para nada... Serviu algum?

(ROSA, J. G. Grande sertão: Veredas).

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	i
Sumário.....	iii
Lista de Figuras.....	v
Lista de Tabelas.....	vii
Resumo.....	viii
Abstract.....	ix
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO.....	07
1.1 Objetivos.....	10
CAPÍTULO 2: DADOS GEOGRÁFICOS DA ÁREA EM ESTUDO.....	12
2.1 Descrição do meio físico.....	12
2.1.1 Localização.....	12
2.1.2 Dados Históricos e Sociais.....	14
2.1.3 Aspectos geomorfológicos e relevo.....	15
2.1.4 Declividade.....	20
2.1.5 Divisão Morfoclimática e Fitogeográfica.....	22
2.1.6 Hidrografia.....	22
CAPÍTULO 3: GEOLOGIA AMBIENTAL DA ÁREA.....	24
3.1 Proterozóico Superior.....	24
3.2 Mesozóico.....	25
3.3 Cretáceo Superior.....	25
3.4 Terciário/Quartenário.....	26
3.5 Quaternário.....	26
CAPÍTULO 4: AS VEREDAS.....	30
CAPÍTULO 5: USO DO SOLO E FATORES INVESTIGADOS NA REGIÃO.....	35
5.1 Uso do Solo.....	35
5.2 Fatores investigados.....	41
5.2.1 Chumbo.....	42

5.2.2 Zinco.....	43
5.5.3 Cobre.....	43
5.2.4 Manganês.....	44
5.2.5 Ferro.....	45
5.2.6 Cádmio.....	45
5.2.7 Bário.....	46
5.2.8 Cobalto.....	46
5.2.9 Níquel.....	46
5.3 Outros parâmetros.....	47
5.3.1 Turbidez.....	47
5.3.2 Potencial hidrogênico (pH).....	48
5.3.3 Condutividade Elétrica (CE).....	48
5.5.4 Temperatura (C°).....	48
5.3.5 Magnésio.....	49
5.3.6 Alumínio.....	49
CAPÍTULO 6: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	50
6.1 Levantamento de dados de campo e amostragem.....	52
CAPÍTULO 7: APRESENTAÇÃO DOS DADOS E SEUS RESULTADOS.....	54
7.1 Estudo hidroquímico.....	54
7.2 Análise dos resultados.....	64
CAPÍTULO 8: CONCLUSÕES.....	66
CAPÍTULO 9: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, APÊNDICES E ANEXOS.....	68
9.1 Referências bibliográficas.....	68
9.2 Apêndices.....	72
9.2.1 Apêndice A: Planilha contendo a descrição física e ilustração das 45 veredas pré-selecionadas	72
9.3 Anexos.....	79
9.3.1 Anexo A: Resolução CONAMA nº. 357 de 17 de março de 2005.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Divisão do território brasileiro em doze regiões hidrográficas conforme a Resolução nº. 032/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.....	08
Figura 2: Mapa de localização da área de estudo da Bacia do Rio Formoso situada no município de Buritizeiro no Estado de Minas Gerais.....	13
Figura 3: Compartimentos geomorfológicos no município de Buritizeiro.....	16
Figura 4: Mapa tridimensional do terreno com a orientação dos principais rios e feições da Sub-bacia do Rio Formoso.....	18
Figura 5: Mapa de declividade da Sub-bacia Córrego do Formoso mostrando a distribuição da declividade	21
Figura 6: Mapa do contexto hidrográfico da Sub-bacia Córrego do Formoso, encaixada entre as sub-bacias da vizinhança.....	23
Figura 7: Mapa geológico da Sub-bacia do Rio do Formoso baseado no mapa da COMIG, 1994.....	27
Figura 8: Coluna geológica simplificada, mostrando a organização do acervo geológico baseado em fontes do projeto São Francisco, 2005.....	29
Figura 9: Esquema ilustrativo com a representação da descrição de caracterização das subunidades em uma vereda típica com possíveis ameaças ao seu papel vital de recarga.....	30
Figura 10: Vereda situada na parte central da Sub-bacia do Rio do Formoso em Buritizeiro, Minas Gerais.....	32
Figura 11: Vereda do Rio do Formoso – Fazenda Santa Maria, Buritizeiro, Minas Gerais.....	33
Figura 12: <i>Mauritia Flexuosa</i> popularmente conhecida como Buriti, em sua fase de frutificação. Buritizeiro, Minas Gerais.....	34
Figura 13: Uso e ocupação do solo em 1988.....	37
Figura 14: Uso e ocupação do solo em 1995.....	38
Figura 15: Uso e ocupação do solo em 2001.....	39
Figura 16: Mapa com a localização e organização das 45 veredas investigadas na Sub-bacia do Rio Formoso.....	53

Figura 17: Mapa de localização das 14 veredas analisadas na Sub-bacia do Rio do Formoso.....	55
Figura 18: Mapa de localização das 9 veredas analisadas na Sub-bacia do Rio do Formoso.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos parâmetros físicos e químicos das 14 amostras de veredas analisadas na Sub-bacia do Rio do Formoso.....	56
Tabela 2: Padrões estabelecidos para os dados analisados nas 14 veredas da Sub-bacia do Rio Formoso.....	57
Tabela 3: Dados dos parâmetros químicos das 14 veredas amostradas em Agosto/2005 cujos valores não se enquadram entre os padrões estabelecidos na tabela 2.....	58
Tabela 4: Descrição dos parâmetros físicos e químicos das 09 amostras de veredas selecionadas e detalhadamente analisadas na Sub-bacia do Rio Formoso.....	61
Tabela 5: Padrões estabelecidos conforme a Resolução CONAMA n°. 357/2005.....	62
Tabela 6: Dados dos parâmetros químicos das 09 veredas amostradas cujos valores não se enquadram entre os padrões estabelecidos na tabela 05.....	63

RESUMO

No *Cerrado*, encontra-se um ecossistema desenvolvido sob certas condições bem definidas e limitadas de umidade, ao qual são denominadas *veredas*. No sertão mineiro a expressão é comum na linguagem popular significando nascente de rio ou buritizal. Esse estudo compreende as veredas, consideradas importante ambiente ecológico, encaixadas na Sub-bacia do Rio do Formoso no município de *Buritizeiro* em Minas Gerais. Nestas áreas há uma recente expansão das atividades antrópicas como a silvicultura, atividades agrícola e pecuária extensiva, acarretando uma exploração descontrolada das fontes naturais. A percepção das transformações geoambientais que afetam diretamente o suprimento de água doce reduzindo o ciclo de vida das veredas é evidente. Este trabalho compreendeu o estudo do meio físico, biológico e socioeconômico da Sub-bacia do Rio do Formoso e teve como objetivo estabelecer relações entre parâmetros físico-químicos normalizados e de campo, visando ao entendimento da origem dessa interferência nas águas das veredas, seja ela antrópica ou natural pelo próprio embasamento rochoso. A identificação de ocorrência das alterações dos parâmetros físico-químicos baseou-se nos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº. 357/2005, permitindo assim verificar ações antrópicas que influenciam a descaracterização e possíveis alterações decorrentes destas ações nas veredas contribuindo para o desenvolvimento das pesquisas ambientais futuras de preservação, recuperação e preservação de possíveis áreas de ocorrência.

Palavras-chaves: *Cerrado, Veredas, Buritizeiro.*

ABSTRACT

In *Cerrado* there is a ecosystem developed under certain very defined and limited conditions of humidity, which are known as *Veredas*. In Minas Gerais' arid lands, this term is very common in the popular language, meaning river spring or *buritizal*. This study comprises the *Veredas*, considered to be important ecological environments embedded in the *Sub-bacia* in the River of Formoso in Buritizeiro, Minas Gerais. These areas show a recent expansion of the actions made for men, such as monocultivations of Pinus and Eucalyptus, agricultural activities and farming and cattle raising, leading to an uncontrolled exploitation of the natural resources. The perception of the geo-environmental transformations that affect the water supplement directly candy reducing the cycle of life of the trails is evident. This study investigated the socioeconomic, biological and middle physical in the River of Formoso in the *Sub-bacia*, and had as objective to establish relations between parameters normalized chemical-fisic and of field, aiming at to the agreement of the origin of this interference in waters of the trails, either antrópica or natural it for the proper rocky basement. The identification of alteration in the chemical parameters followed the values established by the Resolution CONAMA n°. 357/2005, what allowed the verification of actions made for men actions that influence in the original form and possible alterations arising out of these actions in the VEREDAS. This contributes to the development of future environmental research focused on the preservation, recuperation and preservation of possible changes in the areas.

Key-Words: *Cerrado, Veredas, Buritizeiro.*

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O Brasil, apesar de ainda possuir grande disponibilidade de água doce não contaminada em estado líquido, (cerca de 12% das reservas mundiais), deve, através de uma real e eficaz política de gestão dos seus recursos hídricos e ambientais, educar e conscientizar a sua população sobre a importância de proteger e preservar o meio ambiente aproveitando-se para tanto, de instrumentos gerenciais e de ações que permitam manter os padrões de qualidade adequados as necessidades de suas gerações futuras. (MELLO, 1992)

A água possui propriedades que servem para a avaliação do seu estado atual, como parâmetros físicos (temperatura, cor, odor, sabor e turbidez) e químicos (condutividade elétrica, dureza, alcalinidade, pH e sólidos totais dissolvidos e alguns constituintes iônicos como cálcio, cloretos, ferro, magnésio, manganês, nitratos, potássios e sódio).

Tais parâmetros nos fornecem determinados padrões característicos que as águas devem apresentar conforme a sua utilização. Esses padrões são estabelecidos pela legislação vigente (Resolução CONAMA nº. 357/2005). É importante ressaltar, que as composições químicas das rochas influenciam diretamente na composição química da água.

As alterações climáticas decorrentes de causas diretas e indiretas associadas às influências antrópicas, como a exploração descontrolada das fontes naturais e o desmatamento para fins agropastoris afetam diretamente o suprimento de água doce, reduzindo drasticamente o número e o ciclo de vida das veredas no Cerrado brasileiro.

A vereda é um tipo de ecossistema que se desenvolve sob certas condições bem definidas e limitadas de umidade na região dos cerrados, sendo identificados em geral, como cabeceiras ou nascente de rios, iniciando-se lá e abastecendo as grandes bacias hidrográficas do Brasil.

Segundo a Secretaria de Recursos Hídricos (SRH, 2006) do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2006), as grandes bacias hidrográficas no País são determinadas pelas bacias do Rio Amazonas; bacia do Rio Tocantins; bacias do Atlântico Sul (trecho norte e nordeste); bacia do rio São Francisco; bacia do Rio Paraná; bacia do Rio Paraguai; bacia do Atlântico Sul (trecho leste e sudeste); e pela bacia do Rio Uruguai (Figura 1).



Figura 1: Divisão do território brasileiro em doze regiões hidrográficas conforme a Resolução nº. 032/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2003).

No Planalto Central Brasileiro, se originam rios das mais importantes bacias brasileiras: a Amazônica (rios da margem direita), a Platina, e a do São Francisco.

A Região Hidrográfica do Rio São Francisco destaca-se pela sua importância vital em nível regional e nacional. Contempla fragmentos de diversos biomas, como o Cerrado, que cobre praticamente metade da área da bacia – de Minas Gerais ao oeste e sul da Bahia – a Caatinga, predominante no nordeste da Bahia, onde as condições climáticas são mais severas, e a Floresta Atlântica, que ocorre no Alto São Francisco, principalmente nas nascentes.

Em determinadas áreas da região do Cerrado brasileiro, as veredas destacam-se como um importante ambiente ecológico.

O Cerrado foi praticamente extinto nas chapadas do noroeste mineiro por práticas irracionais de carvoejamento e de desmatamento desordenado.

Quase toda a fitomassa natural do cerrado foi substituída principalmente entre as décadas de 70, 80 e 90, por imensos latifúndios com monocultura de pinus e eucaliptos, com produção comercial da soja, do milho, feijão e atualmente do café (BAGGIO, 2002). Fenômeno esse denominado ampliação das fronteiras agrícolas brasileiras.

No noroeste do Estado de Minas Gerais, as veredas se distribuem amplamente nos planaltos do São Francisco e na Depressão Sanfranciscana, embora restritas a certas áreas em contato com o lençol freático. A área abrangida vem se destacando por que além da silvicultura, modernas atividades agrícolas e a pecuária extensiva vêm ganhando espaço. Durante as últimas décadas o cerrado vem sendo extinto. Toda a sua fitomassa está sendo alterada e substituída por novos grupos monocultores que se instalaram na região dos Chapadões dos Gerais, a qual se insere o município de Buritizeiro.

Buritizeiro faz parte de uma das maiores bacias hidrográficas da região norte/noroeste do estado, a bacia do Rio São Francisco, e é detentor de uma das maiores malhas hídricas do estado mineiro.

A Sub-bacia do Rio do Formoso, inserida na bacia do Rio São Francisco drena uma área de aproximadamente 826 km² (BAGGIO, 2002).

A região conta com inúmeras veredas, cachoeiras e riachos que além de fornecer água, constituem atrativos turísticos da cidade, possibilitando a sobrevivência de aproximadamente 155 famílias que dependem basicamente dos recursos naturais provenientes da bacia de drenagem.

O acelerado impacto negativo sobre os recursos naturais vem se agravando pela acumulação de processos, tais como: a pressão exercida pela crescente expansão da agricultura comercial irrigada, em especial a de grãos; a utilização de práticas não adequadas às condições edafoclimáticas; a absoluta falta de práticas conservacionistas ao uso intenso e indiscriminado de agroquímicos; à falta do Plano Diretor e Zoneamento Ambiental entre outros.

Pelo volume de evidências de transformações geoambientais geradas pela ação do homem no ambiente físico e biologicamente frágil encontrado na área, os compartimentos representados requerem estudos e atenção especial por parte dos órgãos de apoio, como a administração municipal e programas técnicos específicos, no intuito de minimizar os impactos

ambientais negativos produzidos pela maximização dos lucros dos agricultores, pecuaristas, empresários entre outros.

O conhecimento da gênese, da dinâmica e da evolução dos processos que interferem nas condições de desequilíbrio ambiental, constitui-se de fundamental importância para a gestão do meio físico, biológico e sócio-econômico da região e em particular, o município de Buritizeiro.

1.1 OBJETIVO

O objetivo do projeto abordado neste trabalho é avaliar a situação ambiental e identificar as alterações pertinentes nas veredas que alimentam o Rio do Formoso afim de propor um efetivo ambiental para melhorar a qualidade deste geossistema.

- Entender o meio físico, biológico e sócio-econômico da sub-bacia do rio do Formoso;
- Analisar a situação geoquímica das veredas, determinando a presença de elementos químicos selecionados nas águas superficiais da Sub-bacia do rio do Formoso (pH, condutividade elétrica, temperatura, turbidez, Mg^{2+} , Al^+ , Fe^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Ba^+ , Pb^{2+}) verificando a ocorrência de acordo com a legislação vigente já mencionada e procurando as causas de uma suposta concentração de elementos e compostos;
- Mapear, descrever e georeferenciar as áreas de carga e descarga hídrica e as principais veredas analisadas;
- Sugerir respostas e metas para a solução de prováveis problemas ambientais existentes, afim de que se minimizem os prováveis impactos negativos nesses ambientes úmidos do cerrado.

A escala regional de estudo tem como base a descrição geológica, pedológica, geomorfológica e hidrológica fundamentada em pesquisas bibliográficas e trabalhos de campo.

A partir das escalas de análise, esse trabalho pretende contribuir para o desenvolvimento das pesquisas ambientais futuras de preservação, recuperação e preservação de possíveis áreas de ocorrência.

CAPÍTULO 2

DADOS GEOGRÁFICOS DA ÁREA EM ESTUDO

Descreve-se aqui, de forma objetiva características geográficas e informações sobre o trecho investigado (Rio do Formoso e São Francisco) enfocando a descrição de dados que reflitam a situação da região.

2.1 DESCRIÇÕES DO MEIO FÍSICO

2.1.1 Localização

O município de Buritizeiro localiza-se no Norte do Estado de Minas Gerais, correspondendo à parte do alto médio São Francisco, componente da microrregião Alto Médio São Francisco.

A bacia do rio do Formoso está inserida no quadrilátero delimitado pelas coordenadas de 17° 25' e 17° 56' de latitude Sul e 44° 56' e 45° 26' de longitude W, e está totalmente contida no município de Buritizeiro (Figura 2), drenando uma área de aproximadamente 826 km² (BAGGIO, 2002).

O município de Buritizeiro segundo o Anuário Estatístico de Minas Gerais, 2000-2001 (FJP, 2003) está inserido na zona fisiográfica denominada Alto Médio São Francisco na mesorregião geográfica de planejamento Norte de Minas a qual pertence à microrregião de Pirapora.

Situa-se aproximadamente a 364 km da capital mineira, e sua superfície de 7.236 km² encontra-se a 910 metros de altitude (Chapadão dos Gerais).

O município é limitado pelos municípios de Pirapora a leste, Várzea da Palma e Lassance a sudoeste, Barreiro Grande e São Gonçalo do Abaeté ao sul, João Pinheiro a oeste, Santa Fé de Minas e Ibiaí ao norte e Lagoa dos Patos a nordeste.

O acesso ao município de Buritizeiro se faz através do sistema rodoviário federal BR-365 e BR-496, e pelo sistema rodoviário estadual MG-161 e MG-408. As demais vias de acesso da região constituem-se por estradas vicinais que estão relativamente bem conservadas (DER/MG, 2006).

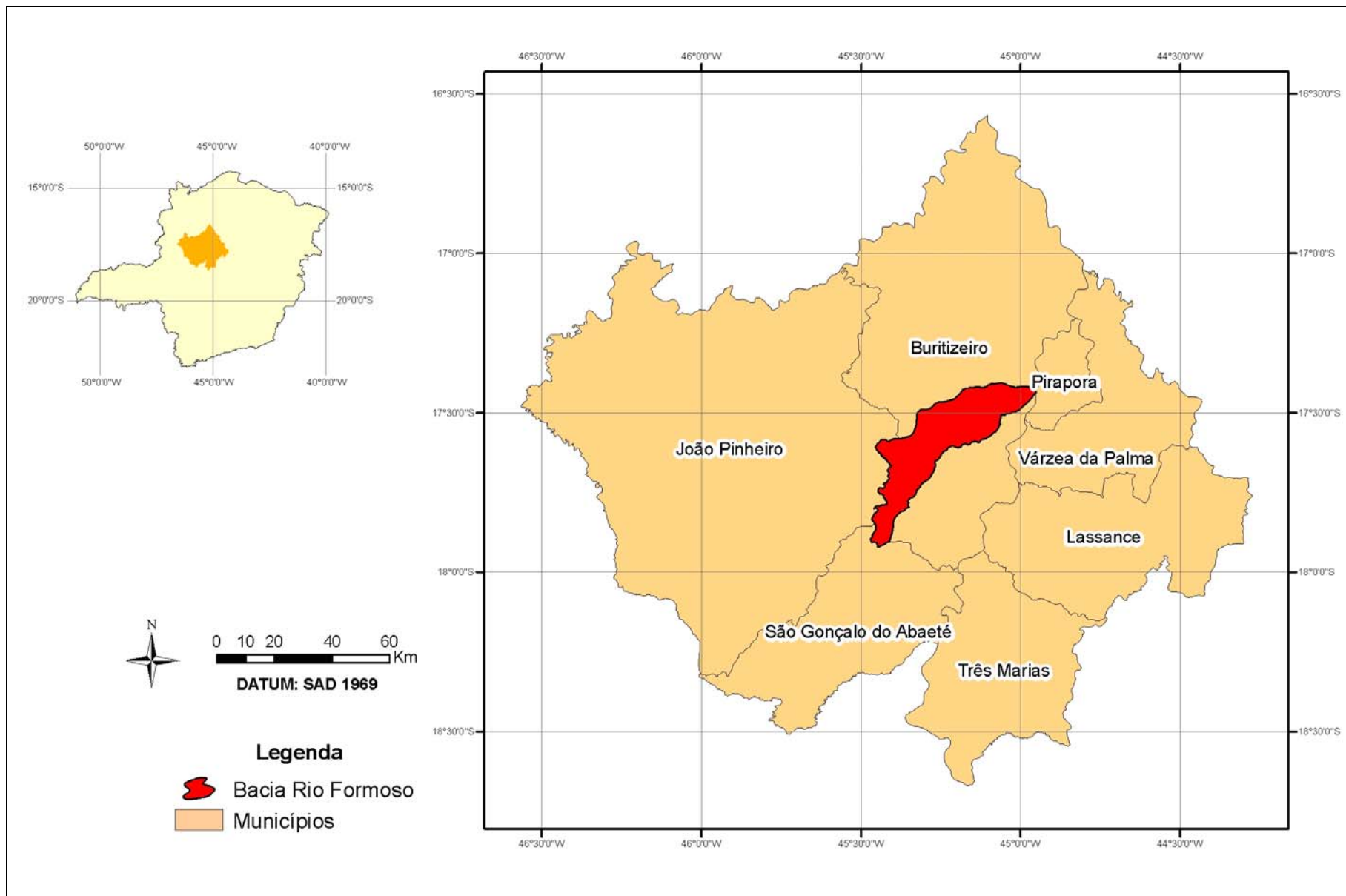


Figura 2: Localização da área de estudo da Bacia do Rio Formoso situada no município de Buritizeiro no Estado de Minas Gerais (Fonte: GEOMINAS, 2006).

2.1.2 Dados Históricos e Sociais

A sua história está ligada a São Romão e Pirapora, aos quais esteve vinculado como distrito. A aldeia dos índios caiapós, conquistada por Manoel Francisco Toledo, recebe o nome de São Romão. Mais tarde, essa denominação é mudada para Santo Antônio da Manga, e depois para São Francisco.

Em 1861, foi criado o distrito de Pirapora de São Francisco. Em 1911, com a criação do município de Pirapora, o distrito passa a integrá-lo com o nome de São Francisco de Pirapora. Em 1923, o nome do distrito é mudado para Buritizeiro e sua emancipação ocorre em 1962.

Entre os seus atrativos naturais destacam-se a Pedra Itacolomy, um pico de 30m de altura, com inscrições indígenas, e o Balneário das Pedras, piscinas com paredes de concreto, feitas no córrego das Pedras (SECRETARIA DA CULTURA, 1999).

O nome denominado por Buritizeiro foi devido a enorme quantidade de palmeiras do Buriti (*Mauritia vinífera*) existentes na região. Buritizeiro ao ser criado, dividiu-se em distritos e sub-distritos, destacando-se Cachoeira da Manteiga, Paredão de Minas, Cachoeira do Teobaldo, Lança e São Bento.

Em 1951, o Coronel Manoel José de Almeida, passando pela região de Buritizeiro, descobriu um prédio tomado por um matagal e quase que abandonado, onde resolveu criar um núcleo escolar, denominado Escola Caio Martins.

A escola foi inaugurada em janeiro de 1952, onde inicialmente atendia aos filhos dos pescadores da cidade, menores abandonados e filhos de pais que não tinham condições de criá-los, sendo tais famílias provenientes de Pirapora, Buritizeiro e região. Essa escola era considerada de grande valor para Buritizeiro, sendo ponto de referência para reuniões sociais, festejos, apresentações teatrais e reuniões políticas. Funcionava como centro de apoio para toda a comunidade, transportando doentes e gestantes, além de fornecer gratuitamente caixões, fabricados na própria serraria, para os falecidos. Também incentivava os jovens a exercer práticas profissionalizantes, tais como alfaiataria, padaria, marcenaria, serralheria, mecânica e sapataria.

Segundo informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2005), o município de Buritizeiro em 2000, possuía uma densidade demográfica de 3,58 hab/km², e constituía uma população economicamente ativa de 2.133 pessoas. Atualmente, possui uma população total de 26.798 habitantes.

2.1.3 Aspectos geomorfológicos e relevo

Segundo Baggio (2002), o relevo da área estudada é caracterizado por extensos planaltos com capeamento sedimentar e amplas depressões, dispostas na mesma direção dos cursos de água.

O relevo, ainda segundo esse autor foi compartimentado em duas grandes unidades: Planaltos do São Francisco e Depressão Sanfranciscana com suas variações morfológicas, que se deram em função da litologia, morfologia, posição topográfica e do grau do retrabalhamento erosivo atingidas pelas superfícies.

Valadão & Augustin (1994) descrevem na porção central mineira, amplas e recorrentes coberturas cretáceas que ocupam o topo das chapadas esculpidas pela erosão regressiva dos afluentes da margem esquerda e direita do rio São Francisco. Ainda segundo os mesmos autores, essas coberturas, foram depositadas pela ação de sistemas flúvio-eólicos, que marcaram o encerramento do preenchimento da Bacia Sanfranciscana durante o Cretáceo Superior, quando a sedimentação Urucuia passou a receber importantes contribuições detríticas, provenientes das unidades quartzíticas mesoproterozóicas do Supergrupo Espinhaço encontradas na serra do Espinhaço e do Cabral.

O planalto do São Francisco é formado por relevos tabulares predominantemente areníticos, recobertos pela vegetação de cerrado e entrecortados por cabeceiras de drenagem pouco profundas, conhecidas como veredas.

A gênese atribuída a esse tipo de forma, que recebe o nome de chapada, está relacionada com sucessivos reencaixamentos fluviais, a partir de uma sucessão de drenagens superimpostas às coberturas sedimentares do Cretáceo Superior.

Dentro destas duas macro-unidades geomorfológicas, o relevo na área investigada (Sub-bacia do Rio do Formoso) pode ser compartimentado em três variações morfológicas ilustradas na figura 3 e descrito a seguir.



Figura 3: Compartimentos geomorfológicos no município de Buritizeiro.

- (1): Superfície Tabular – Chapadão, de cotas altimétricas de 800 a 1000 m;
 - (2) Superfície Intermediária de cotas altimétricas 600 a 800 m;
 - (3) Depressão Interplanáltica de cotas altimétricas de 500 a 600 m.
- (Fonte: VIANA, 2005).

Superfície Tabular (1): Situa-se entre as cotas altimétricas de 800 a 1000 m, recobrando a maior área da Bacia, litologicamente constituídas por arenitos avermelhados da Formação Chapadão. (BAGGIO, 2002), possuindo uma morfologia tabular com escarpas erosivas, na maioria das vezes prolongando-se em tálus. Essa superfície funciona como área de carga dos aquíferos cretáceos, sendo de grande importância hidrológica.

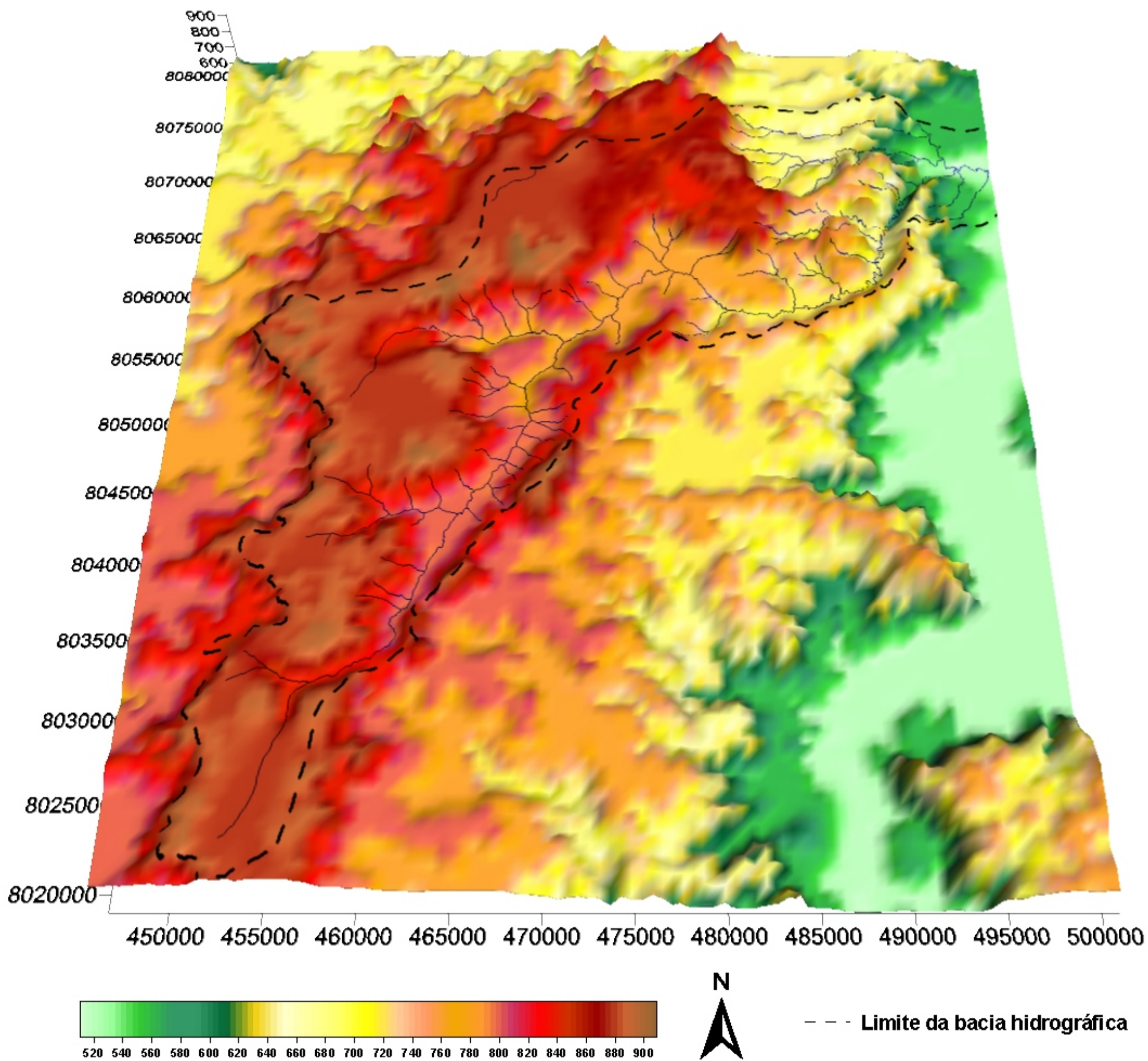
Superfície Intermediária (2): Situada entre as cotas altimétricas de 700 a 800 metros, em geral sobreposta sobre rochas areníticas róseo-avermelhadas com manchas de descoloração da Formação Areado do Cretáceo Inferior. Correspondem as extensas superfícies geralmente tabulares e rebaixadas, podendo apresentar às vezes morfologia de vertentes policonvexas, algumas ravinadas e vales encaixados onde se instalam os alinhamentos de Buritis.

Depressão Interplanáltica (3): Posicionada entre as cotas altimétricas de 500 a 600 metros, demonstra uma variedade de aspectos litológicos e corresponde à superfície de

aplainamento Pleistocênica mais nova da área. Segundo Baggio (2001), é constatado alguns pontos de instabilidade ou semi-estabilidade nessas áreas de peneplano, o que pode ser justificado pelo baixo declive.

A figura 4 mostra um modelo tridimensional de terreno, em que está inserida a Bacia Hidrográfica do Rio do Formoso.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO FORMOSO MODELO TRIDIMENSIONAL DE TERRENO



Org.: Viana, Veridiana Mendes F. Cristofolo (2006)

Figura 04 :Mapa tridimensional do terreno com a orientação dos principais rios e feições da Sub-bacia do Rio do Formoso. Ver-se bem a inclusão da bacia na interface entre o planalto e a Bacia do São Francisco propriamente dito, como também a influência da geologia e das estruturas tectônicas na formação do vale do Rio do Formoso.

Percebe agravamento das condições geoambientais dos compartimentos geomorfológicos gerado pela grande utilização dos mesmos por atividades agropecuárias.

A incidência de desmatamentos e queimadas vem acarretando a desperenização de cursos de água constatada em certos locais, a destruição da matéria orgânica bem como dos micro-organismos ocasionando a degradação do solo, de maneira desordenada em áreas próximas a veredas e cabeceiras de cursos de água, desconsiderando o fator da declividade que, constitui subsídio de fundamental importância ao desenvolvimento do uso e ocupação do solo.

Para um aproveitamento responsável do uso e ocupação do solo nesses compartimentos, algumas sugestões de caráter geomorfológicos listadas a seguir:

- Preservar o restante da cobertura vegetal existente, principalmente em vertentes com declividades iguais ou superiores a 40%, bem como nas cabeceiras, veredas e ao longo dos cursos de água. Tal procedimento evitará a progressão dos efeitos erosionais acelerados em novas áreas, além de permitir o predomínio da pedogênese local em função da infiltração, com conseqüente abastecimento do lençol freático, contribuindo para uma tendência a perenização dos cursos efluentes (BAGGIO, 2001);
- Replântio da vegetação, de preferência com espécies heterotípicas nativas da região, principalmente nos pontos considerados de instabilidade crônica ou generalizados, bem como outras práticas que se fizerem necessários, procurando evitar a progressão de ravinamentos e voçorocas (BAGGIO, 2001);
- Tratos culturais, visando o conservadorismo, além de outras práticas de manejo, como a redução do número de arações e subsolagens. A aração deve ser superficial, quando indispensável, considerando-se a baixa espessura dos solos, principalmente na superfície intermediária (BAGGIO, 2001);
- Programar ações de educação ambiental em nível municipal, na busca de uma melhor consciência social, entre outras (BAGGIO, 2001).

Diante disso, deve-se observar que o processo de ocupação e a própria intensificação da produção da natureza não se vincula apenas às condições edafológicas da área, mas, sobretudo ao valor atribuído à propriedade portadora de tais aspectos.

A qualidade dos solos e a própria posição geográfica da área constituem-se em subsídios de importância ao desenvolvimento da produção. E o relevo, suporte das referidas condições agravantes das derivações processuais, como mercadoria, intensifica o processo de especulação, proporcionando interesse àqueles que detêm o capital.

2.1.4 Declividade

Na figura 5 observa-se a declividade altimétrica da região onde está inserida a Sub-bacia do Rio do Formoso em que se encontram as veredas estudadas.

As veredas se revelam como um sistema natural de ampla distribuição apresentando forte ligação com o relevo aplainado, com o nível do lençol freático e com o fluxo de drenagem.

Essa distribuição influi diretamente nas atividades antrópicas.

Áreas da parte oeste da bacia, à margem esquerda do rio, são formadas por chapadões com poucos rios encaixados, apresentando uma superfície mais regular. Essa superfície é a mais propícia em toda a bacia para as atividades agropecuárias.

A parte leste, à direita da drenagem, constitui uma planície com rios encachoeirados formando um relevo irregular de difícil acesso.

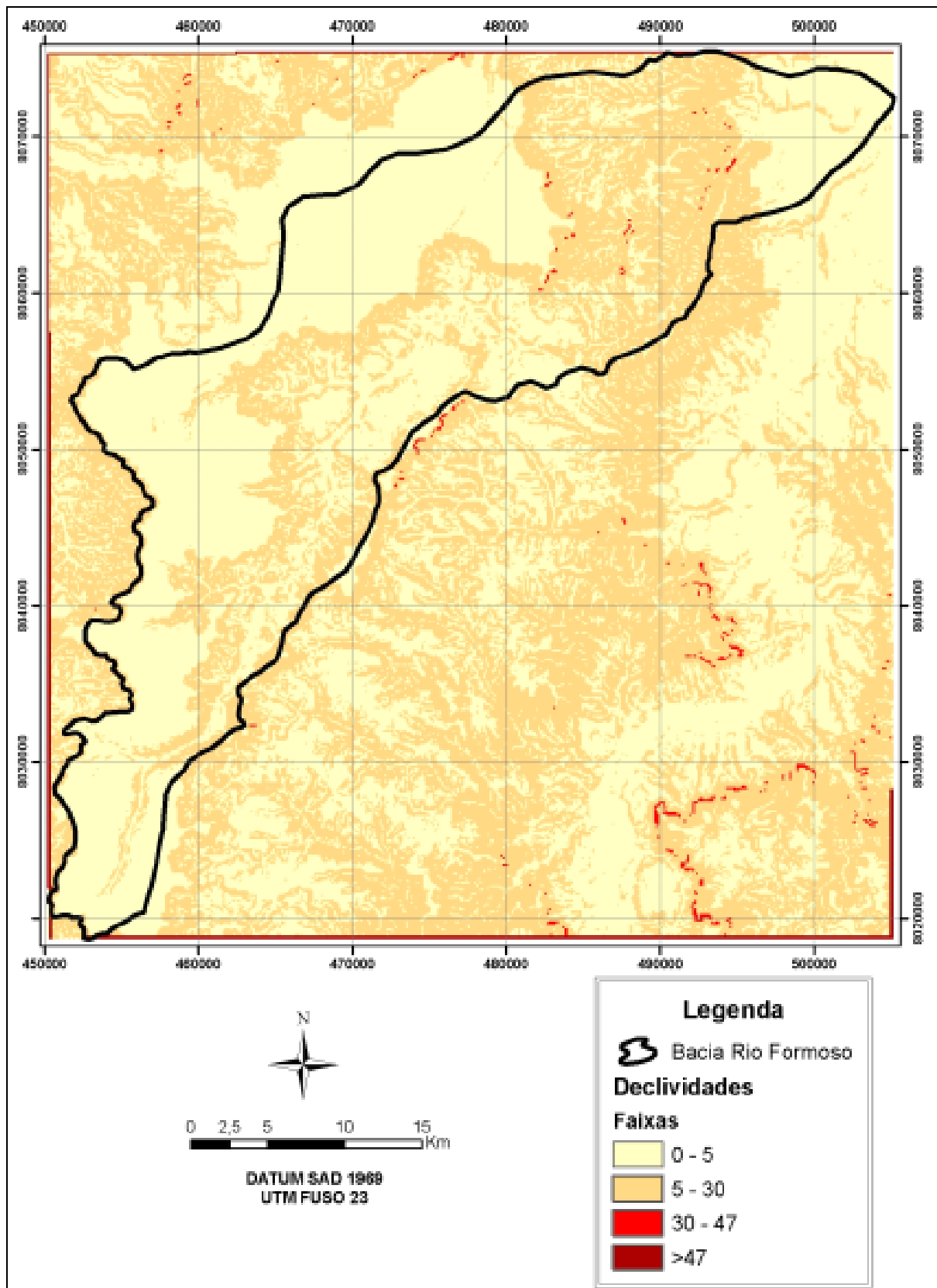


Figura 5: Mapa de declividade da Sub-bacia Córrego do Formoso mostrando a distribuição da declividade. Nota-se que os terrenos na parte noroeste estão mais planos do que na parte centro-leste da bacia (Fonte: Baseado em dados do SRTM/NASA, 2004).

2.1.5 Divisão Morfoclimática e Fitogeográfica

Segundo a divisão morfoclimática e fitogeográfica do Brasil por Ab'Saber (1971), a região pertence ao Domínio dos Chapadões Tropicais Interiores com Cerrados e Florestas de Galerias, ou simplesmente Domínio dos Cerrados.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1987) inseriu a região das Savanas – Cerrados e Campos Gerais Tropicais.

Já o Instituto Estadual de Florestas (IEF, 2000) definiu os seguintes tipos vegetacionais: Floresta Tropical Subcaducifólia; Floresta Estacional Decidual; Savanas e as Formações Pioneiras como os Buritizais ou Veredas; Vegetações de Várzeas, além dos Tratos antrópicos como o reflorestamento e a agropecuária.

No norte do estado, na área semi-árida se encontra a caatinga, mata típica nordestina, constituindo formações vegetais caracterizadas por plantas espinhosas, galhos secos e poucas folhas (SENAC, 2006).

2.1.6 Hidrografia

O Rio do Formoso tem suas nascentes localizadas no Chapadão dos Gerais e na Serra do Morro Vermelho, a uma altitude de aproximadamente 950 metros, numa superfície tabular - constituída pela Formação Chapadão com sedimentos arenosos que capeiam esta superfície no município de Buritizeiro (Figura 6).

Seu fluxo escoia inicialmente na direção nordeste até a confluência com o córrego das Areias situado numa faixa com cota altimétrica de 850 m (superfície intermediária) constituída por arenitos da Formação Areado do Cretáceo/Inferior e Grupo Bambuí do Neoproterozóico da Formação Três Marias – quando faz uma inflexão em direção leste até a foz no rio São Francisco a uma altitude de 540 m, correspondendo à depressão Sanfranciscana com residuais do São Francisco – constituído por depósitos aluvionares e de terraço do Cenozóico, percorrendo aproximadamente 90 km.

Seus principais afluentes ocorrem pela margem esquerda: Córrego das Veredas do Morro Vermelho, Paulo Geraldo e Areias, sendo que, praticamente todas as cabeceiras de drenagem encontram-se localizadas nas bordas de escarpas do Chapadão dos Gerais, constituindo-se de veredas (BAGGIO, 2003).

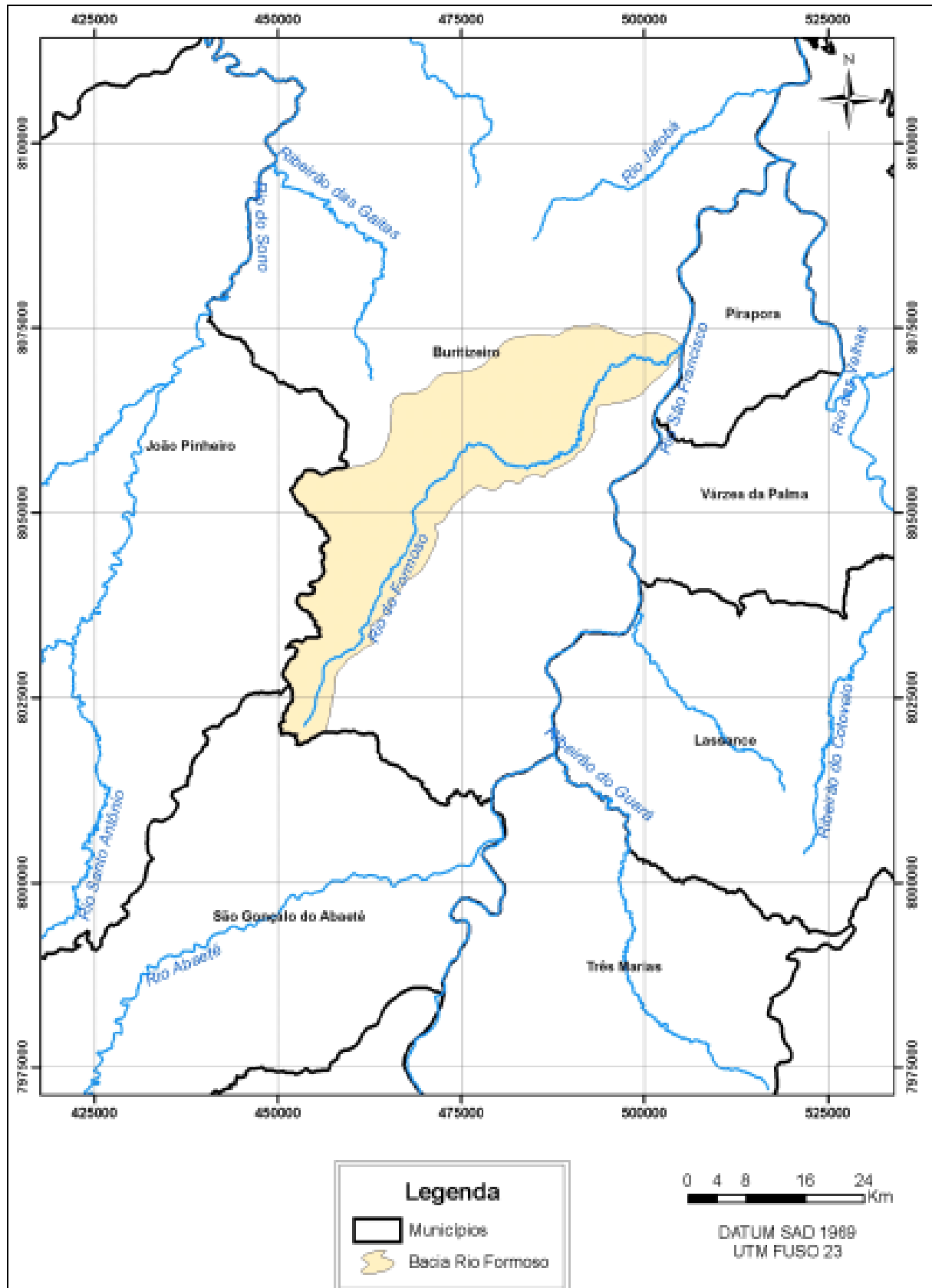


Figura 6: Mapa do contexto hidrográfico da Sub-bacia Córrego do Formoso, encaixada entre as sub-bacias da vizinhança. Observa-se que a área noroeste de contribuição da Sub-bacia do Formoso é bem maior que a área sudeste. (Fonte: GEOMINAS, 2004).

CAPÍTULO 3

GEOLOGIA AMBIENTAL DA ÁREA

As descrições das unidades litoestratigráficas do mapa geológico da região da Sub-bacia do Rio Formoso, estão dispostas a seguir, das unidades mais antigas para as mais recentes, as quais estão ilustradas na figura 7 e através do perfil geológico simplificado apresentado na figura 8 após a exposição explicativa.

3.1 PROTEROZÓICO SUPERIOR

As unidades litoestratigráficas neoproterozóicas descritas neste período constituem coberturas do Cráton do São Francisco e aquelas que ocorrem nas faixas móveis Araçuaí, Alto Rio Grande e Brasília.

❖ Cráton do São Francisco

O Cráton do São Francisco é limitado pelas faixas móveis desenvolvidas no Ciclo Brasileiro que correspondem (no território mineiro) ao segmento meridional da Faixa Brasília, à Faixa Alto Rio Grande e a Faixa Araçuaí.

O Cráton do São Francisco tem seu embasamento largamente exposto na porção sul, onde é representado por terrenos granito-gnáissico com intercalações de terrenos tipo *greenstone*. No restante de sua área aparecem coberturas sedimentares pré-cambrianas constituintes do Grupo Bambuí, da Formação Jequitai e do Supergrupo Espinhaço, além de capeamentos fenerozóicos.

O Grupo Bambuí constitui a principal unidade no Cráton do São Francisco, pela sua grande extensão e pelas características relativamente constantes dos seus sedimentos.

❖ Grupo Bambuí

A tectônica brasileira, focada nas faixas móveis Araçuaí e Brasília, induziu expressiva deformação regional nas rochas do Grupo Bambuí, de tal modo que apenas uma faixa central em forma de ampulheta, foi poupada dos efeitos compressivos no território mineiro (ALKMIM *et al.*, 1993).

O Grupo Bambuí é representado por uma mega seqüência pelito-carbonatada (Subgrupo Paraopeba), que se depositou (após a Glaciação Jequitai) em ambiente de

plataforma carbonática isolada, anteriormente as seqüências siliciclásticas de seu topo (Formação Três Marias), depositadas em bacias de antepaís.

A Formação Jequitaí ocorre sotoposta ao Grupo Bambuí e se sobrepõe ao Supergrupo Espinhaço, ao Grupo Paranoá e ao embasamento granito-gnáissico do Cráton do São Francisco. Esta formação é constituída essencialmente por tilitos e diamictitos, aos quais se subordinam varvitos e arenitos.

3.2 MESOZÓICO

O Mesozóico é representado por seqüências sedimentares vulcânicas das bacias do Paraná e Alto Sanfranciscana, pelas suítes intrusivas alcalinas no oeste, sudoeste e sul do Estado e intrusões localizadas de *pipes* e diques de suítes kimberlítico-lamproíticas no oeste mineiro.

A Bacia Alto Sanfranciscana engloba os grupos Areado e Mata da Corda e a Formação Urucuia, com extensas posições desde a região centro-oeste até o extremo norte do Estado.

3.3 CRETÁCEO SUPERIOR

Na Bacia Alto Sanfranciscana a sucessão de rochas cretáceas (da base para o topo) é composta pela Formação Urucuia, Grupo Mata da Corda e Grupo Areado.

O Grupo Mata da Corda (LADEIRA & BRITO, 1968) foi subdividido, da base para o topo, nas formações Patos e Capacete. Segundo Hasui (1969), a Formação Patos é representada por derrames, brechas, lapilitos, tufos e cineritos máficos e ultramáficos. Sua base é denominada por rochas piroclásticas, enquanto em seu topo acumulam-se derrames alcalinos (SEER *et al.*, 1989). A Formação Capacete é constituída por arenitos cineríticos, localmente conglomeráticos, com cimento carbonático (LADEIRA *et al.*, 1989). Esta formação é equivalente da Formação Uberaba da Bacia do Paraná.

O Grupo Mata da Corda ocorre somente na região oeste de Minas Gerais e está associado ao desenvolvimento da ampla zona de arqueamento, denominado Soerguimento do Alto Paranaíba, que condiciona a distribuição do vulcanismo máfico-ultramáfico alcalino, das intrusões alcalinas, carbonáticas e kimberlíticas (HASUI & HARALYI, 1991).

A Formação Urucuia, assim denominado por Costa *et al.* (1976), é constituída por um pacote de arenitos bem selecionados que têm, na base, conglomerados monomíticos com seixos de quartzo ou quartzito e arenitos argilosos. A unidade distribui-se amplamente entre os rios Paracatu e Urucuia. Estratificações cruzadas acanaladas de grande porte indicam ambiente de deposição fluvial.

Segundo Hasui (1969), a denominação formal do Grupo Areado é a sucessão sedimentar subdividida, da base para o topo, nas formações Abaeté (composta por conglomerados e arenitos fluviais, sendo que o ambiente de sedimentação é interpretado como leques aluviais e sistema de rios entrelaçados), Quiricó (representada por siltitos e argilitos esverdeados, com níveis betuminosos arenosos e carbonáticos,ossilíferos) e Formação Três Barras (constituída por arenitos calcíferos e conglomeráticos, siltitos, argilitos e folhelhos). Esta unidade interdigita-se lateralmente e sobrepõem-se as formações Abaeté e Quiricó.

3.4 TERCIÁRIO/QUATERNÁRIO

As coberturas detríticas cenozóicas de idade indiscriminada (quaternário/terciário), tratam-se de eluviões e coluviões eventualmente associados a sedimentos aluvionares de canais suspensos, que se apresentam em graus variados de laterização. Couraças ferruginosas localizadas denunciam sítios intensamente laterizados, que protegem as superfícies de aplainamento da erosão atual.

3.5 QUATERNÁRIO

O Quaternário é constituído por depósitos sedimentares detríticos, inconsolidados, acumulados nos vales dos grandes cursos de água, em encostas atuais e pré-atuais e em superfícies de erosão mais novas que a Superfície Sul-Americana (KING, 1956). São eluviões e coluviões relacionados com a esculturação do relevo atual que apresentam feições neotectônicas (SAADI, 1991).

Os sedimentos aluvionares são representados por areias, cascalhos, siltes, argilosos e termos mistos, com ou sem contribuições orgânicas, depositadas em ambiente fluvial, ao longo de calhas, planícies de inundação e terraços. As coberturas coluvionares são constituídas por areias silto-argilosas, com grânulos e seixos, em geral de quartzo, quartzito e canga limonítica, tendo cascalheira ou linha de seixos na base. Recobrem encostas resultantes da morfogênese atual e pré-atual.

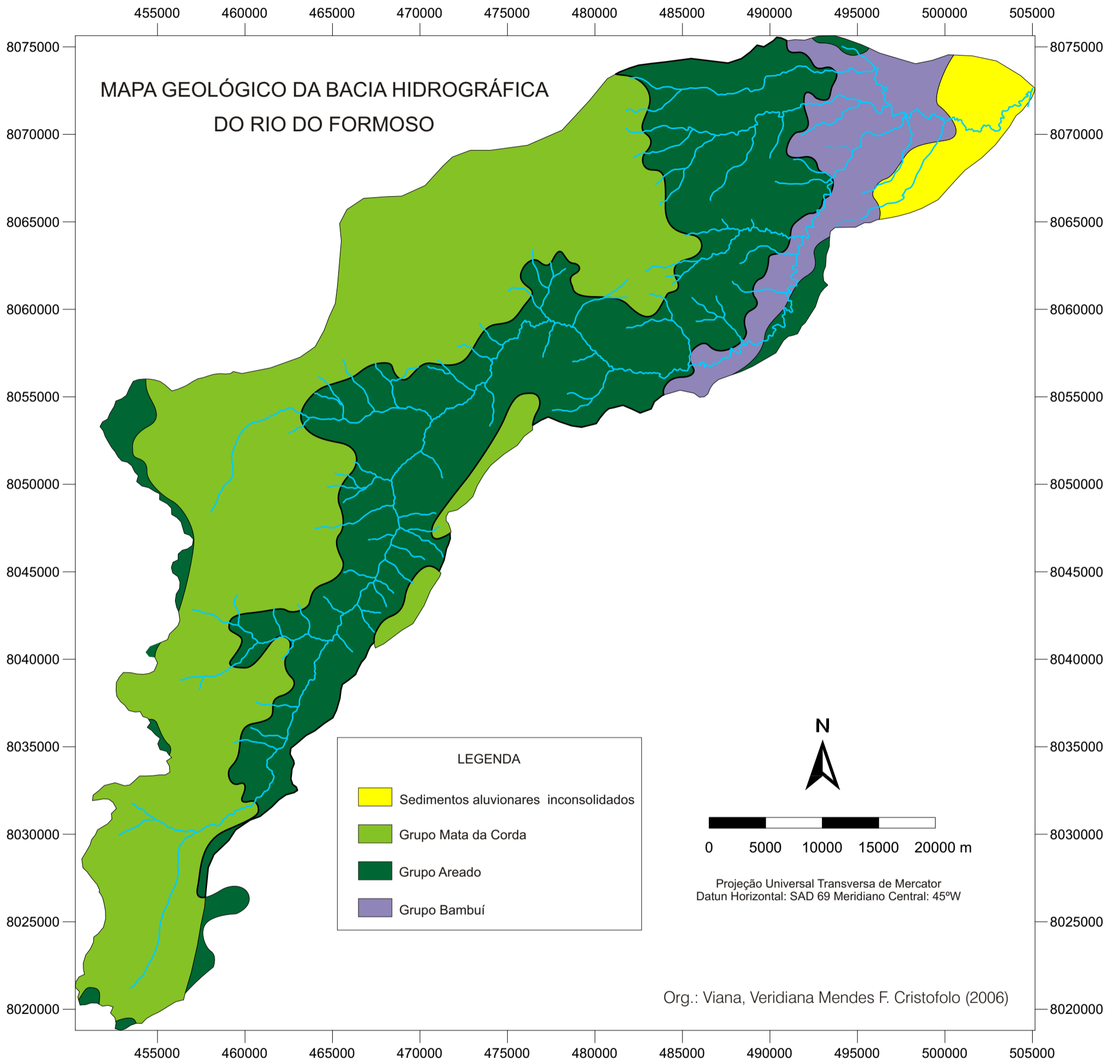


Figura 07: Mapa geológico da Sub-bacia do Rio Formoso baseado no mapa geológico da COMIG, 1994.

A figura 8 demonstra a coluna geológica estratigráfica específica da região da Bacia do São Francisco, do embasamento até o cretáceo.

Na Sub-Bacia do Rio do Formoso ocorrem somente unidades do Grupo Bambuí e do Cretáceo (Areado, Mata da Corda e Urucuia).

As unidades estratigráficas geológicas e sua constituição rochosa influenciam diretamente na drenagem do Rio do Formoso.

A bacia do São Francisco é representada pelas Formações Urucuia, Grupo Mata da Corda e Grupo Areado. Esses sedimentos, devido a sua disposição tubular, apresentam superfície profundamente retalhada com seccionamento dos domínios de acumulação, que facilita o rápido retorno das águas a superfície como escoamento de base dos rios.

A Formação Urucuia é essencialmente arenosa com arenitos de granulometria fina a grosseira (conglomerados).

O Grupo Mata da Corda é composta por sedimentos silicáticos ácidos, arenitos e conglomerados.

O Grupo Areado é dividida em três unidades: inferior (constituída por folhelhos, siltitos e argilitos); intermediária (arenitos avermelhados de granulometria fina e média, matriz argilosa com seixos, arenito e siltito); e superior (compreende arenitos finos argilosos, passando a siltitos argilosos).

No Grupo Bambuí, destacam-se os pelitos, arenitos e metapelitos. Observa-se uma progressiva predominância da fácies carbonáticas em direção ao norte do estado.

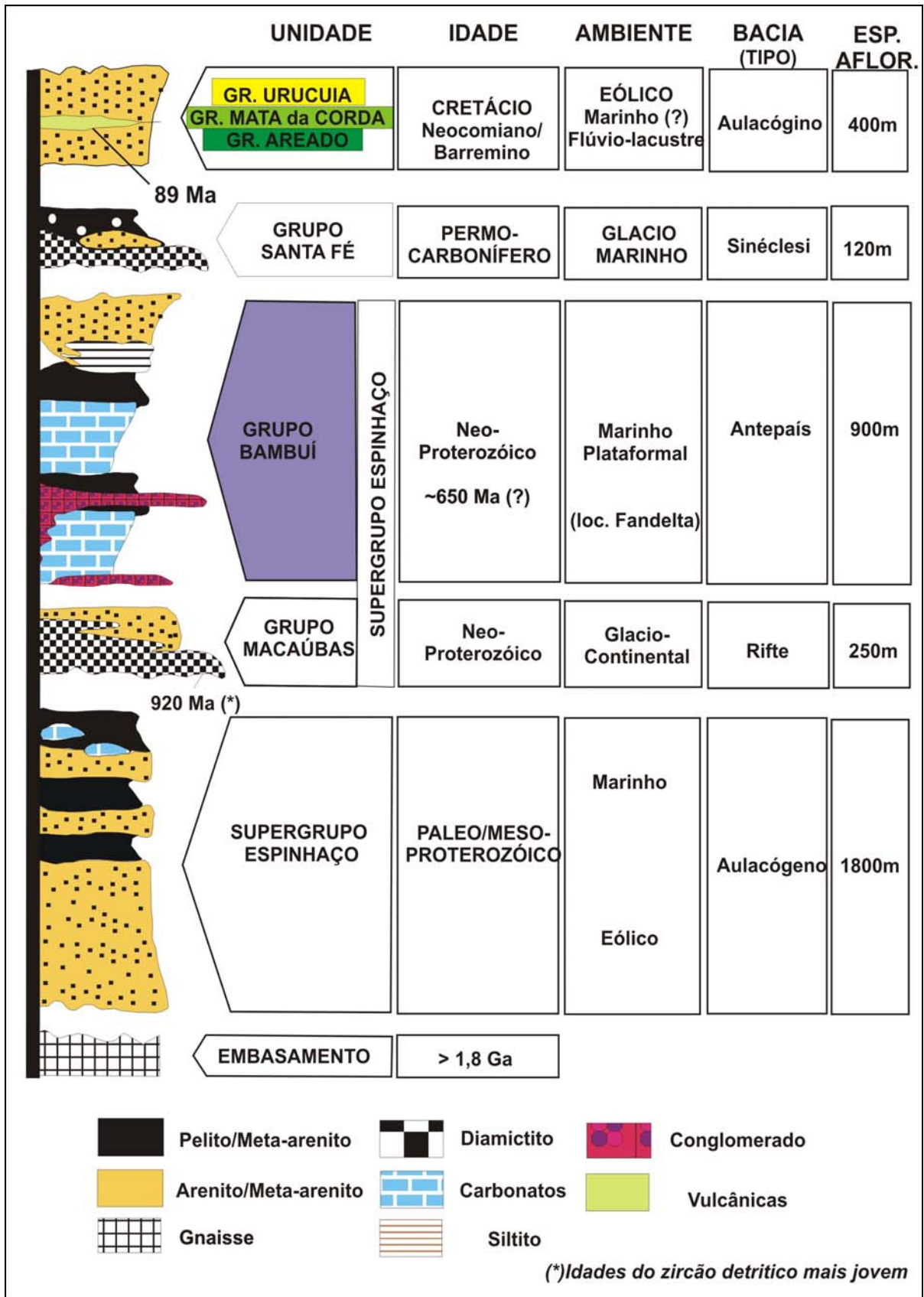


Figura 8: Coluna geológica simplificada, mostrando a organização do acervo geológico baseado em fontes do Projeto São Francisco - 2005.

CAPÍTULO 4

AS VEREDAS

O objeto vereda constitui um tipo de ecossistema, que se desenvolve sob certas condições de umidade em região com cerrados, sendo identificadas, em geral, como cabeceiras ou nascentes de rios (MELO, 1992). É, portanto, uma depressão aberta, rasa e alongada, com vertentes suaves e fundos plano com solos turfosos permanentemente saturado por água de exsudação do lençol freático (BOAVENTURA, 1978).

Na literatura científica no campo da Geomorfologia encontra-se a seguinte definição e caracterização de veredas: “As veredas são formas ligeiramente deprimidas dentro das chapadas, ocupadas principalmente por nascentes de pequenos cursos de água. (...) No tempo de chuvas. Essas veredas podem ficar muito pantanosas e no inverno reduzem-se a fontes, mas sempre há água”.

Segundo Melo (1978), a caracterização das veredas na região de Pirapora se distingue em quatro subunidades (zona do envoltório, zona seca, zona encharcada e zona do canal) diferenciadas por seus aspectos pedológicos, botânicos, hidrológicos e topográficos, os quais são ilustrados na representação esquemática (Figura 9) e descritos a seguir.

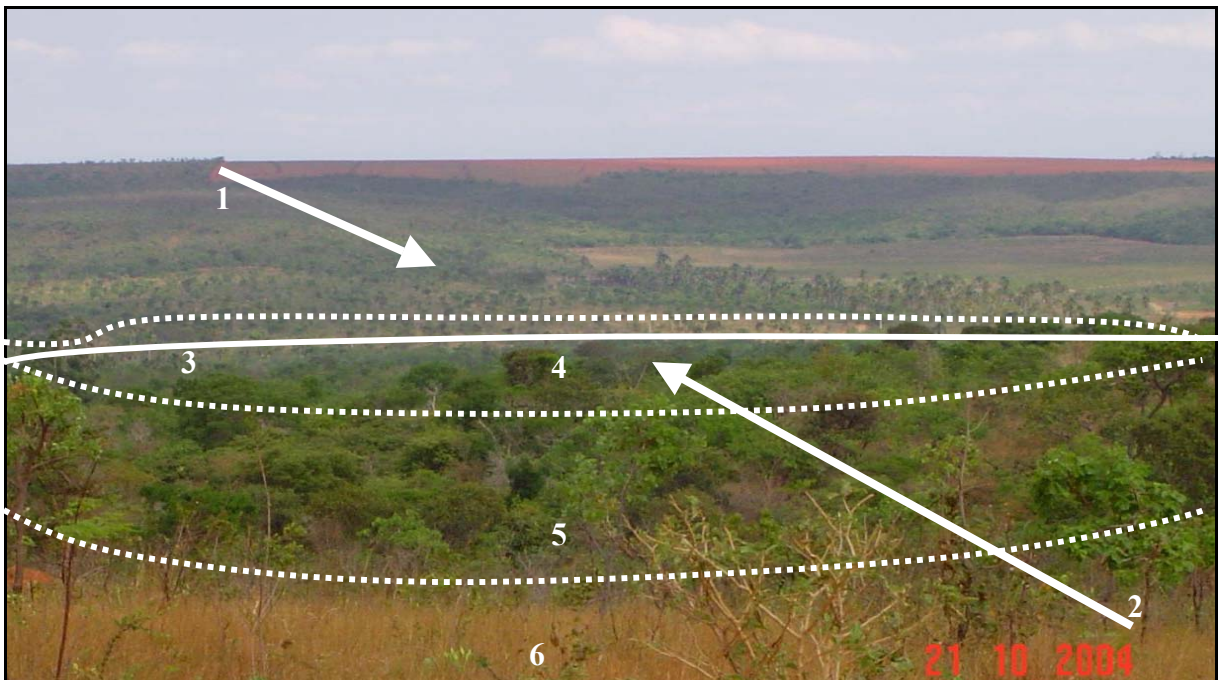


Figura 9: Esquema ilustrativo com a representação da descrição de caracterização das sub-unidades em uma vereda típica com possíveis ameaças ao seu papel vital de recarga.

- (1) Desmate para plantio – Assoreamento; (2) Agropecuária – Contaminação química e biológica; (3) Zona do canal; (4) Zona encharcada; (5) Zona do envoltório; (6) Zona seca. (Fonte: VIANA, 2005).

Zona do envoltório: constitui a parte da área da superfície tabular que contorna a vereda. Caracteriza-se por cobertura vegetal de cerrado em solo areno-quartzoso com predomínio de areia muito fina.

Zona seca: tem início no limite da zona do envoltório com o vale e equivale praticamente as vertentes. Apresenta solo hidromórfico com mosqueamento, com camadas de areia muito fina a sílica revestido por uma cobertura vegetal de gramíneas.

Zona encharcada: compreende o fundo plano da vereda preenchido por uma camada de 40 a 80 cm de espessura de solo areno-argiloso de cor preta capeado em geral por 20 cm de turfa.

Zona do canal: corresponde ao escoamento de água na vereda de início sobre o solo turfoso e a jusante, num talvegue pouco aprofundado.

Barbosa (1967) e Branco (1961) relacionam a origem das veredas ao afloramento do lençol freático, onde a topografia intercepta o contato entre duas camadas de rochas de permeabilidades diferentes.

As veredas são consideradas fontes perenes de águas além de serem abrigos de todos os animais inclusive as aves do cerrado.

Além disso, controlam o equilíbrio biológico de pragas fundamental para a sobrevivência das florestas homogêneas, revelando um importante papel ecológico, além de fonte de água para uso doméstico e manutenção da bacia hidrográfica entre outros.

Em 1957, no romance “Grande sertão: Veredas” de João Guimarães Rosa, a palavra vereda foi empregada na acepção natural regionalista e conceituou como cabeceiras de cursos de água cercadas de Buritis e Pindaíbas do cerrado dentro da região Sanfranciscana.

Conhecer as peculiaridades das veredas é de fundamental importância para a identificação não só da área do dreno principal como também toda sua abrangência.

A seguir, as figuras 10 e 11 ilustram veredas típicas encontradas na região de Buritizeiro.



Figura 10: Vereda situada na parte central da Sub-bacia do Rio do Formoso em Buritizeiro, Minas Gerais. Mostra-se alongada, geralmente úmida e flanqueada pela vegetação típica de veredas, como Buritis e vegetação rasteira na zona encharcada. (Fonte: VIANA, 2004).

Observa-se na figura 10 as feições típicas como Buritis e mata hidrófila na zona encharcada, e vegetação de médio porte nas margens do afloramento de água da vereda.

Nota-se que a vereda é um vale com vertentes suaves e fundo chato com pequeno declive para jusante. Na cabeceira ela toma a forma semicircular que se estende para montante como uma discreta depressão.

Por constituírem áreas úmidas dentro do Bioma Cerrado sofrem a constante pressão exercida pelo plantio generalizado de pinus e eucalipto e com as atividades agropecuárias, atividades estas que captam água diretamente da drenagem das veredas ou do próprio Rio do Formoso.



Figura 11: Vereda do Rio do Formoso – Fazenda Santa Maria, Buritizeiro, Minas Gerais. Nota-se em primeiro plano um campo graminoso herbáceo e em segundo plano, vegetação de médio porte e Buritis marginais (Fonte: VIANA, 2004).

A figura 11 representa uma vereda seca, onde o lençol freático não aflorou na superfície. Permanece assim durante a seca, bem como no resto do ano. A vegetação rasteira, ainda remanescentes da original, vem sendo substituída por pastagem. Está localizada ao norte da Sub-bacia do Rio do Formoso, na qual se destaca no primeiro plano, um campo graminoso herbáceo, e em segundo plano, vegetação de médio porte e Buritis marginais. As suas formas são irregulares até ovais.

A partir da década de 80 e 90 a fronteira agrícola local expandiu de forma rápida e desorganizada, com a chegada à região de grandes grupos agrícolas capitalizados, transformando a paisagem agrícola municipal.

O símbolo das veredas tem como nome científico *Mauritia flexuosa*, (Figura 12), mas é conhecido popularmente por Carandá-guaçu, palmeira do brejo ou coqueiro-buriti.

O Buriti é uma palmeira original do Brasil, de regiões brejosas de várias formações vegetais com porte elegante, de estirpe ereta podendo alcançar até 35 metros de altura, possui folhas grandes, dispostas em leque flores em longos cachos de coloração amarela que surgem de dezembro a abril.



Figura 12: *Mauritia Flexuosa* popularmente conhecida como Buriti, em sua fase de frutificação. Buritizeiro, Minas Gerais (Fonte: VIANA, 2004).

A vegetação observada nesta foto constitui a fase final da frutificação de um Buriti, a qual está inserida em uma área plana de vegetação típica de cerrado – vereda.

CAPÍTULO 5

USO DO SOLO E FATORES INVESTIGADOS NA REGIÃO

Uma breve descrição do uso e ocupação do solo, implicações quanto ao seu uso, e algumas propriedades, características e possíveis ocorrências dos fatores investigados, encontram-se descritas neste capítulo.

5.1 USO DO SOLO

A área que abrange a superfície tabular (Figura 3 – compartimento 1) vem se destacando economicamente, porque modernas atividades agropecuárias intensifica-se cada vez mais.

Dentro da superfície intermediária (Figura 3 – compartimento 2), segundo dados de trabalhos de campo realizados, observa-se o uso da terra em pastagens para pecuária extensiva, principalmente no domínio das formas tabulares e em menor escala nas formas mais convexas.

Nota-se a incidência de desmatamentos em áreas de cabeceiras e veredas, em áreas íngremes, entre outras, que vem agravando principalmente a degradação no solo, contrariando a legislação vigente.

Comparando os mapas de uso e ocupação do solo nos anos de 1988 (Figura 13), 1995 (Figura 14) e 2001 (Figura 15) elaborados através de imagens de satélites podem-se observar a evolução negativa, ou seja, diminuição das áreas onde se prevalecem os ecossistemas geoecológicos (veredas).

A evolução da exposição de solos é bem marcante e a área coberta pela agricultura vem ganhando espaço, mesmo em áreas, conforme informações *in loco*, impróprias para essa atividade.

Na figura 13 percebe-se que a área destinada à utilização da Sub-bacia para a plantação de árvores (pinus e eucalipto) tem um grande destaque (cor marrom escuro). Este fenômeno se deu em função das políticas governamentais de incentivo às atividades agropecuárias. Nota-se ainda um grande número de veredas preservadas espalhados pela área da Sub-bacia; áreas com cerrado e/ou mata remanescente ainda estavam freqüentes – cor verde e laranja.

Ressalta-se na figura 14, uma queda na quantidade reservada das atividades agropastoris. Conseqüentemente são evidenciadas (em vermelho), as áreas de solo com cobertura vegetal removida, um afloramento do solo expressivo decorrente de erosões e assoreamentos.

Na figura 15, nota-se que a mata nativa teve um decréscimo em relação às atividades agropecuárias e na preparação do solo em campos e pastagens. É nítido o desenvolvimento de áreas com plantio irrigado (captação de água nas veredas – pivôs).

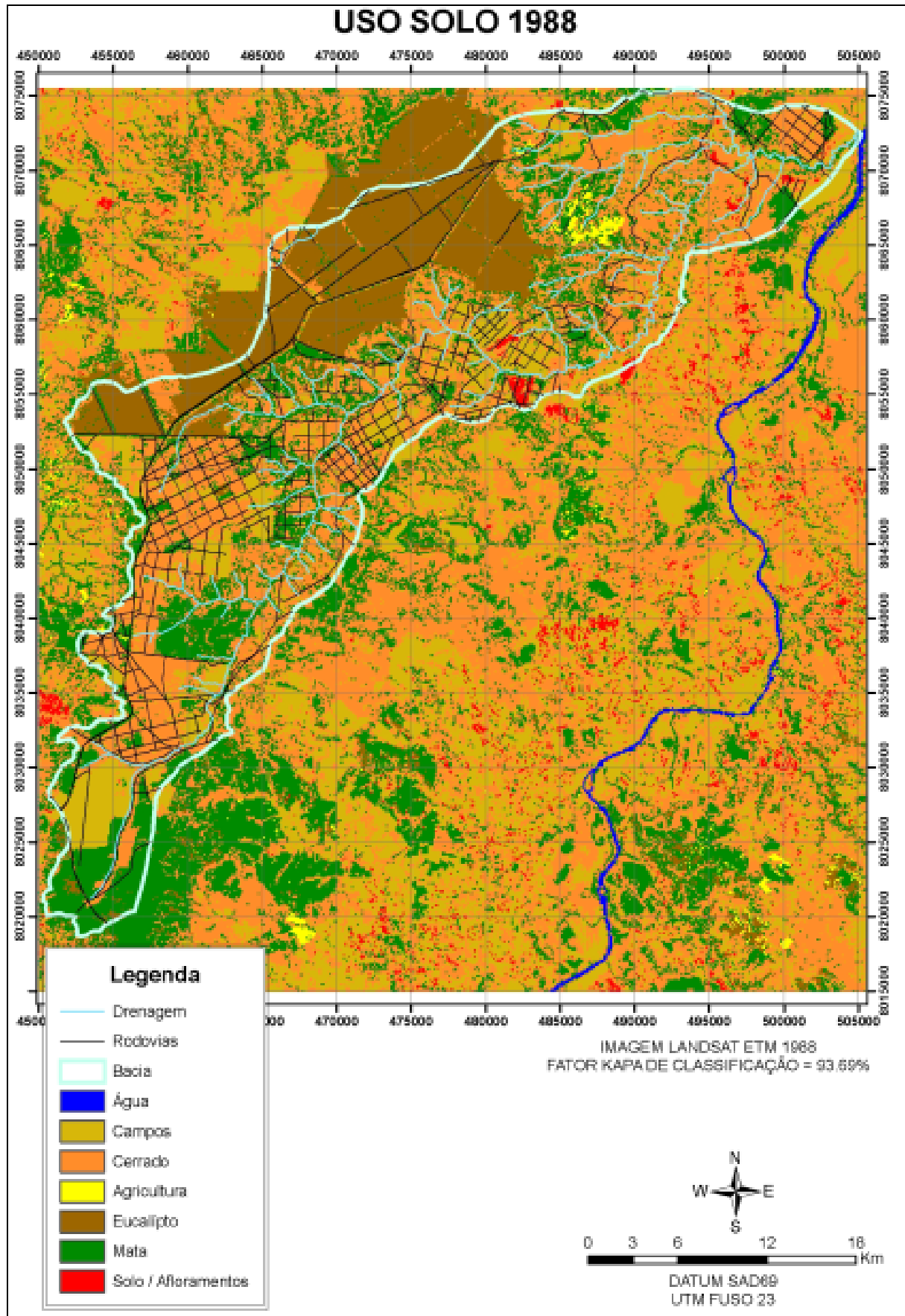


Figura 13: Uso e ocupação do solo em 1988 (Fonte: Baseado em dados do INPE, 2004).

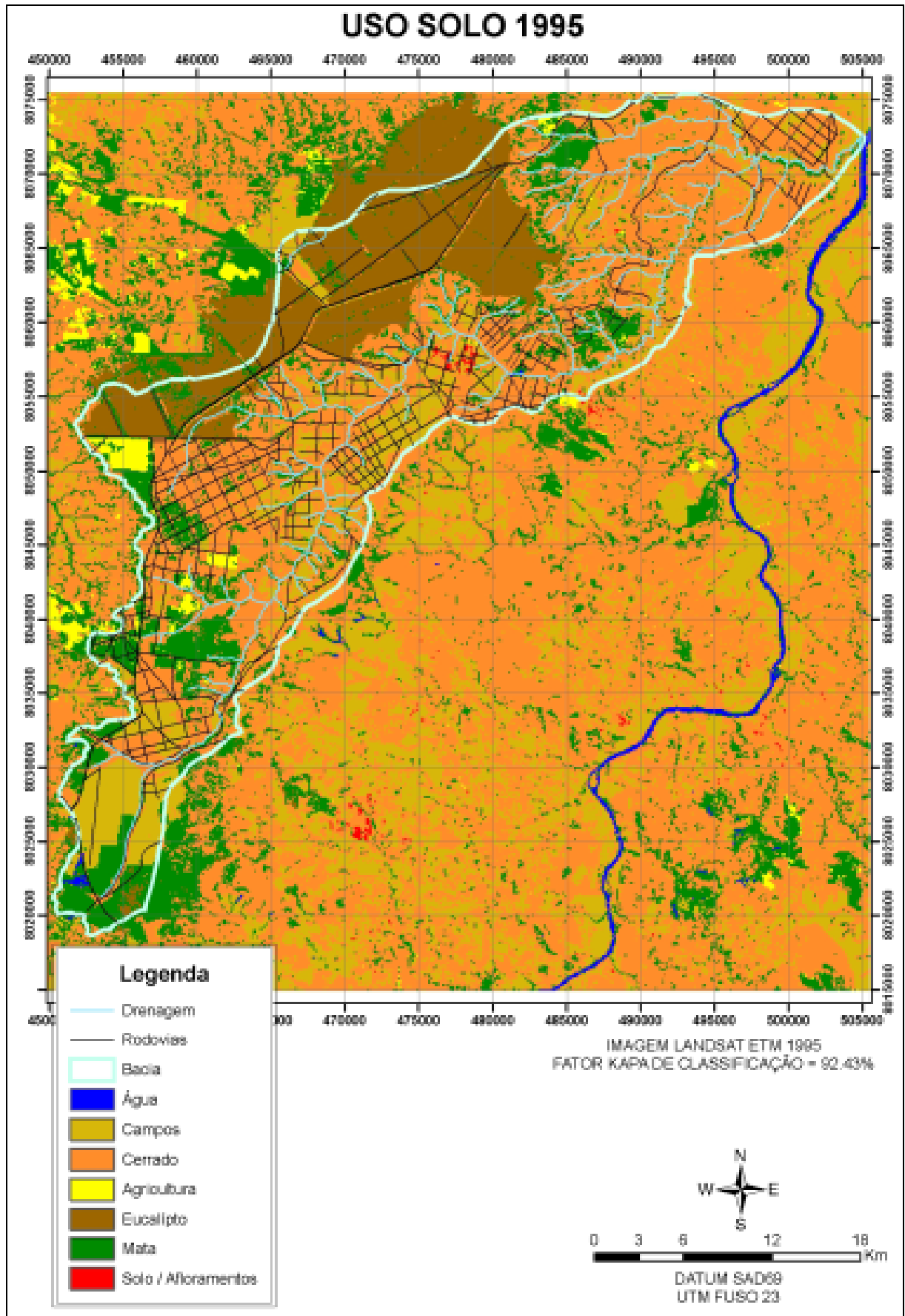


Figura 14: Uso e ocupação do solo em 1995 (Fonte: Baseado em dados do INPE, 2004).

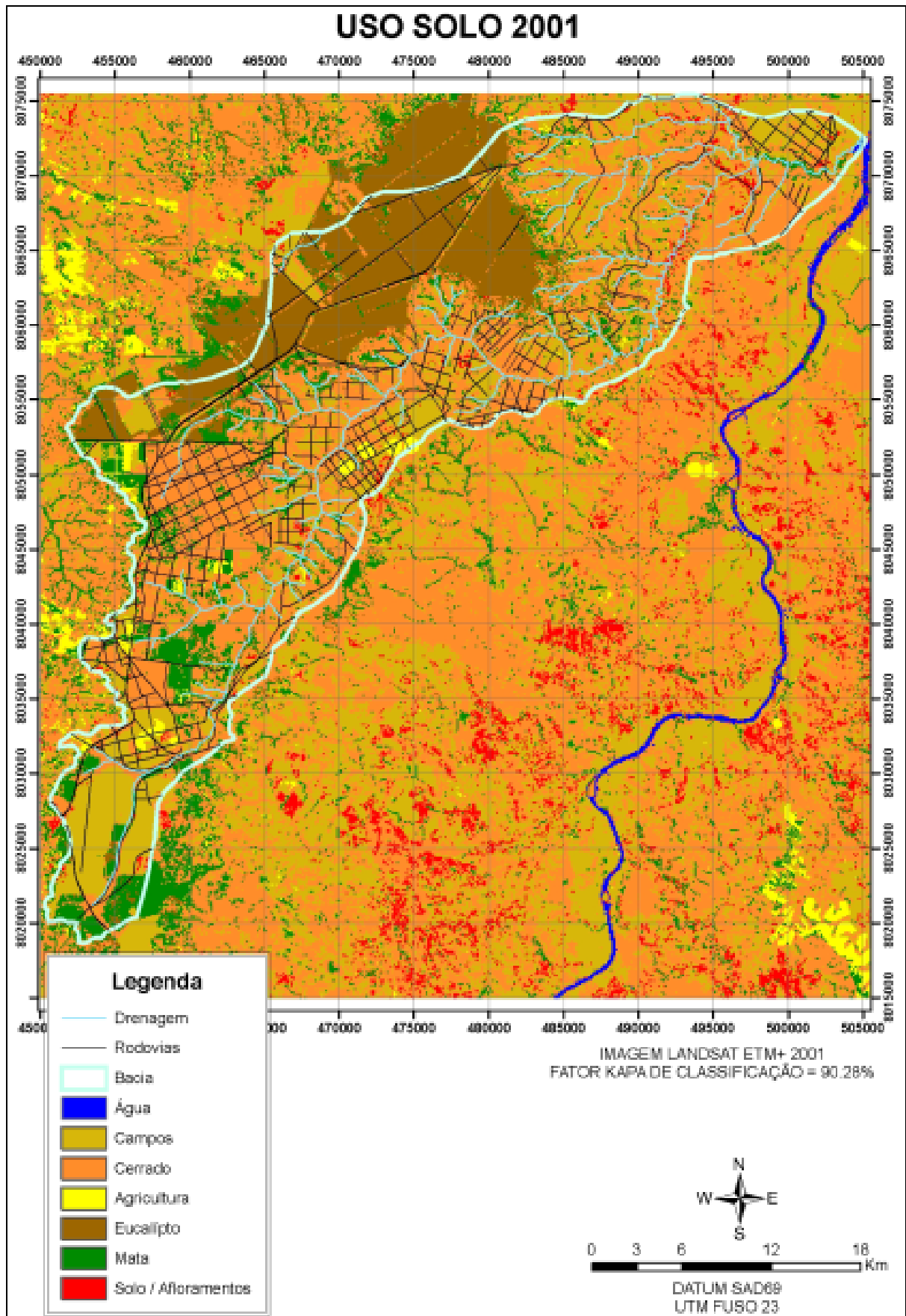


Figura 15: Uso e ocupação do solo em 2001 (Fonte: Baseado em dados do INPE, 2004).

Os agrotóxicos usados nas grandes lavouras sejam inseticidas, herbicidas ou fungicidas, por sua natureza e propósito são venenos, mesmo que suas quantidades sejam mínimas em comparação às dos minerais do solo, seu impacto no ambiente pode ser considerável (ZAKRZEWSKI, 1991).

A agricultura nos solos de Cerrado difere das áreas com solos mais férteis apenas na correção da pobreza natural de nutrientes e de sua acidez. Uma vez superada essa limitação, a situação é a mesma de qualquer agricultura bem feita em qualquer local onde se procura restituir ao solo os nutrientes extraídos e exportados como produto agrícola, pecuário ou florestal e perdidos de alguma forma (SOUZA & LOBATO, 2004).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2001), os efeitos à saúde para as pessoas que estão expostas diariamente a várias substâncias tóxicas que vão desde poluentes industriais no ar, a resíduos de agrotóxicos e/ou metais pesados em alimentos e água para beber são muito sérios, pois esses compostos podem persistir no ambiente, bioacumular e biomagnificar na cadeia alimentar.

No meio ambiente, os efeitos são devastadores, pois os compostos atuam nos estratos inferiores da cadeia alimentar comprometendo toda a população local. Segundo Ribeiro (2001), os efeitos ambientais relacionados à utilização de agrotóxicos conhecidos em geral são:

- Supressão da fotossíntese no nível de fitoplâncton;
- Aumento da mortalidade e má formação em peixes mais jovens;
- Embriões mortos e deformados em tartarugas de água doce;
- Diminuição da espessura dos ovos e má formação embrionária de várias espécies de aves;
- Diminuição de peso e tamanho no nascimento humano, incluindo aborto espontâneo, entre outros.

Os problemas relacionados ao potencial efeito adverso dessas moléculas na saúde humana e no ambiente têm instigado pesquisas e estudos principalmente sobre o destino dos compostos orgânicos, assim como a contaminação da água subterrânea por estes compostos que chegam ao solo como resíduos industriais, urbanos e agrícolas.

Vale ressaltar que o comportamento dos compostos orgânicos e os processos naturais que governam o transporte e o destino dos agrotóxicos podem ser agrupados nas seguintes categorias: lixiviação, degradação, sorção, volatilização e absorção por planta.

5.2 FATORES INVESTIGADOS

Destacam-se entre os fatores investigados, os metais pesados presentes nas águas das veredas da Sub-bacia do Rio Formoso e alguns parâmetros químicos analisados.

Os metais diferenciam-se dos compostos orgânicos tóxicos por não serem degradáveis, de maneira que podem acumular-se nos componentes dos ambientes onde manifesta a sua toxicidade.

Os locais no ecossistema de fixação final dos metais pesados são os solos e sedimentos. Os metais pesados possuem densidades altas em comparação a de outros materiais comuns.

Embora os metais pesados estejam presentes na água como poluentes e como contaminantes dos alimentos, em grande parte, eles são transportados de um lugar para outro por via aérea, seja como gases ou como material particulado em suspensão.

Vale ressaltar, que os metais pesados são perigosos nas suas formas catiônicas e também quando ligados a cadeias curtas de átomos de carbono.

A toxicidade de uma dada concentração de metal presente em um curso de água natural depende do pH e da quantidade de carbono dissolvido e em suspensão.

A ocorrência dos metais nos corpos de água é devido a despejos decorrentes principalmente de processos industriais na forma de substâncias químicas orgânicas e/ou inorgânicas ou ainda de origem natural, oriunda da própria rocha matriz.

Assim, a influência humana pode, devido às alterações de pH, fugacidade, condutividade, temperatura e outros parâmetros causar uma liberação espontânea e/ou permanente destes metais do solo para a água, permitir a incorporação por plantas e animais e assim, finalmente, causar danos ao metabolismo, bem estar e à saúde do ser humano. Gerando um ciclo de contaminação, ação-reação, muitas vezes diferenciado pelo poder aquisitivo de cada comunidade.

5.2.1 Chumbo

É considerado, um metal tóxico, pesado, macio, maleável e pobre condutor de eletricidade. Apresenta coloração branco-azulada quando recentemente cortado, porém adquire coloração acinzentada quando exposto ao ar. O mineral de chumbo mais comum é o sulfeto denominado de galena (com 86,6% deste metal).

Por apresentar resistência à corrosão, o chumbo encontra muitas aplicações na indústria de construção e, principalmente, na indústria química. É resistente ao ataque de muitos ácidos, porque forma seu próprio revestimento protetor de óxido. Como conseqüência desta característica, o chumbo é muito utilizado na fabricação e manejo do ácido sulfúrico, em baterias de ácido, em munição, na proteção contra raios-X, e forma parte de ligas metálicas para a produção de soldas, fusíveis, revestimentos de cabos elétricos, materiais antifricção, metais de tipografia, etc.

O chumbo pode ser encontrado na água potável através da corrosão de encanamentos de chumbo, onde é comum de ocorrer quando a água é ligeiramente ácida, conseqüentemente, um dos motivos para os sistemas de tratamento de águas públicas ajustarem o pH das águas para uso doméstico.

O chumbo não apresenta nenhuma função essencial conhecida no corpo humano. É absorvido pelo organismo através da comida, ar ou água. Contudo, o chumbo presente na água é mais absorvido pelo organismo que o chumbo presente nos alimentos.

O Centers of Disease Control and Prevention (CDC, 1991) recomenda para limite de ação, configurando risco de exposição a altas doses de chumbo e conseqüentemente ocorrência de efeitos adversos em longo prazo, o valor $10 \text{ mg de chumbo} \cdot (\text{dL})^{-1}$ de sangue em crianças. Exposições crônicas acima destes valores podem gerar efeitos adversos a saúde comprometendo o sistema nervoso central, com efeitos irreversíveis, também causando anemia, alterações renais e alterações do metabolismo da vitamina D. Em adultos teores de 40 a $60 \text{ g} \cdot (\text{dL})^{-1}$ de chumbo no sangue podem apresentar sintomas neurocomportamentais como distúrbios de humor e neuropatias periféricas, além de sintomas gerais como cansaço, sonolência, irritabilidade, tonturas, dores nos músculos e problemas gastrointestinais. Níveis acima de $60 \text{ g} \cdot (\text{dL})^{-1}$ podem produzir sintomas de alterações mentais neurológicas importantes, além de cólicas abdominais típicas.

5.2.2 Zinco

O zinco é oriundo de processos naturais e antropogênicos, dentre os quais se destacam a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, siderurgias, cimento, concreto, cal e gesso, indústrias têxteis, termoelétricas e produção de vapor, além dos efluentes domésticos. Alguns compostos orgânicos de zinco são aplicados como pesticidas. O metal é usado principalmente como revestimento protetor ou galvanizador para o ferro e o aço, e como componente de diferentes ligas, especialmente de latão.

O zinco, por ser um elemento essencial para o ser humano, só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, levando a perturbação do trato gastrointestinal.

Ocorre nas águas naturais em pequenas concentrações e o seu aumento se deve a despejos industriais. Seus dejetos, quando despejados em cursos de água, provocam mortandade do pescado além do conseqüente acúmulo ao longo da cadeia alimentar, devido a fatores antropogênicos, incluindo a bioconcentração de animais e plantas principalmente através das águas e do solo. A toxicidade do zinco em relação aos organismos aquáticos está relacionada principalmente as concentrações de oxigênio e dureza da água.

No corpo humano, o zinco ocorre em todos os tecidos, principalmente em ossos, músculos e pele; atua no sistema imunológico; regula o crescimento corpóreo; protege o fígado. A alteração da concentração influi no crescimento corpóreo desordenado (SILVA, 2006).

5.2.3 Cobre

De aparência metálica e cor marrom avermelhada, o cobre é um dos poucos metais que ocorrem na natureza em estado puro. A exceção da prata é o metal que melhor conduz eletricidade. Destaca-se também por sua elevada condutividade térmica, o que faz com que, devido a sua resistência à deformação e à ruptura, ele seja matéria-prima preferencial para a fabricação de cabos, fios e lâminas.

O cobre é maleável e dúctil, pois pode ser estirado sem quebrar. Os minérios de cobre aparecem misturados com diversos tipos de materiais rochosos sem valor comercial, como por exemplo, na canga, da qual devem ser separados.

Este elemento ocorre nas águas naturais em pequenas concentrações, mas em concentrações elevadas, são prejudiciais aos organismos aquáticos.

É empregado ainda em muitos pigmentos, em inseticidas ou em fungicidas, pois é considerado um dos micronutrientes do solo essenciais para sua fertilidade quando presentes em quantidades equilibradas. Mas quando utilizado em inseticidas, ocorrendo o manejo inadequado, estando em grande escala, sua lixiviação provoca acidificação da águas e do solo. Outras fontes de cobre para o meio ambiente incluem corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial, além de precipitação atmosférica de fontes industriais. As principais fontes industriais são as indústrias de mineração, fundição, refinaria de petróleo e têxtil.

Este é um dos elementos mais importantes e essenciais para plantas e animais. Entretanto, se estes dois grupos são expostos a concentrações elevadas de cobre biodisponível, a bioacumulação pode ocorrer, com possíveis reações tóxicas. No homem, seu excesso, causa intoxicação aguda levando até a morte.

5.2.4 Manganês

O manganês é um elemento metálico e frágil, que acompanha o ferro em virtude de seu comportamento geoquímico. Ocorre quase sempre como óxido de manganês bivalente, que se oxida em presença do ar, dando origem a precipitados negros, tendo como principal minério de manganês, a irolusita. O permanganato de sódio e o de potássio é empregado como oxidantes e desinfetantes.

Lançamento de efluentes, provenientes da lavagem de máquinas e equipamentos contendo sólidos provoca alto índice de poluição das águas ao redor, além de provocar alteração da topografia natural do talvegue dos rios, e elevação da turbidez e do teor de sólidos em suspensão das águas, efeitos que podem se tornar muito expressivos.

Sua presença, em quantidades excessivas, é indesejável em mananciais de abastecimento público devido ao seu efeito no sabor, no aparecimento de manchas nas roupas lavadas e no acúmulo de depósitos em sistemas de distribuição. A água potável contaminada com manganês pode causar a doença denominada *manganismo*, com sintomas similares aos vistos em mineradores de manganês ou trabalhadores de plantas de aço.

5.2.5 Ferro

O ferro é um elemento metálico, magnético, maleável e flexível. Exposto ao ar úmido, corrói-se formando óxido de ferro hidratado. A maior parte do ferro é utilizada sob formas submetidas a um tratamento especial, como ferro forjado, ferro fundido e aço.

O ferro no estado ferroso (Fe^{2+}) forma compostos solúveis principais, principalmente hidróxidos. Em ambientes oxidantes o Fe^{2+} passa a Fe^{3+} dando origem ao hidróxido férrico, que é insolúvel e se precipita, tingindo fortemente a água.

Normalmente, o ferro aparece da dissolução de compostos do solo e dos despejos industriais. Em quantidades exorbitantes, pode induzir alterações em propriedades físicas do solo, gerar a formação de camada impermeável na superfície ou sub-superfície, impedindo assim, a infiltração da água neste local, ou provavelmente a perda da fertilidade do solo. Entretanto, em quantidade equilibrada, este elemento é considerado um fator para a fertilidade, relacionado à micro nutrientes do solo.

Em quantidade adequada, é essencial ao sistema bioquímico das águas, podendo, se apresentar em grandes quantidades, se tornar nocivo, dando sabor e cor desagradáveis à água, além de elevar a dureza, tornando-a inadequada ao uso doméstico e industrial. Nas águas, estes impactos podem surgir em virtude da drenagem da área observada. Devido ainda a descarga de águas pluviais contendo sólidos em suspensão e outros lixiviados de áreas de estocagem de matéria-prima e resíduos a céu aberto, além do lançamento de afluentes provenientes da lavagem de máquinas e equipamentos contendo sólidos.

5.2.6 Cádmio

Este é um metal mais móvel em ambientes aquáticos em relação à maioria dos outros metais. É biocumulativo e persistente no ambiente. Enquanto as formas solúveis podem migrar na água, o cádmio em complexos insolúveis ou adsorvidos em sedimentos é relativamente estável. De acordo com Brigden *et al.* (2000), há relatos de acúmulo de cádmio em gramíneas, cultivos alimentares, minhocas, aves, gado, cavalos e na vida selvagem.

O cádmio é um subproduto da mineração do zinco. Tanto o elemento quanto seus compostos são considerados potencialmente carcinogênicos e tem sido considerado como fator de desenvolvimento de hipertensão e doenças do coração.

5.2.7 Bário

O bário é um metal alcalino terroso, sendo que todos seus compostos que são solúveis em água ou em ácidos são venenosos.

Os compostos de bário possuem um amplo aspecto de absorção dos raios x, possuem capacidade de absorver radiação tornando-se útil como carreador de rádio (Rd) em usinas nucleares, sendo facilmente oxidável pelo ar (KLEIN, 2001).

5.2.8 Cobalto

O cobalto é um metal duro, ferromagnético, de coloração branca azulada. O metal não é encontrado em estado nativo, mas em diversos minerais, razão pela qual é extraído normalmente junto com outros produtos, especialmente como subproduto do níquel e do cobre. Quando encontrado junto com o níquel, ambos fazem parte dos meteoritos de ferro.

Este metal é utilizado para a produção de superligas usadas em turbinas de gás de aviões, ligas resistentes a corrosão, aços rápidos, ferramentas de diamante, ligas especiais para odontologia, ou como matéria-prima na indústria de cerâmica. Um dos principais sais de cobalto é o sulfato CoSO_4 , empregado em processos de galvanoplastia, na preparação de agentes secantes e na fertilização de pastagens.

O cobalto em pequena quantidade é um elemento químico essencial para numerosos organismos, incluindo os humanos. O Co-60, um radioisótopo, é um importante traçador e agente no tratamento do câncer.

O cobalto é um componente central da vitamina B12 (cianocobalamina). A presença de quantidades entre 0,13 e 0,30 ppm no solo melhora sensivelmente a saúde dos animais de pastoreio.

5.2.9 Níquel

O níquel é encontrado em diversos minerais, em meteoritos (formando liga metálica com o ferro). É um metal de transição de coloração branca prateado, considerado condutor de eletricidade e calor, dúctil e maleável. Porém, o metal não pode ser laminado, polido ou forjado facilmente, apresentando certo caráter ferromagnético.

Aproximadamente 65% do níquel consumido são empregados na fabricação de aço inoxidável austênico e, outros 12%, em superligas de níquel. O restante, 23%, é repartido na produção de outras ligas metálicas, baterias recarregáveis, reações de catálise, cunhagens de moedas, revestimentos metálicos e fundição.

Muitas enzimas hidrogenases, porém não todas, contêm níquel, especialmente aquelas cuja função é oxidarem o hidrogênio.

O níquel sofre mudanças no seu estado de oxidação indicando que o núcleo de níquel é a parte ativa da enzima. Também está presente na enzima metil-CoM-redutase e em bactérias metanogênicas. Possui papel biológico parecido com o ferro por serem muito próximos.

5.3 OUTROS PARÂMETROS

A água é uma substância quimicamente ativa, que tem grande facilidade de dissolver e reagir com outras substâncias orgânicas ou inorgânicas. As substâncias dissolvidas podem estar sob a forma molecular ou iônica (FEITOSA, 1997).

A água é solvente para vários sais e alguns tipos de matéria orgânica, sendo efetiva na dissolução de sais devido às características de sua molécula, onde o número de íons preso a molécula depende, entre outros, do tamanho desses íons (FREEZE & CHERRY, 1977).

A seguir, são apresentadas informações sobre alguns indicadores utilizados na avaliação da qualidade das águas.

5.3.1 Turbidez

A turbidez da água é devida à matéria em suspensão, como argila, silte, substâncias orgânicas, organismos microscópicos e partículas similares.

Pode ocorrer naturalmente em função do processo de erosão e artificialmente em função do lançamento de despejos domésticos e industriais.

A fauna e a flora sofrem distúrbios em função da redução em termos de penetração de luz na água, isto é, o aumento da turbidez reduz a zona eufótica, que é a zona de luz onde a fotossíntese ainda é possível de ocorrer.

5.3.2 Potencial hidrogênico (pH)

O pH foi criado para simplificar a medida da concentração relativa de íons hidrogênio (H^+) na água e nas soluções, onde seu valor indica a acidez ou alcalinidade da solução.

O pH é expresso por uma escala numérica simples que vai de 0 (zero) a 14, sendo 7 o valor do ponto de neutralidade da água. As soluções cujo pH apresenta valores menores do que 7 são denominadas ácidas e as que tem o pH maiores que 7 são denominadas básicas ou alcalinas. Quanto maior a concentração de hidrogênio livre em uma solução, mais baixo será o seu pH. Os principais fatores que determinam o pH da água são: o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade.

As maiores alterações do ponto de vista desse indicador nas variedades de água são provocadas por despejos de origem industrial.

5.3.3 Condutividade Elétrica (CE)

Este parâmetro está relacionado com a quantidade de íons dissolvidos na água, o qual conduz corrente elétrica.

A condutividade elétrica depende das concentrações iônicas e da temperatura, e indica a quantidade de sais existentes na coluna de água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Quanto maior a quantidade de íons, maior a condutividade. Os íons são levados para o corpo de água devido às chuvas, ou através do despejo de esgotos.

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes.

À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

5.3.4 Temperatura (°C)

A temperatura influencia processos biológicos, reações químicas e bioquímicas que ocorrem na água e também outros processos como a solubilidade dos gases dissolvidos.

Com o aumento da temperatura da água, a solubilidade dos gases decresce e a dos sais minerais cresce. Vale ressaltar que, a maior parte dos organismos possui faixas de temperatura ótimas para sua reprodução.

5.3.5 Magnésio

O magnésio é um elemento cujo comportamento geoquímico é muito parecido com o do cálcio, porém é mais solúvel e mais difícil de precipitar. Ocorre principalmente em rochas carbonatadas.

O magnésio, depois do cálcio, é o principal responsável pela dureza das águas, além de produzir gosto salobro nestas.

É benéfico à agricultura, pois é um dos principais componentes da clorofila, porém, em teores elevados é maléfico.

5.3.6 Alumínio

A concentração de íons de alumínio em águas naturais é normalmente bastante pequena. Esse valor baixo é consequência do fato de que, na faixa de pH entre 6 e 9, usual em águas naturais, a solubilidade do alumínio contido em rochas e solos aos quais a água está em contato é muito baixa.

O alumínio é muito mais solúvel em rios e lagos ligeiramente ácidos do que naqueles em que os valores de pH não caem abaixo de 6 ou 7.

CAPÍTULO 6

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo tem como finalidade apresentar a metodologia utilizada para o desenvolvimento dos objetivos deste trabalho.

A atividade inicial constituiu-se da pesquisa bibliográfica e cartográfica sobre levantamentos de estudos científicos relacionados às veredas, hidrogeologia e geologia da região da Sub-bacia do Rio Formoso.

A descrição geológica da área baseou-se na descrição do trabalho realizado pela Companhia Mineradora de Minas Gerais (1994), com informações básicas da distribuição e ambiência dos recursos minerais conhecidos no subsolo do estado.

Seguiram-se o levantamento dos dados básicos secundários que englobou observações de campo e dados laboratoriais das amostras de águas de várias veredas inseridas na Sub-Bacia do Rio do Formoso.

Os programas utilizados para a confecção dos mapas deste trabalho foram o *Arcview 3.1* e *Map Info 7.5* que permitiram analisar e trabalhar vários bancos de dados em conjunto, e também, os programas *Spring 4.1*, *Surfer 8.0* e *Corel Draw 11*.

As informações referentes às veredas foram dispostas em planilhas desenvolvidas no software Excel (Apêndice A e B).

A Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005 (Anexo A) dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Através desta legislação foram elaboradas as tabelas 1, 3, 4 e 6, nas quais se observam os dados analíticos relativos às veredas estudadas.

Em seguida, realizou-se nova filtragem de dados, onde algumas veredas foram então, selecionadas visando o melhor acesso e a proximidade de grandes fazendas agropastoris, para a realização do estudo hidroquímico de suas águas.

O estudo hidroquímico teve como objetivo o estabelecimento das relações entre os parâmetros químicos estabelecidos e os de campo, visando ao entendimento da interferência

ou a influência na concentração destes na qualidade das águas das veredas. Tal estudo foi elaborado por meio de uma tabela contendo descrições físicas e químicas com as respectivas análises dos parâmetros selecionados.

As amostras foram acondicionadas em recipientes de polietileno, com capacidade volumétrica de 2,0 litros, sendo respeitadas as normas de preservação, assim como o tempo de validade das amostras, adicionando HNO_3 (ácido nítrico, $\text{pH} < 2$) após a filtragem. Durante o transporte das mesmas até o laboratório foi utilizado gelo no interior das caixas de isopor para a refrigeração das amostras. Quanto à estocagem, todas foram acondicionadas à temperatura de 4°C .

Para a realização das análises hidroquímicas, foi feito um acordo de colaboração entre o laboratório do SAAE/Pirapora – Serviço Autônomo de Água e Esgoto e o IGC – Instituto de Geociências da UFMG.

O interesse do SAAE em estabelecer esta parceria, foi obter informações sobre a qualidade da água do Rio do Formoso que deságua a montante de seus poços de captação para abastecimento público, além de permitir a este órgão a ampliação do acervo de dados relativos à região.

Para tal estudo, foi realizado um levantamento de dados baseado na descrição das veredas do apêndice A, que compreendeu análises dos parâmetros químicos: pH , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} e Zn^{2+} . Devido algumas limitações como à deficiência de reagentes, no laboratório do SAAE/Pirapora, não foi feito estudo hidroquímico de outros parâmetros durante este período.

A seguir realizou-se um novo levantamento de dados, em que os dados hidroquímicos foram submetidos a novas análises químicas realizadas pelo laboratório do SAAE/Pirapora e pelo laboratório do CPMTC – Centro de Pesquisa Manoel Teixeira da Costa, localizado no IGC/ UFMG.

Nesta nova planilha, a caracterização hidroquímica das veredas baseou-se nas análises químicas dos íons de metais pesados investigados: Pb^{2+} , Cr^{3+} , Fe^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Ba^+ , Al^{3+} , e aos parâmetros: turbidez, pH , condutividade elétrica, temperatura e Mg^{2+} . Foram respeitadas as normas de preservação, assim como o tempo de validade das amostras, acondicionamento, transporte e estocagem apropriada para com as amostras coletadas.

Em seguida, foram realizadas as análises dos resultados observados com relação a possíveis anomalias encontradas para efeito da conclusão deste trabalho.

6.1 LEVANTAMENTOS DE DADOS DE CAMPO E AMOSTRAGEM

As veredas inseridas na Sub-bacia do Rio do Formoso ocorrem em terrenos areníticos. Os solos, porosos e permeáveis, associados à grande quantidade de matéria orgânica e energia acumulada facilitam o acúmulo e escoamento das águas formando um lençol subterrâneo drenando a bacia.

Em algumas veredas nota-se o plantio seja de eucalipto, da soja ou do café bem próximos às cabeceiras das veredas. Em alguns casos, deparamos com veredas totalmente soterradas e algumas represadas disponibilizando água para a irrigação.

A área descrita possui seis pivôs de irrigação, provindos da agricultura irrigada dos agro-negócios que estão se intensificando na região.

Inicialmente, em outubro de 2004, foi realizada uma pesquisa de campo, a qual abrangeu o reconhecimento da área *in loco*, auxiliado por cartas topográficas, ortofotos e imagens de satélite, em que foram selecionadas 45 veredas da Sub-bacia do Rio do Formoso.

A partir desta seleção, elaborou-se uma planilha contendo informações com dados de fundamental importância para o controle e monitoramento da bacia hidrográfica do rio do Formoso com a descrição física de cada uma destas 45 veredas (Apêndice A).

Encontra-se representada na figura 16, a localização das 45 veredas georeferenciadas no mapa da região da Sub-bacia do Rio do Formoso.

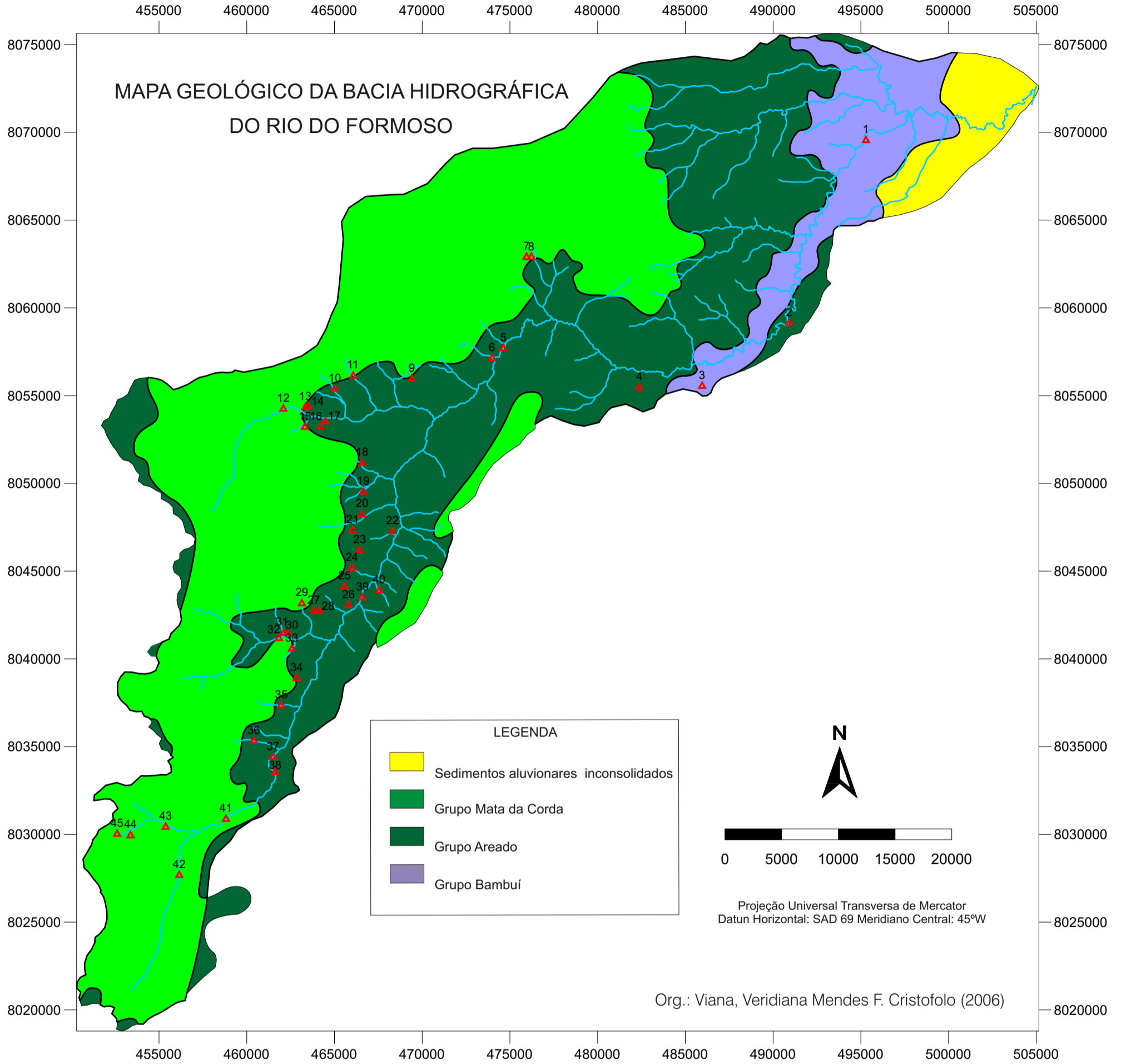


Figura 16: Mapa de localização das 45 veredas investigadas na Sub-bacia do Rio do Formoso.

CAPÍTULO 7

APRESENTAÇÃO DOS DADOS E SEUS RESULTADOS

7.1 ESTUDO HIDROQUÍMICO

Inicialmente, a pesquisa compreendeu o estudo de análise química a partir da coleta de amostras de água de 14 veredas durante o mês de agosto de 2005, no mesmo mês ocorreram pouquíssimas chuvas, sendo que nenhuma delas antecedeu os dias de coleta. Os ventos durante a coleta se mostravam quase calmos (0,5 a 1,5 m/s) a brisa leve (1,6 a 3,4 m/s) conforme informações obtidas na estação meteorológica da Companhia Energética de Minas Gerais, (CEMIG, 2005) em Pirapora. Observa-se que nas proximidades da área de coleta não havia fontes de rejeitos industriais.

A figura 17 apresenta o mapa geológico com a localização física das 14 veredas amostradas.

Logo em seguida, encontram-se na tabela 1, os dados analíticos relativos às 14 veredas estudadas, em que suas análises foram baseadas na Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005 (Anexo A).

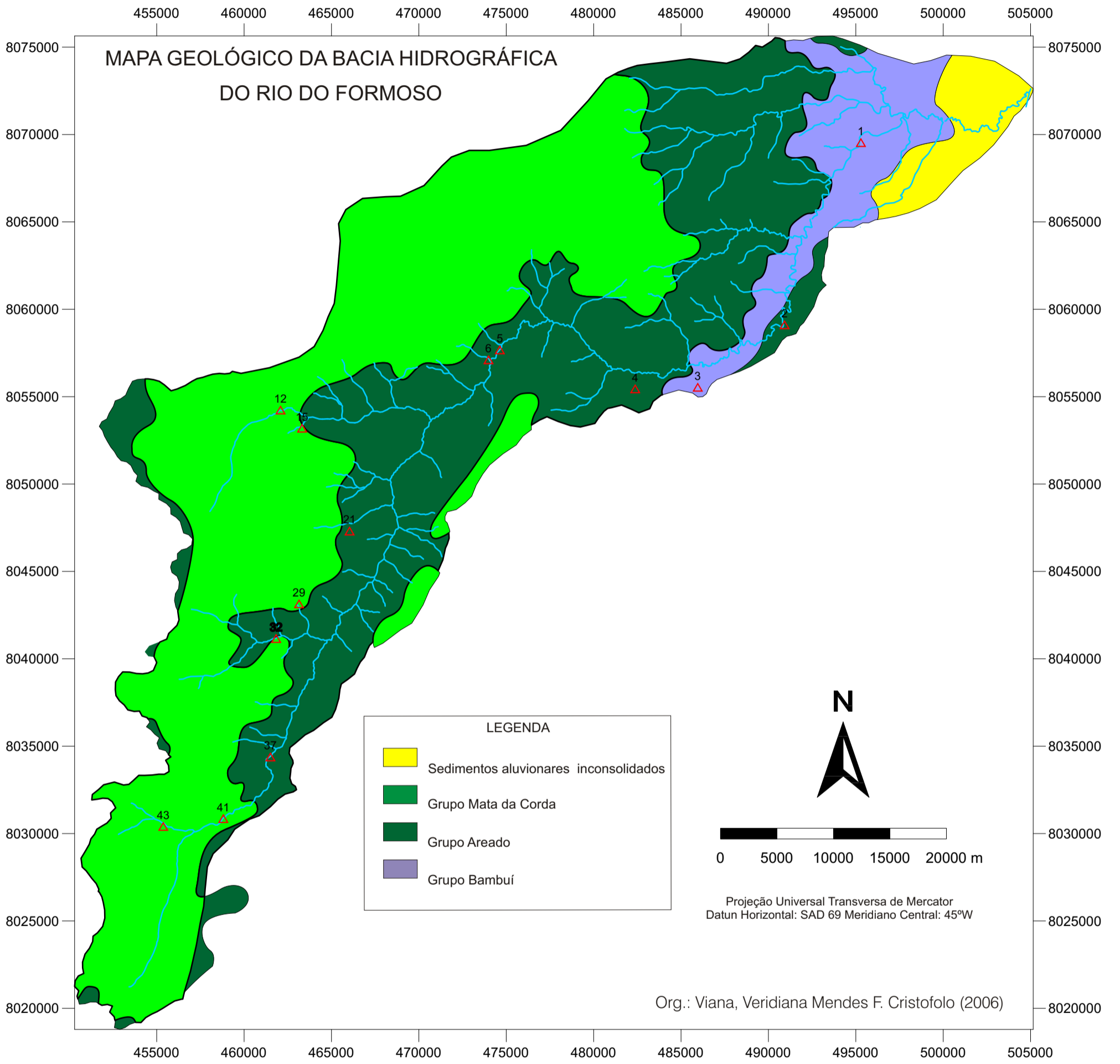


Figura 17: Mapa de localização das 14 veredas analisadas na Sub-bacia do Rio do Formoso.

Tabela 1: Descrição dos parâmetros físicos e químicos das 14 amostras de veredas analisadas na Sub-bacia do Rio do Formoso.

Parâmetro Vereda	Longitude Latitude	Altitude (m)	Litologia da vereda	Compartimento geológico	pH	Mg ²⁺ (ppm)	Fe ²⁺ (ppm)	Cu ²⁺ (ppm)	Zn ²⁺ (ppm)
01	04 95 291 80 69 541	511	Areia fina no curso, material fluvial, siltitos e argilitos com estratificação fina, com mica.	Grupo Bambuí	6,6	0,3	1,9	0,08	0,03
02	04 909 24 80 59 115	673	Areia grossa porosa (derivada de rochas pelíticas), indícios de Tilito.	Grupo Bambuí intercalado com Grupo Areado	7,06	0,2	0,7	0,09	0,05
03	04 85 956 80 55 540	703	Areia fina.	Grupo Areado	7,5	1,5	2,1	0,07	0,0
04	04 82 377 80 55 452	728	Areia fina.	Grupo Areado	7,4	0,0	1,2	0,06	0,04
05	04 746 31 80 57 682	755	Areia média.	Grupo Areado	7,5	0,0	1,2	0,04	0,05
06	04 73 985 80 57 114	751	Argiloso, arenoso (planície de inundação).	Grupo Areado	7,3	0,0	2,0	0,05	0,0
12	04 620 86 80 54 236	820	Arenoso, argiloso.	Grupo Areado	6,83	0,0	1,8	0,11	0,06
15	04 63 319 80 53 198	793	Silte (matéria orgânica).	Grupo Areado	6,87	0,1	0,1	0,05	0,03
21	04 660 35 80 47 315	806	Arenoso.	Grupo Areado	4,5	0,1	1,8	0,09	0,04
29	04 63 144 80 43 149	786	Arenoso (matéria orgânica).	Grupo Areado	4,66	0,0	0,2	0,05	0,09
32	04 61 833 80 41 165	810	Argiloso, siltoso.	Grupo Areado	5,45	0,1	1,3	0,07	0,04
37	04 61 507 80 34 390	811	Areia fina a média (matéria orgânica).	Grupo Areado	5,0	0,1	0,9	0,01	0,02
41	04 58 813 80 30 861	845	Areia fina a média (matéria orgânica).	Grupo Areado	4,8	0,1	2,0	0,36	0,04
43	04 55 376 80 30 411	858	Argiloso, siltoso.	Grupo Mata da Corda	4,6	0,01	0,06	0,01	0,02

Ressalta-se que na Resolução CONAMA n.º. 357 - Tabela 01, Classe 01, Águas Doces - não há referência com relação à especificação de valores sobre o parâmetro magnésio.

A descrição dos valores limites adotados para os padrões de qualidade da água de acordo com a resolução mencionada foram tomados como referência para análise dos parâmetros químicos (pH, magnésio, ferro, cobre e zinco) obtidos. Tais valores apresentam-se na tabela 2.

Tabela 2: Padrões estabelecidos para os dados analisados nas 14 veredas da Sub-bacia do Rio Formoso (Fonte: Resolução CONAMA n.º. 357/2005).

Padrões estabelecidos	
Parâmetro	Valor
pH	6,0 a 9,0
Parâmetros inorgânicos	Valor máximo
Cobre dissolvido (Cu)	0,009 mg.L ⁻¹
Ferro dissolvido (Fé)	0,3 mg.L ⁻¹
Zinco total (Zn)	0,18 mg.L ⁻¹

De acordo com os dados obtidos (Tabela 1), verificaram-se diferenças entres os valores tomados como referência contida na tabela acima.

Dentre eles, destacam-se o pH das veredas 21, 29, 32, 37, 41 e 43 as quais apresentaram valores abaixo de 6, o que mostra que nestas veredas, as águas apresentam forte influência de matéria orgânica.

Quanto à presença do ferro, apenas as amostras 15, 29 e 43, não apresentaram teores acima dos valores estabelecidos, enquanto que o cobre apresentou valores elevados (acima do permitido) em todas as veredas amostradas.

A seguir, na tabela 3, observam-se as veredas, cujos valores, apresentaram-se fora dos padrões estabelecidos pela resolução vigente.

Tabela 3: Dados dos parâmetros químicos das 14 veredas amostradas em Agosto/2005 cujos valores não se enquadram entre os padrões estabelecidos na tabela 2. Lança-se em parêntese os valores de referência conforme CONAMA 357/2005.

Parâmetros Veredas	pH (6,0 a 9,0)	Fe ²⁺ (≤ 0,3mg. L ⁻¹)	Cu ²⁺ (≤ 0,009mg. L ⁻¹)	Zn ²⁺ (≤ 0,18mg. L ⁻¹)
01	6,6	1,9	0,08	0,03
02	7,06	0,7	0,09	0,05
03	7,5	2,1	0,07	0,0
04	7,4	1,2	0,06	0,04
05	7,5	1,2	0,04	0,05
06	7,3	2,0	0,05	0,0
12	6,83	1,8	0,11	0,06
15	6,87	0,1	0,05	0,03
21	4,5	1,8	0,09	0,04
29	4,66	0,2	0,05	0,09
32	5,45	1,3	0,07	0,04
37	5,0	0,9	0,01	0,02
41	4,8	2,0	0,36	0,04
43	4,6	0,06	0,01	0,02

O levantamento feito em agosto/2005 (primavera/verão) permitiu relacionar os seguintes resultados:

- O pH tem seu acréscimo nas amostras das veredas ordenadas da nascente para a foz, provável pelo acúmulo de matéria orgânica e encaixamento das própria veredas.
- A concentração de Fe²⁺ demonstra-se alterada nas regiões com baixa declividade, que apresentam um nível de assoreamento elevado ou ainda, em regiões do Grupo Areado (alta concentração de óxido ou hidróxido de ferro) que são lixiviadas por água cujo pH é baixo, tornando o ferro solúvel.
- A alta elevação da concentração de Cu²⁺ se manifesta em áreas próximas as grandes plantações latifundiárias, seja ela de grãos ou de pinus e eucalipto. O uso de agro defensivo tem forte influência nesta concentração.
- O Zn²⁺, mesmo estando em todas as amostras, dentro do valor limite permitido pela CONAMA 357/2005, tem uma pequena alteração nas

amostras colhidas próximas às áreas de silvicultura. Ressaltando o uso de conservantes da madeira usado nessas plantações como fonte provável do íon nas águas, uma vez que em nenhuma trabalho prévio se enquadra o elemento associado ao tipo de rocha local da vereda amostrada.

Posteriormente, durante o mês de julho de 2006, foi feito um novo levantamento de dados, selecionadas como representativas, pré-definidas anteriormente, 9 veredas, as quais incluíram análises químicas laboratoriais.

No ato da amostragem, ocorreram poucas chuvas, sendo que nos dias de coleta, não foram presenciadas. O vento, da mesma forma que a primeira campanha de amostragem, soprava quase calmo (0,5 a 1,5 m/s) a brisa leve (1,6 a 3,4 m/s), conforme informações cedidas pela CEMIG (2006) de Pirapora. Observa-se que a área de coleta permaneceu a mesma e também não se detectou fontes de rejeitos industriais.

Os dados iniciais das 9 veredas selecionadas foram baseados nas informações registradas nas tabelas do apêndice A, associada com a descrição geológica da área e com a compartimentação do relevo.

As veredas estão identificadas no mapa tridimensional do terreno da Bacia Hidrográfica do Rio do Formoso (Figura 18).

A seguir, na tabela 4, apresentam-se a relação da descrição dos parâmetros utilizados e seus respectivos dados de acordo com as 9 veredas selecionadas para a realização do estudo hidroquímico de suas águas.

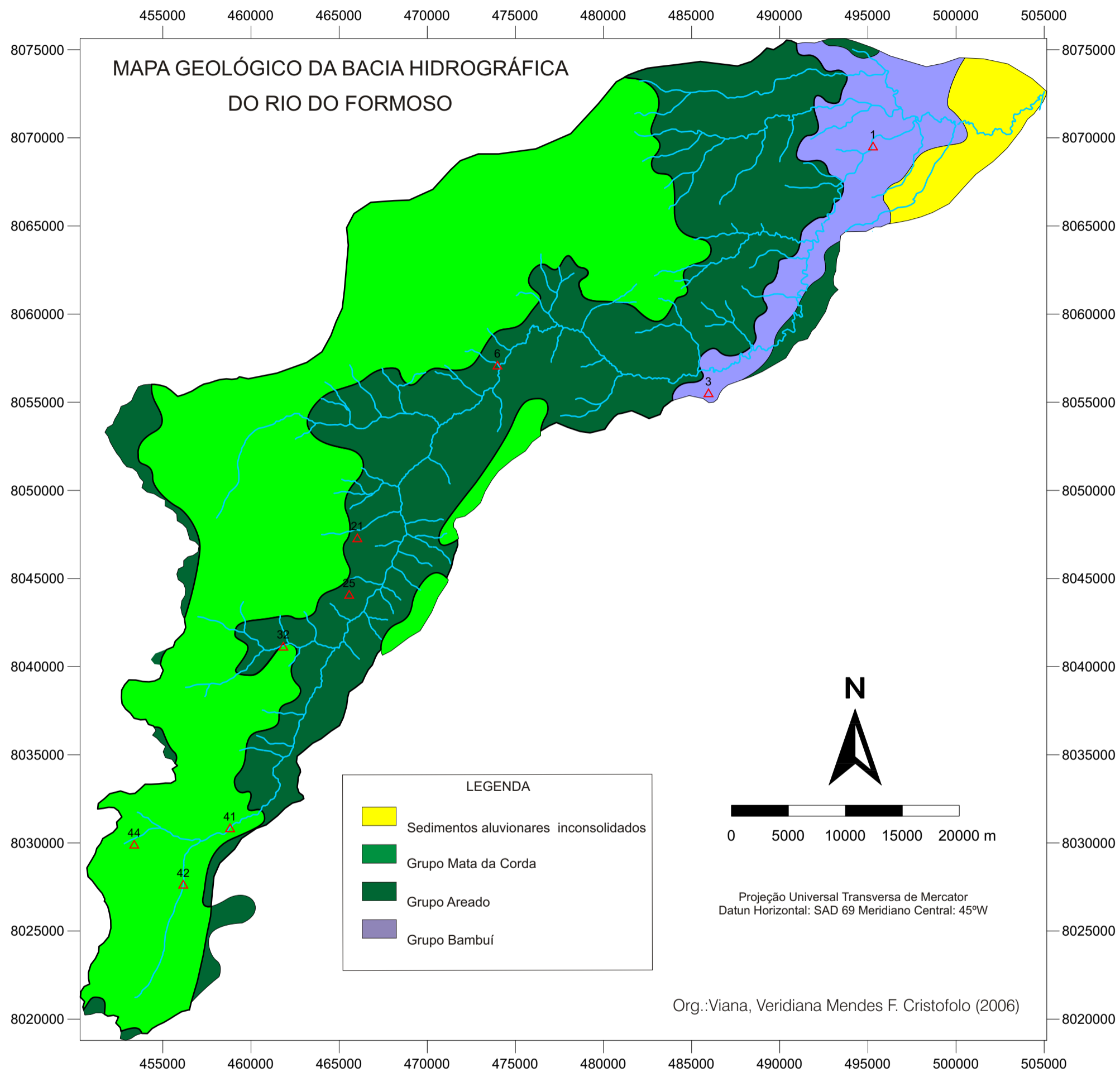


Figura 18: Mapa de localização das 9 veredas analisadas na Sub-bacia do Rio do Formoso.

Tabela 04: Descrição dos parâmetros físicos e químicos das 09 amostras de veredas selecionadas e detalhadamente analisadas na Sub-bacia do Rio Formoso.

Parâmetro	Longitude	Altitude	Litologia da vereda	Compartimento geológico	pH	CE (dS.m ⁻¹)	T (°C)	Turbidez	Mg ²⁺ (ppm)	Al ³⁺ (ppm)	Fe ²⁺ (ppm)	Co ²⁺ (ppm)	Cu ²⁺ (ppm)	Cd ²⁺ (ppm)	Mn ²⁺ (ppm)	Ni ²⁺ (ppm)	Zn ²⁺ (ppm)	Ba ⁺ (ppm)	Pb ²⁺ (ppm)
Vereda	Latitude	(m)																	
1	04 95 291 80 69 541	511	Areia fina no curso, material fluvial, siltitos e argilitos com estratificação fina, com mica.	Grupo Bambuí	4.1	4.6	16.7	7.78	< 0,0061	< 0,0003	0.0023	< 0,0001	< 0,0033	< 0,0008	< 0,003	< 0,0171	0.0052	< 0,0104	< 0,05
3	04 85 956 80 55 540	703	Areia fina.	Grupo Areado	4.2	4.7	15.2	6.78	< 0,0061	0.001	0.0078	< 0,0001	< 0,0033	< 0,0008	< 0,003	< 0,0171	0.0063	< 0,0104	< 0,05
6	04 73 985 80 57 114	751	Argiloso, arenoso (planície de inundação).	Grupo Areado	4.3	4.7	16.1	3.39	< 0,0061	0.008	< 0,0014	< 0,0001	< 0,0033	0.0008	0.0047	< 0,0171	0.0065	0.0151	< 0,05
21	04 660 35 80 47 315	806	Arenoso.	Grupo Areado	4.2	6.4	14.4	29.6	< 0,0061	0.0138	0.0364	< 0,0001	< 0,0033	< 0,0008	0.0196	< 0,0171	0.0534	< 0,0104	< 0,05
25	04 65 571 80 44 106	801	Argiloso, arenoso.	Grupo Areado	4.5	6.1	15.4	0.12	< 0,0061	0.0068	0.01	< 0,0001	< 0,0033	< 0,0008	< 0,003	< 0,0171	0.0197	< 0,0104	< 0,05
32	04 61 833 80 41 165	810	Argiloso, siltoso.	Grupo Areado	4.7	3.4	14.8	1.35	< 0,0061	< 0,0003	< 0,0014	< 0,0001	< 0,0033	0.0013	< 0,003	< 0,0171	0.0074	< 0,0104	< 0,05
41	04 58 813 80 30 861	845	Areia fina a média (matéria orgânica).	Grupo Areado	4.9	2.4	14.9	1.66	< 0,0061	< 0,0003	< 0,0014	< 0,0001	< 0,0033	< 0,0008	< 0,003	< 0,0171	0.0009	0.019	< 0,05
42	04 53 376 80 29 929	853	Arenoso, siltoso.	Grupo Areado	5.2	3.3	13.2	0.7	< 0,0061	< 0,0003	0.0183	< 0,0001	< 0,0033	< 0,0008	0.0064	< 0,0171	0.0263	0.0148	< 0,05
44	80 27 663 04 56 157	859	Silte, argiloso.	Grupo Areado	5.1	12.6	16.2	49.29	0.0545	0.0054	0.0084	< 0,0001	< 0,0033	0.0012	0.0167	< 0,0171	0.0158	0.0283	< 0,05

A tabela 5 apresenta os valores tomados como referência dos padrões estabelecidos de qualidade da água (Resolução CONAMA n°. 357/2005) para efeito de comparação entre os dados obtidos nas 9 veredas amostradas, a fim de se verificar, os resultados alcançados entre os parâmetros químicos: pH, condutividade elétrica, temperatura, turbidez, magnésio, alumínio, ferro, cobalto, cobre, cádmio, manganês, níquel, zinco, bário e chumbo.

Tabela 5: Padrões estabelecidos conforme a Resolução CONAMA n°. 357/2005.

Padrões estabelecidos	
Parâmetro	Valor
Turbidez	Até 40 unidades nefelométrica
pH	6,0 a 9,0
Parâmetros inorgânicos	Valor máximo
Alumínio dissolvido (Al)	0,1 mg.L ⁻¹
Bário total (Ba)	0,7 mg.L ⁻¹
Cádmio total (Cd)	0,001 mg.L ⁻¹
Chumbo total (Pb)	0,01 mg.L ⁻¹
Cobalto total (Co)	0,05 mg.L ⁻¹
Cobre dissolvido (Cu)	0,009 mg.L ⁻¹
Ferro dissolvido (Fe)	0,3 mg.L ⁻¹
Manganês total (Mn)	0,1 mg.L ⁻¹
Níquel total (Ni)	0,025 mg.L ⁻¹
Zinco total (Zn)	0,18 mg.L ⁻¹

Nota-se que na Resolução CONAMA n°. 357 - Tabela 01, Classe 01, Águas Doces - não há referência com relação à especificação de valores relativos aos parâmetros condutividade elétrica, temperatura e magnésio.

A tabela 6 apresenta os dados das análises feitas nas 9 veredas em estudo, na qual se destacam os valores que não se enquadram nos padrões estabelecidos pela resolução vigente.

Tabela 6: Dados dos parâmetros químicos das 09 veredas amostradas cujos valores não se enquadram entre os padrões estabelecidos na tabela 05. Lançam-se em parêntese os valores de referência conforme CONAMA 357/2005.

Parâmetro Vereda	pH	Turbidez	Al ³⁺ (≤0,1mg.L ⁻¹)	Fe ²⁺ (≤0,3mg.L ⁻¹)	Co ²⁺ (≤0,05mg.L ⁻¹)	Cu ²⁺ (≤0,09mg.L ⁻¹)	Cd ²⁺ (≤0,001mg.L ⁻¹)	Mn ²⁺ (≤0,1mg.L ⁻¹)	Ni ²⁺ (≤0,025mg.L ⁻¹)	Zn ²⁺ (≤0,18mg.L ⁻¹)	Ba ⁺ (≤0,7mg.L ⁻¹)	Pb ²⁺ (≤0,01mg.L ⁻¹)
01	4,1	7,78	< 0,0003	0,0023	< 0,0001	< 0,0033	< 0,0008	< 0,003	< 0,0171	0,0052	< 0,0104	< 0,05
03	4,2	6,78	0,001	0,0078	< 0,0001	< 0,0033	< 0,0008	< 0,003	< 0,0171	0,0063	< 0,0104	< 0,05
06	4,3	3,39	0,008	< 0,0014	< 0,0001	< 0,0033	< 0,0008	0,0047	< 0,0171	0,0065	0,0151	< 0,05
21	4,2	29,6	0,0138	0,0364	< 0,0001	< 0,0033	< 0,0008	0,0196	< 0,0171	0,0534	< 0,0104	< 0,05
25	4,5	0,12	0,0068	0,01	< 0,0001	< 0,0033	< 0,0008	< 0,003	< 0,0171	0,0197	< 0,0104	< 0,05
32	4,7	1,35	< 0,0003	< 0,0014	< 0,0001	< 0,0033	0,0013	< 0,003	< 0,0171	0,0074	< 0,0104	< 0,05
41	4,9	1,66	< 0,0003	< 0,0014	< 0,0001	< 0,0033	< 0,0008	< 0,003	< 0,0171	0,0009	0,019	< 0,05
42	5,2	0,7	< 0,0003	0,0183	< 0,0001	< 0,0033	< 0,0008	0,0064	< 0,0171	0,0263	0,0148	< 0,05
44	5,1	49,29	0,0054	0,0084	< 0,0001	< 0,0033	0,0012	0,0167	< 0,0171	0,0158	0,0283	< 0,05

Em julho de 2006, (outono/inverno), foi realizado novo levantamento, o qual apresentou os seguintes resultados:

- O pH analisado em todas as 9 veredas apresentou valores abaixo de 6, o que implica forte influência de matéria orgânica em suas águas.
- Nas áreas com menor declividade e/ou com utilização de agropastoril a turbidez apresenta-se elevada. A amostra 44 apresentou uma anomalia, pois se observou elevado teor de turbidez, o que reforça sua elevada altitude e a presença de matéria orgânica e material carregado presentes na mesma.
- O Al^{+3} apresentou seus valores em todas as amostras, dentro do limite estabelecido pela CONAMA 357/2005. Verificou-se que os valores deste elemento entre as amostras possuem concentração mais elevada na região em que o solo é ocupado por pastagens.
- Nestas amostras a concentração de Fe^{2+} também se mostrou alterada nas regiões com baixa declividade, proveniente das rochas do Grupo Areado.
- A concentração de Cu^{2+} , Co^{2+} e Ni^{2+} apresentaram-se abaixo do limite de detecção do aparelho de medição, tendo seus valores adequados a legislação vigente.
- O Cd^{2+} apresenta alterações somente nas amostras 32 e 44, que provavelmente está relacionado com a lixiviação dos solos das áreas utilizadas por plantações.

7.2 ANÁLISES DOS RESULTADOS

Em geral, diante dos dados obtidos, observou-se que a contaminação proveniente dos metais pesados ocorre em áreas de plantações e silvicultura.

Ocorre uma alteração nas contaminações devido às ações ligadas à agricultura com o uso de agro-corretivos e agrotóxicos que está relacionado com a lixiviação por água pluvial.

A proximidade da agropecuária e silvicultura nas margens da vereda é diretamente proporcional com as alterações negativas dos padrões da qualidade destas águas. Portanto estas atividades agropecuárias influenciam a composição e o pH das águas (posicionamento e uso das margens).

Observou-se que no verão o pH possuía maior alteração do que no inverno devido à temperatura, a oxidação e a carga das águas serem mais elevadas (variação do material orgânico).

Dentre os parâmetros analisados, a presença de elevados teores de alumínio mostram-se influenciadas pelo carreamento de argilominerais para água, os quais são provenientes do desmatamento. Pode-se ainda dizer que, a concentração de ferro é proveniente da lixiviação dos solos ferruginosos advindos do Grupo Areado.

Os sedimentos depositados nas veredas apesar de ser camuflado por material fino, produto da liberação da superfície, por desmatamento e aração mostram claramente a correlação das unidades geológicas, onde este material fino será acumulado no percurso do Rio do Formoso na planície de inundação.

A morfologia das veredas está diretamente correlacionada com o sistema estrutural ocorrente nas unidades geológicas, sendo observadas veredas alongadas, arredondadas e com bifurcações em Y.

Quanto à coloração da água analisada nas veredas, a cor avermelhada apresenta relação com o tipo de solo (óxido e hidróxido de ferro). Isto ocorre devido ao material fino em suspensão trazido pelo vento e pela chuva das áreas descobertas para pastagem do plantio.

A água límpida nas veredas limita-se as áreas em que há baixa influência antrópica e presença de vegetação primária ou remanescente.

CAPÍTULO 8

CONCLUSÕES

- ❖ Por meio do estudo realizado verificou-se inicialmente a possibilidade das veredas serem influenciadas pelo seu tamanho, sua profundidade, velocidade da corrente da água e seu tipo de sedimento depositado no fundo da mesma, e dentre os fatores naturais, destacam-se a temperatura atmosférica, o vento pela carga de material e a chuva pela quantidade de água.
- ❖ A forma e a orientação das veredas na área investigada, como o direcionamento dos afluentes do Rio do Formoso estão relacionados com a orientação do acamamento dos sedimentos estruturais tectônicos empregados durante os eventos subseqüentes à deposição (sistema de fraturas noroeste-nordeste, sudoeste-nordeste e oeste-leste) e ligado à formação da depressão Sanfranciscana de Pirapora. A forma (grau de arredondamento) é direcionada pela localização nas confluências, e paralelo à fratura tectônica leste-oeste.
- ❖ A construção de barragem na parte montante da bacia associada às atividades existentes ao longo da bacia, próximos às margens das veredas reduz o fluxo, rebaixa o nível da água aumentando o grau de assoreamento (alterando a relação silte/argila e quantidade de areia), e altera a composição química da água pelo tempo de permanência na mesma.
- ❖ As principais ações antrópicas que influenciam a descaracterização das veredas são as atividades agropecuárias, silvicultura e pastagens. As alterações decorrentes destas ações são visíveis ao longo do ano, mas se destacam no verão, quando as atividades agropastoris intensificam o uso de agromateriais nas áreas de pastagem e de tratamento das plantações de árvores. Estes agromateriais, em específico nitratos e fosfatos, reduzem a concentração de oxigênio (presença de odor na água).
- ❖ A ocorrência de metais pesados (principalmente cobre e zinco) é notável em áreas próximas as plantações de grãos e silvicultura. As veredas mais atingidas quimicamente e pelo assoreamento localizam-se na margem esquerda do Rio do Formoso (áreas de plantios e pastagens) e na parte central da Sub-bacia (área destinada à silvicultura) facilitada pelo grau de declividade. A cor da água da vereda está relacionada com a sedimentação da matéria orgânica e o tipo de solo da mesma.

- ❖ O pH é influenciado por material orgânico introduzido por atividades humanas, como também pela introdução de sedimento argiloso.
- ❖ Não foi encontrada nenhuma alteração ligada às atividades de transporte atmosférico causada pelas fábricas de ferro-sílica, localizadas no distrito industrial de Pirapora.

CAPÍTULO 9

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, APÊNDICE E ANEXOS.

9.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERT, B. I *et. al.* 1999. Behaviour of Zn, Cr and Pb during the leaching of mortar and granite. In the 3^o Symposium of Environmental Geochemistry in tropical Countries. Novo Friburgo/RJ, Brazil: 2p.
- ALLOWAY, B. J. 1990. Heavy metals in soils. John Wiley & Sons. New York. 19-29p.
- ANA – Agencia Nacional de Águas. 2002. Águas Subterrâneas. Superintendência de Informações Hidrogeológicas (SIH). Brasília.
- BARONE, R.H.D.T. 1973. Perfil analítico do zinco. DNPM/MME. Rio de Janeiro: 37p.
- BATTALHA, B. L. & PARLATORE, A. C. 1977. Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais. São Paulo: CETESB, p.103-106.
- BRASIL. 2004. LEIS, DECRETOS, ETC. Resolução CONAMA n^o. 357, de 17 março de 2005 estabelece a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- BAGGIO, H. F. 2002. Alterações na Paisagem Natural e Agrícola do município de Buritizeiro - MG: Implicações do Plantio Generalizado de Pinus e Eucalipto no Meio Físico, Biológico e Sócio-econômico. Belo Horizonte - MG. UFMG, IGC.Dep. Geografia, p. 154 (tese de Mestrado).
- BATISTA, M. A. A. 1987. Parecer Técnico relativo ao auto de infiltração n^o 004/87 lavrado contra Cia. Mineira de Metais, localizada em Três Marias. SCT/COPAM, Belo Horizonte.
- BOAVENTURA, R. S. 1981. Características geomorfológicas. In: CETEC. Plano de desenvolvimento integrado do Noroeste mineiro: recursos naturais. Belo Horizonte. (Publicações Técnicas).
- CETEC. 1980. Estudos de metais Pesados no Estado de Minas Gerais. Relatório final. Sistema Operacional de Ciências e Tecnologia. Belo Horizonte.
- CETESB 1988. Guia de Coleta e Preservação de amostras de água, 1ed. São Paulo. 149p.
- CHAGAS, Ivo das. Projeto de Criação da Escola de Ecologia do Cerrado. Pirapora, MG: Prefeitura de Pirapora, Secretaria de Meio Ambiente, 1987.
- COMIG – COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS. 1994. Mapa Geológico de Minas Gerais, escala 1: 1.000.000. Belo Horizonte. Nota explicativa de PEDROSA-SOARES, A. C. *et al.*

- COPAM. 1986. Deliberação Normativa “Minas Gerais” Diário Oficial do Estado de Minas Gerais Belo Horizonte: 13-15. COPAM 1987. Parecer técnico relativo ao auto de infração no 004/87 lavrado contra Cia. Mineira de Metais, localizada em Três Marias. Belo Horizonte: 130 p.
- COLT, J. 1984. Computation of Dissolved Gas Concentrations in Water as Functions of Temperature, Salinity and Pressure. Bethesda, Mary land, Am. Fish. Soc. , Spec. Publ. 14: 155p.
- DNPM. 1987. Curso de Controle da Poluição na Mineração: Alguns Aspectos. Brasília. 3 edv.1,411p.
- DNPM / MME. 1989. Boletim Fluviométrico F4.01. Brasília.
- ELEUTÉRIO, L. 1997. Diagnóstico da situação ambiental da cabeceira da Bacia do Rio Doce, M.G., no âmbito das contaminações por metais pesados em sedimentos de fundo. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia da UFOP. Ouro Preto, M.G., 154p.
- EMBRAPA, 2004. Agrotóxicos e Ambiente / Editores Técnicos, Célia Maria Maganhotto de Souza Silva, Elisabeth Francisconi Fay. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 400.
- FEITOSA & FILHO. 1997. Hidrogeologia: Conceito e Aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE.
- FEAM & COPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. 1989 a 2000. Processos de licenciamento e fiscalização (Sistema FEAM). Belo Horizonte.
- FERGUSSON, J. E. 1991. The heavy elements. Pergamon Press. Oxford, New York, Seoul, Tokyo.641p.
- FJP - FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. 1998. Anuário Estatístico 2000-2001. Belo Horizonte.
- FOLKS, R. L. 1980. Petrology of sedimentary rocks. Hamphill Publ. Co. Austin: 182p.
- FORSTNER, U. 1989. Contaminated sediments. Lecture Notes in Earth Sciences. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 21: 158p.
- FORSTNER & MÜLLER. 1973. A Heavy metal accumulation in river sediments: A response to environmental pollution. Geoforum, 14: 53-61.
- FORSTNER & MÜLLER. 1973. Anorganische Schadstoffe im Neckar. Ruperto Carola. Jahresschrift der Universitätschrift Heidelberg 51: 67-71.
- FORSTNER & MÜLLER. 1975. Schwermetalle in Flüssen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York: 220p.

- GEOMINAS – 2006. Desenvolvimento do Sistema de Inventário de Acervos de Informações Geográficas GeoMINAS – Base de dados comum. Belo Horizonte.
- HEINRICHS & HERRMANN. 1990. *Praktikum der Analytischen Geochemie*. Springer Verlag, Berlim, Heidelberg, London, New York, 669p.
- HORN & SGARBI. 1993. Investigações sobre a contaminação dos sedimentos e da água do rio São Francisco e seus afluentes no Estado de Minas Gerais, 4º ENESMA, Cuiabá.
- IG-UFPE 1992. Anais do 3º ENESMA, Curitiba.
- IG-UFMT 1993. Anais do 4º ENESMA. Cuiabá.
- IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. 2004. Relatório de monitoramento das águas superficiais na Bacia do Rio São Francisco em 2003: Rio São Francisco - Norte / Instituto Mineiro de Gestão das Águas. --- Belo Horizonte: IGAM, 212p.
- KIEKENS, L. ZINC. 1990. Heavy metals in soils. In: ALLOWAY, B.J. (Ed). Glasgow: Black and Son, 1990. p. 261-277.
- LUNDHAMER, S. 1991. Erfassung der Kontamination an Metallen im Flusswasser des São Francisco bei Três Marias, Brasilien. Tese de diploma, Fachhochschule Munchen, inédito: 74p.
- LICENCIAMENTO AMBIENTAL: COLETÂNEA DE LEGISLAÇÃO. 1988. Belo Horizonte: FEAM, 380p. v. 5.(Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios) CETESB 1988. Guia de Coleta e Preservação de amostras de água, 1ed. São Paulo. 149p.
- MACÊDO, J. A. B. 2002. Introdução a Química Ambiental; Química & Meio Ambiente & Sociedade 1ª ed. Juiz de Fora: Jorge Macedo, 487p.
- MELO, D. R. 1992. As veredas nos planaltos do noroeste mineiro; caracterização pedológicas e os aspectos morfológicos e evolutivos. Belo Horizonte – MG. UNESP – Rio Claro, Geografia, p. 218 (tese de Mestrado).
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/srh/index.cfm>> acessado em: maio/2006.
- ROSA, JOÃO GUIMARÃES, 1908-1967. Grande Sertão: Veredas. 19ª Edição. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2001.
- SOUZA, T.M.S. 1993. Deflúvios superficiais no Estado de Minas Gerais Hidrosistemas-Eng. De Recursos Hídricos Ltda./COPASA, Belo Horizonte: 264p.
- SRH – SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. 2006. Disponível em: <<http://www.hidricos.mg.gov.br>> acessado em: maio/2006.

SCB – SECRETARIA DE CULTURA DE BURITIZEIRO. Plano diretor de municípios 1999. Dados turísticos da cidade, Buritizeiro: 296p.

VALADÃO, R. C. AUGUSTIN, C. H. R. R. Instalação da rede hidrográfica Cenozóica na porção central do Estado de Minas Gerais: o papel do Arcabouço proterozóico e da geodinâmica cretácica. In: CONG. BRAS. GEOL. Camboriú, 1994. Anais Camboriú, SBG, Vol. 3. P199-200.









9.2 APÊNDICES








9.2.1 Apêndice A




(Planilha contendo a descrição física e ilustração das 45 veredas pré-selecionadas).






PLANILHA COM INFORMAÇÕES FÍSICAS DAS 45 VEREDAS


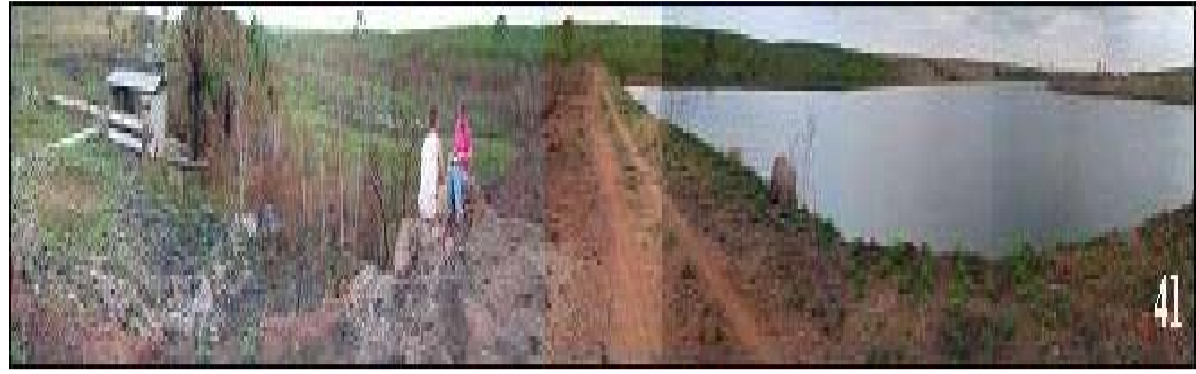




Elaborada por: Viana, M. F. C. V., 2006

Amostras	Parâmetros	Coordenadas longitude / latitude	Altitude (m)	Morfometria da Vereda (Forma geral)	Tipo de solo do compartimento	Litologia da Vereda	Compartimento geológico	Vegetação predominante	Uso e ocupação do solo	Cor da água	Cheiro da água	Matéria Orgânica	pH	Profundidade da Vereda	Grau de Degradação (Alto/Médio/Baixo)	Observações	Foto
1		04 95 291 / 80 69 541	511	Alongada (confluência com o rio)	Solo Aluvial	Areia fina no curso, material fluvial, siltitos e argilitos com estratificação fina, com mica	Grupo Bambuí	Vegetação ripária com buritis	Pastagem	Limpida	s/ odor	Baixa	6.6	Raso	Médio	Presença de Assoreamento	
2		04 909 24 / 80 59 115	673	Alongada (com bifurcação)	Latossolo	Areia grossa porosa (derivada de rochas pelíticas), indícios de Tillita	Grupo Bambuí intercalado com Grupo Areado	Vegetação ripária com buritis	Pastagem	Limpida	s/ odor	Alta	7.06	Profunda	Baixo	Envolta em uma mata seca, escostas mais íngremes	
3		04 85 956 / 80 55 540	703	Alongada	Latossolo	Areia fina	Grupo Areado	Vegetação ripária com buritis	Pastagem	Limpida	s/ odor	Baixa	7.5	Rasa	Alto	Solo descoberto às margens da vereda	
4		04 82 377 / 80 55 452	728	Alongada (com bifurcação)	Solo Aluvial	Areia fina	Grupo Areado	Floresta fechada	Plantação de pinus/eucalipto	Limpida	s/ odor	Alta	7.4	Rasa	Alto	Eucalipto com menos de 20 metros da vereda	
5		04 746 31 / 80 57 682	755	Alongada	Solo Aluvial	Areia média	Grupo Areado	Vegetação ripária espessa com buritis de baixo e médio porte	Pastagem	Limpida	s/ odor	Baixa	7.5	Intermediária	Alto	Em função de antigas pastagens	
6		04 73 985 / 80 57 114	751	Arredondada	Latossolo	Argiloso, arenoso (planície de inundação)	Grupo Areado	Vegetação ripária com buritis de alto porte	Pastagem	Turva	s/ odor	Alta	7.3	Rasa	Médio	Cercada com pouco aproveitamento	
7		04 75 946 / 80 62 886	817	Alongada	Solo Aluvial	Argiloso, arenoso, siltoso	Mata da Corda	Vegetação ripária com poucos buritis	Pastagem	Avermelhada	s/ odor	Alta	7.5	Rasa	Baixo	Inserida dentro de uma mata de galeria bem fechada	
8		04 75 947 / 80 62 885	816	Arredondada	Latossolo	Silte (matéria orgânica); precipitação de ferro	Grupo Areado	Vegetação ripária com buritis de baixo e médio porte	NT	Avermelhada	s/ odor	Alta	6.69	Rasa	Médio	Sem proteção nas bordas da vereda	
9		04 69 409 / 80 55 944	797	Alongada (com bifurcação)	Latossolo Silicoso	Silte (matéria orgânica com precipitação de ferro); cor cinza (pelito); avermelhada (ferro) escura	Grupo Areado	Vegetação ripária fechada com buritis de alto porte	NT	Turva	s/ odor	Alta	6.74	Rasa	Baixo	Vereda fechada	NT

10	04 65 027 / 80 55 386	818	Alongada (com bifurcação)	Solo orgânico	Silte, argiloso (matéria orgânica)	Grupo Areado	Vegetação ripária fechada e úmida	Pastagem	Limpida	s/ odor	Alta	6.75	Rasa	Alto	Queimada próxima		
11	04 66 073 / 80 56 119	811	Represada	Latossolo	Matéria Orgânica	Grupo Areado	Vegetação ripária aberta com buritis altos e arbustos de pequeno porte	Plantação de pinus/eucalipto	Turva	s/ odor	Média	6.71	Profunda	Alto	Proximidade com fazendas agrícolas		
12	04 620 86 / 80 54 236	820	Represada	Latossolo	Arenoso, argiloso	Grupo Areado	Vegetação ripária; secundária	Plantação de soja	Limpida	s/ odor	Média	6.83	Média	Alto	A vereda virou açude; área de captação de água devido a plantação		
13	04 63 342 / 80 54 327	798	Represada	Solo Hidromórfico e Solo Aluvionar	Areia fina (matéria orgânica)	Grupo Areado	Buritis de médio porte na área alagada	Plantação de pinus/eucalipto	Limpida	s/ odor	Alta	6.89	Rasa	Médio	Ação do homem		
14	04 63 502 / 80 54 385	811	Alongada (com bifurcação)	Solo Aluvionar	Silte (matéria orgânica)	Grupo Areado	Vegetação ripária; secundária	Pastagem	Avermelhada	Com odor	Média	6.79	Intermediária	Alto	Pastagem		
15	04 63 319 / 80 53 198	793	Alongada	Solo Aluvionar	Silte (matéria orgânica)	Grupo Areado	Vegetação ripária; secundária	Pastagem	Avermelhada	Com odor	Baixa	6.87	Intermediária	Alto	Pastagem		
16	04 642 14 / 80 53 224	805	Alongada (com bifurcação)	Solo Aluvionar	Matéria Orgânica	Grupo Areado	Vegetação ripária com buritis altos e arbustos de pequeno porte	Plantação indeterminada	Turva	s/ odor	Alta	ND	ND	Alto	Queimada dentro da vereda		
17	04 64 488 / 80 53 520	786	Alongada	Solo Aluvionar	Matéria Orgânica	Grupo Areado	Buritis de médio porte na área alagada	Pastagem	Turva	s/ odor	Alta	ND	ND	Alto	ND	NT	
18	04 66 580 / 80 511 60	795	Alongada	Solo Aluvionar	Silte (matéria orgânica)	Grupo Areado	Vegetação ripária espessa com buritis de médio porte e arbustos rasteiros	Plantação indeterminada	Limpida	s/ odor	Alta	5.05	Rasa	Médio	Erosão que desviou o nível do solo com vossorocas e o curso foi alterado		
19	04 66 637 / 80 49 507	782	Alongada	Solo Aluvionar	Arenoso (matéria orgânica)	Grupo Areado	Buritis de baixa porte na área alagada	Pastagem / plantação indeterminada	Vereda seca	ND	Baixa	ND	ND	Baixo	Preservação de 80 metros; plantação		

20	04 66 573 / 80 48 223	787	Alongada	Solo Aluvionar	Arenoso	Grupo Areado	Vegetação ripária com buritis de alto porte	Pastagem	Avermelhada	s/ odor	Média	4.6	Rasa	Médio	Pastagem e plantação nas bordas carreando sedimentos	
21	04 660 35 / 80 47 315	806	Alongada	Solo Aluvionar	Arenoso	Grupo Areado	Vegetação ripária aberta com buritis médios e arbustos de pequeno porte	Pastagem	Limpida	s/ odor	Baixa	4.5	Rasa	Médio	Mata fechada com alta índice de matéria orgânica	
22	04 68 307 / 80 47 252	774	Alongada (com bifurcação)	Solo Aluvionar	Areia fina a média (matéria orgânica)	Grupo Areado	Floresta fechada com arbustos de pequeno porte	Plantação indeterminada	Turva	Com odor	Média	4.4	Intermediária	Alto	Preparo do solo bem próximo aos braços da vereda para o plantio da soja	
23	04 66 448 / 80 46 191	812	Alongada (com bifurcação)	Latossolo	Arenoso (matéria orgânica)	Grupo Areado	Vegetação ripária; secundária	Plantação de soja	Turva	Com odor	Média	ND	Intermediária	Médio	ND	 
24	04 66 000 / 80 45 169	815	Alongada	Latossolo	Arenoso (matéria orgânica)	Grupo Areado	Vegetação ripária com buritis médio porte e arbustos Altos	Pastagem	Limpida	s/ odor	Alta	5.55	Intermediária	Alto	Plantio, o solo está evoluindo	
25	04 65 571 / 80 44 106	801	Alongada (com bifurcação)	Solo Aluvionar	Argiloso, arenoso	Grupo Areado	Vegetação ripária com pouca presença de buritis	Plantação indeterminada	Limpida	s/ odor	Baixa	6.2	Intermediária	Baixo	Pouco em função da família viver ao redor	 
26	04 65 080 / 80 43 047	797	Alongada (com bifurcação)	Solo Aluvionar	Siltoso, arenoso, argiloso (matéria orgânica)	Grupo Areado	Vegetação ripária com buritis de alto porte	Pastagem	Limpida	s/ odor	Baixa	5.68	Intermediária	Médio	Devida a erosão	
27	04 63 831 / 80 42 716	816	Alongada	Solo Aluvionar	Arenoso (matéria orgânica)	Grupo Areado intercalado com Mata de Corda	Vegetação ripária com buritis de médio porte	Pastagem	Verreda Seca	NT	Média	ND	Rasa	Médio	Devida a erosão	
28	04 63 836 / 80 42 715	808	Alongada	Solo Aluvionar	Argiloso (matéria orgânica)	Grupo Areado	Vegetação ripária com buritis de médio porte	Pastagem	Verreda seca	NT	Média	ND	NT	Alto	Devida a erosão	
29	04 63 144 / 80 43 149	786	Alongada	Latossolo	Arenoso (matéria orgânica)	Grupo Areado	Vegetação ripária com buritis	Pastagem	Limpida	s/ odor	Média a muito decomposta	4.66	Intermediária	Alto	Devida a erosão	

30	04 62 357 / 80 41 446	822	Alongada (com bifurcação)	Solo orgânico	Matéria Orgânica	Grupo Areado	Vegetação ripária fechada com buritis de alto porte	Pastagem	Avermelhada	s/ odor	Muita	5.5	Rasa	Médio	Presença de mata secundária próxima	NT
31	04 62 113 / 80 41 466	817	Arredondada	Latossolo	Arenoso (matéria orgânica)	Grupo Areado	Vegetação ripária espaça com buritis	Pastagem	Avermelhada	s/ odor	Alta	5.18	Rasa	Médio	Pouco em função da família viver ao redor	NT
32	04 61 833 / 80 41 165	810	Alongada	Solo Aluvionar	Argiloso; siltoso	Grupo Areado	Vegetação ripária com buritis de médio porte	Plantação indeterminada	Limpida	s/ odor	Baixa	5.45	Rasa	Alto	Presença de Assoreamento	
33	04 62 567 / 80 40 560	805	Alongada	Solo Aluvionar	Argiloso	Grupo Areado	Vegetação ripária com poucos buritis de médio e baixo porte	Pastagem	Limpida	s/ odor	Baixa	5.43	Rasa	Médio	Gado pisoteando as margens da vereda	
34	04 62 848 / 80 38 900	811	Arredondada	Latossolo	Arenoso (matéria orgânica); presença de ferro	Grupo Areado	Vegetação ripária com buritis de baixo porte; presença de pteridófitas (samambaias)	Pastagem	Avermelhada	s/ odor	Média	5.42	Rasa	Alto	Presença de queimadas	
35	04 61 977 / 80 37 333	801	Alongada (com bifurcação)	Solo Aluvionar	Arenoso	Grupo Areado	Vegetação ripária secundária com buritis	Pastagem	Limpida	s/ odor	Baixa	5.6	Rasa	Alto	Alto	
36	04 60 408 / 80 35 308	826	Alongada	Latossolo	Arenoso (matéria orgânica); presença de ferro	Grupo Areado	Vegetação ripária com poucos buritis e presença marcante de arbustos do cerrado	Plantação de pinus / eucalipto	Limpida	s/ odor	Baixa	5.4	Intermediária	Médio	Pouca erosão	
37	04 61 507 / 80 34 390	811	Alongada	Latossolo	Areia fina a média (matéria orgânica)	Grupo Areado	Vegetação ripária com buritis de médio e baixo porte	Pastagem	Limpida	s/ odor	Média	5.0	Rasa	Alto	Ação Antrópica (estrada cortando um dos braços da vereda e plantações dentro da vereda)	
38	04 61 632 / 80 33 534	809	Alongada	Solo Aluvionar	Matéria Orgânica	Grupo Areado	Vegetação ripária espessa com buritis de médio porte	Plantação indeterminada	Limpida	s/ odor	Alta	ND	Rasa	Alto	Ação Antrópica (estrada cortando um dos braços da vereda)	
39	04 66 597 / 80 43 479	778	Alongada	Latossolo	Arenoso (matéria orgânica)	Grupo Areado	Vegetação de campo e cerrado secundárias	Plantação de café	Avermelhada	Com odor	Baixa	5.02	Profunda	Alto	Bomba de sucção dentro da vereda para retirada de água	

40	04 67 552 / 80 43 891	779	Alongada	Solo orgânico	Matéria Orgânica	Grupo Areado	Vegetação ripária com buritis de baixo porte	Plantação de café	Turva	s/ odor	Baixa	4,74	Rasa	Alto	Plantio de café com menos de 20 m de distância da borda da vereda	
41	04 58 813 / 80 30 861	845	Represada	Solo Aluvionar	Areia fina a média (matéria orgânica)	Grupo Areado	Vegetação de campo e pastagens	Plantação de soja	Limpida	s/ odor	Baixa	4,8	Profunda	Alto	Captação de água para irrigação	
42	04 56 157 / 80 27 663	859	Represada	Solo Aluvionar	Arenoso, siltoso	Grupo Areado	ND	Plantação de café	Limpida	s/ odor	Baixa	6,02	Profunda	Alto	Captação de água para irrigação	
43	04 55 376 / 80 30 411	858	Alongada	Latossolo	Argiloso, siltoso	Mata da Corda	Vegetação de campo e pastagens	Plantação de pinus / eucalipto	Avermelhada	s/ odor	Média	4,6	Profunda	Alto	Queimada ao longo do curso	
44	04 53 376 / 80 29 929	853	Alongada (com bifurcação)	Solo Aluvionar	Silte, argiloso	Grupo Areado	Floresta aberta	Plantação indeterminada	Limpida	s/ odor	Baixa	5,1	Rasa	Alto	Vereda soterrada por sedimentos carregados	
45	04 52 610 / 80 30 009	846	Alongada (com bifurcação)	Solo Aluvionar	Silte, arenoso	Mata da Corda	Floresta aberta	Plantação indeterminada	Vereda seca	NT	Baixa	ND	NT	Alta	Vereda seca por soterramento de sedimentos carregados	

9.3 ANEXOS

9.3.1 Anexo A

(Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005).



**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA**

RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

O **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA**, no uso das competências que lhe são conferidas pelos arts. 6º, inciso II e 8º, inciso VII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e

Considerando a vigência da Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, que dispõe sobre a balneabilidade;

Considerando o art. 9º, inciso I, da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, e demais normas aplicáveis à matéria;

Considerando que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, da prevenção, da precaução, do poluidor-pagador, do usuário-pagador e da integração, bem como no reconhecimento de valor intrínseco à natureza;

Considerando que a Constituição Federal e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, visam controlar o lançamento no meio ambiente de poluentes, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida;

Considerando que o enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação;

Considerando os termos da Convenção de Estocolmo, que trata dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004;

Considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes;

Considerando que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade;

Considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas;

Considerando a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos propostos;

Considerando a necessidade de se reformular a classificação existente, para melhor distribuir os usos das águas, melhor especificar as condições e padrões de qualidade requeridos, sem prejuízo de posterior aperfeiçoamento; e

Considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água; resolve:

Art. 1º Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

CAPÍTULO I DAS DEFINIÇÕES

Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;

II - águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;

III - águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰;

IV - ambiente lântico: ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado;

V - ambiente lótico: ambiente relativo a águas continentais moventes;

VI - aquíicultura: o cultivo ou a criação de organismos cujo ciclo de vida, em condições naturais, ocorre total ou parcialmente em meio aquático;

VII - carga poluidora: quantidade de determinado poluente transportado ou lançado em um corpo de água receptor, expressa em unidade de massa por tempo;

VIII - cianobactérias: microorganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis) capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos a saúde;

IX - classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros;

X - classificação: qualificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade) atuais e futuros;

XI - coliformes termotolerantes: bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β -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;

XII - condição de qualidade: qualidade apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente às Classes de Qualidade;

XIII - condições de lançamento: condições e padrões de emissão adotados para o controle de lançamentos de efluentes no corpo receptor;

XIV - controle de qualidade da água: conjunto de medidas operacionais que visa avaliar a melhoria e a conservação da qualidade da água estabelecida para o corpo de água;

XV - corpo receptor: corpo hídrico superficial que recebe o lançamento de um efluente;

XVI - desinfecção: remoção ou inativação de organismos potencialmente patogênicos;

XVII - efeito tóxico agudo: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos, usualmente letalidade ou alguma outra manifestação que a antecede, em um curto período de exposição;

XVIII - efeito tóxico crônico: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos que afetam uma ou várias funções biológicas dos organismos, tais como a reprodução, o crescimento e o comportamento, em um período de exposição que pode abranger a totalidade de seu ciclo de vida ou parte dele;

XIX - efetivação do enquadramento: alcance da meta final do enquadramento;

XX - enquadramento: estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo;

XXI - ensaios ecotoxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos aquáticos;

XXII - ensaios toxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos visando avaliar o potencial de risco à saúde humana;

XXIII - *Escherichia coli (E.Coli)*: bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae caracterizada pela atividade da enzima β -glicuronidase. Produz indol a partir do aminoácido triptofano. 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;

XXIV - metas: é o desdobramento do objeto em realizações físicas e atividades de gestão, de acordo com unidades de medida e cronograma preestabelecidos, de caráter obrigatório;

XXV - monitoramento: medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água;

XXVI - padrão: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água ou efluente;

XXVII - parâmetro de qualidade da água: substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água;

XXVIII - pesca amadora: exploração de recursos pesqueiros com fins de lazer ou desporto;

XXIX - programa para efetivação do enquadramento: conjunto de medidas ou ações progressivas e obrigatórias, necessárias ao atendimento das metas intermediárias e final de qualidade de água estabelecidas para o enquadramento do corpo hídrico;

XXX - recreação de contato primário: contato direto e prolongado com a água (tais como natação, mergulho, esqui-aquático) na qual a possibilidade do banhista ingerir água é elevada;

XXXI - recreação de contato secundário: refere-se àquela associada a atividades em que o contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena, como na pesca e na navegação (tais como iatismo);

XXXII - tratamento avançado: técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica;

XXXIII - tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH;

XXXIV - tratamento simplificado: clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário;

XXXV - tributário (ou curso de água afluente): corpo de água que flui para um rio maior ou para um lago ou reservatório;

XXXVI - vazão de referência: vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão, tendo em vista o uso múltiplo das águas e a necessária articulação das instâncias do Sistema Nacional de Meio Ambiente-SISNAMA e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-SINGRH;

XXXVII - virtualmente ausentes: que não é perceptível pela visão, olfato ou paladar; e

XXXVIII - zona de mistura: região do corpo receptor onde ocorre a diluição inicial de um efluente.

CAPÍTULO II

DA CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA

Art.3º As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

Parágrafo único. As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

Seção I

Das Águas Doces

Art. 4º As águas doces são classificadas em:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme

Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e

- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme

Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e

- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Seção II

Das Águas Salinas

Art. 5º As águas salinas são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

e

- b) à proteção das comunidades aquáticas; e
- c) à aquicultura e à atividade de pesca.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) à pesca amadora; e
- b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Seção II

Das Águas Salobras

Art. 6º As águas salobras são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;

e,

- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à aquicultura e à atividade de pesca;
- d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e
- e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) à pesca amadora; e
- b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

CAPÍTULO III

DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

Seção I

Das Disposições Gerais

Art. 7º Os padrões de qualidade das águas determinados nesta Resolução estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe.

Parágrafo único. Eventuais interações entre substâncias, especificadas ou não nesta Resolução, não poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida, bem como de restringir os usos preponderantes previstos, ressalvado o disposto no § 3º do art. 34, desta Resolução.

Art. 8º O conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público.

§ 1º Também deverão ser monitorados os parâmetros para os quais haja suspeita da sua presença ou não conformidade.

§ 2º Os resultados do monitoramento deverão ser analisados estatisticamente e as incertezas de medição consideradas.

§ 3º A qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas.

§ 4º As possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes não listados nesta Resolução, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser investigadas utilizando-se ensaios ecotoxicológicos, toxicológicos, ou outros métodos cientificamente reconhecidos.

§ 5º Na hipótese dos estudos referidos no parágrafo anterior tornarem-se necessários em decorrência da atuação de empreendedores identificados, as despesas da investigação correrão as suas expensas.

§ 6º Para corpos de água salobras continentais, onde a salinidade não se dê por influência direta marinha, os valores dos grupos químicos de nitrogênio e fósforo serão os estabelecidos nas classes correspondentes de água doce.

Art. 9º A análise e avaliação dos valores dos parâmetros de qualidade de água de que trata esta Resolução serão realizadas pelo Poder Público, podendo ser utilizado laboratório próprio, conveniado ou contratado, que deverá adotar os procedimentos de controle de qualidade analítica necessários ao atendimento das condições exigíveis.

§ 1º Os laboratórios dos órgãos competentes deverão estruturar-se para atenderem ao disposto nesta Resolução.

§ 2º Nos casos onde a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações dessas substâncias nas águas, os sedimentos e/ou biota aquática poderão ser investigados quanto à presença eventual dessas substâncias.

Art. 10. Os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência.

§ 1º Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas, nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura.

§ 2º Os valores máximos admissíveis dos parâmetros relativos às formas químicas de nitrogênio e fósforo, nas condições de vazão de referência, poderão ser alterados em decorrência de condições naturais, ou quando estudos ambientais específicos, que considerem também a poluição difusa, comprovem que esses novos limites não acarretarão prejuízos para os usos previstos no enquadramento do corpo de água.

§ 3º Para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência.

§ 4º O disposto nos §§ 2º e 3º não se aplica às baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos de água em que não seja aplicável a vazão de referência, para os quais deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico.

Art. 11. O Poder Público poderá, a qualquer momento, acrescentar outras condições e padrões de qualidade, para um determinado corpo de água, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica.

Art. 12. O Poder Público poderá estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência.

Art. 13. Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.

Seção II

Das Águas Doces

Art. 14. As águas doces de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido.

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O₂;

i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂;

j) turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);

l) cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L; e

m) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA I - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES	
PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila <i>a</i>	10 µg/L
Densidade de cianobactérias	20.000 cel/mL ou 2 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Antimônio	0,005mg/L Sb
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	0,7 mg/L Ba
Berílio total	0,04 mg/L Be
Boro total	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,001 mg/L Cd
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cianeto livre	0,005 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobalto total	0,05 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,020 mg/L P

Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5
	2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,01 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	0,18 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Acrilamida	0,5 µg/L
Alacloro	20 µg/L
Aldrin + Dieldrin	0,005 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzidina	0,001 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,05 µg/L
Benzo(a)pireno	0,05 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,05 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,05 µg/L
Carbaril	0,02 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,04 µg/L
2-Clorofenol	0,1 µg/L
Criseno	0,05 µg/L
2,4-D	4,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,05 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	0,003 mg/L
2,4-Diclorofenol	0,3 µg/L
Diclorometano	0,02 mg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,002 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,056 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Estireno	0,02 mg/L
Etilbenzeno	90,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosato	65 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,01 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,0065 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,05 µg/L

Lindano (γ -HCH)	0,02 $\mu\text{g/L}$
Malation	0,1 $\mu\text{g/L}$
Metolacloro	10 $\mu\text{g/L}$
Metoxicloro	0,03 $\mu\text{g/L}$
Paration	0,04 $\mu\text{g/L}$
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 $\mu\text{g/L}$
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Simazina	2,0 $\mu\text{g/L}$
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 $\mu\text{g/L}$
Tetracloroeto de carbono	0,002 mg/L
Tetracloroeteno	0,01 mg/L
Tolueno	2,0 $\mu\text{g/L}$
Toxafeno	0,01 $\mu\text{g/L}$
2,4,5-TP	10,0 $\mu\text{g/L}$
Tributilestanho	0,063 $\mu\text{g/L TBT}$
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	0,02 mg/L
Tricloroeteno	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L
Trifluralina	0,2 $\mu\text{g/L}$
Xileno	300 $\mu\text{g/L}$

III - Nas águas doces onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

TABELA II - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,14 $\mu\text{g/L As}$
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Benzidina	0,0002 $\mu\text{g/L}$
Benzo(a)antraceno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Benzo(a)pireno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Benzo(b)fluoranteno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Benzo(k)fluoranteno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Criseno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 $\mu\text{g/L}$
3,3-Diclorobenzidina	0,028 $\mu\text{g/L}$
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 $\mu\text{g/L}$
Hexaclorobenzeno	0,00029 $\mu\text{g/L}$
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 $\mu\text{g/L}$
PCBs - Bifenilas policloradas	0,000064 $\mu\text{g/L}$
Pentaclorofenol	3,0 $\mu\text{g/L}$
Tetracloroeto de carbono	1,6 $\mu\text{g/L}$
Tetracloroeteno	3,3 $\mu\text{g/L}$
Toxafeno	0,00028 $\mu\text{g/L}$
2,4,6-triclorofenol	2,4 $\mu\text{g/L}$

Art 15. Aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo anterior, à exceção do seguinte:

I - não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser

determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

III - cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;

IV - turbidez: até 100 UNT;

V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂;

VI - OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂;

VII - clorofila *a*: até 30 µg/L;

VIII - densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm³/L; e,

IX - fósforo total:

a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e,

b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

Art. 16. As águas doces de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

e) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) cianobactérias para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/ml, ou 5mm³/L;

i) DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O₂;

j) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂;

l) turbidez até 100 UNT;

m) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L; e,

n) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA III - CLASSE 3 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES	
PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila <i>a</i>	60 µg/L
Densidade de cianobactérias	100.000 cel/mL ou 10 mm ³ /L

Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,2 mg/L Al
Arsênio total	0,033 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	0,1 mg/L Be
Boro total	0,75 mg/L B
Cádmio total	0,01 mg/L Cd
Chumbo total	0,033 mg/L Pb
Cianeto livre	0,022 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cobalto total	0,2 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,013 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	5,0 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,05 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico)	0,075 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,15 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,5 mg/L Mn
Mercúrio total	0,002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	13,3 mg/L N, para pH ≤ 7,5
	5,6 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	2,2 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	1,0 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,05 mg/L Ag
Selênio total	0,05 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (como H ₂ S não dissociado)	0,3 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	5 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzo(a)pireno	0,7 µg/L
Carbaril	70,0 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,3 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	1,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	14,0 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	30 µg/L
Dodecacloro Pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,22 µg/L
Endrin	0,2 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,01 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosato	280 µg/L

Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,03 µg/L
Lindano (γ -HCH)	2,0 µg/L
Malation	100,0 µg/L
Metoxicloro	20,0 µg/L
Paration	35,0 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,003 mg/L
Tetracloroeteno	0,01 mg/L
Toxafeno	0,21 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	2,0 µg/L TBT
Tricloroeteno	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L

Art. 17. As águas doces de classe 4 observarão as seguintes condições e padrões:

I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

II - odor e aspecto: não objetáveis;

III - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

IV - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

V - fenóis totais (substâncias que reagem com 4 - aminoantipirina) até 1,0 mg/L de C₆H₅OH;

VI - OD, superior a 2,0 mg/L O₂ em qualquer amostra; e,

VII - pH: 6,0 a 9,0.

Seção III

Das Águas Salinas

Art. 18. As águas salinas de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) materiais flutuantes virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;

e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada

em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) carbono orgânico total até 3 mg/L, como C;

i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂; e

j) pH: 6,5 a 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidade.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA IV - CLASSE 1 - ÁGUAS SALINAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	1,5 mg/L Al
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	5,3 µg/L Be
Boro total	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,005 mg/L Cd
Chumbo total	0,01 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,005 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo Total	0,062 mg/L P
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	0,40 mg/L N
Nitrito	0,07 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,40 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,031 mg/L P
Prata total	0,005 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfetos (H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Tálio total	0,1 mg/L Tl
Urânio Total	0,5 mg/L U
Zinco total	0,09 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,0019 µg/L
Benzeno	700 µg/L
Carbaril	0,32 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,004 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
DDT (p,p'-DDT+ p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,001 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dodecacloro pentaclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,01 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Etilbenzeno	25 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	60 µg/L C ₆ H ₅ OH
Gution	0,01 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,001 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,004 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L

Monoclorobenzeno	25 µg/L
Pentaclorofenol	7,9 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,03 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,2 mg/L LAS
2,4,5-T	10,0 µg/L
Tolueno	215 µg/L
Toxafeno	0,0002 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,01 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	80 µg/L
Tricloroeteno	30,0 µg/L

III - Nas águas salinas onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

TABELA V - CLASSE 1 - ÁGUAS SALINAS	
PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,14 µg/L As
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Benzeno	51 µg/L
Benzidina	0,0002 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,018 µg/L
Benzo(a)pireno	0,018 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018 µg/L
2-Clorofenol	150 µg/L
2,4-Diclorofenol	290 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 µg/L
1,2-Dicloroetano	37 µg/L
1,1-Dicloroeteno	3 µg/L
3,3-Diclorobenzidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,000064 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
Tetracloroeteno	3,3 µg/L
2,4,6-Triclorofenol	2,4 µg/L

Art 19. Aplicam-se às águas salinas de classe 2 as condições e padrões de qualidade da classe 1, previstos no artigo anterior, à exceção dos seguintes:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 2500 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

c) carbono orgânico total: até 5,00 mg/L, como C; e

d) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5,0 mg/L O₂.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA VI - CLASSE 2 - ÁGUAS SALINAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,069 mg/L As
Cádmio total	0,04 mg/L Cd
Chumbo total	0,21 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	19 µg/L Cl
Cobre dissolvido	7,8 µg/L Cu
Cromo total	1,1 mg/L Cr
Fósforo total	0,093 mg/L P
Mercúrio total	1,8 µg/L Hg
Níquel	74 µg/L Ni
Nitrato	0,70 mg/L N
Nitrito	0,20 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,70 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,0465 mg/L P
Selênio total	0,29 mg/L Se
Zinco total	0,12 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,09 µg/L
DDT (p-p' DDT + p-p' DDE + p-p' DDD)	0,13 µg/L
Endrin	0,037 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,053 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,16 µg/L
Pentaclorofenol	13,0 µg/L
Toxafeno	0,210 µg/L
Tributilestanho	0,37 µg/L TBT

Art. 20. As águas salinas de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

II - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

III - substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;

IV - corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

V - resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

VI - coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

VII - carbono orgânico total: até 10 mg/L, como C;

VIII - OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/ L O₂; e

IX - pH: 6,5 a 8,5 não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidades.

Seção IV

Das Águas Salobras

Art. 21. As águas salobras de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou

internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

- b) carbono orgânico total: até 3 mg/L, como C;
- c) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/ L O₂;
- d) pH: 6,5 a 8,5;
- e) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- f) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;
- g) substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- h) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes; e

i) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, bem como para a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, não deverá ser excedido o valor de 200 coliformes termotolerantes por 100mL. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA VII - CLASSE 1 - ÁGUAS SALOBRAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Arsênio total	0,01 mg/L As
Berílio total	5,3 µg/L Be
Boro	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,005 mg/L Cd
Chumbo total	0,01 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,005 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total	0,124 mg/L P
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	0,40 mg/L N
Nitrito	0,07 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,40 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,062 mg/L P
Prata total	0,005 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Zinco total	0,09 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + dieldrin	0,0019 µg/L
Benzeno	700 µg/L

Carbaril	0,32 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,004 µg/L
2,4-D	10,0 µg/L
DDT (p,p'DDT+ p,p'DDE + p,p'DDD)	0,001 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,01 µg/L
Etilbenzeno	25,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C ₆ H ₅ OH
Gution	0,01 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,001 µg/L
Lindano (γ -HCH)	0,004 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Monoclorobenzeno	25 µg/L
Paration	0,04 µg/L
Pentaclorofenol	7,9 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,03 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno	0,2 LAS
2,4,5-T	10,0 µg/L
Tolueno	215 µg/L
Toxafeno	0,0002 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,010 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	80,0 µg/L

III - Nas águas salobras onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

TABELA VIII - CLASSE 1 - ÁGUAS SALOBRAS	
PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,14 µg/L As
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Benzeno	51 µg/L
Benzidina	0,0002 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,018 µg/L
Benzo(a)pireno	0,018 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018 µg/L
2-Clorofenol	150 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 µg/L
2,4-Diclorofenol	290 µg/L
1,1-Dicloroeteno	3,0 µg/L
1,2-Dicloroetano	37,0 µg/L
3,3-Diclorobenzidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,000064 µg/L
Tetracloroeteno	3,3 µg/L
Tricloroeteno	30 µg/L

2,4,6-Triclorofenol

2,4 µg/L

Art. 22. Aplicam-se às águas salobras de classe 2 as condições e padrões de qualidade da classe 1, previstos no artigo anterior, à exceção dos seguintes:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) carbono orgânico total: até 5,00 mg/L, como C;

c) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂; e

d) coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 2500 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA IX - CLASSE 2 - ÁGUAS SALOBRAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,069 mg/L As
Cádmio total	0,04 mg/L Cd
Chumbo total	0,210 mg/L Pb
Cromo total	1,1 mg/L Cr
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	19,0 µg/L Cl
Cobre dissolvido	7,8 µg/L Cu
Fósforo total	0,186 mg/L P
Mercúrio total	1,8 µg/L Hg
Níquel total	74,0 µg/L Ni
Nitrato	0,70 mg/L N
Nitrito	0,20 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,70 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,093 mg/L P
Selênio total	0,29 mg/L Se
Zinco total	0,12 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,09 µg/L
DDT (p-p' DDT + p-p' DDE + p-p' DDD)	0,13 µg/L
Endrin	0,037 µg/L
Heptacloro epóxido+ Heptacloro	0,053 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,160 µg/L
Pentaclorofenol	13,0 µg/L
Toxafeno	0,210 µg/L
Tributilestanho	0,37 µg/L TBT

Art. 23. As águas salobras de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - pH: 5 a 9;

II - OD, em qualquer amostra, não inferior a 3 mg/L O₂;

III - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

IV - materiais flutuantes: virtualmente ausentes;

V - substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;

VI - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

VII - coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente; e

VIII - carbono orgânico total até 10,0 mg/L, como C.

CAPÍTULO IV

DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES

Art. 24. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá, a qualquer momento:

I - acrescentar outras condições e padrões, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica; e

II - exigir a melhor tecnologia disponível para o tratamento dos efluentes, compatível com as condições do respectivo curso de água superficial, mediante fundamentação técnica.

Art. 25. É vedado o lançamento e a autorização de lançamento de efluentes em desacordo com as condições e padrões estabelecidos nesta Resolução.

Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá, excepcionalmente, autorizar o lançamento de efluente acima das condições e padrões estabelecidos no art. 34, desta Resolução, desde que observados os seguintes requisitos:

I - comprovação de relevante interesse público, devidamente motivado;

II - atendimento ao enquadramento e às metas intermediárias e finais, progressivas e obrigatórias;

III - realização de Estudo de Impacto Ambiental-EIA, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento;

IV - estabelecimento de tratamento e exigências para este lançamento; e

V - fixação de prazo máximo para o lançamento excepcional.

Art. 26. Os órgãos ambientais federal, estaduais e municipais, no âmbito de sua competência, deverão, por meio de norma específica ou no licenciamento da atividade ou empreendimento, estabelecer a carga poluidora máxima para o lançamento de substâncias passíveis de estarem presentes ou serem formadas nos processos produtivos, listadas ou não no art. 34, desta Resolução, de modo a não comprometer as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, estabelecidas pelo enquadramento para o corpo de água.

§ 1º No caso de empreendimento de significativo impacto, o órgão ambiental competente exigirá, nos processos de licenciamento ou de sua renovação, a apresentação de estudo de capacidade de suporte de carga do corpo de água receptor.

§ 2º O estudo de capacidade de suporte deve considerar, no mínimo, a diferença entre os padrões estabelecidos pela classe e as concentrações existentes no trecho desde a montante, estimando a concentração após a zona de mistura.

§ 3º Sob pena de nulidade da licença expedida, o empreendedor, no processo de licenciamento, informará ao órgão ambiental as substâncias, entre aquelas previstas nesta Resolução para padrões de qualidade de água, que poderão estar contidas no seu efluente.

§ 4º O disposto no § 1º aplica-se também às substâncias não contempladas nesta Resolução, exceto se o empreendedor não tinha condições de saber de sua existência nos seus efluentes.

Art. 27. É vedado, nos efluentes, o lançamento dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs mencionados na Convenção de Estocolmo, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004.

Parágrafo único. Nos processos onde possa ocorrer a formação de dioxinas e furanos deverá ser utilizada a melhor tecnologia disponível para a sua redução, até a completa eliminação.

Art. 28. Os efluentes não poderão conferir ao corpo de água características em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento.

§ 1º As metas obrigatórias serão estabelecidas mediante parâmetros.

§ 2º Para os parâmetros não incluídos nas metas obrigatórias, os padrões de qualidade a serem obedecidos são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado.

§ 3º Na ausência de metas intermediárias progressivas obrigatórias, devem ser obedecidos os padrões de qualidade da classe em que o corpo receptor estiver enquadrado.

Art. 29. A disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não poderá causar poluição ou contaminação das águas.

Art. 30. No controle das condições de lançamento, é vedada, para fins de diluição antes do seu lançamento, a mistura de efluentes com águas de melhor qualidade, tais como as águas de abastecimento, do mar e de sistemas abertos de refrigeração sem recirculação.

Art. 31. Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes efluentes ou lançamentos individualizados, os limites constantes desta Resolução aplicar-se-ão a cada um deles ou ao conjunto após a mistura, a critério do órgão ambiental competente.

Art. 32. Nas águas de classe especial é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados.

§ 1º Nas demais classes de água, o lançamento de efluentes deverá, simultaneamente:

I - atender às condições e padrões de lançamento de efluentes;

II - não ocasionar a ultrapassagem das condições e padrões de qualidade de água, estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência; e

III - atender a outras exigências aplicáveis.

§ 2º No corpo de água em processo de recuperação, o lançamento de efluentes observará as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final.

Art. 33. Na zona de mistura de efluentes, o órgão ambiental competente poderá autorizar, levando em conta o tipo de substância, valores em desacordo com os estabelecidos para a respectiva classe de enquadramento, desde que não comprometam os usos previstos para o corpo de água.

Parágrafo único. A extensão e as concentrações de substâncias na zona de mistura deverão ser objeto de estudo, nos termos determinados pelo órgão ambiental competente, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento.

Art. 34. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

§ 1º O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

§ 2º Os critérios de toxicidade previstos no § 1º devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos padronizados, utilizando organismos aquáticos, e realizados no efluente.

§ 3º Nos corpos de água em que as condições e padrões de qualidade previstos nesta Resolução não incluam restrições de toxicidade a organismos aquáticos, não se aplicam os parágrafos anteriores.

§ 4º Condições de lançamento de efluentes:

I - pH entre 5 a 9;

II - temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura;

III - materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

IV - regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

V - óleos e graxas:

1 - óleos minerais: até 20mg/L;

2- óleos vegetais e gorduras animais: até 50mg/L; e

VI - ausência de materiais flutuantes.

§ 5º Padrões de lançamento de efluentes:

TABELA X - LANÇAMENTO DE EFLUENTES	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo total	0,5 mg/L Cr
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercurio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano	1,0 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de Carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L

Art. 35. Sem prejuízo do disposto no inciso I, do § 1º do art. 24, desta Resolução, o órgão ambiental competente poderá, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência, estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, aos lançamentos de efluentes que possam, dentre outras conseqüências:

I - acarretar efeitos tóxicos agudos em organismos aquáticos; ou

II - inviabilizar o abastecimento das populações.

Art. 36. Além dos requisitos previstos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis, os efluentes provenientes de serviços de saúde e estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos, só poderão ser lançados após tratamento especial.

Art. 37. Para o lançamento de efluentes tratados no leito seco de corpos de água intermitentes, o órgão ambiental competente definirá, ouvido o órgão gestor de recursos hídricos, condições especiais.

CAPÍTULO V

DIRETRIZES AMBIENTAIS PARA O ENQUADRAMENTO

Art. 38. O enquadramento dos corpos de água dar-se-á de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.

§ 1º O enquadramento do corpo hídrico será definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos.

§ 2º Nas bacias hidrográficas em que a condição de qualidade dos corpos de água esteja em desacordo com os usos preponderantes pretendidos, deverão ser estabelecidas metas obrigatórias, intermediárias e final, de melhoria da qualidade da água para efetivação dos respectivos enquadramentos, excetuados nos parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais.

§ 3º As ações de gestão referentes ao uso dos recursos hídricos, tais como a outorga e cobrança pelo uso da água, ou referentes à gestão ambiental, como o licenciamento, termos de ajustamento de conduta e o controle da poluição, deverão basear-se nas metas progressivas intermediárias e final aprovadas pelo órgão competente para a respectiva bacia hidrográfica ou corpo hídrico específico.

§ 4º As metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, deverão ser atingidas em regime de vazão de referência, excetuados os casos de baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos hídricos onde não seja aplicável a vazão de referência, para os quais deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico.

§ 5º Em corpos de água intermitentes ou com regime de vazão que apresente diferença sazonal significativa, as metas progressivas obrigatórias poderão variar ao longo do ano.

§ 6º Em corpos de água utilizados por populações para seu abastecimento, o enquadramento e o licenciamento ambiental de atividades a montante preservarão, obrigatoriamente, as condições de consumo.

CAPÍTULO VI

DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 39. Cabe aos órgãos ambientais competentes, quando necessário, definir os valores dos poluentes considerados virtualmente ausentes.

Art. 40. No caso de abastecimento para consumo humano, sem prejuízo do disposto nesta Resolução, deverão ser observadas, as normas específicas sobre qualidade da água e padrões de potabilidade.

Art. 41. Os métodos de coleta e de análises de águas são os especificados em normas técnicas cientificamente reconhecidas.

Art. 42. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

Art. 43. Os empreendimentos e demais atividades poluidoras que, na data da publicação desta Resolução, tiverem Licença de Instalação ou de Operação, expedida e não impugnada, poderão a critério do órgão ambiental competente, ter prazo de até três anos, contados a partir de sua vigência, para se adequarem às condições e padrões novos ou mais rigorosos previstos nesta Resolução.

§ 1º O empreendedor apresentará ao órgão ambiental competente o cronograma das medidas necessárias ao cumprimento do disposto no *caput* deste artigo.

§ 2º O prazo previsto no *caput* deste artigo poderá, excepcional e tecnicamente motivado, ser prorrogado por até dois anos, por meio de Termo de Ajustamento de Conduta, ao qual se dará publicidade, enviando-se cópia ao Ministério Público.

§ 3º As instalações de tratamento existentes deverão ser mantidas em operação com a capacidade, condições de funcionamento e demais características para as quais foram aprovadas, até que se cumpram as disposições desta Resolução.

§ 4º O descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo será objeto de resolução específica, a ser publicada no prazo máximo de um ano, a contar da data de publicação desta Resolução, ressalvado o padrão de lançamento de óleos e graxas a ser o definido nos termos do art. 34, desta Resolução, até a edição de resolução específica.

Art. 44. O CONAMA, no prazo máximo de um ano, complementarará, onde couber, condições e padrões de lançamento de efluentes previstos nesta Resolução.

Art. 45. O não cumprimento ao disposto nesta Resolução acarretará aos infratores as sanções previstas pela legislação vigente.

§ 1º Os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, no âmbito de suas respectivas competências, fiscalizarão o cumprimento desta Resolução, bem como quando pertinente, a aplicação das penalidades administrativas previstas nas legislações específicas, sem prejuízo do sancionamento penal e da responsabilidade civil objetiva do poluidor.

§ 2º As exigências e deveres previstos nesta Resolução caracterizam obrigação de relevante interesse ambiental.

Art. 46. O responsável por fontes potencial ou efetivamente poluidoras das águas deve apresentar ao órgão ambiental competente, até o dia 31 de março de cada ano, declaração de carga poluidora, referente ao ano civil anterior, subscrita pelo administrador principal da empresa e pelo responsável técnico devidamente habilitado, acompanhada da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica.

§ 1º A declaração referida no *caput* deste artigo conterà, entre outros dados, a caracterização qualitativa e quantitativa de seus efluentes, baseada em amostragem representativa dos mesmos, o estado de manutenção dos equipamentos e dispositivos de controle da poluição.

§ 2º O órgão ambiental competente poderá estabelecer critérios e formas para apresentação da declaração mencionada no *caput* deste artigo, inclusive, dispensando-a se for o caso para empreendimentos de menor potencial poluidor.

Art. 47. Equiparam-se a perito, os responsáveis técnicos que elaborem estudos e pareceres apresentados aos órgãos ambientais.

Art. 48. O não cumprimento ao disposto nesta Resolução sujeitará os infratores, entre outras, às sanções previstas na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e respectiva regulamentação.

Art. 49. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 50. Revoga-se a Resolução CONAMA nº 020, de 18 de junho de 1986.

MARINA SILVA
Presidente do CONAMA