

Geraldo Magela Gonçalves

ORGANIZADOR



PIRACICABA

PELA VIDA DO RIO

Diego Roberto Sousa Lima / Eduardo de Aguiar do Couto / Eliane Maria Vieira
Fernando Neves Lima / Geraldo Magela Gonçalves / James Lacerda Maia
José Augusto Costa Gonçalves / Karen Quintão Castro / Mira Gomes
Paulo Cesar Horta Rodrigues / Roberto Cezar Monte Mor / Thobias Lima de Almeida

Atena
Editora

Ano 2023



ORGANIZADOR :

Geraldo Magela Gonçalves (Dindão)

AUTORES:

Diego Roberto Sousa Lima / Eduardo de Aguiar do Couto / Eliane Maria Vieira
Fernando Neves Lima / Geraldo Magela Gonçalves (Dindão) / Gláucio Marcelino
Marques / James Lacerda Maia / José Augusto Costa Gonçalves / Karen Quintão
Castro / Mira Gomes / Paulo Cesar Horta Rodrigues / Roberto Cezar Monte Mor
Thobias Lima de Almeida

GRADUANDOS ENGENHARIA AMBIENTAL 2019 :

André Gonçalves Pereira / Fernanda Paula Bicalho Pio / Júlia de Brito Simião
Luisa Oliveira Duarte / Suelen Crispim Sutil / Brenda Teixeira S. Marinho /
Caio Luis Moreira de Souza / Cynthia Ynara Gomes / Daiana G. da Fonseca Silva
Emanuelly B. P. Nascimento / Geovana M. de Freitas Martins
Giovana Cabral Cazassa / Guilherme Henrique S. Pereira
Iagor Gabriel Marcelino Martins / Júlia de Brito Simião / Letícia Chiaradia Cintra
Marina Ana Rosa Silva / Filipe Pires Maimoni / Rayane Cristina F. dos Santos.

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira 2023 by Atena Editora
Editora executiva Copyright © Atena Editora
Natalia Oliveira Copyright do texto © 2023 Os autores
Assistente editorial Copyright da edição © 2023 Atena Editora
Flávia Roberta Barão Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.
Bibliotecária Open access publication by Atena Editora
Janaina Ramos



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Expedição Piracicaba: pela vida do rio

Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Geraldo Magela Gonçalves

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
E96	Expedição Piracicaba: pela vida do rio / Organizador Geraldo Magela Gonçalves. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-1448-3 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.483233005 1. Piracicaba - SP. 2. Hidrografia. 3. Meio ambiente. I. Gonçalves, Geraldo Magela (Organizador). II. Título. CDD 918.161
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

Dedicamos esse livro à memória de Fábio Valente Alves - Técnico Pós Graduando Profágua - Unifei Itabira, vítima da Covid 19 e a todos que, assim como ele, se empenharam para diagnosticar os problemas de nossa Bacia Hidrográfica e aos que lutam pela defesa de um meio ambiente equilibrado.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Cláudio Bueno Guerra – Idealizador da “Expedição Piracicaba – 300 Anos Depois” e consultor da “Expedição Piracicaba – Pela Vida do Rio”. Engenheiro Ambiental – graduado no UNESCO-IHE - Instituto de Educação para a Água- em Delft, na Holanda.

José Augusto Costa Gonçalves – Coordenador Técnico Científico da “Expedição Piracicaba – Pela Vida do Rio” - Geólogo DSc - Professor Associado da Unifei – Profáguia – Itabira.

Paulo César Horta Rodrigues – Pesquisador Doutor em Mineralogia/ Geologia - Johannes Gutenberg Universität - Alemanha e graduado em Geologia - Departamento de Geologia/UFRJ. Pesquisador do CDTN/CNEN.

Aos prefeitos, vereadores, secretários de meio ambiente e população das cidades de Alvinópolis, Antônio Dias, Barão de Cocais, Bela Vista de Minas, Bom Jesus do Amparo, Catas Altas, Coronel Fabriciano, Ipatinga, Itabira, Jaguaráçu, João Monlevade, Mariana, Marliéria, Nova Era, Ouro Preto, Rio Piracicaba, Santa Bárbara, Santana do Paraíso, São Domingos do Prata, São Gonçalo do Rio Abaixo, Timóteo.

À **Amepi**, Amva, 11º BBM; 12º PMamb, UNIFEI, UFOP, UEMG, UFMG, Sisema - Governo Estadual, ANA - Governo Federal, CBH Doce MPMG, ONGs, PERD, Parque Nacional do Gandarela, RPPN Caraça, Jornais, Rádios e sites das cidades da Bacia, TVs Globo Minas, G1, Rede Minas, TV Alterosa, SBT, Record, Iteract TV, Sites e Blogosfera, OAK Energia, Emater MG, Angloamerica, Gerdau, Cenibra, Usiminas, ArcelorMittal, Aperam, Bemisa, Copasa, Cemig, Grupo Avante - GSM - Ferro Puro, Fusão Ligas e Reciclados.



PREFÁCIO

EXPEDIÇÃO PIRACICABA PELA VIDA DO RIO

Vivemos hoje no mundo globalizado, das inovações tecnológicas, da disseminação rápida das informações e das mudanças sociais. Por outro lado, estamos alterando o clima do planeta e vivenciamos a maior crise sanitária da história da humanidade, COVID19. Porém, a pandemia também nos permitiu reflexões e aprendizados. Fomos forçados a pensar em nós e no meio ambiente, quem somos e em que vivemos e a lembrar das íntimas relações entre este meio ambiente e nosso bem estar físico, mental e social.

Ao falar da saúde das pessoas, lembramos da qualidade das águas e da saúde de nossos rios, fontes maiores do abastecimento humano no nosso país. Aqui, cabe lembrar a importância do Rio Piracicaba, cuja bacia hidrográfica abriga grandes projetos de mineração, o maior complexo siderúrgico da América Latina, e que é cortada em quase toda sua extensão pela EFVM (Estrada de Ferro Vitória-Minas).

O Rio Piracicaba não é só uma testemunha viva da história da região: dele dependem mais de 1 milhão de habitantes e também milhares de empreendimentos industriais e comerciais. Por isto, é importante ressaltar o papel vital deste personagem para o nosso desenvolvimento econômico e social: desde suas nascentes, na região do Caraça até sua foz no Rio Doce, o Piracicaba fornece a água para o abastecimento humano, produção industrial e da agropecuária, diluição dos esgotos domésticos, geração de eletricidade, etc.

Portanto, não devemos enxergar este rio apenas como um elemento físico; ele é um elo de integração econômica, social, ambiental e cultural. Ele faz a ligação entre regiões, pessoas e atividades econômicas num sistema integrado e interativo, abrangendo águas, solos, vegetação, atmosfera e os seres vivos, entre eles, nós, os humanos.

Estamos aqui falando do Rio de nossa terra. Eu nasci em Nova Era e vivi às margens do Piracicaba até os meus 14 anos. Ali, convivi com o barulho, a energia, beleza e a poesia de suas águas, mas sobretudo aprendi a respeitá-lo. Como bem descreveu Friedmann,(1992) “A afetividade ao território onde vivemos é um dos mais importantes vínculos do ser humano. O território liga o presente ao passado, com uma base de memórias comuns e também ao futuro com um destino comum”.

Segundo a ONU (Organização das Nações Unidas), os principais instrumentos no processo de mudanças do cenário socioambiental numa região são além da vontade política e o planejamento por parte dos órgãos públicos, a educação, a tecnologia e a participação das comunidades que ali vivem e trabalham. Porém, para mudar é preciso, primeiro, conhecer a realidade daquele território.

Em 1999, realizamos o trabalho pioneiro da **Expedição Piracicaba 300 anos depois**, que se consolidou como uma importante metodologia de trabalho interdisciplinar e interativo para a avaliação da realidade socioambiental da região. Seu principal desdobramento foi a formação do Comitê da Bacia do Piracicaba.

No nosso livro-relatório, de 1999, na página 153, fizemos um alerta: “O que se espera é que a empresa moderna, mais madura, com uma visão integrada do futuro vai fazer da responsabilidade social e da preservação ambiental uma estratégia. Para isto, é preciso internalizar práticas socialmente responsáveis, optando por uma postura ética nas relações com seus empregados, clientes, fornecedores, acionistas, órgãos governamentais e principalmente com as comunidades locais da região onde se instalaram.

É fundamental entender na Bacia do Rio Piracicaba que o meio ambiente é a base do desenvolvimento e não um objetivo isolado, descartável. Cuidar do meio ambiente é uma questão de sobrevivência, é uma questão de engenharia, de economia e não apenas de poesia”.

Vemos hoje que houve avanços meritórios na gestão ambiental do setor industrial da região. Entretanto, o setor da mineração de grande porte, apesar de seu poderio econômico, tecnológico e político, continua cometendo os mesmos erros por nós observados em 1999. As duas tragédias socioeconômicas e ambientais, que causaram a morte de 300 pessoas, mostraram que a abordagem puramente financeira dos recursos naturais da grande mineração continua firme e está alicerçada na certeza da impunidade. Vale lembrar que ainda existem dezenas de barragens de rejeitos “antigas” na bacia do Piracicaba, o que significa que o meio ambiente e as pessoas continuam em risco. Infelizmente, a prevenção não vale mais, agora só oferecem reparação e com riscos.

Em 2019, foi realizada a **“Expedição Piracicaba- Pela Vida do Rio”** cujo objetivo maior foi mobilizar toda população da região em prol da revitalização dos cursos d’água daquela bacia hidrográfica. Embora vários problemas constatados em 1999 continuassem existindo em 2019, é imperativo dizer que essas duas *Expedições* tornaram-se marcos da história ambiental da região.

A Expedição “Pela Vida do Rio” apresenta agora os resultados de uma extensa pesquisa realizada em 2019, por meio de uma publicação que nos facilita a compreensão da realidade e nos convida a refletir e agir, já que agora temos em mãos este valioso documento/ajuntamento de saberes acadêmicos e populares.

Portanto, o livro que se vai ler, e principalmente pesquisar, merece o reconhecimento pela riqueza de seus conteúdos, como também pela “escuta” realizada num trabalho coletivo imenso. Um trabalho de qualidade, de fôlego, que traduz a seriedade do projeto e a responsabilidade dos envolvidos, sua coordenação e suas parcerias. Esta publicação é um registro detalhado da realidade de uma região que merece e precisa ser divulgada.

A Expedição “Pela Vida do Rio” desceu o rio com os olhares atentos e faz agora a entrega dos resultados dos trabalhos técnico-científicos realizados, que estão concentrados em 13 capítulos, muito bem ilustrados por dezenas de fotos, imagens, mapas, tabelas. Alguns temas são novidades interessantes como é o caso dos capítulos sobre as águas subterrâneas, os micro-contaminantes, as análises geo-espaciais e o diário de bordo.

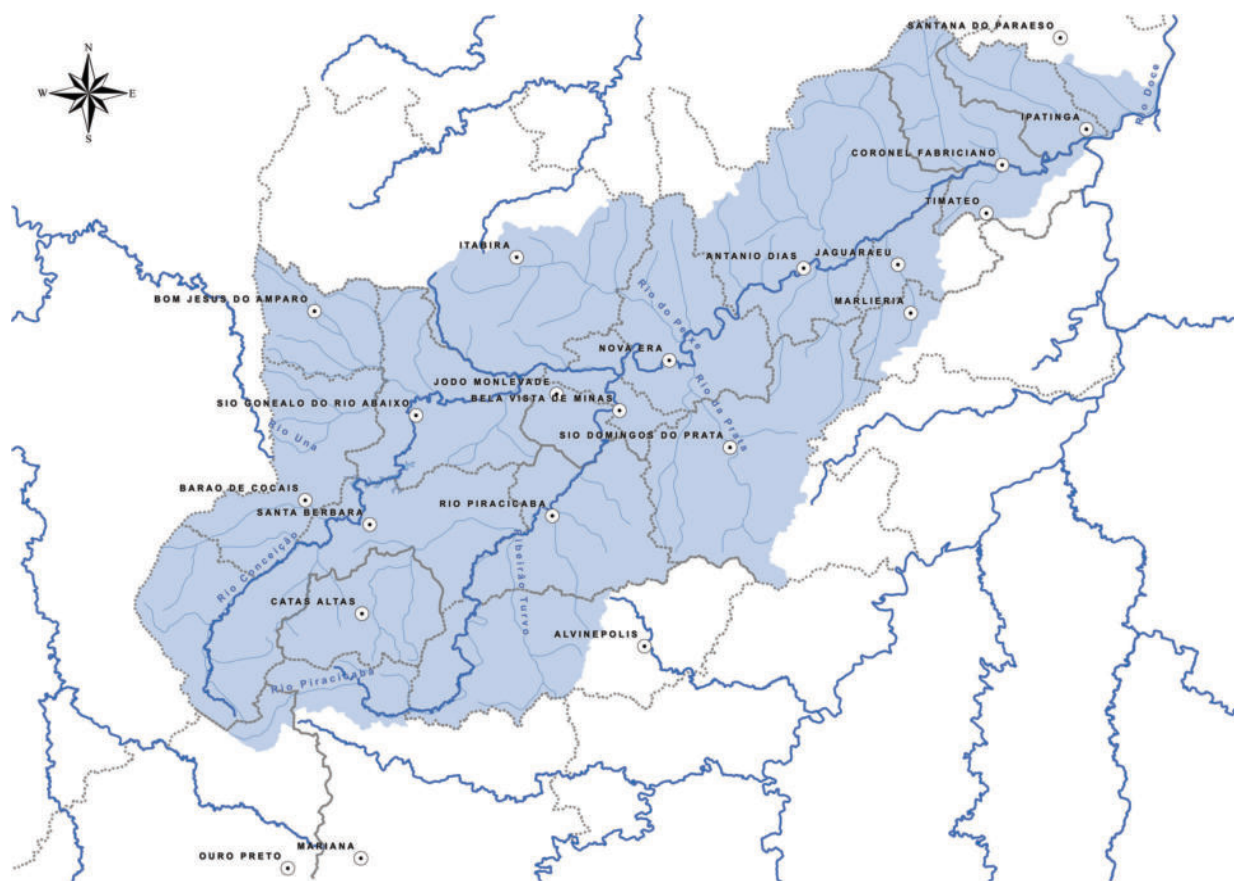
Os objetivos da segunda etapa da **Expedição “Pela Vida do Rio”** são tão importantes quanto aqueles da primeira etapa: informar, sensibilizar, e disseminar conhecimentos sobre o Meio Ambiente da bacia e repassá-los à sociedade regional. Este é um trabalho nobre: a partir de sua distribuição aos diferentes segmentos da bacia teremos a democratização das informações, tão importantes como alicerces no longo processo de mudanças socioambientais.

Concluindo, vemos que a **Expedição “Pela Vida do Rio”** mostrou, na prática, que a preservação ambiental e exercício da cidadania (incluída aqui a ciência cidadã) devem caminhar juntas. Defender nosso meio ambiente e o Rio não é tarefa só de governos, mas de toda a sociedade. As duas *Expedições Ambientais* são uma afirmação de um compromisso com as próximas gerações da região. O futuro vai ter a cara do que for feito agora. Quem viver, verá.

Eng. Claudio Bueno Guerra

Coordenador Técnico da Expedição Piracicaba 300 anos depois (1999)

Cidadão novaerense e timotense



APRESENTAÇÃO

Mais de um milhão de pessoas vivem na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba e, apesar de a maioria não perceber, suas vidas estão abraçadas ao correr das águas.

O Rio Piracicaba encontra-se ameaçado por ações antrópicas de naturezas diversas. Ocupação desordenada, tratamento de efluentes sanitário insuficiente e ineficaz, pastagens que desalojam matas ciliares, contaminação industrial e mineração são algumas das espadas sobre o rio e a segurança hídrica de toda a região.

Doente, o Rio Piracicaba transmite suas chagas ao Rio Doce, do qual é um dos principais tributários. Triste constatação. O Doce precisa, mais do que nunca, de ser alimentado com boas águas para voltar a respirar.

A Expedição Piracicaba - Pela Vida do Rio nasceu nesse contexto, fruto da parceria entre o periódico Tribuna do Piracicaba - A Voz do Rio, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba (CBH Piracicaba/MG) e o Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) - Campus Itabira.

Os principais objetivos da empreitada foram mobilizar as comunidades da bacia em prol da revitalização do Rio Piracicaba e promover um diagnóstico inédito sobre a saúde do curso d'água.

Um dos frutos desse trabalho se materializa neste livro, que traz a análise de parâmetros de qualidade da água - inclusive a presença de microcontaminantes, algo inédito - e do uso e ocupação do solo no território.

Nesse campo, o destaque deve ser dado às palavras da ciência, mais assertivas do que os sinais percebidos pelos olhos e pelo nariz de quem vivencia o dia a dia de um rio maltratado.

Além do trabalho científico, a Expedição Piracicaba - Pela Vida do Rio buscou promover a integração entre diversos atores dos 21 municípios que compõem a área banhada pelo rio. Incentivar o diálogo é necessário em uma região onde os extremos parecem mais afastados do que a geografia sugere. Encurtar essa distância é primordial para que soluções sejam encontradas.

Ainda assim, a iniciativa, que percorreu mais de 240 quilômetros entre a nascente e a foz do Piracicaba em 11 dias, se deparou com ilhas de preservação, como pontos de mata fechada, remansos luminosos e uma fauna e flora que encantam. São ativos ambientais que precisam ser valorizados pelas comunidades e aproveitados com inteligência.

Felizmente, a Expedição Piracicaba - Pela Vida do Rio conheceu muitos com disposição para ajudar nesse trabalho. Promover essa integração, conectar ideias e desenhar caminhos comuns é um desafio que precisa ser enfrentado.

O Rio Piracicaba tem aliados. Tem o homem da roça. Tem a criança e a professora. Tem o gestor público e o ativista. Tem quem não aceite assistir sentado à covardia contra um amigo.

As pessoas querem falar sobre o rio, sobre seus problemas e suas possibilidades. Elas sabem que o Piracicaba está com água pelo nariz.

Pontes estão sendo reconstruídas e o senso de comunhão em torno do Piracicaba está mais forte. Este é um dos principais legados dessa jornada pelo rio onde o peixe para.

Thobias Lima de Almeida

Coordenador de Comunicação da Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1 A BACIA DO RIO PIRACICABA	17
2 HISTÓRIA DA OCUPAÇÃO DA BACIA	23
2.1 Contexto histórico do processo de ocupação da Bacia do Piracicaba	23
2.2 Surgimentos das fundições	25
2.2.1 Da Inglaterra a São Miguel do Piracicaba	25
2.2.1.1 A “Epopéia”	26
2.2.1.2 Equipamentos deixam o Porto do Rio de Janeiro	26
2.2.1.3 Chuvas e incertezas	27
2.2.1.4 Índios botocudos e canoas militares	28
2.2.1.5 Chegada em Antônio Dias	28
2.2.1.6 Agropecuária do Século XIX	28
2.2.1.7 Do ouro ao minério de ferro e à siderurgia	29
2.2.1.8 Chegada das ferrovias, a siderurgia e o desmatamento	30
2.2.1.9 Carvão vegetal	32
2.2.1.10 A riqueza do Vale do Piracicaba	34
2.3 Referências Bibliográficas	35
3 AS EXPEDIÇÕES NO RIO PIRACICABA	36
3.1 O Estudo realizado pela UFMG	37
3.2 Expedição Piracicaba – 300 Anos Depois	38
4 EXPEDIÇÃO PIRACICABA PELA VIDA DO RIO - 21 CIDADES – 11 DIAS JUNTO ÀS COMUNIDADES	41
4.1 Diário de bordo	42
4.1.1 26 de maio de 2019 – domingo - 1º dia	42
4.1.2 Na primaz de Minas, missa, festa e caminhada até a nascente do Piracicaba em Ouro Preto	42
4.1.3 Na nascente em Ouro Preto	44
4.1.4 27 de maio de 2019 – segunda-feira - 2º dia	45
4.1.4.1 Navegação tem início	45
4.1.4.2 Fonseca	46
4.1.5 28 de maio de 2019 – terça-feira - 3º dia	46
4.1.5.1 Expedição visita Catas Altas, Barão de Cocais, Santa Bárbara, Brumal e Caraça	46
4.1.5.2 Catas Altas	47
4.1.5.3 Barão de Cocais e a bacia sob risco	48
4.1.5.4 Brumal (Santa Bárbara)	48
4.1.5.5 O Santuário do Caraça (Catas Altas)	50
4.1.6 29 de maio de 2019 – quarta-feira - 4º dia	51
4.1.6.1 Florália	51
4.1.6.2 Cidade homônima ao Rio Piracicaba	52
4.1.6.3 João Monlevade, privilegiada, é banhada por dois rios Piracicaba e Santa Bárbara	53
4.1.7 30 de maio de 2019 – quinta-feira - 5º dia	54

4.1.7.1	Bom Jesus, São Gonçalo do Rio Abaixo e Itabira	
	Histórias de conexão com o rio marcam quinto dia	54
4.1.7.2	Bom Jesus do Amparo	54
4.1.7.3	Em São Gonçalo “Lavadeiras da Prainha” e boas práticas ambientais	55
4.1.7.4	Itabira tem um Parque da Água Santa	57
4.1.8	31 de maio de 2019 – sexta-feira - 6º dia	58
4.1.8.1	Em Capela Branca o encontro dos rios encantam e revelam uma beleza desperdiçada	58
4.1.8.2	Nova Era	59
4.1.9	1 de junho de 2019 – sábado - 7º dia	60
4.1.9.1	São Domingos do Prata e Antônio Dias	60
4.1.9.2	Lagoa do Teobaldo	61
4.1.9.3	Guilman-Amorim e um Raio X do Piracicaba	62
4.1.10	2 de junho de 2019 – domingo - 8º dia	63
4.1.10.1	Em Marliéria No Parque Estadual do Rio Doce a Expedição descobre riquezas esquecidas	63
4.1.10.2	Moinhos e Engenhos	64
4.1.10.3	Riso	65
4.1.10.4	A Visita	65
4.1.10.5	Recepção	65
4.1.11	3 de junho de 2019 – segunda-feira - 9º dia	66
4.1.11.1	Passando por Jaguaraçu, a “Cidade das Águas”	66
4.1.11.2	Na “Capital do Inóx” laços com o rio são mais fortes do que a poluição	67
4.1.11.3	Balneário perfeito	69
4.1.11.4	Falta Integração	69
4.1.12	4 de junho de 2019 – terça-feira - 10º dia	70
4.1.12.1	História e conservadores de água marcaram o 10º dia da Expedição	70
4.1.12.2	Mobilizações em Coronel Fabriciano	71
4.1.12.3	Santana do Paraíso	72
4.1.13	5 de junho de 2019 – quarta-feira - 11º dia	73
4.1.13.1	Dia Mundial do Meio Ambiente	73
4.1.13.2	Expedição Piracicaba chega a foz em Ipatinga	73
5	O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	75
5.1	Metodologia	76
5.2	Resultados e Análises	77
5.3	Referências bibliográficas	80
6	ATIVIDADE SOCIOECONÔMICAS	81
7	VAZÃO NOS RIOS	93
7.1	Metodologia	95
7.1.1	Determinação dos pontos de medição de vazão.	95
7.2	Metodologia para as medições de vazão	97
7.2.1	Procedimentos de campo para medição de vazão com o ADCP	98
7.3	Resultados	101
7.4	Referências	103
8	QUALIDADE DA ÁGUA NOS RIOS	104

8.1	Metodologia	105
8.2	Resultados	111
8.3	Referências Bibliográficas	130
9	MICROCONTAMINANTES	131
9.1	Materiais e métodos	133
9.2	Resultados e discussões	133
9.3	Conclusões	140
9.4	Referências	141
10	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA - HIDROGRÁFICA DO RIO PIRACICABA	143
10.1	A bacia hidrográfica do Rio Piracicaba	146
10.2	As águas subterrâneas da bacia Do Rio Piracicaba	148
10.3	As áreas de recarga da bacia do Rio Piracicaba	150
10.4	Os sistemas aquíferos	156
10.5	Sistema aquífero fissural (domínio das rochas cristalinas)	159
10.6	Sistema aquífero fissural (rochas metassedimentares / metavulcânicas)	160
10.7	Sistema aquífero misto	162
10.8	Referências Bibliográficas	163
11	ANÁLISES GEOESPACIAIS DA BACIA	164
11.1	PARTE 1 - Panoramas Introdutórios - Mapas Geopolíticos	168
11.1.1	PARTE 1 - Legendas Explicativas	171
11.2	PARTE 2 - Mapas das Contextualizações Regionais	172
11.2.1	PARTE 2 - Legendas Explicativas	185
11.3	PARTE 3 - Mapas de Impactos Antrópicos (Áreas Mineradas)	187
11.3.1	PARTE 3 - Legendas Explicativas	191
11.4	PARTE 4 - Mapas das Drenagens Ameaçadas	192
11.4.1	PARTE 4 - Legendas Explicativas	205
11.5	PARTE 5 - Mapas de Outorgas de Direito de Uso das Águas	208
11.5.1	PARTE 5 - Legendas Explicativas	211
11.6	PARTE 6 - Mapas de Análise Hidroambiental	212
11.6.1	PARTE 6 - Legendas Explicativas	220
11.7	PARTE 7 - Mapas do Zoneamento Ecológico-Econômico de MG (ZEE-MG)	222
11.7.1	PARTE 7 - Legendas Explicativas	227
11.8	Bibliografia	229
12	SÍNTESE DAS CONDIÇÕES DA BACIA	230
13	SUGESTÕES DE AÇÕES PARA REVITALIZAÇÃO DA BACIA	234
14	FICHA TÉCNICA	238
14.1	Programação Visual e editoração Eletrônica	238
14.2	Coordenação	239
14.3	Pesquisadores	239
14.4	Equipe registro	240
14.5	Equipe apoio	240
14.6	Escritório	241
14.7	Participação	241
14.8	Apoio – técnico unifei	241
14.9	Técnico	241
14.10	Análises material	242

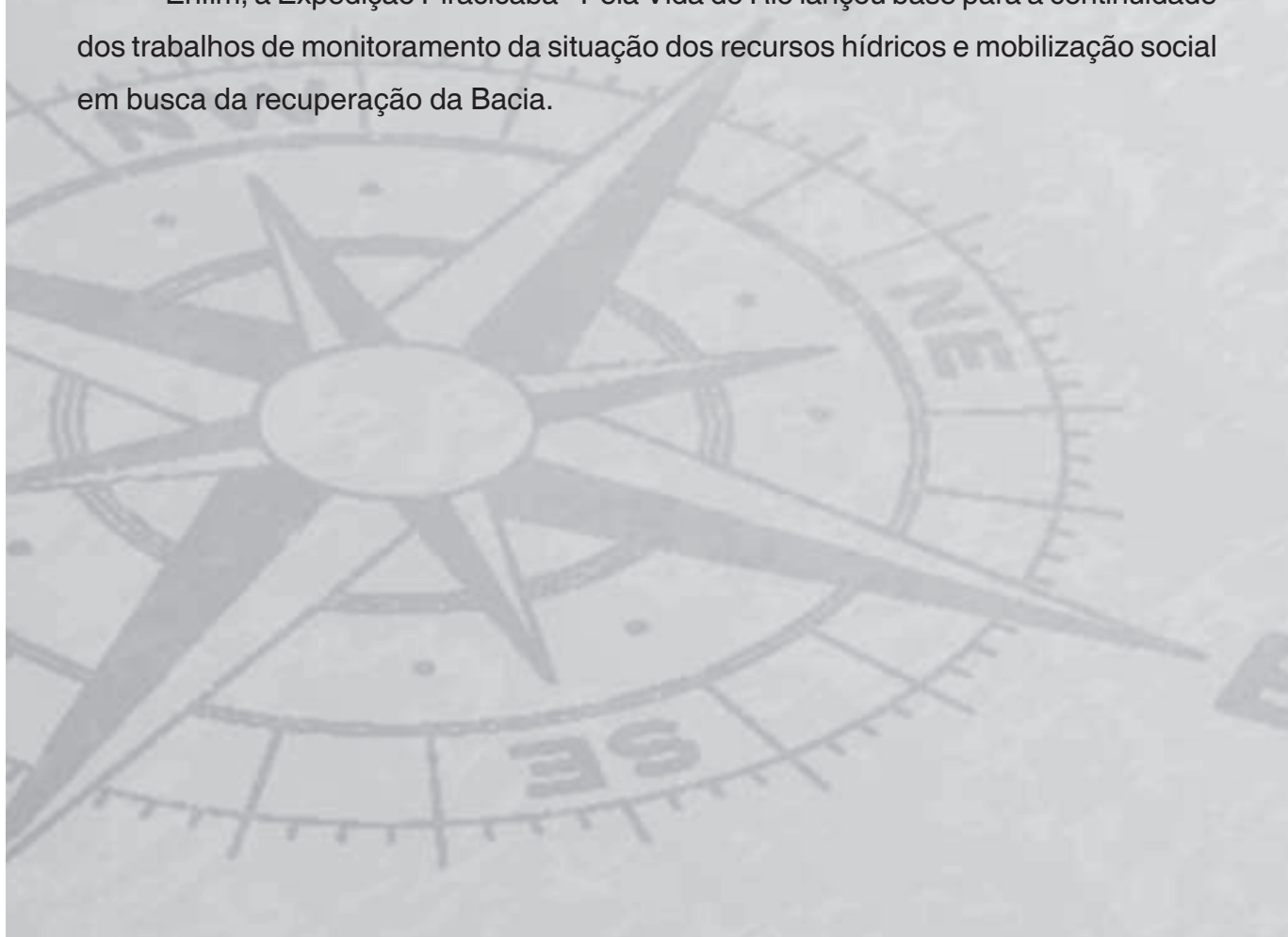
INTRODUÇÃO

Durante 11 dias de navegação, diversos profissionais vivenciaram diferentes experiências relacionadas ao Rio Piracicaba e suas comunidades, além de observarem a situação em que o curso d'água se encontra, desde a nascente, em Ouro Preto, até o encontro com o Rio Doce, em Ipatinga.

Pesquisadores, ambientalistas, órgãos públicos e empresas se uniram para que um diagnóstico inédito sobre as condições do Piracicaba e sua bacia hidrográfica fosse construído. A partir dos dados coletados foram estudados parâmetros hidrológicos e de qualidade da água, microcontaminantes, uso e ocupação do solo, análise de sedimentos e identificação de fontes poluidoras.

Foram demarcados 28 pontos de coleta ao longo do percurso de 241 quilômetros. Durante a viagem, feita em caiaques e veículos, os expedicionários passaram por 21 cidades e mobilizaram comunidades em eventos voltados para as questões socioambientais relacionadas à sustentabilidade do Rio Piracicaba.

Enfim, a Expedição Piracicaba - Pela Vida do Rio lançou base para a continuidade dos trabalhos de monitoramento da situação dos recursos hídricos e mobilização social em busca da recuperação da Bacia.



CAPÍTULO 1

A BACIA DO RIO PIRACICABA

*Cachoeira do Capivari, um dos cursos d'água formador
do Rio Conceição, Vigário da Vara – Santa Bárbara.*

Crédito: Tribuna do Piracicaba – A Voz do Rio – Geraldo Magela Gonçalves “Dindão”.

1 A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRACICABA

Eliane Maria Vieira (D.Sc. Engenharia Civil)

Geraldo Magela Gonçalves (Jornalista - Editor)

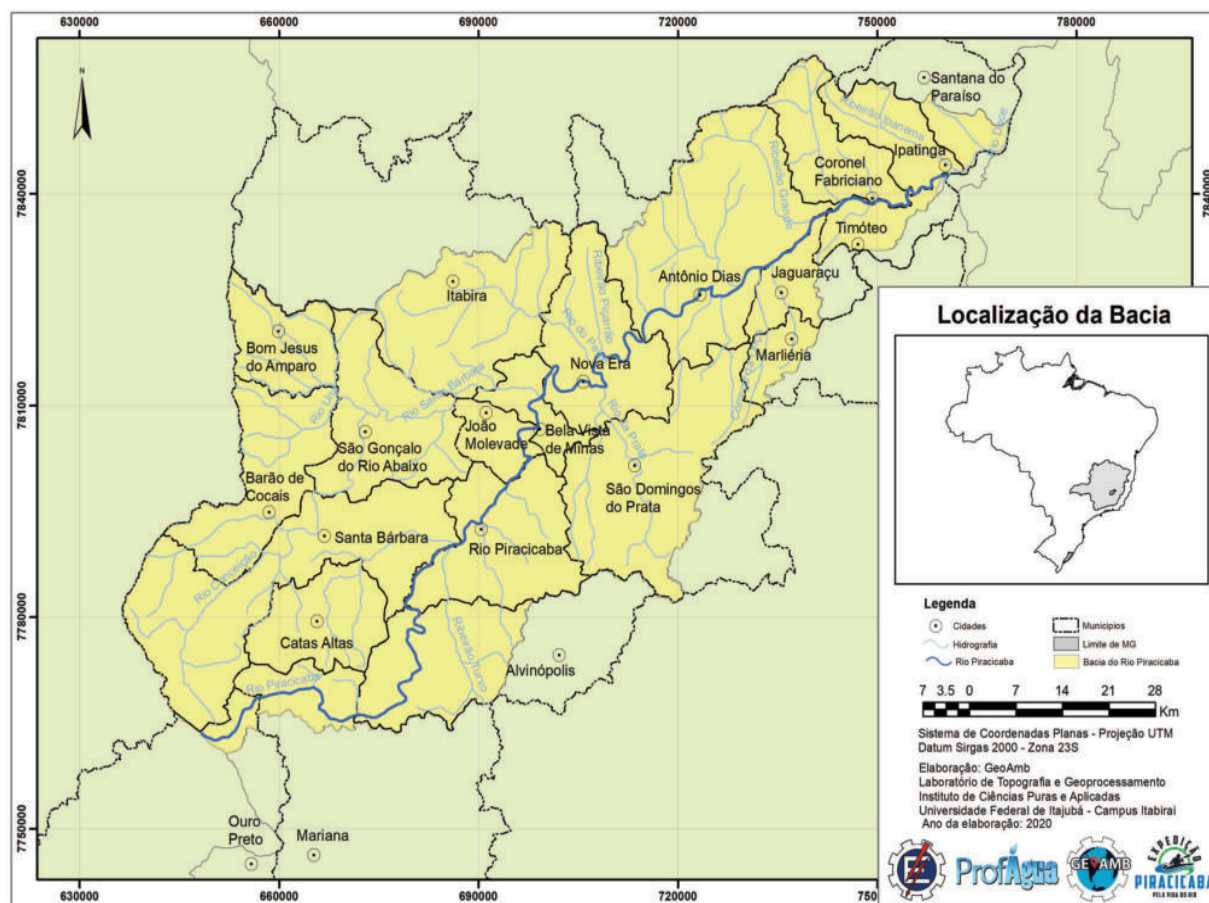
Mapas - André Gonçalves Pereira, Fernanda Paula Bicalho Pio, Júlia de Brito

Simião, Luisa Oliveira Duarte, Suelen Crispim Sutil.

(Graduandos Engenharia Ambiental 2019)

A Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba está inserida totalmente no território de Minas Gerais e se estende a um total de 21 municípios (Alvinópolis, Antônio Dias, Barão de Cocais, Bela Vista de Minas, Bom Jesus do Amparo, Catas Altas, Coronel Fabriciano, Ipatinga, Itabira, Jaguaráçu, João Monlevade, Mariana, Marliéria, Nova Era, Ouro Preto, Rio Piracicaba, Santa Bárbara, Santana do Paraíso, São Domingos do Prata, São Gonçalo do Rio Abaixo e Timóteo), sendo 17 deles com sede na bacia, e uma área de 5.685,89 km², correspondendo a 7,98% do território total da Bacia do Rio Doce (IGAM, 2014).

Figura 1.1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.



A Bacia abriga um conjunto de empresas com atividades mineradoras e também um dos maiores parques siderúrgicos da América Latina, influenciando diretamente na economia de seus municípios.

O Rio Piracicaba possui suas nascentes localizadas no município de Ouro Preto no maciço do Caraça, percorrendo cerca 241 km até desaguar no Rio Doce, margeando o Parque Estadual do Rio Doce (PERD) no encontro dos municípios de Ipatinga e Timóteo. Possui ainda, como seus principais afluentes, os rios Turvo, Maquiné, Machado, Santa Bárbara, Peixe e Prata.

As principais rodovias federais que dão acesso à bacia do Rio Piracicaba são a BR 262 que coincide – colide – com a BR 381 em Belo Horizonte e vão juntas até se separar em João Monlevade – ambas cortam até essa última cidade os Municípios de Bom Jesus do Amparo, Itabira, Barão de Cocais, São Gonçalo do Rio Abaixo e João Monlevade.

Após a separação a BR 381 segue para o Vale do Aço passando pelos municípios de Bela Vista de Minas, Nova Era, Antônio Dias, Coronel Fabriciano e Ipatinga. Já a BR 262 segue de João Monlevade passando pelo território de Rio Piracicaba, Bela Vista de Minas e São Domingos do Prata.

Outra rodovia, ainda inacabada, BR-120, passa pelos município de Itabira, São Domingos do Prata e Alvinópolis.

Além disso, algumas rodovias estaduais como a MG-326, a MG-434, a MG123, a MG-232 e a MG 458 dão acesso aos municípios da região.

A região conta ainda com o aeroporto de Ipatinga, com linhas aéreas regulares (CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME, 2010).

A Bacia é atendida também pela ferrovia EFVM – ligando a capital de Minas Gerais, Belo Horizonte à Cariacica, na região metropolitana de Vitória, Espírito Santo.

O Rio Piracicaba tem suas nascentes localizadas há mais de 1.710 metros de altitude e desloca-se em direção Leste, percorrendo 241 km até encontrar o Rio Doce na cidade de Ipatinga, a uma altitude de 192 metros. Ao longo desse percurso, passa por áreas urbanas dos municípios de Mariana (Santa Rita Durão), Alvinópolis (Fonseca), Rio Piracicaba, João Monlevade, Bela Vista de Minas (Capela Branca), Nova Era, Antônio Dias e pela Região Metropolitana do Vale do Aço, composta por Coronel Fabriciano, Ipatinga, na margem esquerda e Timóteo na margem direita (LISBOA, 2014).

A bacia hidrográfica do Rio Piracicaba é composta pelas sub-bacias do Rio Maquiné (Valéria), do Rio do Peixe e do Rio Santa Bárbara, pela margem esquerda, e pela sub-bacia do Rio da Prata, pela margem direita.

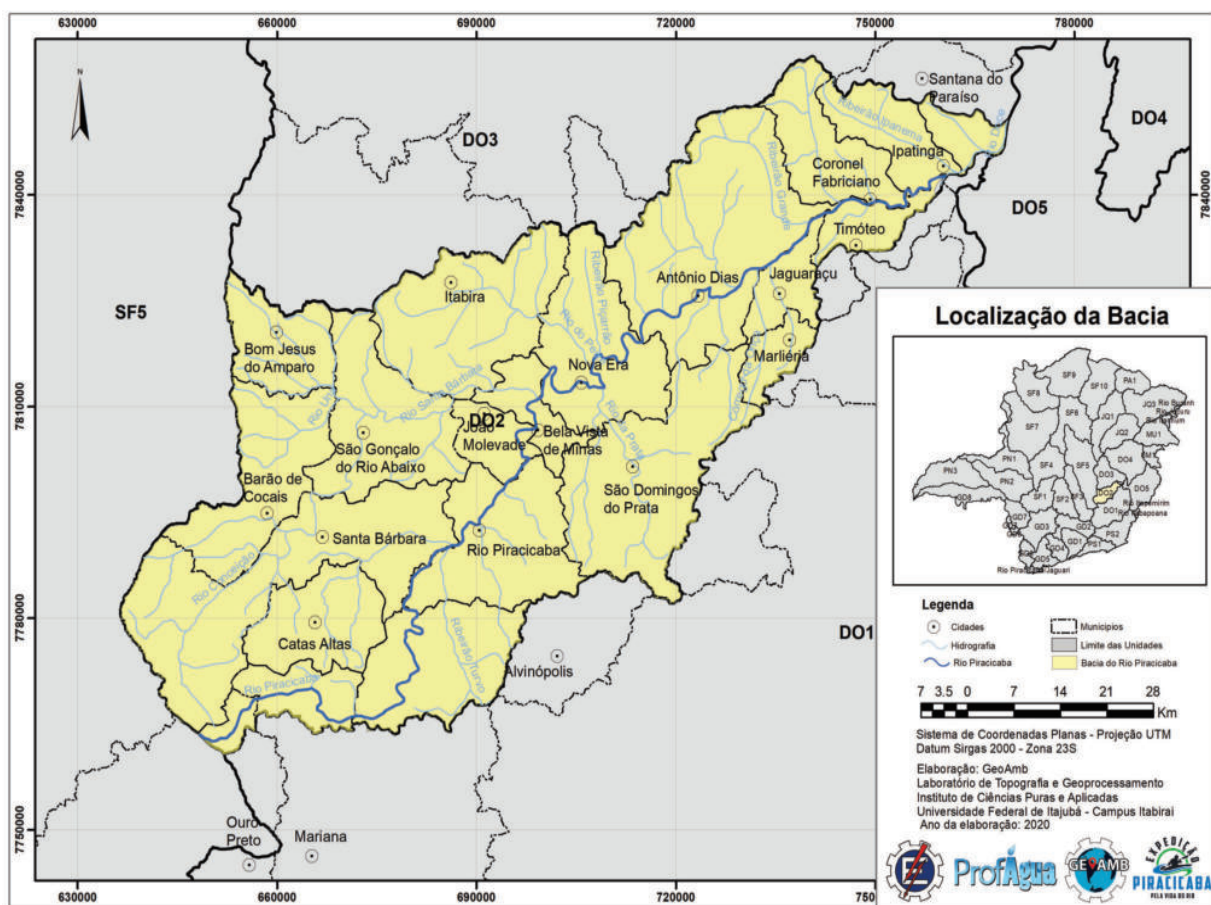
O Rio Santa Bárbara tem como afluente principal o Rio Una.

As cidades de Santa Bárbara e São Gonçalo do Rio Abaixo são cortadas pelo Rio Santa Bárbara que passa também pelos municípios de Itabira, João Monlevade e Bela Vista de Minas. São Domingos do Prata é cortada pelo Rio da Prata.

Além dos rios mais significativos, ao longo do seu curso o Rio Piracicaba recebe a descarga de quase uma centena de córregos e ribeirões, os quais compõem sua rede de drenagem (CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME, 2010).

No estado de Minas Gerais, para efeito de estudo e monitoramento dos recursos hídricos adota-se a divisão das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH's). Tratou-se nesse relatório técnico, especificamente da UPGRH DO2 (Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba) que envolve 21 municípios mineiros, dos quais 17 possuem a sede dentro dos limites da Unidade de Planejamento (**Figura 1.2**).

Figura 1.2 – Localização da bacia do Rio Piracicaba nas unidades de planejamento

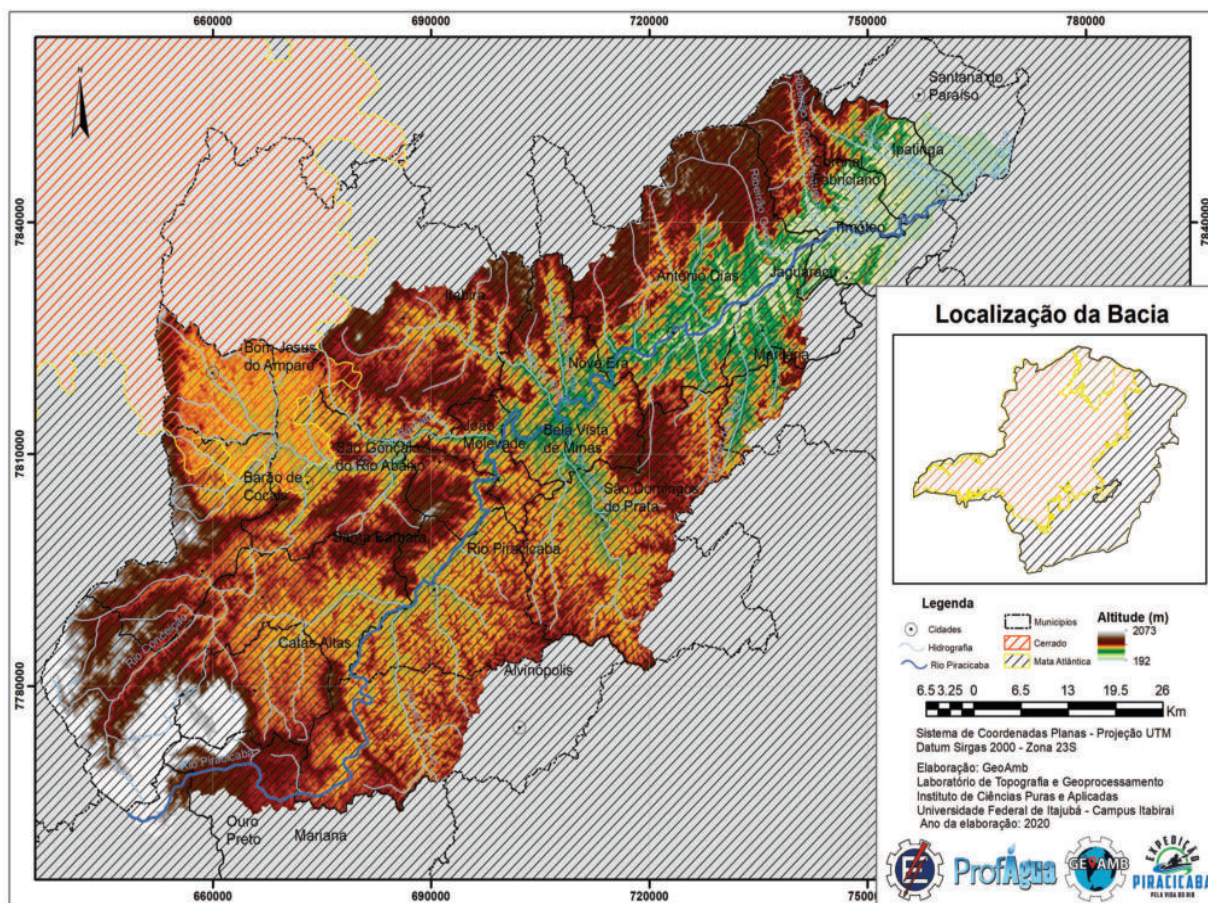


Fonte: GeoAmb, 2020.

A Bacia do Rio Piracicaba é composta predominantemente pelo bioma Mata Atlântica, um dos biomas com maior biodiversidade. Além disso, há também uma pequena

área contendo o Cerrado, sendo que a vegetação típica é a savana, localizadas na região de Barão de Cocais, Bom Jesus do Amparo, São Gonçalo do Rio Abaixo e Itabira (**Figura 1.3**). Este também possui um grande número de espécies endêmicas e sofre muito com a perda de habitat. (PIRACICABA, 2010).

Figura 1.3 – Biomas e altitudes na bacia do Rio Piracicaba

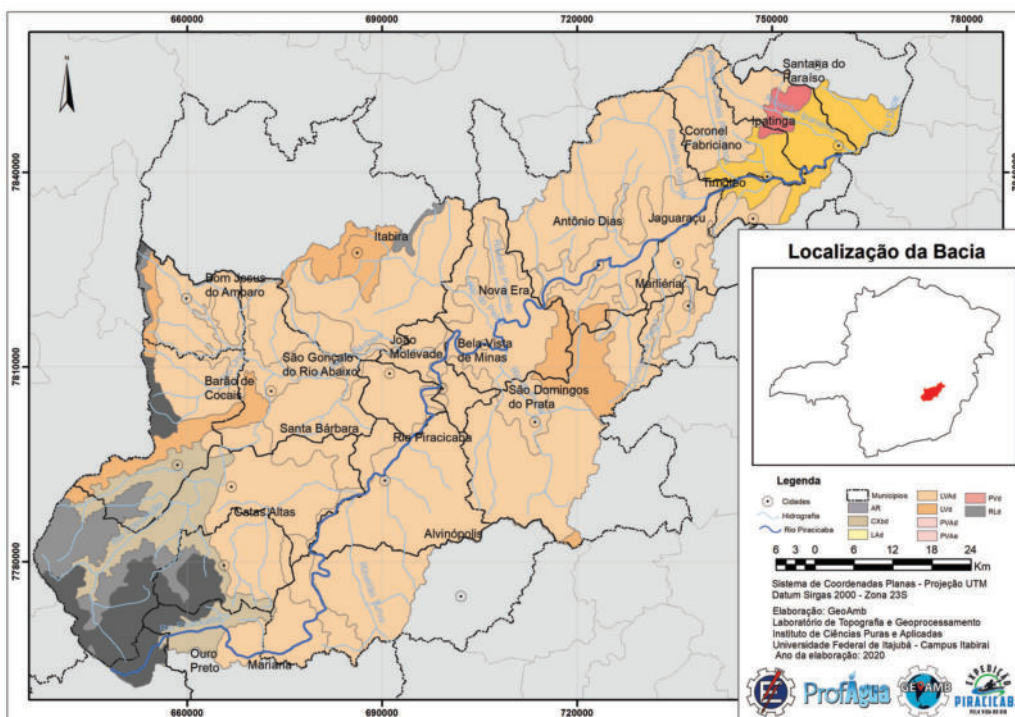


Fonte: GeoAmb, 2020.

Como pode também ser observado na figura 1.3, a bacia apresenta altitudes variando de 2073m (Pico do Sol – Caraça) à 192m em sua foz. As regiões de maiores altitudes se encontram localizadas na região sudoeste da bacia, nos municípios de Ouro Preto, Mariana, Santa Bárbara, Catas Altas e Barão de Cocais.

Na bacia há uma predominância de Latossolos vermelho-amarelo, ocorrendo tanto o distrófico quanto o eutrófico (LVAd e LVAe), e Latossolos Amarelo distrófico (LAd), presentes principalmente em planaltos, sendo estes profundos, bem drenados e de menor erodibilidade. Seguidos por Argissolos vermelho-amarelo, também com presença do eutrófico e do distrófico (PVAe e PVAd), Argissolos vermelho distrófico (PVd), Neossolos Litólicos distróficos (RLd) e Cambissolos Háplicos distroférrico (CXbd) (**Figura 1.4**).

Figura 1.4 – Mapa Pedológico da bacia hidrográfica do Rio Piracicaba.



Fonte: GeoAmb, 2020.

A região da bacia é contemplada com várias reservas de gemas, minerais preciosos, minerais metálicos e não metálicos como: ouro, ferro, bauxita, gemas, manganês entre outros. A unidade abriga em sua área algumas das principais lavras de céu aberto do país como Brucutu, (Gongo Soco desativada), Mina de Fazendão (que engloba as cavas de São Luiz, Almas e Tamanduá), Mina de Alegria, Morro Agudo e Água Limpa entre outras. (PIRACICABA, 2010).

O clima na bacia é temperado (C), com a predominância dos climas Cwa e Cwb, com chuvas de verão (w), sendo este verão quente (a) ou temperado (b) (SÁ JÚNIOR, 2009).

1.1 Referências Bibliográficas

IGAM. Indicadores de qualidade da água. 2014. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/banco-de-noticias/730-indicadores-de-qualidade-da-agua>>. Acesso em: 26 agosto 2020.

Consórcio ECOPLAN-LUME. Plano Integrado de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce e Planos de ações para as unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da Bacia do Rio Doce, volume 1. 2010. Disponível em: <https://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2014/10/PIRH_Doce_Volume_I.pdf>. Acesso em: 26 agosto 2020.

Lisboa, L. 2014. Sistema para análise das outorgas de captação de água e diluição de efluentes na Bacia do Rio Piracicaba-MG. Tese, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Piracicaba, 2010. Plano integrado de recursos hídricos da Bacia do Rio Doce e dos planos de ações de recursos hídricos para as unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da Bacia do Rio Doce. Disponível em: < https://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2015/01/PARH_Piracicaba.pdf>. Acesso em: 20 setembro 2020.

SÁ JÚNIOR, A. 2009. Aplicação da Classificação de Köppen para o Zoneamento Climática do Estado de Minas Gerais. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras.

CAPÍTULO 2

HISTÓRIA DA OCUPAÇÃO DA BACIA



Moedas de ouro cunhadas em Ouro Preto entre os anos de 1724 e 1727, ano em que Minas Gerais mais enviou o metal a Portugal, durante o reinado de Dom João V. As moedas acima, de 20.000 réis, são a de maior valor intrínseco já circulada em todo o mundo. Crédito: Casa da Moeda do Brasil.

2 HISTÓRIA DA OCUPAÇÃO DA BACIA

Geraldo Magela Gonçalves (Organizador - Editor)

Sede da primeira cidade e Capital de Minas Gerais (Mariana)

Sede da Capital Colonial de Minas Gerais (Vila Rica)

2.1 Contexto histórico do processo de ocupação da Bacia do Piracicaba

A primeira grande corrente de povoamento atingiu o alto e o médio Piracicaba no final do Século 17. Seus núcleos irradiadores foram dois arraiais (arraial de Nossa Senhora do Carmo- 1696) e (Arraial do Padre Faria – 1698 - depois Vila Rica), localizados não muito longe das nascentes dos rios das Velhas e do Piracicaba, hoje as cidades de Mariana e Ouro Preto.

No final do século 17 e início do século 18, vários grupos de aventureiros e desbravadores descobriram ouro em diferentes ribeirões e rios daquela região. A partir daí, os desbravadores passaram a “descer o Rio Piracicaba” a procura do ouro. No início dos anos de 1700, são fundados vários arraiais, dando origem assim às hoje cidades de Catas Altas (Freguesia de Nossa Senhora de Catas Altas do Mato Dentro), Santa Bárbara (Arraial de Santo Antônio do Ribeirão de Santa Bárbara), Barão de Cocais (Povoado de Socorro e Morro Grande), São Gonçalo do Rio Abaixo (Arraial do Rio Abaixo), Itabira (“Sant’Ana”, do Rosário” e dos “Padres”), Rio Piracicaba (Arraial de São Miguel do Piracicaba), Nova Era (Arraial de São José da Lagoa) e Antônio Dias (Nossa Senhora de Nazaré de Antônio Dias).

Nesse contexto de expansão da atividade extrativa de ouro e pedras preciosas (as minas), a agricultura de pequeno porte surge como atividade acessória, visando o abastecimento dos povoados que se expandiam em torno da mineração. Apesar da falta de técnicas adequadas ao cultivo nas condições de solo e relevo da região e a escassa mão de obra para a atividade, a agricultura se expande com o estabelecimento da Lei das Sesmarias, seguindo a máxima “terra somente para quem a cultiva”. Inicia-se então a efetiva ocupação das terras com o aparecimento das primeiras grandes fazendas. No auge da fase do ouro, surge na região de Itabira a primeira grande propriedade voltada para a agricultura na bacia: a Fazenda do Rio do Peixe.

Essa fazenda deu início à formação de inúmeras outras através da ocupação de terras pelos descendentes das famílias que ali se estabeleceram. Assim, surgiram na região as fazendas da Vargem, Figueira, Mato Dentro, Barra do Ribeirão das Cobras, Montanha, Santana, etc. Portanto, ao contrário do alto Piracicaba, a agricultura no médio Piracicaba assume um papel de maior destaque na economia regional.

Data de 1765 a organização da primeira expedição na região de Itabira para combater os índios Botocudos, que periodicamente atacavam as fazendas e garimpos (VIDIGAL, 1945 *apud* GUERRA, 1995). Ainda assim, proliferaram-se os garimpos e a população aumentava. Com isso vão surgindo novas plantações e são formados os primeiros rebanhos de animais (gado e tropas de burros). Guerra (1995) lembra que a criação de animais supria a importante atividade de transporte, principalmente de mercadorias entre os arraiais, nem sempre próximos uns dos outros. A população da Capitania de Minas Gerais em 1751 já era de 226.666 habitantes, chegando em 1776 a 319.769 habitantes, dos quais aproximadamente 25% eram escravos (BRITO, 1992 *apud* GUERRA, 1995).

Em 1800, devido a continuação dos conflitos com os indígenas, a Coroa Portuguesa cria a Junta Militar de Civilização dos Índios que seria, anos mais tarde, comandada por Guido Marlière. Além da “pacificação” dos índios, Marlière trabalhou também no assentamento de novos colonos que buscavam a região do baixo Piracicaba (hoje Vale do Aço). Estes assentamentos foram facilitados, mais tarde, com a vigência da Lei das Terras (que garantia a posse da terra). Segundo os historiadores, nenhuma outra região do Brasil Colônia teve um crescimento tão amplo e rápido, nesse período, quanto a Capitania de Minas Gerais. Entretanto, após três quartos de século de exploração exaustiva, as jazidas se esgotaram e a decadência foi inevitável (IGLESIAS, 1985 *apud* GUERRA, 1995). A partir daí, as fazendas passam a desempenhar um papel fundamental na economia do médio Piracicaba. O café passa a ser cultivado em muitas fazendas visando o mercado de exportação.

Por volta de 1830, o médio Piracicaba vive um período de recuperação econômica com o aumento da produção de café, cereais, cachaça, rapadura, chapéu de palha, etc. *Em Rio Piracicaba, no distrito de Padre Pinto (Caxambu), ainda sobrevive, agora restaurada, a Fazenda dos Borges, 1815. A maior parte de sua estrutura de produção até a pouco tempo permanecia preservada – que era da cachaça ao vinho; do café a rapadura; de cereais a embutidos; de couro a algodão.

2.2 Surgimentos das fundições

Também no início do século 19, em Itabira, Caeté e São Miguel do Piracicaba, ocorre o surgimento de inúmeras pequenas fundições para o fabrico de ferro e outros de seus artefatos. Destaca-se as Forjas Catalãs do francês Jean de Monlevade, instalada em São Miguel do Piracicaba.

A fundição de Monlevade recebeu um martelo de forja a vapor, de malho cambiável de até 1.200 quilos, importado da Inglaterra e chegou à Fábrica de Ferro de Monlevade, junto de outros equipamentos, em 8 de abril de 1828, através de arriscadíssima navegação pelos rios Doce e Piracicaba, conforme noticiado por Guido Thomaz Marlière na edição do periódico ouropretano “O Universal” de 19 de abril do mesmo ano.

Logo São Miguel passou a ser o maior produtor de ferro do estado consolidando a fábrica como uma das mais prósperas do Império. Produzia enxadas, foices, machados, alavancas, pás, ferraduras, cravos, martelos, puxavantes, freios para animais, moendas para engenhos de cana, entre outros artefatos. A qualidade de seus produtos logo ganhou fama, tornando-se fornecedor preferencial de companhias estrangeiras que iniciavam empresas mineradoras no Brasil.

2.2.1 Da Inglaterra a São Miguel do Piracicaba

A “Epopéia” das Forjas Catalãs de Jean de Monlevade subindo o rio Doce e o Piracicaba (Sertão do Rio Doce, 2005 - Haruf Espindola)
Em São Miguel de Rio Piracicaba, se instalou o jovem nobre francês, Jean de Monlevade, em 1818.

Fixou residência a meio caminho para São José da Lagoa, onde encontrou condições favoráveis para instalar um grande empreendimento siderúrgico: demanda reprimida, abundância de água, matas e minério de ferro.

O empreendimento exigiu a importação de pesado equipamento da Inglaterra. Em 1827, o presidente da província de Minas Gerais, recebeu um requerimento de Monlevade solicitando auxílio para o transporte das máquinas pelo rio Doce, único meio de fazê-las chegar até o local escolhido para a fábrica.

Em 13 de março, o visconde de Caeté ordenou que o comandante geral Guido Tomás Marlière prestasse todo auxílio, através das Divisões Militares do Rio Doce - DMRD e fizesse entrar pela barra do rio Doce e subir até o Porto de Canoas (Antônio Dias), no rio Piracicaba, acerca de nove léguas do destino final, as máquinas, “que pelo seu peso não tinham outro método de introduzir em Minas”.

O Comandante Marlière, que se encontrava no quartel-geral de Guidoal, na Zona da Mata, enviou circular aos comandantes das 1^a, 2^a, 4^a e 6^a DMRD, informando sobre a missão.

Diante das dificuldades era necessário um “poderoso auxílio das divisões”. Os serviços das divisões foram repartidos da seguinte forma: todos os praças disponíveis e as canoas da 6^a DMRD, com os melhores pilotos e canoeiros ficariam encarregados da condução da divisa com a província do Espírito Santo até a cachoeira do Baguari (Governador Valadares). O comandante deveria descer logo que recebesse aviso de Lourenço Archilles LéNoir (sic), responsável pela entrega dos equipamentos.

A 1^a DMRD prosseguiria, nos mesmos termos, com as suas canoas e as do comando geral e todos os seus praças, da cachoeira do Baguari (Governador Valadares) à Cachoeira do Leopoldo (Cachoeira Escura – Belo Oriente). Nesse ponto, a 2^a e 4^a DMRD receberiam as máquinas e as conduziriam até o Porto das Canoas, abaixo de Antônio Dias, onde findaria o auxílio.

2.2.1.1 *A “Epopéia”*

Um ofício de Marlière dirigido ao vice-presidente, de 16 de dezembro de 1827, informava que logo que chegasse pelo correio a notícia da saída das máquinas do Rio de Janeiro mandaria o aviso. As divisões deveriam estar prontas com gente, mantimentos e canoas para a qualquer momento entrar em ação. O ofício ordenava que a circular fosse levada de um quartel a outro sem que tivesse qualquer demora em um deles, seguindo por canoas militares ou do comércio.

O comandante da 6^a DMRD, a quem caberia o maior trecho de rio e a maior quantidade de cachoeiras para baldear, estava com tudo preparado em setembro de 1827.

Marlière escreveu e mandou que ele aguardasse o sinal positivo do chefe da expedição Achilles Le Noir (sic). Entretanto advertiu com relação à segurança, para que o transporte fosse iniciado somente se não houvesse previsão de perigo ou cheias, do contrário deveria esperar tempo favorável. Uma nova instrução para a 6^a DMRD mandou que fosse aguardar na barra do Rio Doce, no quartel de Regência.

As chuvas estavam apenas começando e, à medida que o tempo passava, ficaria mais arriscado subir o rio Doce. Mesmo assim, foram dadas ordens para que as divisões ficassem de prontidão. Havia uma expectativa de fazer o transporte ainda naquele ano.

2.2.1.2 *Equipamentos deixam o Porto do Rio de Janeiro*

No início de outubro Marlière recebeu a notícia de que os equipamentos deixaram o porto do Rio de Janeiro, em 19 de setembro. Determinou que todas as canoas e gente da 4^a DMRD se colocassem de prontidão e despachou aviso para o comandante 6^a DMRD, recomendando que empregasse quantas canoas e gente tivesse a fim de obter o sucesso completo da missão. Afinal, tanto na Corte como em Ouro Preto, todos estariam com os olhos voltados para ver como as divisões iriam se

sair. “O Rio de Janeiro olha para nós! Unam-se todas as divisões para este interessante fim”. No final conclui que o “trem” estava no rio Doce, pesava 475 arrobas (6.982,5 quilos) e carecia de cinco grandes canoas. Para garantir o sucesso mandou o comandante empregar todos os índios que pudesse reunir, mas que se acrescentasse a despesa à conta que seria paga por Monlevade.

O comandante da 6ª DMRD levou consigo mantimentos para a expedição que acompanhava os equipamentos.

Marlière ordenou que fossem mostradas as instruções ao chefe da expedição, para que este se inteirasse das providências ordenadas. Também ordenou, se as canoas e gente da 1ª e 4ª DMRD não fossem suficientes, que a 6ª Divisão continuasse o auxílio até o fim, pois mais importante era o cumprimento da missão. Honra haveria de resultar para esta divisão.

A 1ª DMRD se colocou de prontidão na cachoeira do Baguari com bastante gente, mantimento e todos os índios que conseguiu reunir.

Os equipamentos para a fábrica de ferro de Monlevade haviam deixado o porto do Rio de Janeiro numa sumaca (barco pequeno de dois mastros) comboiada por duas pequenas embarcações de guerra, porém, até àquele momento, não havia qualquer notícia. Os tripulantes de duas canoas de comércio que haviam chegado há pouco em Antônio Dias Abaixo, vindas da beira-mar, informaram que não avistaram qualquer expedição ao longo do rio.

Iniciou a estação de chuvas e as divisões recolheram-se aos quartéis. As preocupações de Marlière aumentaram e, em 13 de novembro expediu ordem circular às divisões para ficarem aguardando, porém em estado de prontidão e, logo que aparecesse na barra, o comandante da 6ª DMRD deveria acionar a todos, por meio de canoas militares ligeiras. Caso de não se poder realizar o transporte por causa da cheia do rio, mandaria avisar de novo, para que elas se recolhessem aos quartéis, pois não convinha expor a saúde de tanta gente inutilmente.

2.2.1.3 *Chuvas e incertezas*

Com a chegada das chuvas, não havia mais nada a fazer nas imediações do rio Doce. Marlière deixou o quartel central do Retiro e dirigiu-se para Guidoal, onde ficava sua família e propriedades. Deixou o sargento-quartel mestre no comando, com ordens para que lhe comunicar o sucesso ou “não sucesso”, se possível por relatório do próprio Lourenço Achilles Le Noir (sic).

Em meados de dezembro, escreveu ao governo Provincial, porque sua presença era desnecessária no rio Doce e, ao mesmo tempo, precisava acompanhar a obra de construção da estrada carroçável para Campos e abertura de outros caminhos.

Marlière estava apreensivo e suspeitava ter acontecido alguma coisa, pois era para ela ter chegado à barra há bastante tempo. As ordens, em caso “de não sucesso ou de inundação excessiva”, era deixar o transporte para a próxima estação da seca, “se os corsários não nos pouparam já este trabalho”.

Em fevereiro do ano seguinte, Marlière recebeu notícia do Sr. Lourenço Achilles Le Noir (sic), escrita da cidade de Vitória, em 12 de novembro de 1827. Ele supôs que a carga já estava no rio

Doce, mas mesmo assim mandou por um divisionário resposta até a vila de Itapemirim, de onde seria levada ao Achilles Le Noir (sic), informando que no lugar das cinco canoas, mandou doze canoas, guarnecidas homens e víveres, além daqueles mantimentos que ele havia pedido. Todas as despesas deveriam ser calculadas para que pudessem ser cobradas de Monlevade, não devendo ficar qualquer gasto para ser coberto pela Fazenda Pública.

2.2.1.4 *Índios botocudos e canoas militares*

Como ele imaginou, em 2 de março de 1828, Marlière recebeu a informação da tripulação de uma canoa de comércio, que havia visto a carga sendo transferida para as canoas militares da 6ª Divisão, com a ajuda da escolta das canoas de carga e de muitos índios botocudos que os acompanhavam a missão, entre a vila de Linhares e as cachoeiras das Escadinhas (Aimorés).

A 6º DMRD, ao chegar à cachoeira do Baguari, decidiu continuar o transporte até o destino, sendo acompanhados pelos divisionários e índios que aguardavam nos lugares marcados para a 1ª e 4ª DMRD.

2.2.1.5 *Chegada*

Em 18 de abril de 1828, chegavam ao destino os equipamentos cilíndricos vindos da Inglaterra para a fábrica de ferro de Monlevade, apesar do período das chuvas. Segundo Marlière, a operação foi um sucesso e nada custou ao governo, pois as despesas correram todas por conta de Monlevade. (ESPINDOLA, 2005)

2.2.1.6 *Agropecuária do Século 19*

Apesar da ascensão da agropecuária, não chegou a ser mudado o eixo extrativista mineral do desenvolvimento regional. Apenas foi redirecionado do ouro para o minério de ferro, agora com a verticalização da atividade de mineração com a siderurgia. Essa indústria siderúrgica incipiente será considerada, mais tarde, como uma atividade especializada na região, que possuía excelentes condições naturais ao seu pleno desenvolvimento: inúmeras jazidas de minério de ferro, quedas d'água para movimentar as rodas hidráulicas e grandes áreas de matas nativas, necessárias ao fabrico do carvão vegetal (SANTOS, 1986 *apud* GUERRA, 1995). Nesta época – 1813 a 1825 - a região é visitada por renomados naturalistas europeus que fizeram interessantes relatos a respeito das riquezas naturais, desmatamentos e queimadas totalmente descontrolados e comprometendo a riquíssima flora e fauna até então existentes ali.

Em 1850 o café é uma das mais importantes atividades econômicas do Estado de Minas Gerais, representando quase 50% de suas exportações. A agricultura passa então a protagonizar o cenário econômico regional, mas sofre uma transferência de recursos para o setor industrial. O café passa a ser o grande responsável pela geração de receitas para o desenvolvimento da emergente indústria siderúrgica da região. Em 1876, o Imperador D. Pedro II cria a Escola de Minas de Ouro Preto, que irá desempenhar um papel importante no desenvolvimento regional, especialmente da siderurgia a carvão vegetal. Apesar da sangria de recursos, em 1880 o café já representava 90% das exportações de Minas Gerais. Neste cenário econômico, foi criada uma das primeiras escolas de agricultura de Minas, na cidade de Itabira. Com isso vieram: o arado e outros implementos, o gado nelore e outras culturas como a uva.

Em Santana do Alfié, município de São Domingos do Prata, na Fazenda Bicudo, de propriedade do agrônomo francês Raoul de Caux foi criado o “Vinhedo Alto Alfié”, cuja produção era exportada para a Europa. Sr. de Caux foi um dos fundadores da Escola de Agricultura de Itabira.

2.2.1.7 Do ouro ao minério de ferro e à siderurgia

A fabricação de algumas peças para os implementos agrícolas, pode ter tido uma relativa importância nas forjas e fundições. Em 1888 a região sofre um duro golpe com a abolição da escravatura, uma vez que a maioria da mão de obra das forjas, fundições e fazendas era composta por escravos. Mas a grande população do Estado de Minas Gerais na época facilitou para que não tivéssemos o problema paulista de escassez de mão de obra, sobretudo para a agropecuária. (IGLESIAS, 1985)

Com relação aos impactos ambientais, o Relatório Carlos Prates, de 1905, não é muito animador quanto à devastação das florestas no leste de Minas Gerais, mostrando índices muito baixos de preservação. Os cafezais evidentemente avançavam sobre as matas, apesar do mesmo relatório acentuar que “no alto dos morros permaneciam as florestas, nas vertentes interiores o café, isolado quando adulto e com culturas intercalares quando novo...” (Prates, 1906). O café não se constituiu como monocultura. O uso da terra era disputado também por outras culturas como o milho, feijão e, principalmente, por pastagens. Portanto, a região no início ocupada pela atividade de mineração, a esta altura

contava com um tradicional complexo urbano que se nutria de uma economia basicamente agrícola articulada por um antigo eixo ferroviário.

Em torno dele, a partir daí, se organizou um conjunto de indústrias siderúrgicas a carvão vegetal: Usina Queiroz Júnior Ltda., Itabirito, 1889; Usina União, Santa Rita Durão (Mariana), 1893; Mineração e Usina Wigg, Ouro Preto, 1893 (PAULA *et al.*, 1997). Em 1890, a Companhia Nacional de Forjas e Estaleiros, empresa fundada em 1845, por Irineu Evangelista de Souza, o Barão de Mauá (1813-1889), compra as Forjas de Monlevade e a coloca em franca produção.

Poucos anos depois, surgem indústrias siderúrgicas de maior porte : Companhia Siderúrgica Mineira, Sabará, 1918; Companhia Siderúrgica Belgo – Mineira 1922; Companhia Brasileira de Usinas Metalúrgicas, Barão de Cocais, 1925; Companhia Ferro Brasileiro, Caeté, 1931.

2.2.1.8 *Chegada das ferrovias, a siderurgia e o desmatamento*

Uma importante frente de ocupação e desenvolvimento do leste de Minas Gerais foi a Estrada de Ferro Vitória - Minas (EFVM). Concebida no final do século XIX, apenas em 1907 ela penetra em Minas com destino a Diamantina. Em 1910, ela chega a Figueiras (hoje Governador Valadares), que assim consolida sua posição de mais importante entreposto comercial da região. A mudança da história dessa ferrovia ocorre com a descoberta de grandes jazidas de minério de ferro na região de Itabira. O governo brasileiro cria, em 1942, a Companhia Vale do Rio Doce, que passou a deter o monopólio estatal de extração e transporte do minério, através da EFVM (PIMENTA, 1981 *apud* PAULA *et al.*, 1997). Com isto, Itabira cresce e se torna importante polo econômico. Por volta de 1925, a EFVM chega a Antônio Dias e em 1930 a Nova Era. Em 1937, a Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira inaugura às margens do Rio

Piracicaba, no município de mesmo nome, a maior usina siderúrgica da América Latina daquela época. Sua importância se faria sentir já a partir de 1940, ano em que Minas Gerais atinge a marca de 90% do ferro gusa e 60% do aço produzidos no Brasil.

Nesta mesma época, com a intensificação da migração de nordestinos para a região de Figueiras foi introduzido o capim colonião que acabou por possibilitar a expansão da pecuária. Desmatou-se ferozmente para se conseguir os pastos necessários. Cresceu,

consequentemente, a indústria madeireira, e as serrarias se propagaram, definindo a imagem urbana de Figueiras. A região do baixo Piracicaba seria impactado por vetores econômicos que vinham de direções opostas: a demanda por carvão vegetal vinda da Companhia Belgo-Mineira (Usina de João Monlevade) e a demanda por madeira para as serrarias de Figueiras. A grande importância da EFVM não se deveu apenas ao transporte do minério de ferro para exportação, mas principalmente porque foi o eixo em torno do qual se constituiria o maior complexo siderúrgico da América Latina. A ferrovia traçou ainda um caminho de desmatamento necessário à sua construção e manutenção e estabeleceu uma ocupação regional que, de fato, só aconteceria anos mais tarde.

A segunda grande corrente povoadora da bacia atingiu o baixo Piracicaba na segunda metade do Século XX e foi determinada por dois grandes vetores: o crescimento da pecuária e da indústria madeireira, cujo grande polo foi Figueiras, e a expansão dos grandes projetos siderúrgicos, cujos polos mais importantes foram a Belgo Mineira em Rio Piracicaba e, posteriormente, a ACESITA e USIMINAS, em Coronel Fabriciano, Timóteo e Ipatinga. Na época, eles não passavam de pequenos distritos, pertencentes ao município de Antônio Dias. Esses dois grandes vetores interagiram, pois, de fato, tinham o mesmo objetivo: a ocupação do grande “vazio verde”, que era a Mata Atlântica ainda abundante na região nos anos 50, entre Antônio Dias e Figueiras. Este enorme vazio ocorria, principalmente pela falta de um mínimo de infraestrutura para estimular os assentamentos humanos e por ser esta uma área endêmica de malária.

Nesta época os tropeiros ainda desempenhavam um papel importantíssimo na ligação comercial entre os municípios da bacia. Havia rotas que interligavam Ouro Preto, Mariana, Santa Bárbara, Barão de Cocais, Alvinópolis, Dom Silvério, Itabira, Rio Piracicaba, Nova Era, São Domingos do Prata, Antônio Dias, etc. Esses personagens eram proprietários e/ou condutores de uma ou mais tropas de animais que realizavam as atividades de transporte e distribuição de produtos. Levavam do baixo e médio muitos produtos agrícolas para o alto Piracicaba e traziam manufaturados do alto para o médio e baixo. Os manufaturados chegavam ao alto através do antigo eixo ferroviário. (Estradas de Ferro Leopoldina e Central do Brasil).

Em 1942, Figueiras passa oficialmente a chamar-se Governador Valadares. A fase era de grande expansão econômica. Aí ocorreu um encontro histórico entre o crescimento das indústrias madeireira e siderúrgica (a carvão vegetal). Em 1943, a Belgo Mineira

inaugurou a mais importante empresa de Governador Valadares: a Companhia Agropastoril de Madeira Compensada do Rio Doce, visando aproveitar a parte mais nobre da madeira de suas terras que não eram transformadas em carvão. A compra de terras aumenta bastante em toda a região, em meados da década de 40, com a instalação de mais uma grande usina siderúrgica a carvão vegetal, às margens do Rio Piracicaba, no distrito de Timóteo: a ACESITA (Aços Especiais de Itabira).

As terras eram devolutas em sua maioria, pertencentes ao Estado. Em função disso, os conflitos entre posseiros e os ditos “proprietários” eram constantes. O mecanismo de apropriação das terras era, muitas vezes, violento. O poder público garantia a legalização. As empresas interessavam-se somente por propriedades “limpas”. Alguns fazendeiros se especializaram nesta atividade. Apropriavam-se, legalizavam, “limpavam” e vendiam as terras para as empresas.

2.2.1.9 *Carvão vegetal*

Segundo Strauch (1955), os principais municípios produtores de carvão vegetal para a indústria siderúrgica na bacia em 1949 eram: Ouro Preto, Santa Bárbara, Rio Piracicaba, São Domingos do Prata e Coronel Fabriciano. Produziam também lenha para as estradas de ferro. Apenas na parte mineira da EFVM havia 45 serrarias para o beneficiamento da madeira, atividade que tinha a lenha como sub-produto. A Estrada de Ferro Leopoldina também era grande consumidora de lenha.

É interessante observar que em 1950 a Belgo-Mineira já dispunha de mais de 200 mil hectares de terras, mas 43% do carvão consumido por ela era comprado de terceiros. Estes eram, em geral, pequenos e médios proprietários/produtores rurais acuados pela expansão acelerada das propriedades das siderúrgicas, madeireiras e pecuária. Sua sobrevivência dependia da transformação de suas matas em carvão para ser vendido a preços inferiores aos obtidos pelas siderúrgicas em suas fazendas. Estas não só desmatavam suas propriedades como estimulavam o desmatamento por terceiros, institucionalizando um mercado de carvão vegetal que produzia a preços muito baixos. O principal componente dos custos dos “terceirizados” era uma mão de obra muito barata, por estar fora de qualquer tipo de fiscalização governamental, além da sonegação de tributos.

No final da década de 40, as siderúrgicas já tinham percebido que era impossível a regeneração das matas nativas no compasso da demanda do carvão vegetal. Surgiu, então, a ideia de substituir as florestas destruídas por eucalipto, cuja capacidade de regeneração era mais rápida e possuía um ciclo médio de três colheitas em 21 anos. A Belgo-Mineira iniciou suas primeiras experiências de reflorestamento com eucalipto no ano de 1948. Em 1966, só na região do Rio Doce, a empresa possuía florestas plantadas de eucaliptos em mais de 20 municípios.

Por volta de 1950, a ACESITA foi estatizada e passou para o controle do Banco do Brasil. Em 1955, teve início o seu programa de expansão, o que exigiu a aquisição de novas terras. Anos depois, surge, então, a empresa ACESITA ENERGÉTICA.

Na década de 1960, o processo de concentração urbana acentuou-se, ocorrendo uma explosão demográfica no Aglomerado Urbano do Vale do Aço (AUVA) – Ipatinga, Coronel Fabriciano e Timóteo. O grande marco desse processo foi a instalação da USIMINAS, em Ipatinga, em 1962.

De fato, a partir do início dos anos 60, a Bacia do Rio Piracicaba passou a caracterizar-se como uma região em intenso processo de migração da população rural e urbanização concentrada nos centros industriais da siderurgia emergente (PAULA et al, 1997). Aqui é importante ressaltar a pressão que grandes projetos de reflorestamento com a monocultura de eucaliptos, subsidiados pelos incentivos fiscais do Governo Federal, passaram a exercer sobre a já fragilizada agropecuária regional.

Também a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), através de sua subsidiária Florestas Rio Doce, passou a adquirir grande número de propriedades na região e que foram ocupadas pelo eucalipto. Surgia, assim, o embrião de uma grande indústria de celulose na região.

Em meados dos anos 70, dois grandes empreendimentos industriais chegam à região e têm impactos positivos na sua economia, em franco crescimento: a instalação da moderna indústria de celulose CENIBRA, em Belo Oriente, e a SAMARCO Mineração, em Mariana.

Em 1991, segundo dados oficiais do IBGE, metade da população da Bacia do Rio Piracicaba se concentrava no Aglomerado Urbano do Vale do Aço, o que dá uma boa ideia de sua força econômica. Esta foi uma das regiões de maior crescimento econômico no Brasil, na década de 70.

A partir daí, o AUVA se consolida como um dos mais importantes polos da economia mineira, embora provocando um avassalador processo de degradação ambiental. A agricultura e pecuária de subsistência agonizam, mas ainda sobrevivem. As taxas anuais de crescimento demográfico no meio rural, no período 1980-1991, foram negativas e muito elevadas em municípios como Bela Vista de Minas (-63%), Coronel Fabriciano (-33%), São Gonçalo do Rio Abaixo (-32%) e Timóteo (-19%).

Entretanto, nas décadas de 80 e 90, o ritmo de crescimento econômico e desenvolvimento humano nos municípios da Bacia do Piracicaba teve queda acentuada, conforme mencionado anteriormente, a partir dos dados disponibilizados pela Fundação João Pinheiro. A queda na renda média da população foi o aspecto mais marcante.

A história da ocupação da bacia do Rio Piracicaba mostra que sua economia é dependente da base de recursos naturais. Seu crescimento econômico aconteceu à custa de uma demanda sem precedentes sobre os recursos minerais, as florestas, as águas, a biodiversidade (fauna e flora), os quais vêm sendo explorados até à sua quase exaustão.

Extraído do livro • Expedição Piracicaba 300 Anos Depois, Claudio Guerra (organizador) Belo Horizonte. Editora SEGRAC, 2000

2.2.1.10 A riqueza do Vale do Piracicaba

Dos Vales tributários do Rio Doce, o mais importante é o do Rio Piracicaba, particularmente pela grande atração das montanhas de minério de ferro e de manganês. Ali, nas cabeceiras do Rio do Peixe, afluente da margem esquerda do Piracicaba, está a famosa Itabira, hoje Presidente Vargas, bem no limite mal definido do guaisse arqueano e do quartizito algonqueano em que se encontra o minério de ferro abundante, da melhor qualidade e elevado teor metálico. A cidade, no fundo do vale, se espraia, galgando pelas encostas, em disposição de anfiteatro; lá iniciou o Barão de Eschwege como um precursor, a faina da siderurgia em Minas Gerais, organizando a primeira usina em 1814. Enquanto existiu a malfadada Vitória a Minas, a ligação ferroviária de Desembargador Drummond, antiga São José da Lagoa, a Itabira foi uma longa, interminável e dolorosa anedota; embora em busca de interesses fabulosos, arrastou-se fingindo querer atingi-la... Hoje é uma realidade. Cidade velha, de velho aspecto, tipicamente mineira; ruas sinuosas, estreitas, sonolentas, cortadas por pequenos córregos que descem agitados pelas encostas a pique. Que velhas histórias eles poderiam contar do seu trabalho penoso de dissecação secular, do entalhar paciente daquelas gargantas, da descoberta daqueles batentes de pedras, dos duros e afanosos misteres da mineração do ouro, que presenciaram! O ferro! ... Ah! O ferro, aqueles decantados bilhões de toneladas de minério que em números de forma já tem deslizado sob os olhares de todos os

magnatas internacionais e que, empilhados a granel, alinham-se entre os de mais elevado teor metálico do mundo, espalhados por toda bacia – Ouro Preto, São Gonçalo, Cauê, Conceição, Esmeril, Serra do Pico, Serra da Candonga, Monlevade, Itabira, Antônio Dias, Cacunda!.

“O ferro industrializado sobe pelos trilhos da Central do Brasil, depois de deixar devastadas as matas até o meio da bacia. Cortadas a eito para alimentar Monlevade, Sabará e congêneres...

Sai ouro, sai ferro, saem pedras preciosas, queimam-se as matas...

Em 1922, a Companhia Belgo-Mineira adquiriu ali propriedades, que deixou de fogos apagados por algum tempo, antes que se empenhasse na sua febril atividade. São necessários cerca de 2 metros cúbicos de madeira para a produção de 1 metro cúbico de carvão. Seria fácil calcularmos a devastação das matas, que se processa para a alimentação da usina. Basta dizer que a Belgo-Mineira tem terras e concessões até no médio Rio Doce, para a extração de lenha, a que os vagões da estrada de ferro não dão vazão”.

A produção agrícola desapareceu da região, de tal forma que a Companhia Belgo-Mineira teve que fornecer um prêmio sobre o salário base dos operários, para eles poderem viver!

Em toda a bacia o aspecto é grandioso e empolgante; emocionou e atraiu todos quantos a contemplaram, desde os primeiros exploradores até hoje, apesar de todos os desmandos e devastações. Desde as cabeceiras o panorama já se desvenda claro, já mesmo na Vale do Piracicaba, a vegetação é alta, frondosa, exuberante.

A mata, formada pelas mais variadas essências, é densa, escura, profunda e de alto porte; dela saem há séculos, sem esgotá-la nunca, madeiras preciosas para todos os fins industriais, - jacarandás de três variedades, perobas rosa e do campo, pau brasil, primeiro para tinturaria, depois para a indústria, particularmente para fabricação de violinos; canelas de duas dezenas de variedades, cedro, louro, vinhático, guarabús roxo e o rajado mais conhecido como Gonçalo Alves, ipê, copaíba e plantas medicinais diversas.

(MIRANDA,1949)

2.3 Referências Bibliográficas

GUERRA, C.B (org.). **Meio Ambiente e Trabalho no Mundo do Eucalipto**. Associação Agência Terra. Belo Horizonte: [s.n.], 1995.

ESPINDOLA, H. **Sertão do Rio Doce**. Governador Valadares: EDUSC/UNIVALE, 2005.

IGLESIAS, F. Agricultura em Minas Gerais. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v.15, n. 2, 1985.

PAULA, J. A *et al.* (org). **Biodiversidade, População e Economia**: PROJETO PADCT. Belo Horizonte: UFMG –ICB/CEDEPLAR, 1997.

PRATES, C. A. **Lavoura e a Indústria na Zona da Mata**. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1906.

STRAUCH, N. **A Bacia do Rio Doce**: Um estudo geográfico. Rio de Janeiro: IBGE, 1955.

VIDIGAL, P.M. **Amador Bueno**: O aclamado na família lagoana. [s.l.]: Edit. Imprensa Nacional, 1945.

MIRANDA, S. de. **Rio Doce** – Impressões de uma época. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército Editora, 1949.

CAPÍTULO 3

AS EXPEDIÇÕES NA BACIA

*Fim de tarde na nascente do Rio Piracicaba, em São Bartolomeu – Ouro Preto. Expedicionários descem a serra em 26 de maio de 2019.
Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.*

3 AS EXPEDIÇÕES NO RIO PIRACICABA

José Augusto Costa Gonçalves (D.Sc. Geologia)

3.1 O Estudo realizado pela UFMG

Há cerca de 30 anos, a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) iniciou um trabalho de pesquisa sobre a qualidade das águas do Piracicaba. A Pesquisa foi realizada no período de 1992 à 1997, sendo um trabalho interdisciplinar, resultando em uma publicação que sintetiza os principais resultados obtidos: o livro Biodiversidade, População e Economia (PAULA *et al.*, 1997).

Dentre os resultados relatados neste livro destaca-se algumas conclusões do trabalho constatados na época:

Entre os principais impactos presentes na subbacia do Rio Piracicaba, devem ser destacados: exploração não-sustentável de recursos minerais, florestais e hídricos; pesados efeitos negativos nos ecossistemas aquáticos e terrestres e na biodiversidade em geral; perdas irreparáveis de solos com o conseqüente assoreamento e elevadas cargas de sólidos em suspensão nos corpos d'água; diversas formas de poluição industrial (óleos e graxas, fenóis, cianetos, metais pesados etc.), advindas, principalmente, das atividades de mineração, usinas siderúrgicas e garimpo de ouro; rejeitos das áreas ocupadas pela monocultura de eucaliptos (fertilizantes e pesticidas); além dos esgotos domésticos e lixo das cidades da região. Destaque-se que nenhum desses municípios têm, até o momento, qualquer tratamento de seus esgotos, os quais são lançados *in natura* nos corpos d'água receptores.

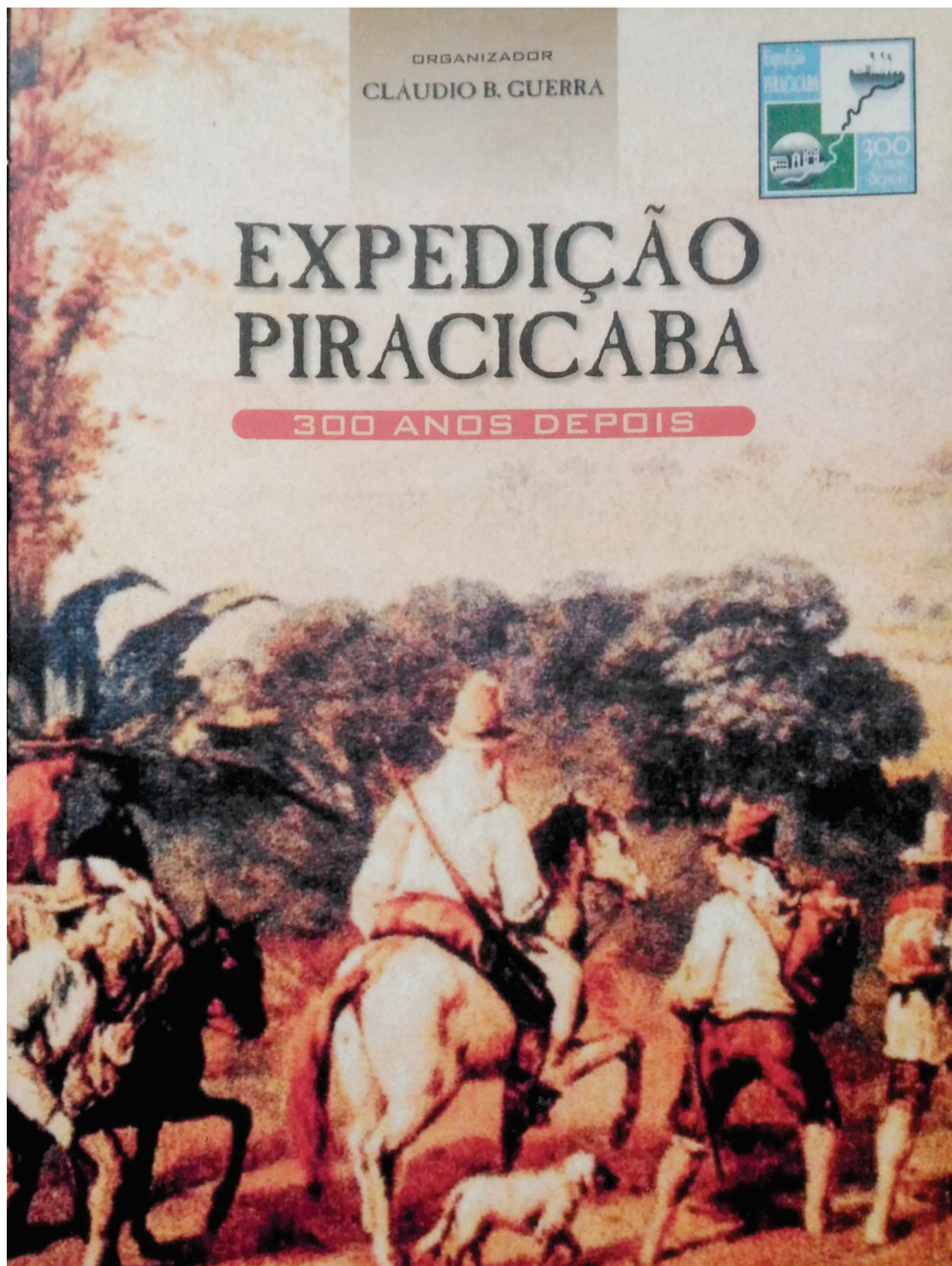
O livro relata que na época de sua elaboração nenhuma das 20 cidades localizadas dentro da área da bacia possuíam sistema de tratamento do esgoto doméstico. Intensificando ainda mais a carga poluidora dos despejos das indústrias na região, como a citada Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira (CSBM), que, segundo o estudo, na época lançavam inúmeras substâncias tóxicas, sem nenhum tipo de tratamento o que acarretou uma elevada carga de sólidos totais em suspensão, afetando a demanda química e bioquímica de oxigênio.

A consequência imediata deste cenário foi a não captação da água para o abastecimento das cidades ribeirinhas como João Monlevade, Rio Piracicaba, Nova Era, Coronel Fabriciano e Ipatinga que passaram a utilizar tributários e fontes subterrâneas.

O estudo também apresentou uma evolução histórica da devastação da Mata Atlântica na bacia, alimentada pelo desenvolvimento de uma siderurgia a carvão vegetal. Aliada a exploração mineral soma-se os efeitos do cultivo de Café, a pecuária, a indústria de madeira, fabricação de celulose e outras atividades corroborando para o desmatamento na região, chegando na época a uma destruição de 90% da área de Mata Atlântica, segundo o estudo.

3.2 Expedição Piracicaba – 300 Anos Depois

Figura 3.1 – Capa do livro relatório da Expedição Piracicaba: 300 Anos Depois.



Fonte: Cláudio Bueno Guerra, 2001.

Passados 10 anos, foi promovida a Expedição Piracicaba – 300 Anos Depois, idealizada e coordenada pelo engenheiro Ambiental Cláudio Bueno Guerra, que deu continuidade e ampliou o trabalho de pesquisa anterior. Esta foi realizada pelo Escritório da Bacia do Rio Doce, criado em 1998 para implementar a Lei das Águas (Lei 9433) naquela bacia, com o apoio de diversos parceiros.

O termo “300 Anos depois” faz menção ao período de ocupação da bacia, ocorrido no final do século 17, com a chegada das primeiras Expedições dos desbravadores e aventureiros. Assim seria uma visão da bacia decorridos 300 anos de sua ocupação. O trajeto desta também refaz os caminhos desbravadores, saindo das nascentes, em Ouro Preto, e chegando à foz na cidade de Ipatinga.

Essa expedição trouxe na época uma grande mobilização social expondo a bacia e seus problemas a todos e tendo como foco, segundo Marco Antônio Fernandez, coordenador do Escritório na época, o intuito de provocar a discussão e estimular a solução dos problemas na bacia.

Dentre os objetivos desta expedição estavam a avaliação da situação geral do meio ambiente físico, social, econômico e cultural na bacia e a partir de todas as informações das ações realizadas, elaborar um diagnóstico da situação da bacia na época, bem como propor ações de intervenções e mudanças na bacia (Guerra, 2001).

Nesta expedição também foi constatado o assoreamento ao longo de todo o trajeto, chegando a ocasionar a alteração no trajeto da descida na região do Vale do Aço, principalmente em Timóteo, Coronel Fabriciano e Ipatinga onde havia uma ocupação do leito por bancos de areia. Também foi constatado nesta região o mau cheiro próximo às margens do rio.

Ao descer a bacia, a equipe técnica da expedição coletou amostras de água, empregando os mesmos pontos do estudo anterior e acrescentando alguns pontos.

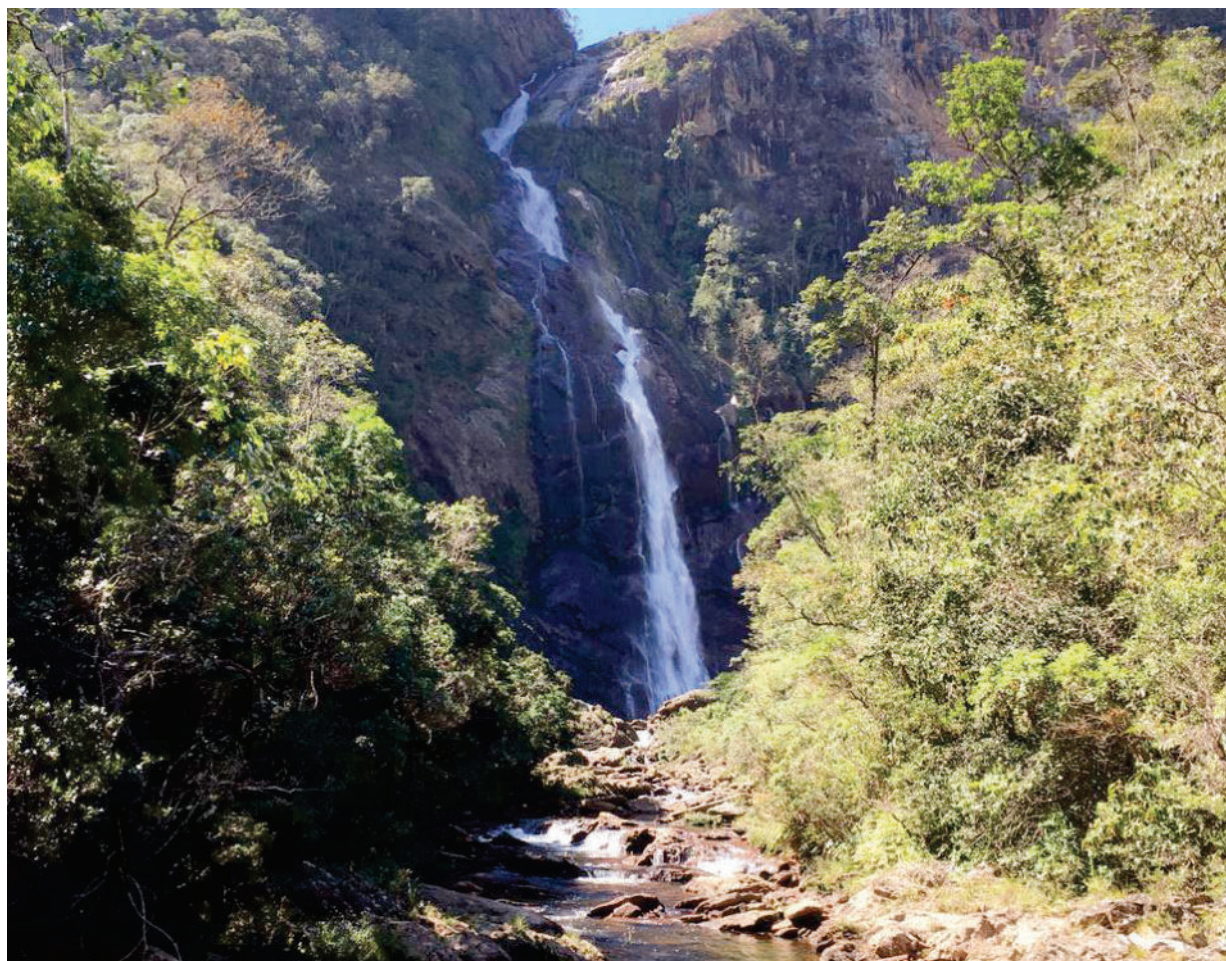
Segundo a equipe, ao longo de quase toda a extensão do Rio Piracicaba foi constatada a ausência da vegetação ripária, em muitos de seus afluentes foi observada a descarga de esgotos domésticos e efluentes industriais sem tratamento, disposição incorreta de lixo urbano, barramentos e o elevado assoreamento.

Nas análises de qualidade da água foi observado um elevado nível de nutrientes dissolvidos (principalmente nitrogênio e fósforo) em quase toda a bacia indicando a disposição de esgotos não tratados e insumos agrícolas.

As análises demonstraram uma situação momentânea, ainda assim, com estas e as observações realizadas em campo, a equipe concluiu que a situação da bacia não se alterou ao longo dos anos desde o estudo realizado pela UFMG, mantendo-se em uma situação de degradação acentuada com poucas ou nenhuma mudança no decorrer deste tempo.

Embora esta situação seja a mais recorrente na bacia, pelas análises realizadas, com os microrganismos bentônicos, demonstraram algumas regiões relativamente íntegras com uma fauna bem diversificada, como o ribeirão Caraça, dentro da RPPN Caraça, o Rio Santa Bárbara em São Gonçalo do Rio Abaixo e o trecho do Rio Piracicaba no bairro Cariru em Ipatinga.

Figura 3.2 – Primeira queda do complexo de três da cachoeira do Capivari - Vigário da Vara - Santa Bárbara.




Crédito: Tribuna do Piracicaba- A Voz do Rio, 2019 - Geraldo M. Gonçalves "Dindão".

2.3 Referências Bibliográficas

GUERRA, C.B (organizador) - Expedição Piracicaba 300 Anos Depois, Belo Horizonte. Editora SEGRAC, 2000

CAPÍTULO 4

EXPEDIÇÃO PIRACICABA PELA VIDA DO RIO



*O Rio Piracicaba registrado no centro da cidade homônima em 2019.
Registro feito sobre a antiga ponte da área central da cidade.
Crédito: Tribuna do Piracicaba – A Voz do Rio - Geraldo Magela Gonçalves "Dindão"*

4 EXPEDIÇÃO PIRACICABA PELA VIDA DO RIO

Thobias Lima de Almeida (Jornalista)

Geraldo Magela Gonçalves (Editor)

Sérgio Henrique Braga / Allan de Oliveira Mota (fotos)

21 CIDADES – 11 DIAS ENTRE OS RIBEIRINHOS

4.1 Diário de bordo

4.1.1 Domingo, 26 de maio de 2019 - 1º dia da expedição - Mariana

Figura 4.1 - Praça Minas Gerais, destacando as Igreja São Francisco Assis e o Santuário do Carmo.



Crédito: Tribuna do Piracicaba- A Voz do Rio, 2019 - Geraldo M. Gonçalves "Dindão".

4.1.2 Na primaz de Minas, missa e solenidade de lançamento da expedição

Com expedicionários saindo de Belo Horizonte, Itabira e João Monlevade, ficou a divisa de Mariana e Ouro Preto definido como ponto de encontro para formar o corpo da expedição – e assim aconteceu às 7 horas do dia 26 de maio de 2019. Logo após o encontro, a comitiva se dirigiu ao centro da primeira cidade de Minas onde novos membros foram agregados à expedição.

Um café da manhã foi servido aos expedicionários pela Prefeitura de Mariana no Centro de Apoio ao Turista, seguido de uma missa no Santuário do Carmo onde os membros receberam as bênçãos da Igreja, assim como acontecia com todas as “Entradas e Bandeiras”.

Figura 4.2 - Palanque montado com todas as bandeiras das cidades que compõem a Bacia



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

Para completar a festa do lançamento da aventura ambiental e científica, uma cerimônia na Praça Gomes Freire, que reuniu diversos parceiros, comunidade local e autoridades, marcou o início da Expedição Piracicaba – Pela Vida do Rio. Bandas de músicas abrilhantaram o evento, cujo palco exibiu as 21 bandeiras dos municípios que compõem a Bacia do Piracicaba. Foi o início do projeto mais ousado de integração política e sócioambiental dessa região.

Figura 4.3 - Thiago F. Santana, Diretor de Gestão e Apoio ao Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos no IGAM, discursa durante lançamento da Expedição



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

4.1.3 Na nascente em Ouro Preto

Figura 4.4 - Caminhada até a nascente do Rio Piracicaba, em São Bartolomeu, Ouro Preto



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

Em seguida às festividades uma caminhada de mais de três horas por umas das vertentes da Serra do Caraça, no distrito de São Bartolomeu, levou os expedicionários à nascente do Rio Piracicaba dando início a um diagnóstico inédito de uma das mais importantes bacias hidrográficas de Minas Gerais e do Brasil.

Na nascente do Rio Piracicaba, localizada em uma área de grota, na divisa entre Mariana, Ouro Preto, Santa Bárbara e Itabirito, pesquisadores da Unifei coletaram três frascos de amostras de água para análise.

Depois de uma subida exaustiva, ao chegar ao marco zero do rio, a dádiva - uma água gelada e cristalina. Todos os participantes beberam da nascente do Piracicaba e coletaram cerca de dois litros de água pura que foi levada até a foz e lançada no Rio Doce em um ato simbólico.

Após os registros nas nascentes do Piracicaba, a Expedição se dirigiu até Catas Altas – no Morro D´Água Quente, onde pernoveram na Pousada das Nascentes – não teria pouso melhor para que os expedicionários recuperassem as energias.

4.1.4 Segunda-feira, 27 de maio de 2019 - 2º dia

4.1.4.1 Navegação tem início / Santa Rita Durão / Mariana

Figura 4.5 - Membros da Expedição junto alunos da Escola Municipal Sinhô Machado



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

No segundo dia da Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio, a participação das futuras gerações em atos em defesa do rio foi o ponto alto. Tanto em Santa Rita Durão, distrito de Mariana, quanto em Fonseca, distrito de Alvinópolis, dezenas de alunos da rede pública de ensino compareceram aos eventos de mobilização. Músicas e apresentações culturais com enfoque na temática das águas deram o tom durante os encontros.

Integrantes da expedição também fizeram as primeiras incursões pelo Piracicaba quando três caiaques navegaram em alguns trechos do rio. Havia vários pontos assoados, com grandes quantidades de hematita carregadas, impossibilitando a navegação. Esse cenário é uma mostra da degradação do rio.

Pela manhã, após descerem de caiaque por um trecho com profundidade mínima, os navegantes chegaram a Santa Rita Durão, onde houve uma roda de conversa com os alunos da Escola Municipal Sinhô Machado, que contava à época com 315 alunos entre 4 e 19 anos. A então diretora Homelina Maria Oliveira destacou a importância da expedição para conscientizar crianças e jovens sobre a necessidade de se recuperar e preservar o Rio Piracicaba. “É fundamental saber que fazemos parte de tudo o que envolve o rio. As crianças se sentem próximas do Piracicaba e todas ficaram muito tristes com tudo que vem ocorrendo”, destacou.

4.1.4.2 *Fonseca / Alvinópolis*

Figura 4.6 - Em Fonseca, crianças receberam a expedição às margens do Rio Piracicaba



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

No meio da tarde, as equipes chegaram ao distrito de Fonseca, em Alvinópolis, onde dezenas de estudantes aguardavam a chegada dos caiaques, além de moradores, autoridades municipais, militares do Corpo de Bombeiros, Polícia Militar de Meio Ambiente, dentre outros convidados. Os alunos prepararam apresentações culturais defendendo a preservação do rio e entoaram o Hino da Expedição Piracicaba, composto pelo alvinopolense Marcos Martino.

A recepção calorosa à expedição emocionou toda a equipe. Uma das presentes, a aposentada Maria Aparecida Ferreira, de 75 anos, lamentou os impactos no Piracicaba no decorrer das últimas décadas. “O rio era outra coisa. A água era limpinha, todo mundo pescava e tomava banho nele. Hoje a água está embaçada”, observou.

4.1.5 Terça-feira - 28 de maio de 2019 - 3º dia

4.1.5.1 *Expedição visita Catas Altas, Barão de Cocais, Santa Bárbara e Caraça*

Três cidades e duas localidades referência - receberam a visita da Expedição Piracicaba no terceiro dia de descida pela bacia hidrográfica: Catas Altas, Barão de Cocais, Santa Bárbara, Brumal e Caraça.

Além de eventos de mobilização e conscientização junto às comunidades, os integrantes da expedição foram recebidos no centro de operações montado pelo Corpo de Bombeiros e Defesa Civil em Barão de Cocais, cidade que à época convivia com o risco de rompimento de barragem de rejeitos de mineração.

4.1.5.2 *Catas Altas*

Figura 4.7 - Sob a sombra de um flamboyant e ladeada pela Matriz de Nossa Senhora da Conceição e pelo Pico dos Horizontes de Catas Altas do outro, a Expedição expôs seu trabalho.



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

Catas Altas foi a base da Expedição por dois dias devido à sua localização.

Pela manhã, foi realizado um encontro no centro da cidade que, apesar de não ser banhado pelo Rio Piracicaba, guarda uma riqueza hídrica singular na região. Com dezenas de cursos d'água e cachoeiras em seu território, Catas Altas é um importante manancial da bacia – um verdadeiro “berçário de águas”.

Sob a sombra de um flamboyant e ladeada pela Matriz de Nossa Senhora da Conceição e pelo Pico dos Horizontes de Catas Altas do outro, a expedição expôs seu trabalho.

Alunos da rede pública de ensino e convidados acompanharam a apresentação sobre os objetivos da pesquisa. “Achei muito importante a passagem da expedição por aqui. O rio faz parte da vida de tudo, fertiliza e dá vida à terra. Sem água não tem como fazer nada”, salientou o estudante Vítor Nazareth, de 15 anos.

Durante o evento, o CBH Piracicaba promoveu a entrega de diagnósticos e do Cadastro Ambiental Rural a produtores contemplados pelo projeto Rio Vivo.

4.1.5.3 Barão de Cocais e a bacia sob risco

Figura 4.8 - Expedição visita o Centro de Operação do Corpo de Bombeiros em Barão de Cocais.



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

A expedição visitou o Centro de Operações do Corpo de Bombeiros montado em Barão de Cocais, onde houve uma apresentação sobre as projeções de impacto em caso de rompimento da barragem da mina de Gongo Soco. Militares expuseram os riscos presentes na ocasião e falaram sobre algumas das medidas para mitigar os danos em caso de vazamento do rejeito de minério.

A intenção da Expedição em Barão de Cocais foi demonstrar solidariedade à população e a todos os empenhados no enfrentamento de uma possível situação de emergência. As coletas na região foram antecipadas em função dos riscos gerados pela possibilidade de rompimento da barragem.

4.1.5.4 Brumal (Santa Bárbara)

No distrito de Brumal, em Santa Bárbara, foi realizado um evento conjunto pelas secretarias de meio ambiente da cidade e da vizinha Barão de Cocais, às margens do Rio Conceição, curso d'água que, ao receber o Rio São João, forma o Rio Santa Bárbara, que por sua vez deságua no Piracicaba. Dezenas de estudantes da rede municipal de ensino fizeram apresentações musicais e conheceram o projeto da expedição.

Figura 4.9 - Membros da Expedição, estudantes e cidadãos registrados junto ao Rio Conceição



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

A cerimônia contou com a presença de Juca Hosken, um personagem histórico da região que há décadas milita em favor das causas ambientais. “Muitas vezes o próprio ser humano que faz uso da água em sua propriedade não respeita essa riqueza. Eu penso que uma iniciativa como a expedição é maravilhosa, muito importante para alertar o povo para a realidade que estamos vivendo”, avaliou Hosken.

A presidente da Associação Comunitária de Brumal, Vera Lúcia, relatou na oportunidade que há décadas, quando o Rio Conceição era limpo, o local recebia dezenas de caravanas de turistas semanalmente, o que gerava renda para os moradores.

“A qualidade da água era infinitamente melhor, o rio hoje está muito assoreado, o esgoto é todo jogado nele. O trabalho mais importante é começar a trabalhar a conscientização dos jovens”, ressaltou a líder comunitária.

Figura 4.10 - Dindão junto ao amigo e ex-prefeito de Catas Altas, Juca Hosken



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

4.1.5.5 O Santuário do Caraça (Catas Altas)

Figura 4.11 - A Expedição pernitoou no Santuário do Caraça



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

A noite, o Santuário foi o ponto de Encontro da expedição alcançou seu ponto de pouso do dia, o Santuário do Caraça. O local abriga a reserva particular do patrimônio natural (RPPN) do Caraça, mancha verde abençoada pela abundância de água. Após o jantar, a equipe foi presenteada com a visita dos lobos Guará. O Santuário do Caraça e sua reserva são exemplos de resistência e trabalho em prol do Meio Ambiente.

Figura 4.12 - O lobo-guará também veio saudar os expedicionários no Santuário



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

4.1.6 Quarta-feira, 29 de maio de 2019 - 4º dia

4.1.6.1 Florália / Santa Bárbara

Em respeito à proposta de levar conscientização ambiental ao maior número de habitantes da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, a expedição alargou seu percurso original e foi até Florália, distrito de Santa Bárbara.

No local, dezenas de estudantes foram apresentados ao projeto e receberam diversas informações sobre a luta pela preservação das nossas águas.

Figura 4.13 - Na Escola Estadual Dom Bosco, em Florália, distrito de Santa Bárbara, alunos e professores receberam a mensagem da Expedição



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

Avançando pelo quarto dia de descida pela bacia, a Expedição Piracicaba foi inundada pelo apoio e pela energia das comunidades de Rio Piracicaba e João Monlevade. A chegada dos caiaques pelo rio atraiu a atenção de todos.

Com grande mobilização nas duas cidades, a recepção à equipe foi coroada por apresentações de projetos socioambientais, shows musicais, apresentações culturais, exposições de desenhos e muitas palavras de incentivo à iniciativa.

4.1.6.2 A cidade que carrega o nome do rio

Figura 4.14 - Expedição foi recebida na Praça Maria do Rosário Caldeira, às margens do Piracicaba.



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

Em Rio Piracicaba a recepção ocorreu pela manhã. Uma grande concentração de pessoas aguardava as equipes da expedição na Praça Maria do Rosário Caldeira, no Centro da cidade. Alunos da rede municipal de ensino, moradores e autoridades do Executivo e do Legislativo participaram do evento.

Um projeto apresentado durante o encontro chamou a atenção e mostrou como a Expedição Piracicaba pode incentivar práticas ligadas à recuperação do rio. As professoras Juliana Viana e Juliana Cota propuseram aos alunos resgatar o passado do Piracicaba a partir de visitas e conversas com habitantes mais velhos da cidade. O resultado do trabalho estava exposto na praça na forma de fotos, desenhos e histórias.

“O projeto teve início querendo mostrar para as crianças a importância da água. Nada melhor do que usar um recurso da cidade para isso. Assim veio a ideia de despertar nos alunos a importância que o rio tem para os ribeirinhos, para o curso de toda uma vida”, explicou Juliana Viana. “A gente buscou valorizar a importância do rio que corta a cidade, como ele é fundamental para todos, inclusive as gerações futuras”, completou Juliana Cota.

A expedição também foi apresentada com uma obra de arte: um banner pintado à mão retratando a logomarca do projeto, trabalho da artista plástica Edna dos Santos. A tela acompanhou os expedicionários pelo restante da jornada, sendo exposto em todas as localidades visitadas posteriormente.

4.1.6.3 A privilegiada João Monlevade, banhada por dois rios

Figura 4.15 - Cordel apresentou os 10 mandamentos da água na chegada à cidade.



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

A Expedição Piracicaba chegou a João Monlevade no meio da tarde, onde era aguardada por centenas de pessoas, entre estudantes, autoridades municipais e moradores de áreas próximas ao rio. Os caiaques foram o centro das atenções para as crianças, que organizaram filas para tirar fotos dentro das embarcações. A cidade de João Monlevade tem o privilégio de ser banhada por dois importantes rios – o Rio Piracicaba e seu afluente, Rio Santa Bárbara.

Distribuição de mudas, exposição de desenhos, shows musicais e apresentações de alunos completaram a recepção à expedição, que ocorreu na Avenida Beira Rio.

“Estou muito satisfeita, a expedição vai ficar no coração não só dos ambientalistas, mas de todos nós. É algo inédito e muito importante não só em João Monlevade, mas em toda a bacia”, comentou a então secretária de Meio Ambiente do município, Fernanda Ávila, que apoiou o projeto desde sua concepção.

Sabrine Moreira, de 11 anos, foi uma das estudantes que participaram de uma apresentação de cordel em que foram recitados os 10 mandamentos da água. A jovem mostrou estar consciente do papel de toda a sociedade para interromper a degradação

do Rio Piracicaba. “Eu vejo as pessoas jogando lixo, papel, produtos químicos, esgoto, tudo no rio. A gente tem que diminuir a poluição para conseguir ajudar o Piracicaba”, ensinou.

4.1.7 Quinta-feira, 30 de maio de 2019 - 5º dia

4.1.7.1 Bom Jesus, São Gonçalo do Rio Abaixo e Itabira – Histórias de conexão com o rio marcam quinto dia

Ao longo das paradas em Bom Jesus do Amparo, São Gonçalo do Rio Abaixo e Itabira, personagens cujos cursos de vida se conectam com o rio e com a causa ambiental compartilharam suas vivências.

4.1.7.2 Bom Jesus do Amparo

Figura 4.16 - Em Bom Jesus do Amparo, produtores rurais participaram ativamente do encontro



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

A Expedição Piracicaba iniciou o quinto dia em Bom Jesus do Amparo, em evento que reuniu o então prefeito, Dario Ferreira Motta, a então presidente da Câmara Legislativa, Edilene Rosa Coelho Ferreira, secretários municipais e outros convidados. Uma mostra de artesanato enriqueceu o encontro. Durante o evento, dezenas de produtores rurais receberam das mãos do então presidente do CBH-Piracicaba, Flamínio Guerra, Cadastros Ambientais Rurais (CAR's) e diagnósticos ambientais das propriedades.

4.1.7.3 Lavadeiras da Prainha roubam a cena em São Gonçalo do Rio Abaixo

Figura 4.17 - O “Lavadeiras da Prainha” surgiu há 11 anos em São Gonçalo do Rio Abaixo, uma iniciativa da Associação Bem Viver da Terceira Idade (Abeviti)



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

Em São Gonçalo do Rio Abaixo, cidade margeada pelo Rio Santa Bárbara e seu afluente, Rio Una, os expedicionários foram recebidos por estudantes da rede pública, grupos culturais como o Lavadeiras da Prainha e moradores. Produtores rurais também estiveram presentes. Houve distribuição de mudas, de sabão ecológico e mostras de reciclagem, dando destaque a práticas ambientais simples, acessíveis e muito eficientes.

Dona Ninica, de 66 anos, fala com o orgulho sobre a participação no Lavadeiras da Prainha, grupo de mulheres que resgatou as cantigas entoadas às margens dos cursos d'água durante a lida com as trouxas de roupa. “Eu lavei muita roupa no rio. Eu tinha 10 anos e ia com minha mãe lavar roupa, lavar vasilhas, ficava lá quase o dia todo. A gente bebia água do rio, era clarinha”, relembrou.

O Lavadeiras da Prainha surgiu há 11 anos e é fruto de uma iniciativa da Associação Bem Viver da Terceira Idade (Abeviti). Além de proteger um patrimônio imaterial da cidade, o projeto funciona como uma atividade para dezenas de senhoras que têm suas histórias

vinculadas às águas da região. Elas também participam de apresentações teatrais que representam essas memórias. “O rio significa muito pra gente. Hoje em dia não estão cuidando bem dele, não tem praia mais, é muito triste”, lamentou Dona Ninica.

A cidade, apresentou uma série de trabalhos revelando boas práticas ambientais, como o sabão ecológico, feito com o aproveitamento do óleo vegetal usado, recolhido nas residências e cozinhas industriais, evitando que o contaminante vá parar nos cursos d’água.

Figura 4.18 - Os expedicionários foram recebidos por estudantes da rede pública, grupos culturais, moradores e produtores rurais. Na foto, apresentação musical de crianças da rede pública em homenagem aos rios.



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.



4.1.7.4 Itabira e seu Parque da Água Santa

Figura 4.19 - No Parque da Água Santa houve uma verdadeira distribuição de conhecimento



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

Durante a tarde, a Expedição Piracicaba ancorou em Itabira, onde um encontro reuniu estudantes da Universidade Federal de Itajubá (Unifei) e produtores rurais no Parque da Água Santa.

No local, Arcanjo Couto, empresário de 30 anos que vive em Itabira, resolveu desafiar o ditado “uma andorinha só não faz verão”. Ele transformou, praticamente sozinho, a realidade do Parque da Água Santa. O espaço de 12 mil metros quadrados, com árvores frondosas e habitado por pequenos animais, encontrava-se praticamente abandonado e era usado para uso de drogas, prostituição e outras práticas ilícitas. “Eu arregacei as mangas. Faço de tudo aqui: roçada, capina, varrição, plantio e poda. Estou satisfeito com o resultado, com a mudança que aconteceu aqui”, comemorou.

À época, Arcanjo havia firmado uma parceria público-privada com a prefeitura de Itabira e, em troca dos serviços de conservação, foi autorizado a abrir uma floricultura e um café no local. “Estou muito motivado. Já são seis meses de bastante trabalho e espero que venham outros tantos pela frente”, ressaltou.

À noite, especialistas participaram do Fórum das Águas, no Clube Ativa, onde foram debatidas questões ligadas à gestão hídrica, saneamento e à sustentabilidade.

4.1.8 Sexta-feira, 31 de maio de 2019 - 6º dia

4.1.8.1 *Em Capela Branca, encontro de rios encanta e revela uma beleza desperdiçada*

Figura 4.20 - Encontro entre o Rio Piracicaba e seu afluente, Rio Santa Bárbara, é emoldurado por um pontilhão centenário.



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

Na comunidade de Capela Branca, em Bela Vista de Minas, o enlace do Santa Bárbara com o Piracicaba oferece um belo espetáculo, mais ainda quando uma Guarda de Nossa Senhora do Rosário vem saudar esse encontro.

A Expedição foi recebida pelas águas, pela guarda de congadeiros, por autoridades políticas, pela Emater, por representantes religiosos, por professores, por estudantes e por inúmeros produtores rurais.

O que se viu no sexto dia de descida foi desperdício de beleza. O Piracicaba é formoso, mas está carente. O encontro dos rios tem como símbolo um pontilhão de ferro do antigo ramal ferroviário de São José da Lagoa (atual Nova Era), o que transforma o local em uma importante referência histórica e ponto de visitação.

O ponto de encontro dos rios poderia ser aproveitado como uma estância de lazer e um local para a prática de esportes náuticos, no entanto, encontra-se afetado pela poluição. Assim, a sensação é de um enorme desperdício de potencial turístico.

4.1.8.2 **Em Nova Era, um rio mais caudaloso, mas não menos castigado**

Figura 4.21 - Em Nova Era a recepção da expedição aconteceu também ao lado do Piracicaba...



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

Continuando a descida no Piracicaba, agora mais caudaloso após receber as água o Rio Santa Bárbara, mas não menos poluído, seguimos para Nova Era, onde terminaríamos o sexto dia da expedição.

Erosões deram lugar ao que antes eram pequenos tributários, pastagens ocuparam o que deveria ser matas ciliares em uma margem e, na outra a monocultura do eucalipto fez o mesmo. Na cidade que nasceu com o nome de São José da Lagoa a expedição foi recebida ao lado da ponte Bendito Valadares.

Mais uma vez a arte despontou como aliada ao clamor pela preservação.

Em Nova Era, o rio ganha corpo e suas margens se distanciam. Na cidade, o Piracicaba deixa de ser o quintal das casas e passa a compor suas fachadas.

Figura 4.22 - Em arco, a Ponte Benedito Valadares é destaque em Nova Era



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

4.1.9 Sábado, 1 de junho de 2019 - 7º dia

4.1.9.1 São Domingos do Prata e Antônio Dias

Figura 4.23 - Em São Domingos do Prata a Expedição foi recepcionada por banda de música



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

A Expedição Piracicaba passou por São Domingos do Prata na parte da manhã do dia 1 de junho e chegou ao Centro de Antônio Dias para o almoço. Integrantes que navegaram trechos do rio a bordo de caiaques relataram a mudança de percepção quanto à saúde do rio, principalmente o forte cheiro de esgoto que ficou proeminente desde Nova Era.

Na praça central de São Domingos do Prata a expedição foi recepcionada por banda de música, feira de agricultura familiar, artesãos, produtores rurais e moradores do centro urbano. O então prefeito José Alfredo de Castro Pereira esteve presente e salientou os frutos que a iniciativa pode gerar. O então secretário municipal de Meio Ambiente, Adelson Vieira, destacou a Expedição como um divisor de águas para o início da recuperação da bacia.

Já em Antônio Dias, que comemorava 313 anos de fundação em 1º de junho de 2019, a comitiva também foi recebida por autoridades municipais, dentre elas o prefeito Benedito de Assis Lima.

Durante a passagem da Expedição pela cidade, a equipe colheu inúmeros depoimentos destacando a relação próxima da população com o Piracicaba. Vale destacar que a cidade conta com dois barramentos – Guilman-Amorim e Sá Carvalho.

4.1.9.2 Guilman-Amorim e um Raio X do Piracicaba

Figura 4.24 - Expedição visitou o Centro de Educação Ambiental e a Usina Hidrelétrica



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

Ainda em Antônio Dias, a Expedição visitou a Usina Hidrelétrica Guilman-Amorim. Na oportunidade, a coordenadora técnica de meio ambiente da unidade, Sônia Baumgratz, trouxe detalhes sobre a formação e perfil do Rio Piracicaba, apresentou dados valiosos sobre a vazão do curso d'água a partir de registros dos últimos 80 anos e pontuou características do rio como o carreamento de sedimentos ao longo do leito.

Na geomorfologia, o Rio Piracicaba é caracterizado como um rio típico de planalto, segundo a especialista. “Ele tem um desnível topográfico muito grande entre a cabeceira e a foz. Pelas condições geológicas, forma várias cachoeiras e desníveis bem acentuados que serviram inclusive para o aproveitamento de energia elétrica”, explica Baumgratz.

A especialista cita estudos da década de 1960 que identificaram vários pontos com potencial hidrelétrico ao longo do curso do Piracicaba. “No entanto, as condições de ocupação da bacia se transformaram e hoje esse potencial não pode mais ser aproveitado, devido à expansão urbana e outros fatores. Trata-se de um rio com muita energia”, salienta a coordenadora.

Os traços do Piracicaba o levam a ser um curso d'água propenso à erosão, conforme explica Sônia Baumgratz. “Sabemos que o rio tem grande produção de sedimentos, seja por meio natural, seja pela intensificação das atividades antrópicas na bacia”, detalha. A erosão potencializada pelo homem recebe o nome técnico de erosão acelerada.

Dados coletados ao longo de oito décadas mostram a variabilidade dos ciclos hidrológicos no Piracicaba. Foram constatados períodos secos e chuvosos bem definidos.

“A percepção desses ciclos é que tem mudado ao longo do período por conta da ocupação da bacia. Mas, sem dúvida, temos que pensar sobre o que vem ocorrendo em termos de volume de outorgas, perdas de aquíferos, e fazer um estudo conjunto para não demonizar apenas um setor de produção”, ressalta Baumgratz.

A coordenadora de meio ambiente da Guilman-Amorim pontua alguns dos fatores de pressão sobre o Rio Piracicaba, como o despejo de esgoto sem tratamento, o desmatamento e a ocupação desordenada do solo.

4.1.9.3 *Lagoa do Teobaldo*

Figura 4.25 - Expedição navegou pelas águas do Teobaldo, há cerca de 1.000 metros de altitude



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

A equipe também visitou em Antônio Dias a Lagoa do Teobaldo, uma formação singular que fica a cerca de 1.000 metros de altitude e é abastecida apenas por águas subterrâneas. Durante a passagem da Expedição pela lagoa, que teve suas águas analisadas pela equipe técnica da (Unifei-Itabira), foi constatado um bem-sucedido processo de recuperação ambiental da área. O que antes era uma floresta de eucaliptos está se transformando em Mata Atlântica, uma retomada do bioma original.

A mudança foi decorrente da Expedição Piracicaba 300 Anos Depois, realizada em 1999, que visitou a lagoa e após incentivar a fundação da Associação dos Amigos da Lagoa do Teobaldo, intercedeu junto à Cenibra, proprietária das terras, para que fosse implantado um plano de recuperação da mata ciliar.

4.1.10 Domingo, 2 de junho de 2019 - 8º dia

4.1.10.1 Em Marliéria, no PERD a Expedição descobre riquezas esquecidas

Figura 4.26 - A criação do Parque Estadual do Rio Doce se deu em 14 de julho de 1944.



Crédito: Semad

A Expedição Piracicaba percorreu locais de riquezas naturais e históricas únicas em seu oitavo dia de jornada quando rumou para a cidade de Marliéria, para acessar o Parque Estadual do Rio Doce (PERD), a primeira unidade de conservação de Minas Gerais, criada em 1944. Ambos os locais são reservas importantes da memória da bacia do Piracicaba, além da sabida relevância ambiental que guardam.

A caminhada da ocupação portuguesa na região é bem interessante. Entre o final do século 18 e início do século 19, a produção das minas na Região Central de Minas Gerais estava em declínio. A Coroa portuguesa viu a necessidade de ampliar fronteiras em busca de novas opções econômicas. “Marliéria (nome dado em homenagem a Guido Thomaz Marlière, militar francês que atuou como colonizador no Brasil e “pacificou” a região) teve sua ocupação iniciada por volta de 1780, época em que as primeiras fazendas foram criadas no Vale do Piracicaba. Esse local foi ocupado primeiramente porque do

outro lado, no Vale do Rio Doce, havia os botocudos, índios guerreiros que ganharam a fama de praticar o canibalismo”, relata Domingos Sávio de Castro, morador da cidade e um estudioso da história regional.

Os botocudos, apesar de não serem amistosos, não eram canibais. Eles foram vítimas de uma fakenews disseminada pela nobreza com o intuito de evitar a ocupação de uma área que facilitaria o acesso ao mar pelo Espírito Santo, dispensando a ida ao Rio de Janeiro. Isso levaria à perda de controle de Portugal sobre a produção de ouro e outras preciosidades mineradas na província.

4.1.10.2 Moinhos e Engenhos

Figura 4.27 - “O Tropeiro” – esculturas em Marliéria homenageiam os pioneiros do transporte



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

A bacia do Rio Piracicaba era rica em água, além de apresentar como característica o desnível acentuado. Abundância hídrica e quedas d'água eram fundamentais para movimentar moinhos e engenhos, usados no processamento de alimentos como o milho e a cana. “Essa produção era levada por tropas de burros até o entreposto comercial de Dom Silvério, de onde partia para Mariana, Ouro Preto e adjacências”, explica Sávio. A cadeia econômica cresceu ao longo do século 19 e teve o apogeu no início do século 20.

4.1.10.3 A Visita

Em meados da década de 1930, dada a importância de Marliéria, a cidade recebeu a visita do Arcebispo de Mariana, Dom Helvécio Gomes de Oliveira, clérigo influente que se encantou com a riqueza natural da região. Vendo o acelerado processo de destruição da Mata Atlântica que cobria o território, os moradores convenceram Dom Helvécio a intervir. “O bispo relatou o que viu no livro do tombo da diocese. Como tinha uma ascendência sobre os governantes muito grande, ele foi até eles e expôs a necessidade de a região ser salva”, conta Domingos Sávio.

Os esforços de Bispo Helvécio e da comunidade resultaram na criação do Parque Estadual do Rio Doce em 14 de julho de 1944, fruto do decreto assinado pelo então governador Benedito Valadares.

O PERD é a maior mancha remanescente de Mata Atlântica de Minas Gerais, com 36 mil hectares. Outro ponto a se mencionar é que a região forma o terceiro maior sistema lacustre do país com cerca 170 lagos, dos quais 40 estão dentro do parque. O PERD é reconhecido pela Unesco como reserva da biosfera da Mata Atlântica no país e é tombado pela ONU como patrimônio natural da humanidade.

4.1.10.4 Recepção

A Expedição Piracicaba foi recepcionada em Marliéria, nas dependências do PERD, em evento que contou com a presença do então prefeito Geraldo Magela de Castro, proprietários rurais e convidados. Alunos da rede municipal de ensino fizeram uma apresentação musical baseada no toque de flautas e violão.

“Para nós é uma honra receber a expedição, um projeto muito bom para o Rio Piracicaba e para todos nós”, afirmou Castro.

Quem também recepcionou a Expedição foi o gerente do PERD Vinícius Moreira, que durante entrevista destacou a importância da Expedição para chamar a atenção para a preservação da bacia que impacta diretamente o parque.

4.1.10.5 Risco

O Rio Piracicaba passa pelo Parque Estadual do Rio Doce ao longo de sete quilômetros, faceando os limites da unidade de conservação. Assim, toda a carga de

poluição despejada no curso d'água ao longo da bacia impacta umas das maiores riquezas naturais do país.

Essa correlação mostra a necessidade de ações estruturadas e coordenadas em todas as bacias que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Da mesma forma que os ecossistemas funcionam em ciclos interdependentes, as soluções precisam ser construídas a partir dessa lógica.

4.1.11 Segunda-feira, 3 de junho de 2019 - 9º dia

4.1.11.1 Passando por Jaguaráçu, a “Cidade das Águas”

Figura 4.28 - Em Jaguaráçu o ginásio poliesportivo da cidade foi palco de um grande encontro



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

Em seu nono dia pela manhã, a Expedição Piracicaba passou por Jaguaráçu, onde foi recebida no ginásio da escola estadual. O então prefeito José Júnio, o vice, José Rosa, secretários municipais e demais convidados, além de estudantes, produtores rurais e moradores, estiveram presentes.

Conhecida pela alcunha de “Cidade das Águas”, Jaguaráçu, que em tupi-guarani significa “onça grande”, pode estar perdendo porte quando o assunto são recursos hídricos. Domingos Pereira Lana, de 61 anos, nascido e criado na localidade, afirma que a região passa por uma situação crítica no que se refere à água.

“Quando foi construída a barragem da cachoeira da Jacuba, eu me lembro que demorava 20 minutos no máximo para que o poço transbordasse. Hoje com menos de duas horas ele não transborda”, compara.

Lana direciona o dedo indicador ao Córrego do Onça, afluente do Piracicaba que corta a cidade, e diz que, quando criança, costumava pular da ponte para nadar sem qualquer problema. Hoje, quem o fizer estará condenado, pois o córrego corre bem raso, com partes do leito à mostra.

A engenheira ambiental da prefeitura, Jenifer da Rocha, lembra que a cidade tem 100% do esgoto da sede urbana tratado em uma ETE (cerca de mil moradores), além de contar com uma usina de reciclagem que processa 1,5 tonelada de lixo por dia. “No entanto, temos problemas com nossa mata ciliar, por exemplo, que é quase inexistente”, finaliza.

4.1.11.2 Na “Capital do Inóx” laços com o rio são mais fortes do que a poluição

Figura 4.29 - Em Timóteo, Expedição foi recebida no largo da Igreja São José



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

A Expedição foi recebida em Timóteo em cerimônia organizada pela prefeitura, que contou com autoridades municipais, caso do vice-prefeito Professor Vespa, alunos da rede pública de ensino e moradores, dentre outros. O ponto de encontro foi a Matriz de São José, onde uma feirinha ofertava produtos como verduras, legumes e quitandas oriundos de propriedades rurais da região. Ainda no nono dia, a Expedição se deparou com uma triste e bucólica cena assim que chegou a Timóteo.

Fábio Faioli, de 54 anos, se recostava na cadeira plástica posicionada ao lado de um córrego de esgoto que invadia o Rio Piracicaba sem cerimônia. Em sua mão, a vara

de pescar buscava piaus, lambaris e tilápias que resistem em águas quase mortas. Ao longe, os caiaques da Expedição Piracicaba seguiam rio abaixo, em uma tentativa de despertar a população para uma luta que precisa ser travada urgentemente. A cena, carregada de simbolismo, foi pescada na cidade do Vale do Aço, capital nacional do aço inox, visitada pela caravana também no nono dia de jornada pela bacia hidrográfica de um dos principais afluentes do Rio Doce.

“O rio tem muita sujeira. O esgoto desce aqui do lado, tem dia que o cheiro é bem forte”, relata Fábio, que pesca no Piracicaba toda segunda-feira. Ele conta que a área, localizada no Bairro Cachoeira do Vale, reúne vários pescadores diariamente, o que soa contraditório quando se tem em conta a contaminação que o rio carrega nas proximidades da foz, no Rio Doce. Espanta saber mais ainda que esse pescado é comido. “É só passar na gordura”, receita o morador.

“Eu pesco no Piracicaba há bastante tempo. Aqui já teve peixe bom, mas hoje não tem mais. O rio está piorando, quando cheguei a Timóteo ele era umas três vezes maior. Aquele esgoto que desce ali, há 40 anos, não era esgoto, era um ribeirão cheio de peixe”, relembra Sebastião Coelho de Oliveira, 69 anos, dos quais 66 foram vividos na cidade do Vale do Aço. Tatão, como é conhecido, diz pescar nas águas de um rio doente, por lazer. “Se a gente ficar em casa a gente morre”, teme.

Figura 4.30 - População insiste em pescar mesmo em meio a poluição



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

4.1.11.3 *Balneário perfeito*

Figura 4.31 - Em Timóteo o Rio Piracicaba apresenta uma paisagem cenográfica.



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

A prainha frequentada no Bairro Cachoeira do Vale ilustra como as pessoas buscam opções para escapar do dia a dia. O local tem uma vista linda, com morros altos de pedras aparentes emoldurando a paisagem. Seria um balneário perfeito, mas o homem faz questão de frustrar os planos da natureza. Relatamos situação semelhante em outros pontos da bacia. Um fato que chamou a atenção dos navegadores da expedição, foi a quantidade de lixo, como pneus e garrafas plásticas, às margens do Piracicaba, além do forte odor característico de um rio que está se esvaindo. Eles também relataram um alto número de pescadores no trecho percorrido, que certamente também estão fisingando problemas para a saúde.

4.1.11.4 *Falta Integração*

A então subsecretária de Meio Ambiente de Timóteo, Lucília Guimarães, sinaliza alguns dos principais problemas enfrentados na bacia do Piracicaba: “Ocupações irregulares têm trazido muitos problemas com relação ao assoreamento do rio. Há atividades sem licenciamento ambiental, sem condicionantes e sem processos que minimizem os impactos. Outra questão muito importante é o esgotamento sanitário. Com a nova ETE esperamos uma redução significativa do esgoto lançado no Piracicaba”, afirma.

Questionada sobre as tratativas com os outros municípios sobre o tema, ela diz que essas conversas não ocorrem, porém, “nós esperamos que as outras cidades à montante estejam preocupadas em estabelecer a política de saneamento básico”.

4.1.12 Terça-feira, 4 de junho de 2019 - 10º dia

4.1.12.1 História e conservadores de água marcaram o décimo dia

Figura 4.32 - Associação Ambiental do Amaro Lanari luta pela preservação do Piracicaba



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

No penúltimo dia da expedição, 4 de junho, as equipes passaram por Coronel Fabriciano e Santana do Paraíso, completando 20 cidades visitadas. Os caiaques navegaram por cerca de 20 quilômetros o leito do rio na região. E além da tristeza gerada pela degradação, vale destacar os guerreiros dispostos a levantar a voz pela recuperação do Piracicaba. A caravana deparou-se com muitas cabeças que estão acesas quando o assunto é salvar esse patrimônio.

Gente como José Martins da Silva, presidente da Associação Ambiental do Amaro Lanari, um bairro de Coronel Fabriciano cortado pelo Rio Piracicaba. No trecho há uma boa cobertura de mata ciliar, mas o lixo e o esgoto sufocam o curso d'água. “Se não cuidarmos do Piracicaba ele vai virar um rio morto. Aqui tinha peixe, era água limpa, dava para nadar. Era até perigoso, de tanta água”, relembra José Martins.

Lutadores com esse perfil costumam enfrentar batalhas inglórias. Poucos recursos, muitos desafios. Mas não falta força de vontade. Isso foi visto em uma pracinha do bairro, para onde José Martins conduziu a expedição. Cerca de uma dezena de moradores aguardavam ansiosos a chegada dos veículos empunhando cartazes denunciando os maltratos que o rio sofre, fazendo referência à Semana Mundial do Meio Ambiente e pedindo ajuda. “O principal para que o rio ganhe vida de novo é preciso concluir as obras da estação de tratamento de esgoto”, afirma.

4.1.12.2 Mobilizações em Coronel Fabriciano

Figura 4.33 - Prefeito Marcos Vinícius discursa durante recepção à Expedição



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

Pela manhã, a Expedição Piracicaba foi recebida no prédio da Secretaria Municipal de Turismo, onde dezenas de produtores rurais e moradores prestigiaram a chegada das equipes. Autoridades municipais, caso do prefeito Dr. Marcos Vinícius da Silva Bizarro, dirigiram palavras de apoio à empreitada de conhecer a realidade do rio. “Temos hoje a maior caixa d’água do Leste de Minas, na Serra dos Cocais, e um dos maiores aquíferos da região. Com certeza, se o Rio Piracicaba não receber um olhar diferenciado, se todos não se conscientizarem, teremos problemas nessa reserva, pois ela também depende do rio”, alerta o prefeito.

O evento contou com a apresentação do grupo Tambores de Cocais, manifestação cultural de raízes africanas que dialoga com o congado. José Santana, ou Mestre Santana, que dá ritmo à orquestra de tambores e também preside a associação Água Ribeirão Cocais dos Arrudas (Arca), diz que a água está em perigo. “Cada dia que passa você acha uma nascente morta. E o Rio Piracicaba mudou do bom para o pior. Balsas muito grandes atravessavam o rio. Hoje, se colocar essa tipo de barco no rio, ele vai servir de ponte, pois não navega mais com esse volume de água”, diz Santana.

4.1.12.3 Santana do Paraíso

Figura 4.34 - Produtores rurais comparecem em peso para receber a Expedição



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

A 20ª cidade visitada pela expedição foi Santana do Paraíso, vizinha a Ipatinga. Mais de 100 produtores rurais compareceram ao evento de mobilização preparado para receber as equipes. A cidade abriga uma das pontas da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. O proprietário do terreno que marca o início da bacia, Lívio Alvarenga, conta que quatro nascentes produzem água em seus limites. “Elas estão produzindo, mas tem como melhorar, como no caso do cercamento. Principalmente porque na região considero que a água está escassa. Tem como melhorar a qualidade e a quantidade desse bem”, considera.

A prefeita Luzia Teixeira apontou problemas, caso do lançamento de esgoto sem tratamento nos córregos da região. Está em construção na cidade uma estação de tratamento para os resíduos domésticos que, segundo a prefeita, tratará todo o volume gerado na sede urbana. “A água de Santana do Paraíso é captada no Rio Piracicaba. Eu achei muito lindo o desafio da expedição. Lá no início vocês beberam água limpa e no decorrer do percurso depararam-se com situações que deixaram tristeza. É uma iniciativa muito importante”, avalia Luzia Teixeira.

4.1.13 **Quarta-feira, 5 de junho de 2019 - 11º dia**

4.1.13.1 ***Dia Mundial do Meio Ambiente***

4.1.13.2 ***Expedição Piracicaba chega a foz, em Ipatinga***

Figura 4.35 - Caiaques chegam à Foz do Piracicaba e encontram um rio totalmente assoreado



Crédito: *Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.*

A primeira etapa da Expedição Piracicaba foi encerrada em 5 de junho de 2019, em Ipatinga, no Vale do Aço, data em que é comemorado o Dia Mundial do Meio Ambiente. Os integrantes chegaram à cidade em duas equipes, Terra e Água. Enquanto a primeira participou de uma solenidade de encerramento com autoridades e comunidade local, no Parque Ipanema, a segunda promoveu o ato simbólico de despejar a água cristalina da nascente do Piracicaba na foz, no encontro com o Rio Doce, onde o curso d'água encontra-se bastante poluído.

O objetivo foi chamar a atenção para a degradação do rio provocada pelo homem ao longo dos 241 quilômetros do seu leito. Cerca de dois litros de água foram recolhidos no início da expedição, na nascente do Piracicaba.

Figura 4.36 - Major Porto, Flamínio e Dindão brindam com a água da nascente do Piracicaba




Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

No Parque Ipanema outro ato simbólico foi realizado. No palco da cerimônia, o capitão Átila Porto (hoje Major Porto), da Polícia Militar de Meio Ambiente (PM MAmb), o coordenador da expedição, Geraldo Magela Gonçalves - Dindão, e o presidente do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba (CBH-Piracicaba), Flamínio Guerra, brindaram e beberam a água captada no marco zero do rio, demonstrando que ele oferece água de qualidade.

Figura 4.37 - Foto final da Expedição Piracicaba no Parque Ipanema, Ipatinga, junto a apoiadores



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

CAPÍTULO 5**O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

Mata ciliar rala em meio ao cultivo de eucalipto de um lado e do outro, gado pastando no lugar onde deveria ser Mata Ciliar. Rio Piracicaba próximo a Nova Era. Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Allan Mota - Igam.

5 O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Eliane Maria Vieira (Dra. Engenharia Civil)

André Gonçalves Pereira, Fernanda Paula Bicalho Pio, Júlia de Brito Simião, Luisa Oliveira Duarte, Suelen Crispim Sutil. (Graduandos Engenharia Ambiental 2019)

A identificação dos usos e coberturas presentes em uma bacia hidrográfica é de suma importância no entendimento da qualidade e quantidade da água nesta, visto que tais regiões influenciarão diretamente nos processos hidrológicos e dão subsídios para a definição de ações direcionadas à manutenção e recuperação dos corpos hídricos. Como afirmado por Spörl e Ross (2004), a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território.

Segundo Marcello, Taveira e Crotti (2016) o uso do solo pode ser definido como o tipo de utilização de parcelas de solo para algumas atividades em determinadas áreas, já a ocupação de solo significa a maneira como as edificações humanas ocupam estas áreas.

A atual forma de uso e cobertura do solo tem gerado impactos em diferentes níveis no ambiente natural. O aumento da poluição, a impermeabilização e erosão do solo, a poluição de corpos hídricos por efluentes tóxicos, a devastação e fragmentação de áreas florestadas são exemplos destes impactos danosos ao meio ambiente (SANTOS; SANTOS, 2010).

Segundo também Demarchi (2012), a erosão do solo é o principal fator de degradação das terras agrícolas. Ela é influenciada por fatores climáticos, pela suscetibilidade natural dos solos, características do relevo e intervenção antrópica através do uso, manejo do solo e das práticas conservacionistas.

O mapeamento do uso e cobertura do solo tem sido considerado por muitos autores uma importante ferramenta para um melhor conhecimento dessas rápidas transformações da paisagem, porque permite a obtenção de informações para construção de cenários ambientais e indicadores, que servirão de subsídios práticos a avaliação da capacidade de suporte ambiental, proporcionando assim o direcionamento de práticas conservacionistas aliadas a um conjunto de diferentes estratégias de manejo a serem empregadas, com vista ao desenvolvimento sustentável de determinada região (SANTOS; SANTOS, 2010).

5.1 Metodologia

Para elaboração do trabalho foram utilizadas imagens Landsat 8 disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), bandas 4, 5 e 6 sensor OLI, órbita/ponto, 217/074 e 218/074, sendo respectivamente das datas 02/07/2019 e 22/05/2019, recobrando toda a área da bacia estudada. Essas foram selecionadas levando em consideração a data de obtenção e a qualidade da imagem, no que se diz respeito à presença de nuvens e sombreamento. Para processo de classificação da imagem foi empregada a vetorização manual aliada a segmentação da imagem.

Utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGis® versão 10.3, definido a projeção para Sirgas_2000_UTM_zona_23_S e empregando a ferramenta extrair por máscara, foi realizado o recorte das imagens para todas as bandas, a partir do limite da bacia. Deste modo as bandas foram inseridas no software Spring® versão 5.5.1, para pré-tratamento das imagem e processo de segmentação.

Para uma melhor composição colorida das bandas e conseqüentemente do processo de segmentação, foram realizados alterações no contraste das mesmas. A distribuição do contraste foi alterada de modo a destacar as feições representadas, e posteriormente realizada a composição RGB-654, de modo a otimizar a segmentação realizada pelo software.

A versão do Spring adotada permite que a partir da ferramenta Classificação, utilizando a opção salvar em shape, que se exporte a segmentação gerada em formato shapefile para trabalho em outros softwares. O arquivo criado foi inserido no ArcGis para realização de ajustes nos polígonos e a classificação dos mesmos.

Para o processo de classificação dos polígonos foram adotadas 8 classes identificadas na área de estudo: mata, água, área urbana, solo exposto, afloramento rochoso, áreas agrossilvopastoris, área de mineração e não classificada, esta última se refere a sombreamentos e áreas com presença de nuvens. De modo a obter-se um melhor resultado, foram adquiridas amostras no Google Earth para verificação da classificação, possibilitando sanar dúvidas a partir das imagens de alta resolução espacial disponíveis.

5.2 Resultados e Análises

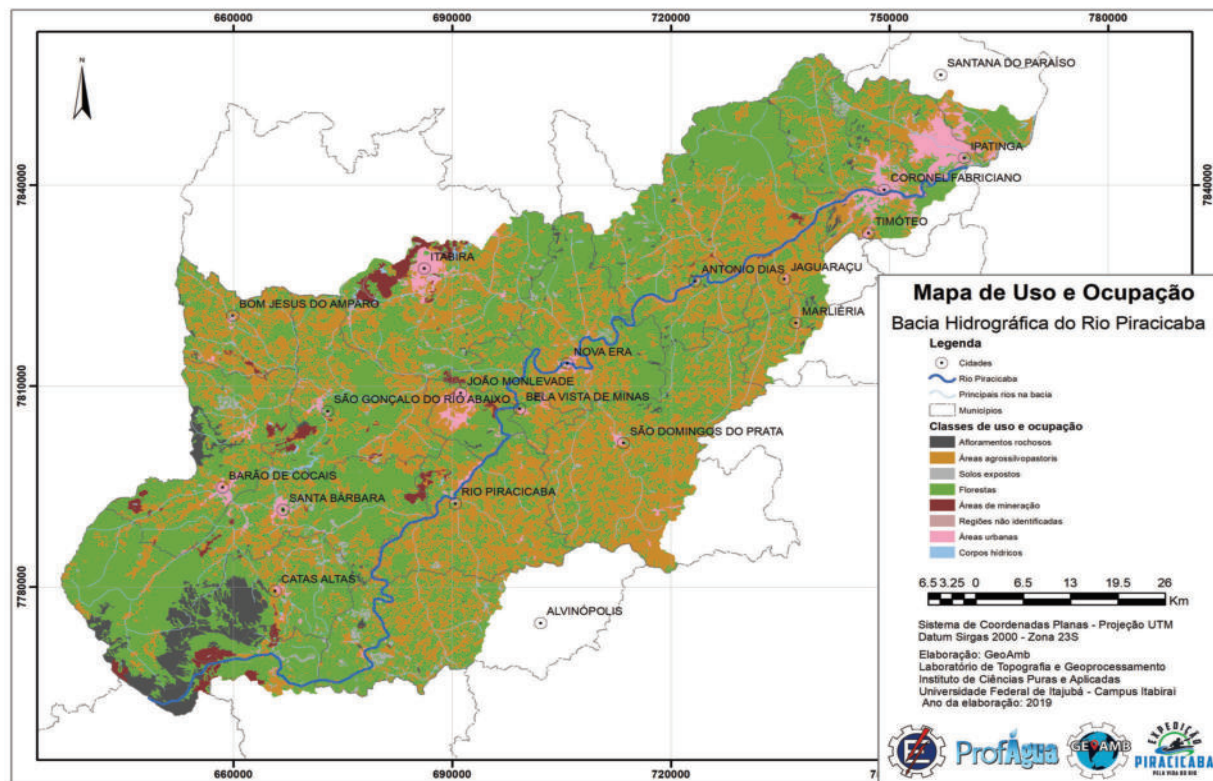
No processo de classificação os polígonos foram classificadas, sendo as áreas de reflorestamento e silvicultura classificadas como mata, englobando também as áreas de matas nativas; áreas que demonstravam diversas fases de regeneração de mata foram classificadas como mata, este agrupamento se deu em função da não possibilidade de

distinção entre estas nas imagens de satélite empregadas; áreas de reflorestamento e silvicultura nas quais não haviam árvores, foram classificadas como solo exposto; áreas agrossilvopastoris que não possuíam vegetação foram classificadas como solo exposto; áreas de barragens que apresentavam resposta espectral semelhantes às áreas de cava devido a grande quantidade de sedimentos foram classificadas como áreas de mineração; áreas de linhas de trem e rodovias que foram observadas na classificação foram classificadas como área urbana. Não se obteve áreas com a classe Não Classificada, formando dessa forma nos mapas somente 7 classes (figura 5.1).

As regiões com a identificação de afloramento rochosos se encontram na região sudoeste da bacia, estando em consonância com o mapa de solos da bacia, contudo a área identificada é apenas a parte que se encontra visível nas imagens, estando portanto, parte deste afloramento coberto por vegetação (mesmo que de pequeno porte) o que faz com que tal área seja subestimada.

As regiões urbanas foram identificadas nas imagens e demonstram que tais ocupam uma parte significativa do território, demonstrando claramente a expansão ocorrida ao longo dos anos, desde a ocupação da bacia, e mostrando de forma explícita os territórios urbanos das maiores cidades: Ipatinga, Coronel Fabriciano, Itabira e João Monlevade.

Figura 5.1 – Uso e ocupação na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba no ano de 2019.



Fonte: GeoAmb (2019).

As áreas classificadas como agrossilvopastoris se estendem por toda a bacia e são em sua grande parte ocupadas por pastagens (plantadas e naturais), havendo uma maior incidência da região sudoeste da bacia. Nestas áreas ocorrem de forma mais intensiva a pecuária, que também não ocorre de forma uniforme na bacia, havendo regiões com esta mais fortalecidas, como será descrito no próximo capítulo.

Também é perceptível as áreas classificadas como mineração, estas áreas se tornam visíveis nas imagens em função do tipo de mineração que é executado na bacia, que em sua grande maioria ocorre por escavação a céu aberto. Nestas áreas se contabilizam tanto as áreas de cava como também a infraestrutura no entorno e as áreas de deposição do resíduo gerado.

Abaixo se encontra a tabela com a quantificação de cada uso e ocupação para o ano de 2019.

Tabela 5.1 – Área obtida através da classificação do uso e cobertura do solo para cada classe em 2019.

Classes de Uso e Área (ha)	Ocupação
Afloramento Rochoso	17.295,8
Água	2.895,5
Agrossilvopastoris	184.342,7
Área Urbana	17.938,1
Mata	329.512,8
Mineração	9.574,7
Solo Exposto	7.135,2

Fonte: GeoAmb (2019).

Percebe-se que a maior parte da bacia é ocupada pela classe mata, tal fato não se deve ao estado de conservação dos remanescentes florestais, mas sim devido à presença de extensas áreas com o cultivo de eucalipto na bacia e também à presença de áreas de proteção permanente.



5.3 Referências bibliográficas

BERTUCINI JUNIOR, J. J.; CENTENO, J. A. S. Detecção em alvos agrícolas e florestais empregando índices de vegetação em uma série multitemporal de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, [s.l.], v. 69, n. 6, p.1009-1018, jun. 2017. Disponível em: [file:///C:/Users/User/Downloads/44306-Texto%20do%20artigo184236-1-10-20180904%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/44306-Texto%20do%20artigo184236-1-10-20180904%20(1).pdf). Acesso em: 16 mar. 2019.

DEMARCHI, J. C. **Geotecnologias aplicadas à estimativa de perdas de solo por erosão hídrica na sub-bacia do Ribeirão das Perobas, Município de Santa Cruz do Rio Pardo-SP**. 2012. xv, 150 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/90559>. Acesso em:

DUARTE, J. L. *et al.* **Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba: Síntese da situação atual dos recursos hídricos e comentários dos instrumentos de gestão disponíveis**. 2001. 64 f. Monografia (Graduação em) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wpcontent/uploads/sites/30/2016/06/Jose_de_Assis_Tavares.pdf. Acesso em: 29 mar. 2019.

GUERRA, C. **EXPEDIÇÃO PIRACICABA 300 ANOS DEPOIS: De Ouro Preto a Ipatinga, revendo a história e pensando o futuro**. [s.l.]: [s.n.], 1999. Disponível em: http://www.claudiobuenoguerra.com.br/expedicao_piracicaba/expedicao_piracicaba.htm. Acesso em: 17 abr. 2019.

IMAGENS Orbitais. *In*: NOÇÕES básicas de cartografia. 8. ed. [s.l.]: [s.n.], [199-?]. p. 60-73. Disponível em: http://rc.unesp.br/igce/planejamento/download/isabel/cartografia_geo_g_isabel/Aula6/nocoos_basicas_cart5.pdf. Acesso em: 03 abr. 2019.

MARCELLO, T.; TAVEIRA, A. do V. A.; CROTTI, P. C. Zoneamento municipal como instrumento regularizador do uso e ocupação do solo: uma análise da legislação municipal de Francisco Beltrão. **Gestão e Desenvolvimento em Pesquisa**, [s.l.], v. 2, n. 1, p. 41-55, 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/13033-55055-1-PB.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2019.

MOLIN, P. G. *et al.* Mapeamento de uso e cobertura do solo da bacia do rio Piracicaba, SP: Anos 1990, 2000 e 2010. **CIRCULAR TÉCNICA IPEF**, São Paulo, n. 207, p. 01-11, fev. 2015. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr207.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

MOREIRA, A. N. H. *et al.* Uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do córrego samambaia por meio de imagens de diferentes sensores orbitais. **AGRARIAN ACADEMY**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.5, n.9, p.444, jul. 2018. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/Agrarian%20Academy/2018a/uso%20e%20cobertura.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2019.

NASCIMENTO, T. V. do.; FERNANDES, L. L. Mapeamento do uso e ocupação de solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 170-178, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/21737>. Acesso em: 24 mar. 2019.

SANTOS, A. L. C.; SANTOS, F. Mapeamento das classes de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Rio Vaza – Barris, Sergipe. **Revista Multidisciplinar da UNIESP: Saber Acadêmico**, São Paulo, n. 10, p. 57-67, 2010. Disponível em: http://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20180403121158.pdf. Acesso em: 24 abr. 2019.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos. **GEOUSP Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 15, 2004. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE

CAPÍTULO 6

ATIVIDADES SOCIOECONÔMICAS



O Rio Piracicaba na cidade de João Monlevade, Centro Industrial, tendo em destaque a Usina de Monlevade da ArcelorMittal – 2018 - Crédito: Tribuna do Piracicaba – A Voz do Rio - Geraldo Magela Gonçalves “Dindão”.

6 ATIVIDADE SOCIOECONÔMICAS

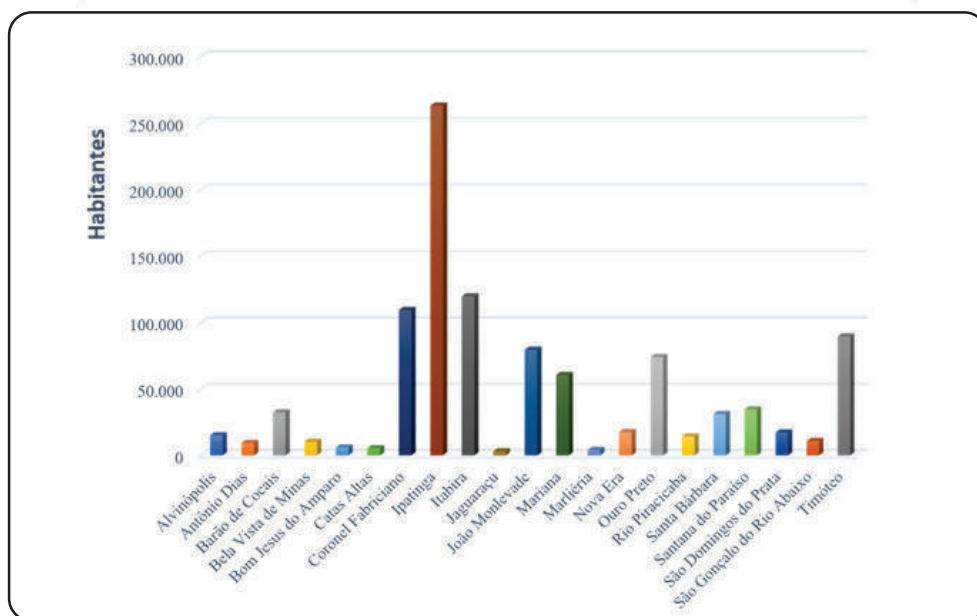
Eliane Maria Vieira (D.Sc. Engenharia Civil)

André Gonçalves Pereira, Fernanda Paula Bicalho Pio, Júlia de Brito Simião, Luisa Oliveira Duarte, Suelen Crispim Sutil. (Graduandos Engenharia Ambiental 2019)

Segundo o IBGE (2014), a população estimada para a bacia é de 984.236 habitantes, sendo que esta se concentra em áreas urbanas, o que indiretamente caracteriza o perfil econômico da região.

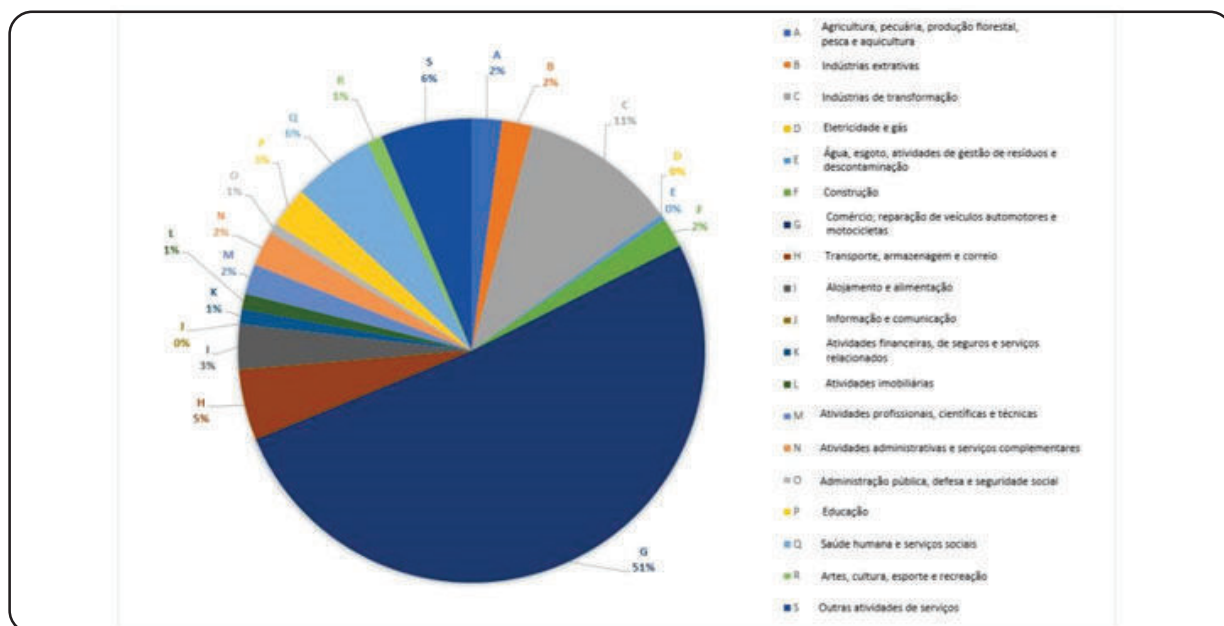
Dentre as cidades mais populosas, se destacam Ipatinga (263.410 habitantes), Itabira (120.060 habitantes) e Coronel Fabriciano (109.855 habitantes), grandes centros de exploração mineral desde o início das atividades de beneficiamento no país, o que consequentemente proporcionou um estimado crescimento populacional para o ano de 2019, como apresentado no gráfico 6.1.

Gráfico 6.1 – População dos municípios que compõem a bacia hidrográfica do Rio Piracicaba.



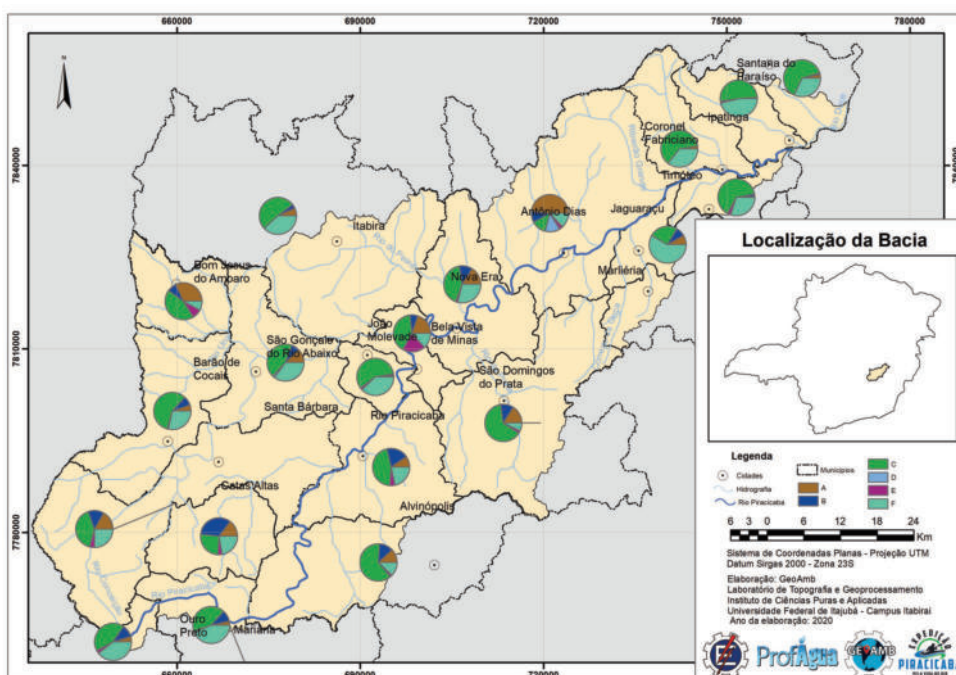
Fonte: IBGE (2019).

As cidades mais populosas da bacia também são as mais industrializadas. Segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE, versão 2.0, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2007), as categorias que obteve o maior número de unidades registradas na bacia foi a G (que abrange Comércio, reparação de veículos automotores e motocicletas), seguida pela categoria C (indústria de transformação), como pode ser observado no gráfico 6.2.

Gráfico 6.2 – Distribuição das categorias da CNAE 2.0 na bacia do Rio Piracicaba em 2018.

Fonte: CNAE (2018).

Há uma variação destas categorias nos municípios que compõem a bacia (figura 6.1), contudo em quase todos prevalece a categoria C, com exceção Catas Altas, Antônio Dias, Jaguará e Marliéria. Seguida pelas categorias A (Agricultura, pecuária, produção florestal pesca e aquicultura) sendo que dentro desta categoria a produção florestal se destaca, e também em destaque a categoria B (indústrias extrativas), nesta se faz presente de forma muito intensa a extração mineral.

Figura 6.1 – Distribuição das unidades do CNAE na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba.

Fonte: GeoAmb (2020).

A distribuição do setor econômico nestas categorias reflete o PIB (Produto Interno Bruto) per capita dos municípios, contudo um PIB alto não necessariamente reflete em um alto IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) no município, como pode ser observado na tabela 6.1.

Tabela 6.1 - PIB e IDHM dos municípios pertencentes à bacia do Rio Piracicaba.

Município	PIB per capita (R\$) [2016]	IDHM [2010]	Ordenamento IDHM
São Gonçalo do Rio Abaixo	179339,36	0,667	21º
Catas Altas	48746,71	0,684	20º
Ouro Preto	39001,79	0,741	7º
Mariana	35859,82	0,742	6º
Ipatinga	32711,16	0,771	1º
Itabira	30167,41	0,756	4º
Timóteo	29862,73	0,77	2º
João Monlevade	29336,66	0,758	3º
Rio Piracicaba	24813,15	0,685	13º
Santa Bárbara	22766,60	0,707	10º
Barão de Cocais	20033,67	0,722	8º
Jaguaraçu	19645,03	0,679	15º
Nova Era	17232,72	0,709	9º
Alvinópolis	17217,97	0,676	16º
Santana do Paraíso	15602,87	0,685	12º
Antônio Dias	14981,84	0,645	19º
Bela Vista de Minas	14826,73	0,674	17º
Coronel Fabriciano	14623,85	0,755	5º
São Domingos do Prata	12786,35	0,69	11º
Bom Jesus do Amparo	12108,16	0,683	14º
Marliéria	9423,30	0,657	18º

Fonte: IBGE (2019)

A maioria das cidades da Bacia é de pequeno porte. No entanto, o Produto Interno Bruto (PIB) dos municípios é significativo. Um exemplo a se destacar é o município de Catas Altas, que apesar de ter 5.376 habitantes, possui um produto interno bruto, de R\$ 48.746,71 (per capita), como é indicado na Tabela 6.1.

Os valores mais elevados do PIB estão, direta ou indiretamente, relacionados à mineração. Estão presentes tanto a extração quanto o beneficiamento do minério na bacia,

visto que nesta está o maior parque siderúrgico da América Latina constituído pelas indústrias Aperam em Timóteo, ArcelorMittal em João Monlevade, a Usiminas em Ipatinga, e ainda pela Gerdau em Barão de Cocais.

O IDH global considera três dimensões, sendo a longevidade, a educação e a renda. O IDH municipal brasileiro considera as mesmas três dimensões. No entanto, trabalha a metodologia global de acordo com o contexto brasileiro e a disponibilidade de indicadores nacionais. O IDHM médio em 2010 para os municípios pertencentes à Bacia foi de aproximadamente 0,707, o que segundo a classificação de Desenvolvimento Humano Municipal do Atlas Brasil (Atlas Brasil, 2013) pertence a faixa de alto desenvolvimento humano.

A bacia do Rio Piracicaba é rica em diversos recursos minerais. Em função disso, comporta uma das maiores reservas do mundo em minério de ferro, ouro, esmeralda, manganês, bauxita, quartzito, dentre outros.

Também foram levantados o PIB dos 21 municípios, relacionado às atividades econômicas levando em consideração a agropecuária, as indústrias, os serviços e demais atividades para o ano de 2017 com o intuito de comparar o desenvolvimento dos municípios (Dados fornecidos pelo IBGE (2017)).

Obs: A coluna de serviços está excluído as atividades de administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social, pois estas foram apresentadas na coluna ao lado.

Figura 6.2 - Vista parcial da Usina de Monlevade tendo abaixo o Rio Piracicaba.



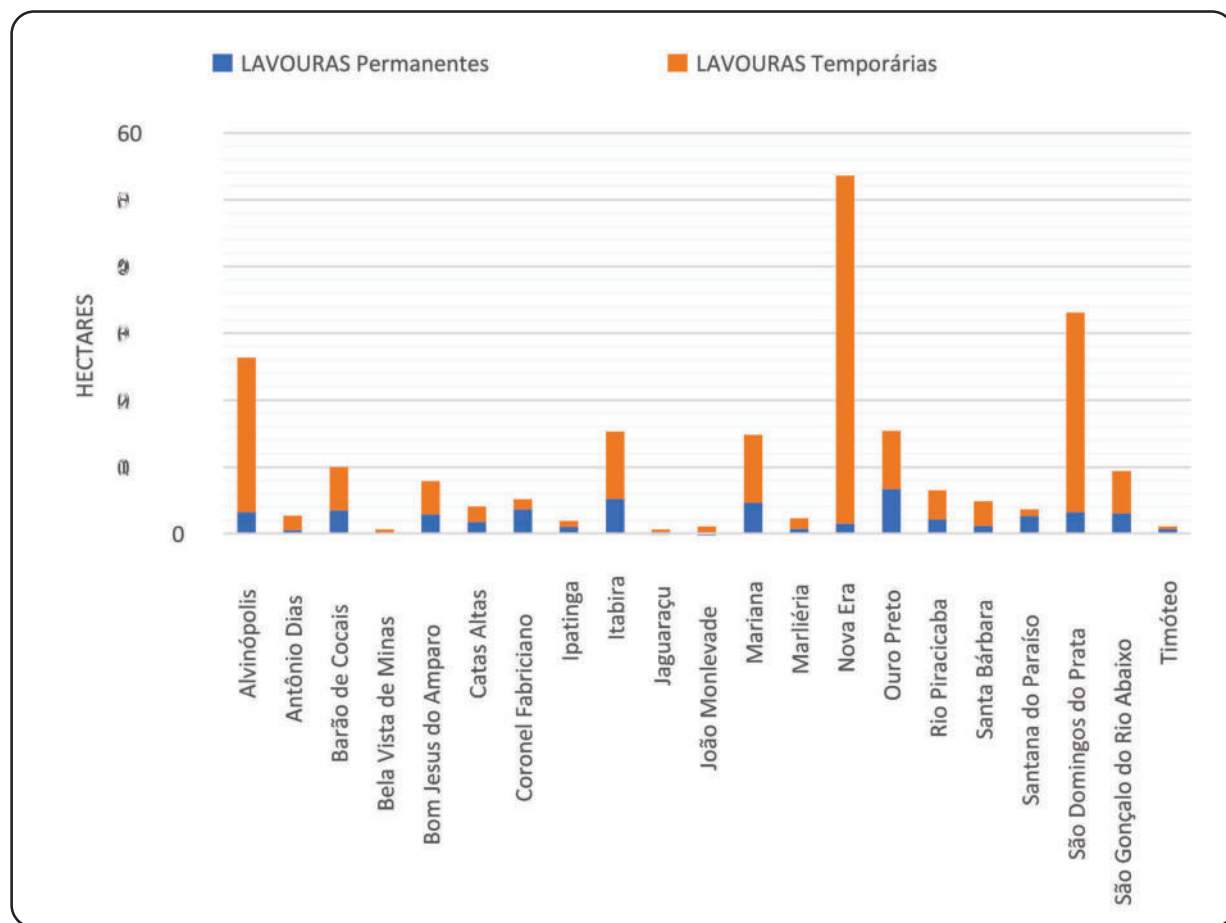
Crédito: Tribuna do Piracicaba- A Voz do Rio, 2018 - Geraldo M. Gonçalves "Dindão".

Tabela 6.2 – PIB dos municípios - Atividade Econômica (x 1000) R\$ em 2017.

Municípios	Agropecuária	Indústria	Serviços	Administração, Defesa, Educação, Saúde Públicas e Seguridade Social
Alvinópolis	20.876,26	67.500,57	89.651,98	60.250,47
Antônio Dias	21.966,46	52.275,99	56.108,67	43.686,93
Barão de Cocais	9.429,86	256.466,25	250.948,25	141.512,88
Bela Vista de Minas	10.811,47	87.388,99	61.704,15	50.358,06
Bom Jesus do Amparo	7.703,98	3.046,13	32.724,36	25.248,79
Catas Altas	7.197,06	427.267,60	135.042,16	33.569,98
Coronel Fabriciano	7.074,80	137.110,34	945.780,88	410.850,58
Ipatinga	943,39	3.497.132,52	3.983.805,76	1.064.435,68
Itabira	15.239,28	2.720.347,86	1.730.389,93	543.107,12
Jaguaraçu	1.830,30	25.093,19	15.904,11	16.684,62
João Monlevade	1.156,68	882.905,48	1.068.382,00	347.886,00
Mariana	9.134,77	1.566.736,47	879.787,96	330.390,56
Marliéria	2.833,47	1.359,36	12.078,55	21.148,35
Nova Era	13.320,52	58.373,36	145.417,25	77.962,60
Ouro Preto	19.403,57	2.718.894,97	1.345.028,99	395.500,31
Rio Piracicaba	18.550,22	279.916,62	135.404,24	64.458,53
Santa Bárbara	14.540,62	297.197,68	272.367,78	134.951,57
Santana do Paraíso	7.831,18	84.165,83	212.536,80	127.480,77
São Domingos do Prata	22.572,05	24.747,74	102.100,88	69.813,91
São Gonçalo do Rio Abaixo	6.326,64	2.275.882,49	676.712,60	116.198,26
Timóteo	871,48	1.176.007,24	976.390,25	363.808,87

Analisando os dados do último censo agropecuário, o qual ocorreu no ano de 2017 foi possível obter a área total utilizada em todos os municípios para lavouras como demonstrado no gráfico abaixo. Percebe-se que a agricultura se dá principalmente por meio de cultivos temporários, sendo em maior escala nos municípios de Nova Era, São Domingos do Prata e Alvinópolis.

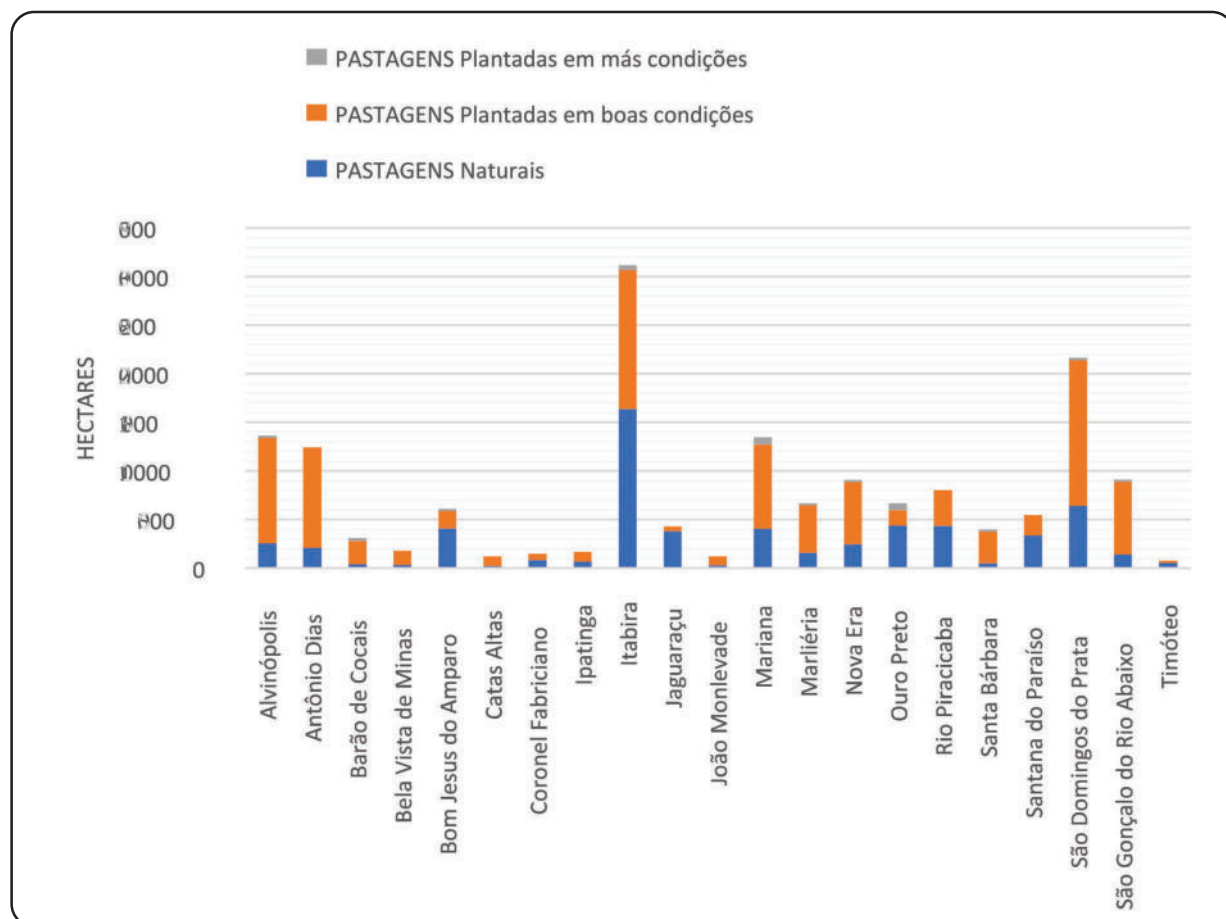
Gráfico 6.3 – Área total de lavouras por municípios.



Fonte: IBGE (2017).

Através do censo agropecuário de 2017 também foi possível quantificar as áreas dos municípios registradas no censo como áreas de pastagens, matas ou florestas e sistemas agroflorestais.



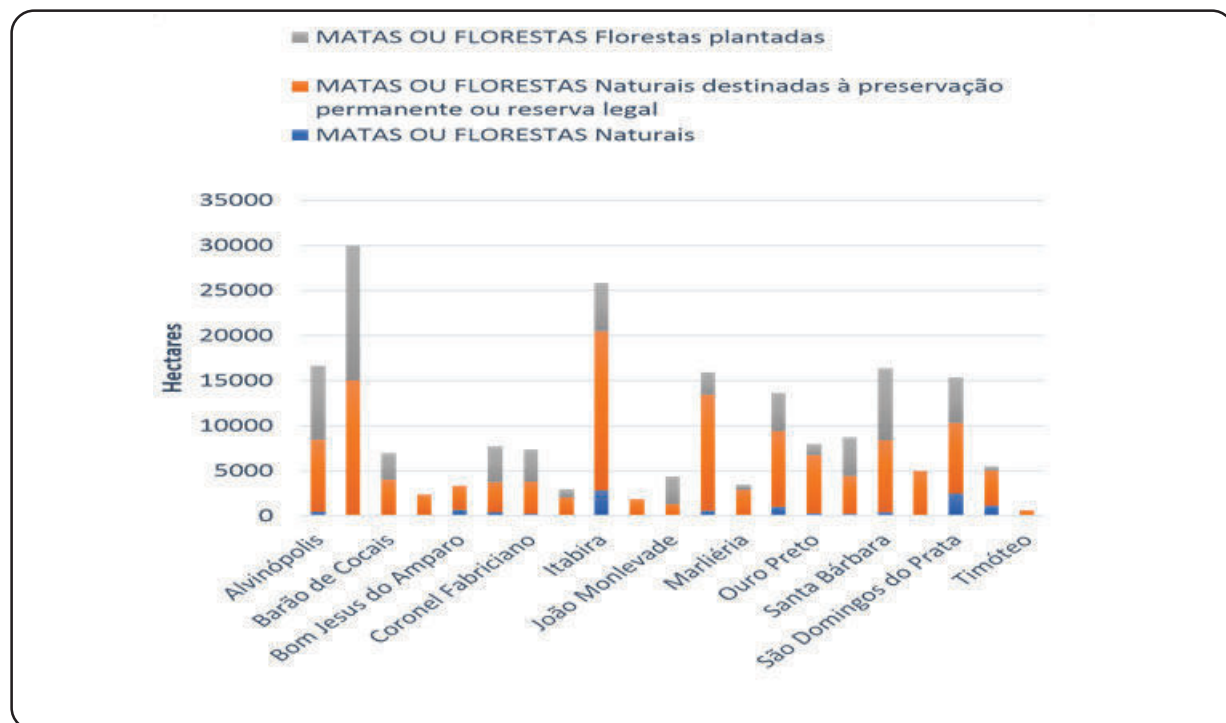
Gráfico 6.4 – Área total de pastagens por municípios.

Fonte: IBGE (2017).

Segundo o gráfico acima as pastagens plantadas em más condições não ocupam uma menor área nos municípios, se comparada às plantadas em boas condições e as naturais, observa-se também que as pastagens naturais são representadas em maior quantidade em cerca de 38% dos municípios estudados. Os municípios de Itabira e São Domingos do Prata são as que possuem maior quantidade de pastagens e Timóteo a menor quantidade.

Nestes municípios a maior parte da área restante (excluindo lavouras e pastagens) é ocupada por matas ou florestas, plantadas ou naturais (estas últimas no censo são também contabilizadas as destinadas à preservação permanente ou reserva legal).



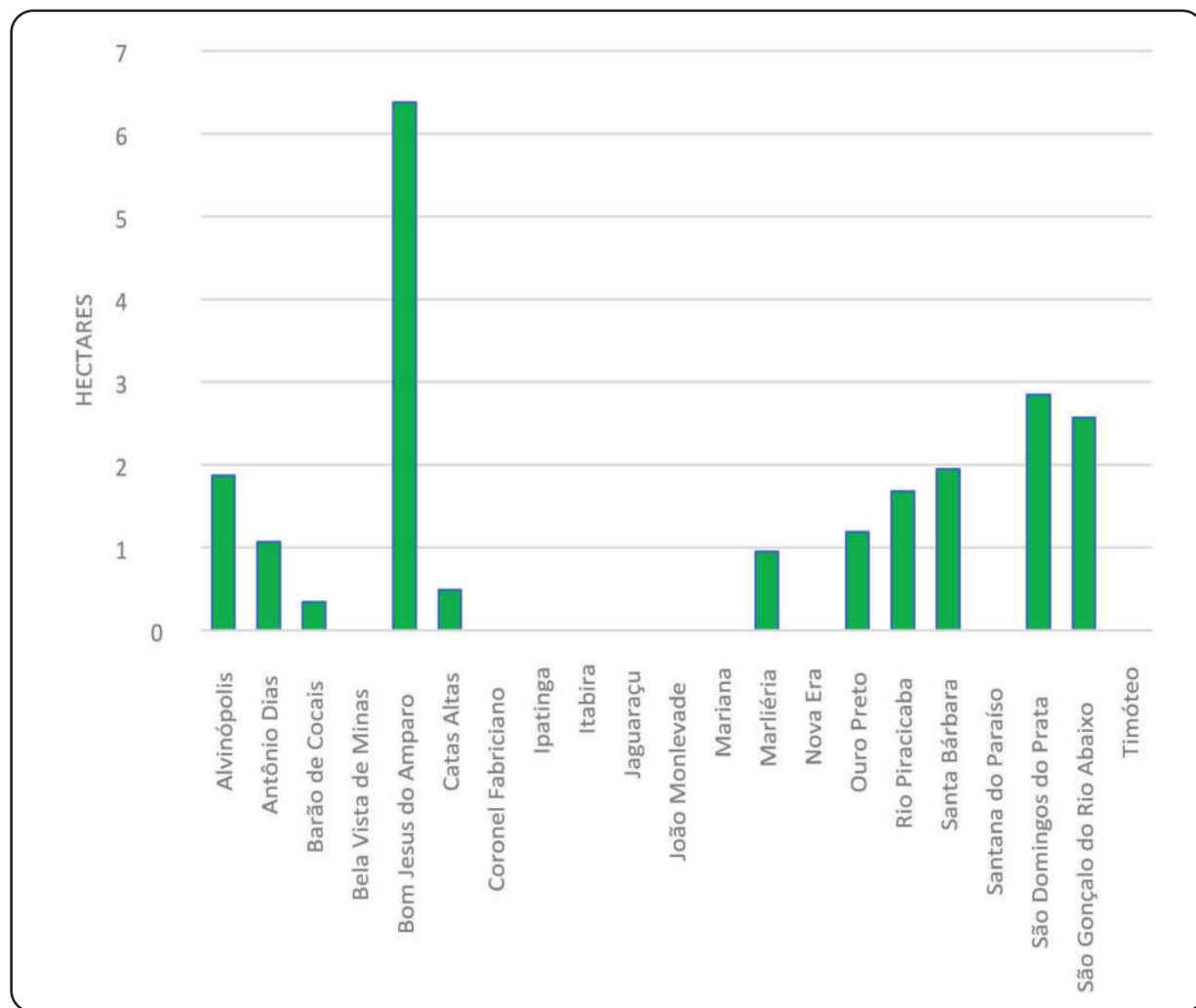
Gráfico 6.5 – Área total de pastagens Florestas e Matas por municípios.

Fonte: IBGE (2017).

De acordo com gráfico acima matas ou florestas naturais se mantem na bacia como áreas destinadas à Preservação Permanente ou Reservas Legais. Tal fato expõe a vulnerabilidade de permanência destas na bacia, pois se mantem vinculada à uma obrigação legal, caso legislações mais flexíveis venham a entrar em vigor tais áreas podem correr o risco de se extinguir, como ocorreu ao longo da ocupação da bacia. Itabira, Mariana e Antônio Dias são os municípios que apresentam a maior área de matas ou florestas naturais destinadas à preservação permanente, tal fato se dá em função da criação de parque e reservas criadas pelo poder público local e pela compensação ambiental das mineradoras.

O gráfico também expõe o avanço das florestas plantadas na bacia, vinculado à demanda local pelo carvão vegetal, em grande parte. O município de Alvinópolis e Antônio Dias são os que possuem maior quantidade de hectares de florestas plantadas.

Embora o histórico da bacia seja o do desmatamento, principalmente nas regiões de Mata Atlântica, vem surgindo alternativas de cultivos agroflorestais que além do valor econômico, promovem também a recuperação de áreas degradadas, como os Sistemas Agroflorestais. No mesmo senso agropecuário (do ano de 2017) tais sistemas também foram levantados e demonstra que alguns municípios da bacia o tem adotado, como pode ser observado no gráfico 6.6.

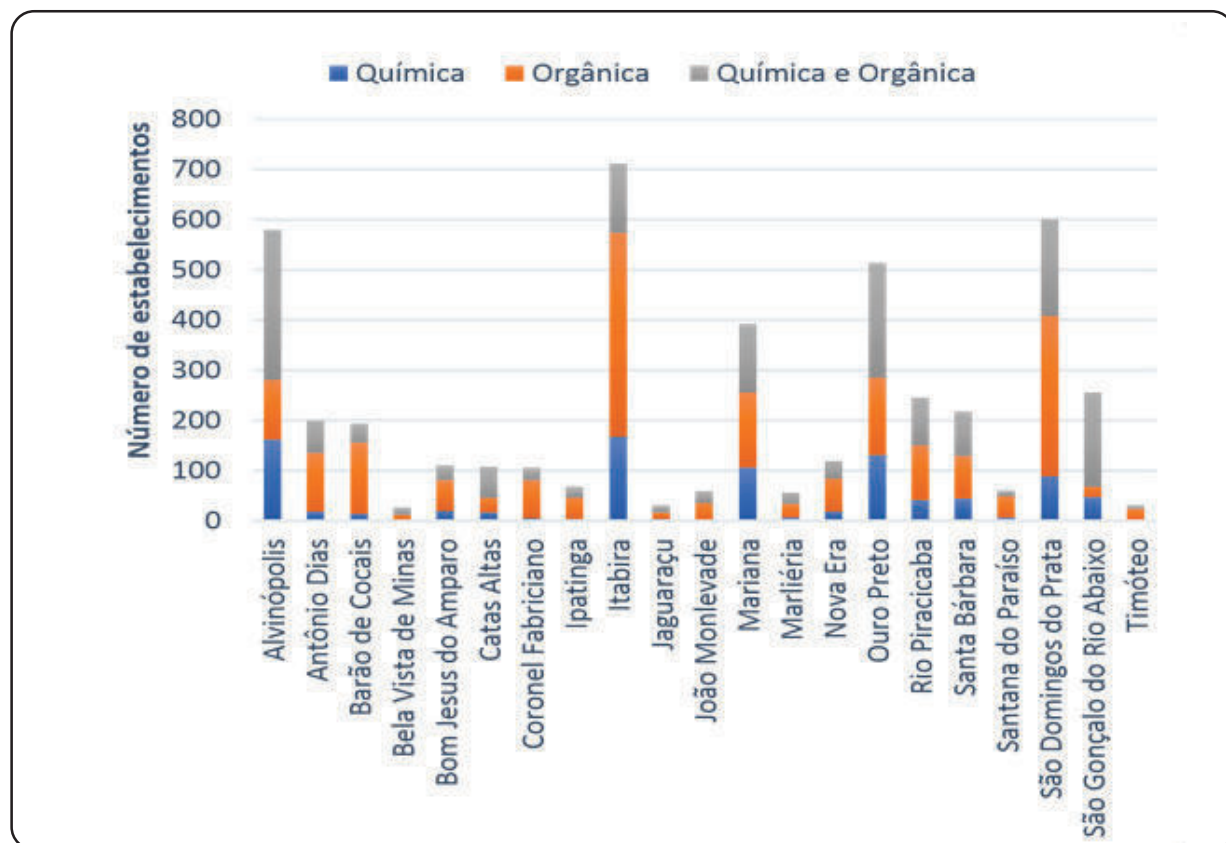
Gráfico 6.6 – Área de Sistemas Agroflorestais por municípios.

Fonte: IBGE (2017).

Como pode ser observado no gráfico acima, nem todos os municípios possuem Sistemas Agroflorestais. O município que se destaca por ter maior quantidade de hectares é o município de Bom Jesus do Amparo seguido pelo município de São Domingos do Prata e São Gonçalo do Rio Abaixo.

Devido à presença de lavouras, Sistemas Agroflorestais, florestas plantadas, pastagens, dentre outros apresentados neste trabalho, e levando em consideração as questões econômicas, o uso de adubos e agrotóxicos têm sido cada vez mais empregado, de maneira a melhorar e aumentar a produção gerando uma rentabilidade maior.

Desta forma foram feitas também relações quanto o uso de adubos e agrotóxicos de acordo com a quantidade de estabelecimentos, utilizando dos dados do censo agropecuário, de forma a observar os municípios que mais os têm utilizados e sua diferenciação quanto aos adubos químicos e orgânicos.

Gráfico 6.7 – Relação de municípios que fizeram adubação x quantidade de estabelecimentos.

Fonte: IBGE (2017).

De acordo com o gráfico acima, os municípios de Itabira e São Domingos do Prata são os que mais possuem estabelecimentos de adubação orgânica. Itabira também se destaca na quantidade de estabelecimentos agropecuários que utilizam adubos químicos e é o município com mais estabelecimentos de adubos no geral.

Referências bibliográficas

ATLAS BRASIL – 2013. IDHM. Disponível em: < <http://www.atlasbrasil.org.br/consulta/planhilha>>. Acesso em: 20 agosto 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) – Estimativas da População - 2019. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=25272&t=resultados>>. Acesso em: 20 agosto 2020.

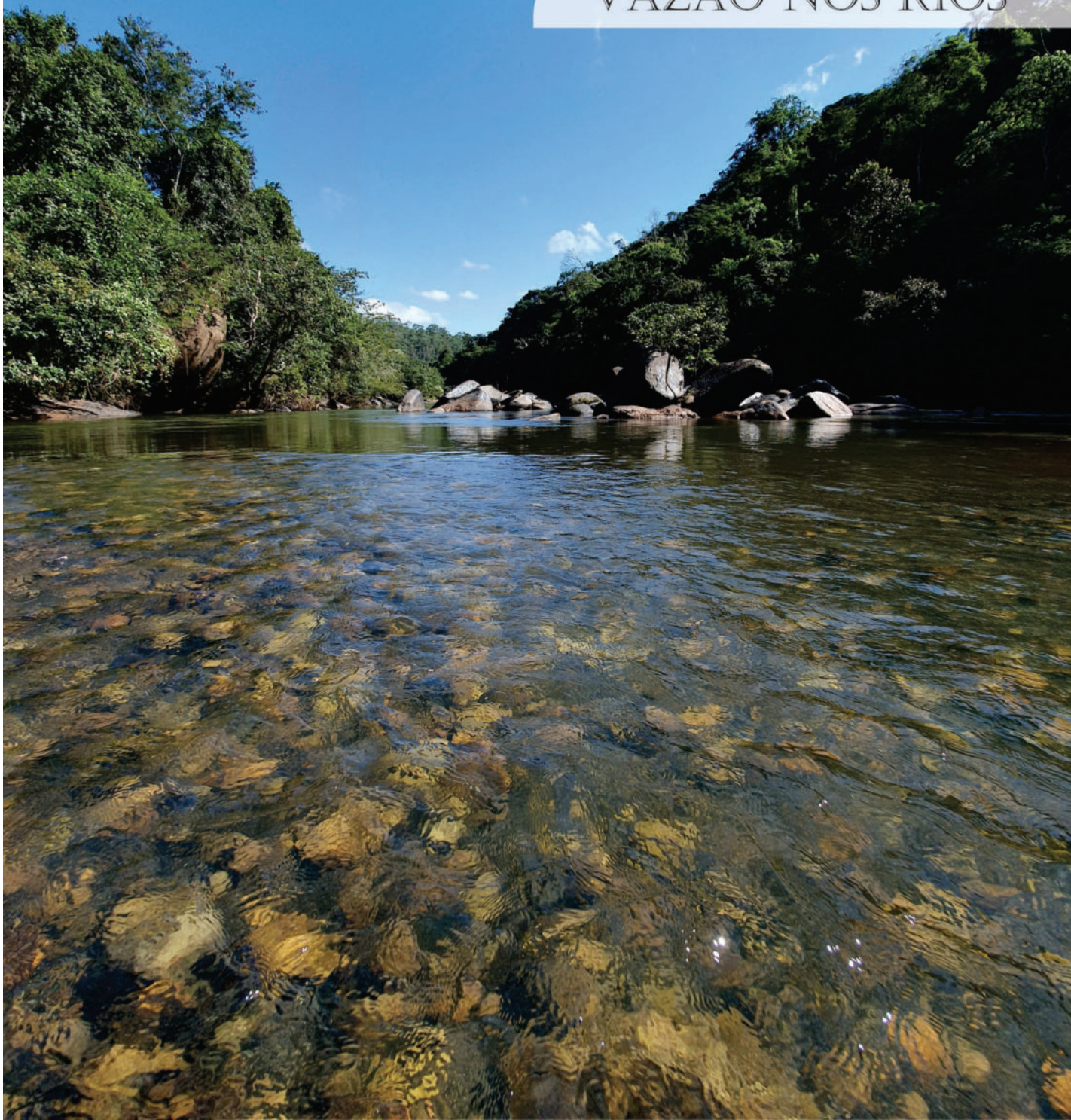
INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) – CNAE - Classificação Nacional de Atividades Econômicas – Versão 2.0 – 2ª edição - 2018. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/metodos-e-classificacoes/classificacoes-e-listas-estatisticas/9078-classificacao-nacional-de-atividades-economicas.html?edicao=9079&t=resultados>>. Acesso em: 20 agosto 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) – ESTATÍSTICA – ECONÔMICAS - 2017. DISPONÍVEL EM: < [HTTPS://WWW.IBGE.GOV.BR/ESTATISTICAS/ECONOMICAS/AGRICULTURA-E-PECUARIA.HTML](https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria.html)>. Acesso em: 20 agosto 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) – PESQUISA NACIONAL POR AMOSTRA DE DOMICÍLIOS - 2014. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html?edicao=9451&t=microdados>>. Acesso em: 20 agosto 2020.

CAPÍTULO 7

VAZÃO NOS RIOS



*Rio Santa Bárbara em Capela Branca, Bela Vista de Minas.
Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Allan Mota - Igam.*

7 VAZÃO NOS RIOS

Roberto Cezar Monte Mor (D.Sc. Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos)

James Lacerda Maia (D.Sc. Ciências da Engenharia Ambiental)

Fernando Neves Lima (D.Sc. Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos)

A água como um recurso natural limitado possui um importante papel no desenvolvimento de uma determinada região. Sob esse aspecto, a medição de vazão é fundamental no levantamento da disponibilidade hídrica, que por sua vez, está associada às demandas de uso da água, como irrigação, abastecimento humano e animal, indústria e controle de cheias.

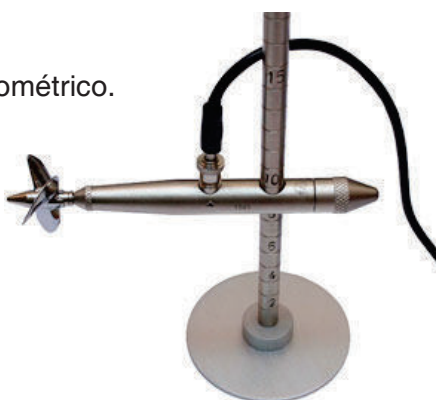
Segundo Almeida Júnior et al. (2010), a maior parte das medições de vazão são indiretas, i.e., medem-se a velocidade média de escoamento e/ou nível e a partir disso tem-se a vazão.

Nesse contexto, destacam-se aqui 2 métodos de medição: o uso dos molinetes (Figuras 7.1 e 7.2), que possuem uma hélice que permite a conversão do número de rotação em velocidade de fluxo e o ADCP (*Acoustic Doppler Current Profile*) que é um instrumento que permite calcular a velocidade de escoamento por meio de verticais utilizando-se de efeito *Doppler* (Figura 7.3), recomendado para profundidades variando entre 0,70 e 75 metros, com maior precisão a partir de 3 metros (CARVALHO, 2008).

Sendo assim, a campanha priorizou um levantamento em que também se permitiu conhecer a seção transversal do trecho do curso d'água estudado (largura, profundidade média), definido como método área velocidade, uma vez que foi empregado o ADCP, como representado na figura 7.4.

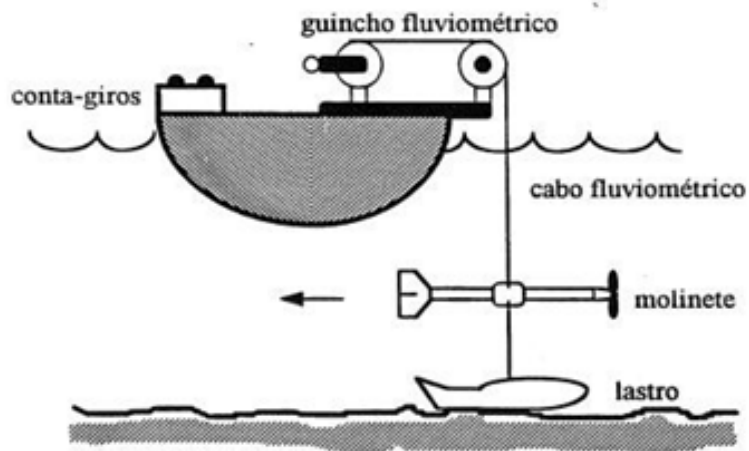
Esse capítulo aborda a metodologia utilizada em campo para a medição de vazões no Rio Piracicaba e alguns de seus afluentes, bem como a escolha dos locais de medição e a discussão dos valores obtidos na expedição.

Figura 7.1 – Molinete hidrométrico.



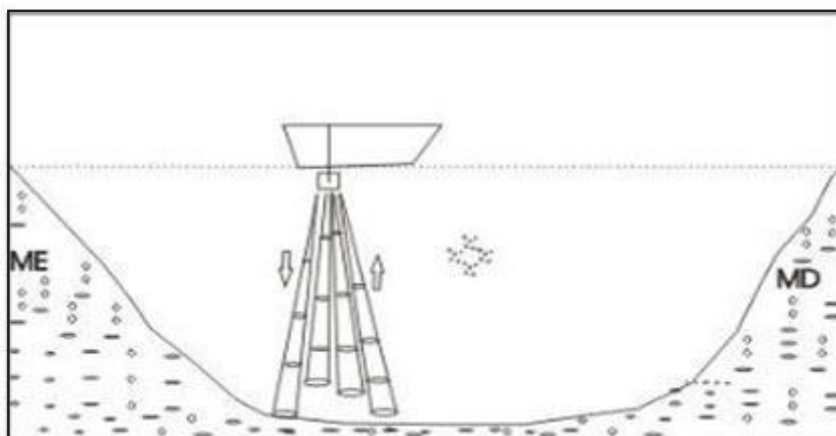
Fonte: Aparelhosmedir (2023).

Figura 7.2 – Esquema de medição feita por molinete.



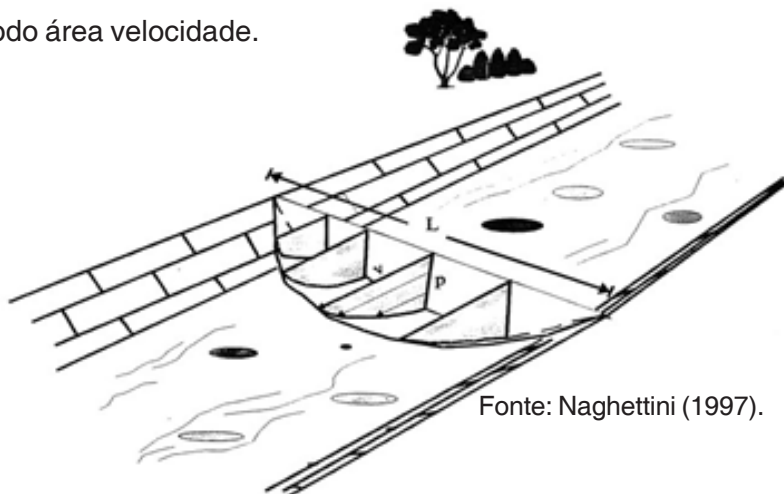
Fonte: Naghettini (1997).

Figura 7.3 – Funcionamento do ADCP com os feixes das verticais. ME = Margem esquerda, MD = Margem direita.



Fonte: Carvalho (2008).

Figura 7.4 – Método área velocidade.



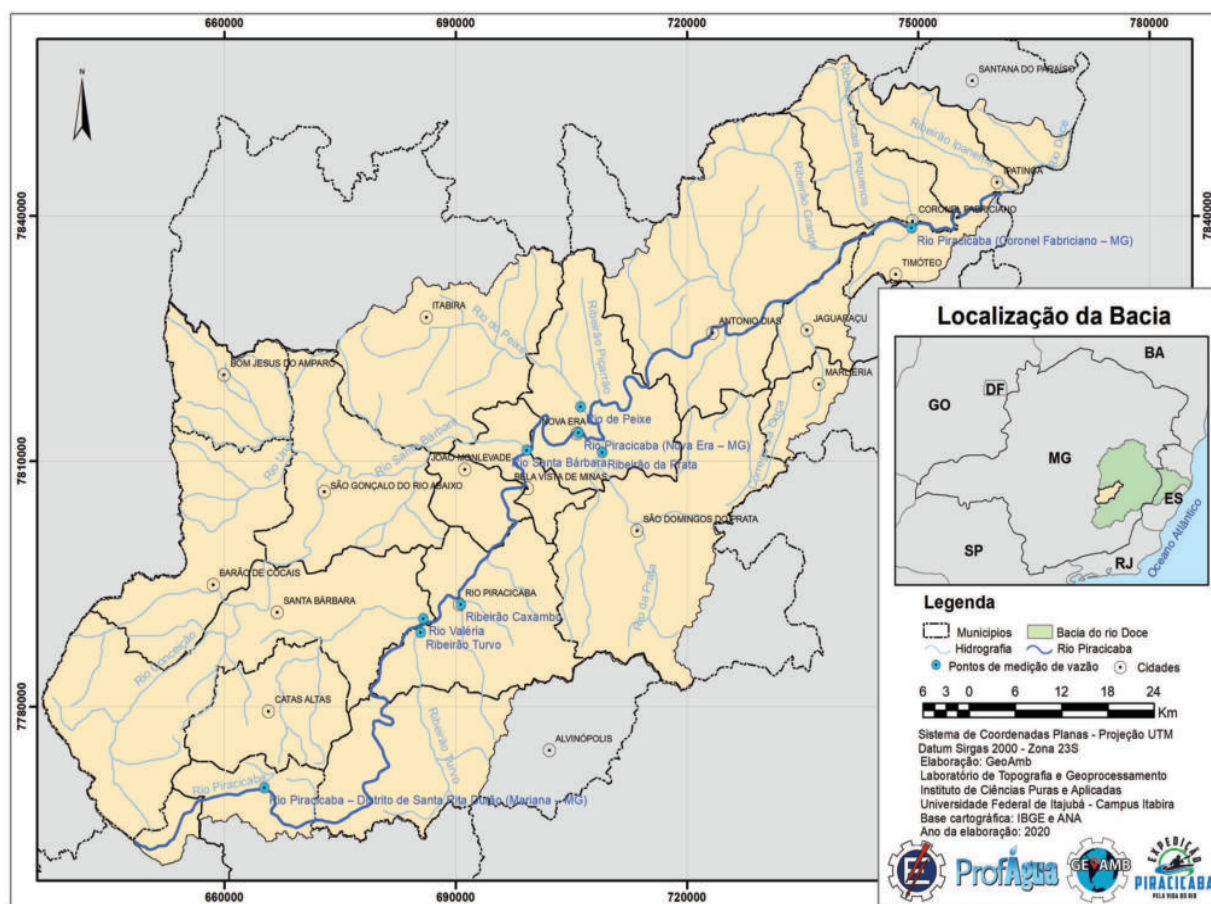
Fonte: Naghettini (1997).

7.1 Metodologia

7.1.1 Determinação dos pontos de medição de vazão.

Para a determinação dos pontos de medições de vazão foram selecionados pontos no próprio Rio Piracicaba e nos principais afluentes (Figura 7.5) totalizando 9 pontos. Na tabela 7.1 estão os pontos de medições e a localização com as coordenadas geográficas. A Figura 7.6 apresenta a seção do Rio Piracicaba localizada em Santa Rita Durão (Distrito de Mariana).

Figura 7.5 – Pontos de medição de vazão.



Fonte: GeoAmb (2020).



Figura 7.6 - Santa Rita Durão.

Fonte: *Google Earth* (2019).

Tabela 7.1 - Coordenadas geográficas dos Pontos de medições.

Ponto de medição	Coordenadas	
Rio Piracicaba – Distrito de Santa Rita Durão (Mariana – MG)	665202 E	7770096 S
Ribeirão Turvo	685478 E	7789084 S
Rio Valéria / Maquiné	685822 E	7790779 S
Ribeirão Caxambu	690657 E	7792494 S
Rio Santa Bárbara	699256 E	7811363 S
Rio Piracicaba (Nova Era)	705976 E	7813463 S
Rio de Peixe	706252 E	7816670 S
Ribeirão da Prata	709028 E	7811080 S
Rio Piracicaba (Coronel Fabriciano)	749162 E	7838492 S

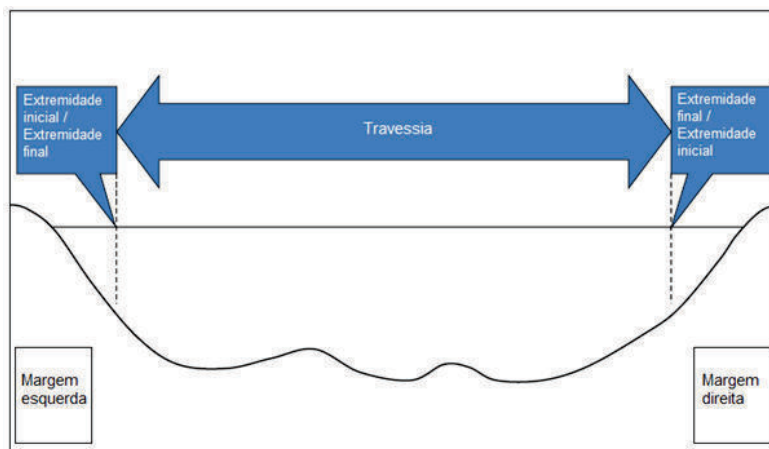
Fonte: *Expedição Piracicaba 2019 - Equipe Unifei Itabira*



7.2 Metodologia para as medições de vazão

Primeiramente foram selecionadas seções transversais (Figura 7.7) adequadas para medição de vazão com acesso facilitado e trecho retilíneo.

Figura 7.7 – Desenho da seção transversal.



Fonte: Adaptado de Sontek Ysi Incorporated (2009).

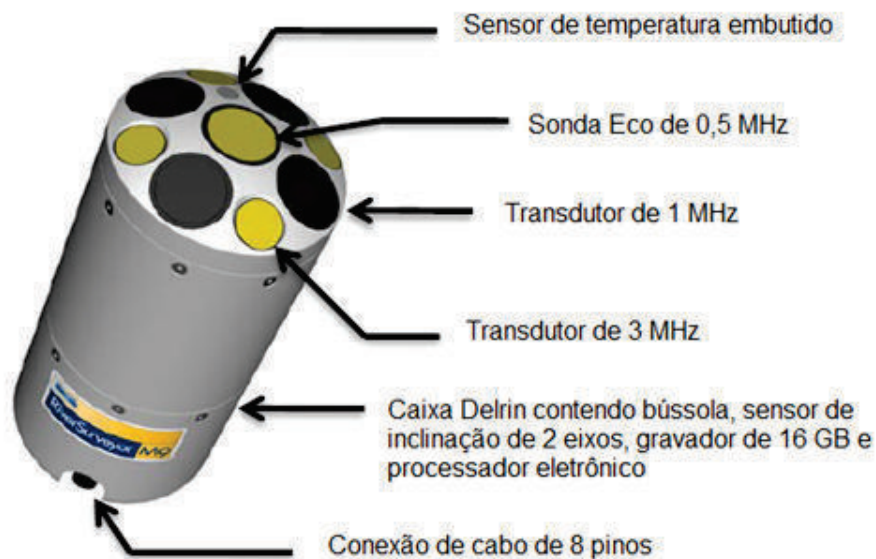
Devido as diferentes características das seções, as medições foram realizadas com auxílio de estruturas como pontes, embarcação e também a vau.

Utilizou-se para as medições o equipamento ADCP representado na Figura 7.8. Esse equipamento utiliza tecnologia já empregada nos ecobatímetros e sonares muito utilizados em oceanografia.

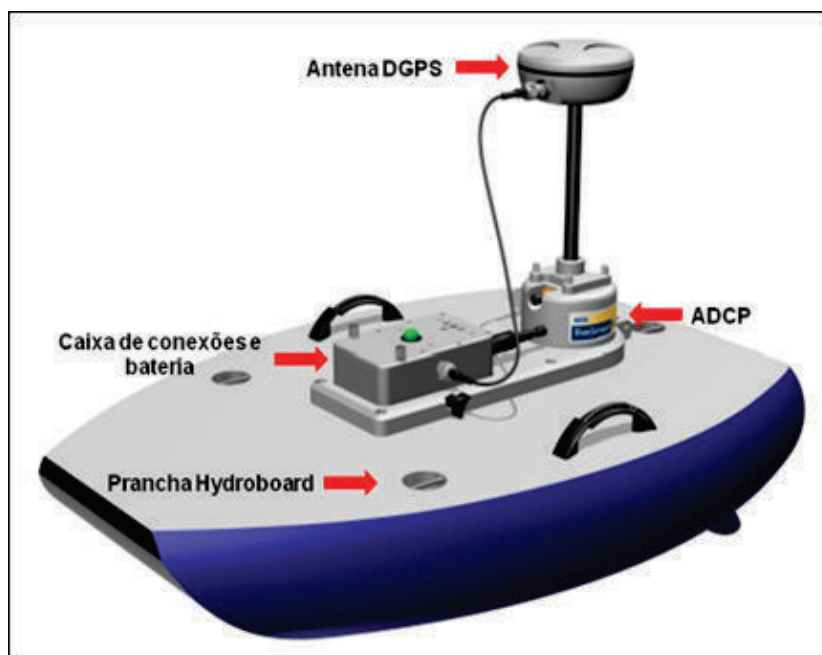
Os medidores de corrente por efeito Doppler, conhecidos como ADCP's e ADP's, se baseiam no princípio de mudança de frequência de uma onda sonora sempre que houver movimento relativo entre a fonte e o observador. Simultaneamente à medição da velocidade do fluxo, esses medidores de corrente realizam a batimetria da seção, processando internamente sua área.

O equipamento transmite ondas sonoras através da água, as partículas transportadas pela corrente de água refletem o som de volta para o aparelho que percebe o eco através de sensores, os sons que retornam das partículas a diferentes profundidades são identificados pelos sensores do ADCP, fazendo com que o equipamento reconheça as diferentes profundidades e velocidades.

Dentre as inúmeras facilidades dos medidores por efeito Doppler, está o fato desses operarem interligados a computadores portáteis, sendo os resultados obtidos instantaneamente, além da possibilidade de conexão com sistemas de GPS (Figura 7.9).

Figura 7.8 - Caracterização do ADCP.

Fonte: Adaptado de Sontek Ysi Incorporated (2009).

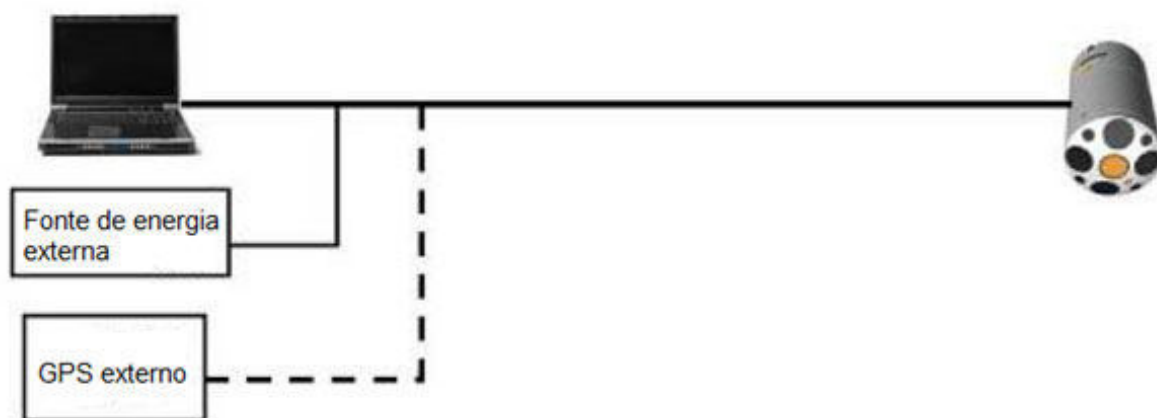
Figura 7.9 - Componentes que integram o ADCP.

Fonte: Adaptado de Sontek Ysi Incorporated (2009).

7.2.1 Procedimentos de campo para medição de vazão com o ADCP

1º passo: O aparelho deve ser acoplado a uma prancha Sontek Hydroboard e conectado ao computador. No caso do equipamento empregado a conexão se deu por meio do cabo (figura 7.10).

Figura 7.10 – Conexão do ADCP com o computador.



Fonte: Adaptado de Sontek Ysi Incorporated (2009).

2º passo: Liga-se o computador e acessa-se o programa *RiverSurveyor Live*, desenvolvido para o ADCP.

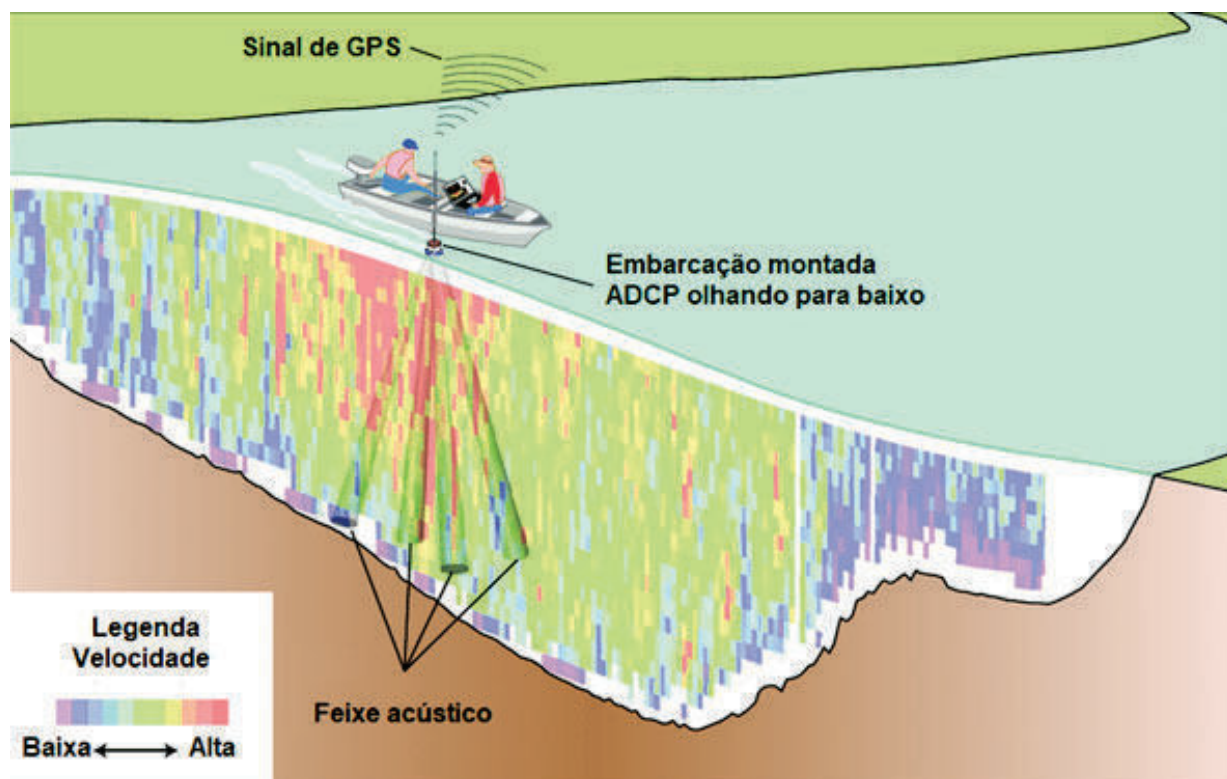
3º passo: Após configurar o sistema, posiciona-se o ADCP em umas das margens e inicia à medição, partindo com o equipamento em direção à outra margem, com uma velocidade baixa (figura 7.12). Durante a travessia, o *RiverSurveyor Live* vai desenhando na tela a seção com a distribuição de velocidade ou de sedimentos em suspensão, dependendo da opção escolhida; e na mesma tela, acompanha-se a distância percorrida, a real e a corrigida pelo programa, a profundidade atingida pelas ondas emitidas por cada sensor e a vazão sendo calculada a cada ponto (Figura 7.12). No final da travessia, tem-se a vazão total.

Figura 7.11 – Rio Conceição em Brumal / Santa Bárbara.



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

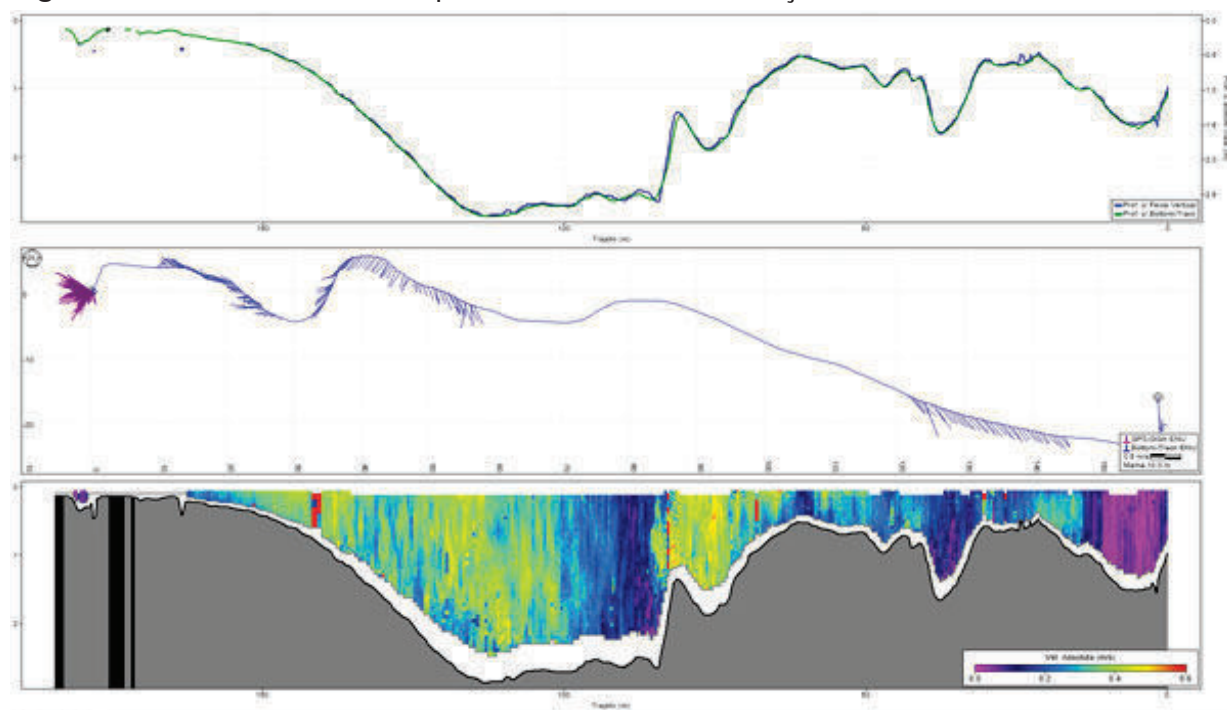
Figura 7.12 – Trajeto desempenhado pela ADCP.



Fonte: Adaptado de Mueller et al. (2013).

Simultaneamente, pode-se acompanhar, em outra tela, o desenho da trajetória do equipamento e o sentido da corrente (Figura 7.13).

Figura 7.13 – Dados fornecidos pela ADCP durante a medição.



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 – Equipe Unifei Itabora

4º passo: Chegando à outra margem, repete-se o procedimento com a 2ª e 3ª travessia, para que se tenha a melhor medição e resultado. No final da medição tem-se um arquivo gerado pelo programa (Tabela 7.2).

Tabela 7.2 – Exemplo de arquivo gerado pelo programa.

Resultados das Medições																		
Nº da trav.	Hora		Temp.	Dist.				Vel. Méd.		Vaz.						%		
	#	Hora		Duração	Trajeto	DMG	Larg.	Área	Emb.	Água	Esq.	Dir.	Superf.	Meio	Fundo		Total	LCTotal
1	14	00:03:43	0:03:33	14.0	17.60	7.60	8.100	4.801	0.083	0.360	0.00	0.00	0.19	1.14	0.39	1.729	--	66.2
			Média	14.0	17.60	7.60	8.100	4.801	0.083	0.360	0.00	0.00	0.19	1.14	0.39	1.729	0.000	66.2
			Desvio Padrão	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.0
			CV	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tempo de Exposição: 0:03:33																		
Nº da trav.20190711083246.rlv;																		

Fonte: Expedição Piracicaba 2019 - Equipe Unifei Itabira

7.3 Resultados

Na Tabela 7.3 apresentam-se os dados de vazão, profundidade e do trajeto obtidos com o uso do ADCP, realizado no mês de junho de 2019.

Tabela 7.3 – Dados obtidos em campo.

Ponto de medição	Vazão	Profundidade	Trajeto
	m ³ /s	m	m
Rio Piracicaba –Santa Rita Durão (Mariana)	0,72	0,26	13,85
Ribeirão Turvo	1,06	0,28	6,03
Rio Valéria / Maquiné	1,50	0,63	15,01
Ribeirão Caxambu	0,92	0,24	8,52
Rio Santa Bárbara	5,79	0,42	33,21
Rio Piracicaba (Nova Era)	15,01	0,76	39,89
Rio de Peixe	1,93	0,50	15,82
Ribeirão da Prata	1,75	0,48	14,85
Rio Piracicaba (Coronel Fabriciano)	22,41	0,58	179,72

Fonte: Expedição Piracicaba 2019 – Equipe Unifei Itabira

Quando analisa a tabela 7.3 nota-se que os cursos d'água afluentes localizados no alto Rio Piracicaba, possuem valores de vazões da ordem de 1,00 m³/s, são rasos e com largura inferior a 10 m, com exceção do Rio Valéria que possui largura de 15 m, bem próximo da largura do Rio Piracicaba no Distrito de Santa Rita Durão.

No médio Rio Piracicaba constata-se que os afluentes apresentam vazões com valores superiores a 1,75 m³/s e que o Rio Santa Bárbara é um dos principais afluentes do Rio Piracicaba, podendo inferir que ele ocasiona um aumento de 62,7% na vazão do curso d'água principal quando observado a vazão na cidade de Nova Era.

Os cursos d'água são rasos e com largura de aproximadamente 15 m, a exceção seria o Rio Santa Bárbara que apresenta uma largura de 33 m, valor bem próximo da largura do Rio Piracicaba na cidade de Nova Era. Na cidade de Nova Era, observa-se que o Rio Piracicaba apresenta a maior profundidade em todo o trecho monitorado.

Quando se analisa a vazão do Rio Piracicaba após a foz do Rio da Prata e do Rio de Peixe no município de Nova Era, pode contabilizar que a vazão no curso d'água de 18,69 m³/s, o que esses afluentes ocasionam um aumento de 24,5% da vazão medida na cidade de Nova Era.

No baixo Rio Piracicaba, embora não tenha sido realizado nenhuma medição de vazão em seus afluentes, pode-se observar que eles contribuem com uma vazão de 3,72 m³/s no trecho, o que corresponde a um aumento de 20% da vazão calculada após a foz do Rio da Prata. Essa pequena contribuição já era de esperar pelo formato da bacia, que apresenta uma pequena área de drenagem, quando comparado com os outros trechos.

Na cidade de Coronel Fabriciano percebe-se que o curso d'água possui uma largura de 180 m, sendo bem superior aos outros trechos. Quanto a profundidade observa-se que ela continua rasa.

No monitoramento realizado observa-se que em todas as seções monitorada na calha principal e nos afluentes, os rios apresentam profundidades pequenas, permitindo que uma pessoa adulta possa atravessá-los a pé sem dificuldades durante o período de seca.

7.4 Referências

APARELHOSMEDIR. Micro Molinete Hidrometrico – Medir. Disponível em: <http://www.aparelhosmedir.com>. Acesso em: 11 jan. 2023.

CASTRO, M. M. **Metodologia aplicada para avaliação de disponibilidade hídrica: Estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Piracicaba – MG.** 2020. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Itajubá, Itabira - MG, 2020.

CARVALHO, T. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 73-85, 2008.

CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME. **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão**. 2010. DO2, 97 p.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidadesat**. IBGE, [online], 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat>. Acesso em: 20 nov. 2019.

ALMEIDA JÚNIOR, A.J.C. ; HERNANDEZ, F.B.T. ; FRANCO, R.A.M. ; ZOCOLER, J.L. . **Medição de velocidade e vazão em cursos d'água: molinete hidrométrico versus método do flutuador**. In: XX CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2010, Uberaba - MG. Anais do XX CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. Brasília - DF: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2010. v. 1. p. 1-6.

LISBOA, L. **Sistema para análise das outorgas de captação de água e diluição de efluentes na bacia do rio Piranga-MG**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.

MUELLER, D. S.; WAGNER, C. R.; REHMEL, M. S.; OBERG, K. A.; e RAINVILLE, F. **Measuring discharge with acoustic Doppler current profilers from a moving boat (version 2)**, US Geological Survey. Techniques and Methods, vol.3, 2013.

NAGHETTINI, M. **Notas de aula: Hidrologia aplicada**. Belo Horizonte: UFMG, 1997. 254 p.

SONTEK YSIINCORPORATED. **Manual do Sistema**. [s.l.]: RiverSurveyor, 2009.


Figura 7.14 – Vista da divisa das Serra do Caraça e Gandarela entre Santa Bárbara e Catas Altas.



Crédito: *Tribuna do Piracicaba- A Voz do Rio, 2018 - Geraldo M. Gonçalves "Dindão".*

CAPÍTULO 8

QUALIDADE DA ÁGUA NOS RIOS



**Rio Conceição, próximo ao seu nascedouro, em Vigário da Vara, Santa Bárbara. Crédito: Tribuna do Piracicaba- A Voz do Rio 2018
Geraldo Magela Gonçalves "Dindão".**

8 QUALIDADE DA ÁGUA NOS RIOS

Eduardo de Aguiar do Couto (D.Sc. Engenharia Civil)

Brenda Teixeira S. Marinho, Caio Luis Moreira de Souza, Cynthia Ynara Gomes, Daiana G. da Fonseca Silva, Emanuely B. P. Nascimento, Geovana M. de Freitas Martins, Giovana Cabral Cazassa, Guilherme Henrique S. Pereira, Igor Gabriel Marcelino Martins, Júlia de Brito Simião, Letícia Chiaradia Cintra, Marina Ana Rosa Silva, Filipe Pires Maimoni, Rayane Cristina F. dos Santos. (Graduandos Engenharia Ambiental 2019)

8.1 Introdução

Nas últimas décadas, ambientes aquáticos têm sido alterados de diferentes formas como consequência negativa de atividades antrópicas. Esses ambientes recebem os efeitos das ações que ocorrem em seu entorno e a verificação de suas características pode fornecer informações importantes para auxiliar na gestão de recursos hídricos. Na discussão sobre escassez hídrica, a ideia de escassez quantitativa fica evidenciada. No entanto, é importante salientar a importância da escassez qualitativa para a gestão de recursos hídricos de forma integrada, com vistas à promoção da qualidade de vida da população.

A qualidade da água é um conceito relativo que depende diretamente do uso que se pretende fazer deste recurso. Nesse contexto, o monitoramento da qualidade da água serve como instrumento para levantamento de base de dados que pode subsidiar a tomada de decisões relacionadas a gestão das águas. Sem esses dados, corre-se o risco de se gerenciar algo que não se conhece. Esse levantamento deve ocorrer ao longo do tempo, permitindo acompanhar a tendência de evolução ao longo de um determinado período. Desta forma, é possível identificar comportamentos relacionados a variações sazonais e determinar mudanças devido a atividades antrópicas.

De acordo com o Atlas de esgoto da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2017), apenas 33,14% da população da bacia hidrográfica do Piracicaba possui coleta e tratamento de esgoto doméstico. Esse fato, somado ao contexto da presença de grandes indústrias, evidencia a importância do monitoramento da qualidade da água na bacia. O trabalho descrito na sequência consiste em uma avaliação pontual da qualidade da água em diferentes locais da bacia, no Rio Piracicaba e em alguns de seus afluentes.

8.2 Metodologia

Foram analisados 28 pontos de água superficial ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, desde a nascente, no município de Ouro Preto até a foz, no Rio Doce, na cidade de Ipatinga.

A definição dos pontos foi realizada, em princípio, por comparação com os pontos amostrados na Expedição Piracicaba de 1.999. Na edição anterior, estavam disponíveis as informações a respeito do curso d'água e da cidade (ou distrito). Na tabela 1 são apresentadas as informações dos pontos monitorados nessa edição da Expedição.

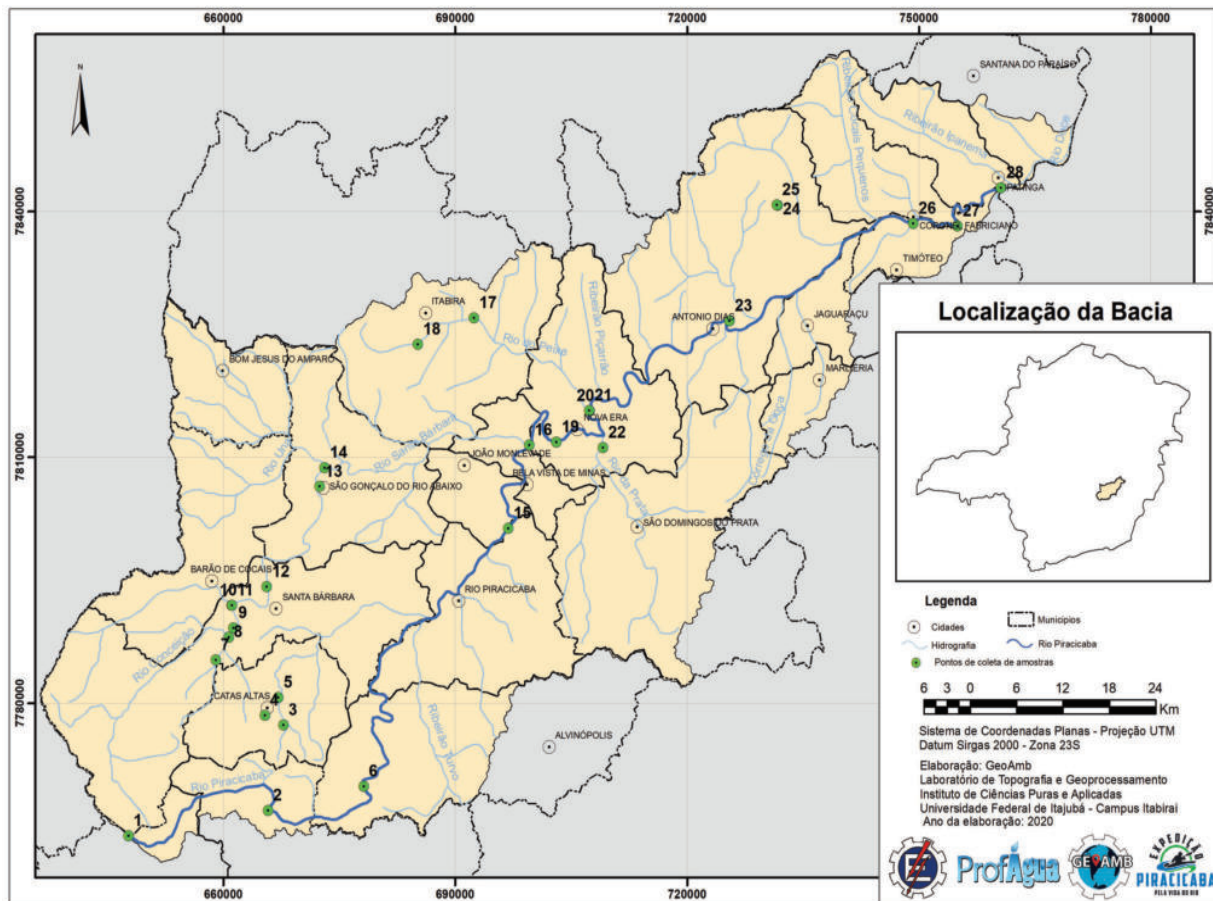
Tabela 1 – Pontos de coleta na Expedição Piracicaba - 2019

PONTO	COORDENADAS		CORPO HÍDRICO	LOCALIDADE
1	647789 E	7763847 S	Nascente	Ouro Preto
2	665836 E	7766936 S	Rio Piracicaba	Santa Rita Durão (Mariana)
3	667838 E	7777364 S	Ribeirão Coqueiro	Morro D'Água Quente (Catas Altas)
4	665411 E	7778511S	Rio Maquiné	Catas Altas
5	667165 E	7780698 S	Rio Maquiné	Catas Altas
6	678217 E	7769845 S	Rio Piracicaba	Fonseca/Alvinópolis
7	659059 E	7785257 S	Rio Caraça	Sumidouro
8	660740 E	7788063 S	Rio Caraça	Sumidouro
9	661353 E	7789177 S	Rio Conceição	Brumal
10	661110 E	7791955 S	Rio São João	Barra Feliz
11	661141 E	7791932 S	Rio Santa Bárbara	Barra Feliz
12	665657 E	7794232 S	Rio Santa Bárbara	Santa Bárbara
13	672509 E	7806475 S	Rio Santa Bárbara	São Gonçalo do Rio Abaixo
14	673140 E	7808711 S	Rio Santa Bárbara	São Gonçalo do Rio Abaixo
15	696904 E	7801311 S	Rio Piracicaba	Rio Piracicaba
16	699606 E	7811482 S	Rio Piracicaba	Bela Vista de Minas
17	692429 E	7826984 S	Rio do Peixe	Itabira
18	685194 E	7823756 S	Rio do Peixe	Itabira
19	703117 E	7811840 S	Rio Piracicaba	Nova Era
20	707410 E	7815642 S	Rio Piracicaba	Nova Era
21	707374 E	7815704 S	Rio do Peixe	Nova Era
22	709116 E	7811179 S	Rio do Prata	Nova Era
23	725494 E	7826640 S	Rio Piracicaba	Antônio Dias
24	731695 E	7840717 S	Lagoa do Teobaldo	Antônio Dias
25	731613 E	7840764 S	Lagoa do Teobaldo	Antônio Dias
26	749281 E	7838495 S	Rio Piracicaba	Timóteo
27	754974 E	7838203 S	Rio Piracicaba	Coronel Fabriciano
28	760611 E	7842869 S	Rio Piracicaba	Ipatinga

Fonte: Expedição Piracicaba – 2019 – Equipe Unifei Itabira

Na **Figura 8.1** são apresentadas as localizações dos pontos de coleta na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.

Figura 8.1 – Locais de coleta na Expedição Piracicaba.



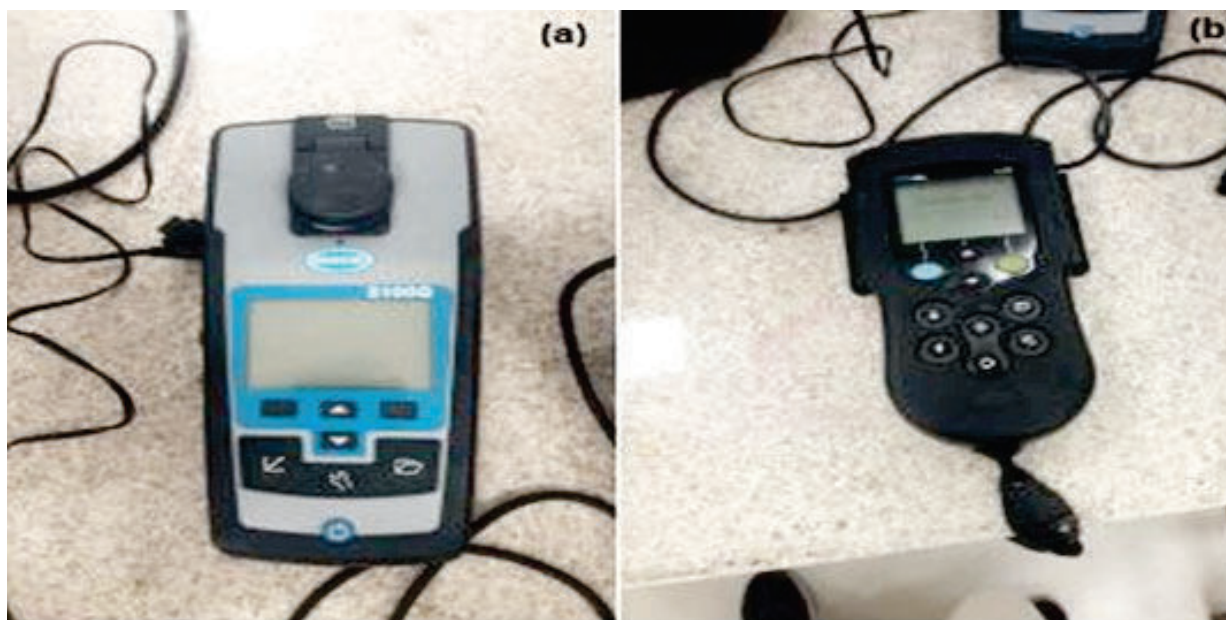
Fonte: Geoamb 2019.

A logística empregada na campanha de amostragem foi desenvolvida considerando-se o grande volume de amostras a ser coletado e o transporte das mesmas para os laboratórios onde as análises foram realizadas.

Foram realizadas coletas para análises de diversas variáveis físicas, químicas e biológicas. As amostras foram coletadas de forma simples.

As variáveis pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e turbidez foram realizadas em campo. A turbidez foi mensurada por turbidímetro da marca Hach, modelo 2100Q. As demais variáveis foram medidas pela sonda multiparamétrica da marca Hach, modelo HQ40d (*Luminescent Dissolved Oxygen* para oxigênio dissolvido). Nas figuras 8.2 e 8.3 são ilustrados os equipamentos e as análises realizadas em campo.

Figura 8.2 – Turbidímetro (a) e sonda multiparamétrica (b) utilizados nas análises de campo.



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.3 – Análises realizadas em campo. Ribeirão Coqueiro Morro D'Água Quente – Catas Altas.



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

As variáveis realizadas em laboratório foram as seguintes: sólidos totais, nitrogênio total Kjeldahl (NTK), nitrogênio amoniacal ($N-NH_4^+$), nitrato ($N-NO_3^-$), fósforo total, *Escherichia coli* (*E. coli*) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

As análises, com exceção da DBO, foram realizadas nos laboratórios de Saneamento Ambiental e Microbiologia da Universidade Federal de Itajubá, campus Itabira, sempre seguindo o disposto no *Standard Methods of Examination of Water and*

Wastewater (APHA, 2012). As análises de DBO foram realizadas no laboratório do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Itabira, também de acordo com APHA (2012).

As coletas foram realizadas em recipientes devidamente higienizados e submetidos aos procedimentos necessários para a preservação das amostras. Para cada ponto de coleta foram utilizados três frascos, sendo um de 5 litros, um de 500 mL e um de 250 mL para as análises microbiológicas.

Logo após a coleta, as amostras foram devidamente refrigeradas, até a chegada ao laboratório, como é mostrado na figura 8.4.

Figura 8.4 – Gelo cobrindo as amostras devidamente armazenadas para transporte.



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Os resultados obtidos foram utilizados na construção do Índice de Qualidade das Águas (IQA) para cada um dos pontos analisados. O objetivo primordial da construção do IQA é simplificar o entendimento pelo público do estado do corpo d'água. O IQA consiste na combinação de variáveis de qualidade da água medidas por intermédio de formulação matemática.

O IQA incorpora nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público. As variáveis são: coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, sólidos totais e oxigênio dissolvido.

Salienta-se que *Escherichia coli* (*E.coli*) foi analisada no lugar de coliformes termotolerantes. O referido microrganismo é um indicador mais preciso de contaminação fecal, já que habita, quase exclusivamente o trato intestinal de animais de sangue quente. A metodologia utilizada prevê a utilização de *E.coli* a partir de uma relação de 80 *E.coli* para cada 100 coliformes termotolerantes (Cetesb, 2020).

Assim, o IQA é calculado pelo produtório ponderado dos coeficientes referentes às variáveis de qualidade da água citadas. Apresenta-se na Equação 1 a fórmula de cálculo:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \text{ - Equação 1}$$

Em que: q_i – qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida; w_i – peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

No cálculo do índice, cada variável recebe um peso de acordo com sua importância da mesma, sendo que as mais importantes recebem maior ponderação. Esses pesos são distribuídos de tal forma que a soma de todos seja igual a 1,0.

Ainda no cálculo do IQA, considerando-se as diferentes unidades e ordem de grandeza que as variáveis apresentam, utiliza-se de curvas padrão para atribuir uma qualidade à variável mensurada. Essa qualidade é representada por um coeficiente que varia de 1 a 100.

A partir da Equação 1, é encontrado um valor que será enquadrado numa das cinco classes conforme a qualidade, segundo a classificação utilizada pelo IGAM, apresentada no Quadro 8.1.

Quadro 8.1 – Classes estabelecidas para o IQA.

Classificação	Intervalo
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Boa	$70 < IQA \leq 90$
Média	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Péssima	$IQA \leq 25$

Fonte: IGAM (2020)

8.3 Resultados

A qualidade da água é um conceito relativo, dependente da adequação das variáveis físicas, químicas e biológicas aos usos a que se pretende destiná-la. A preocupação com a conservação dos recursos hídricos já não é prioridade apenas em regiões áridas. A segurança hídrica é tema importante em todas as regiões do planeta, tanto pela necessidade de abastecimento humano, agricultura e indústria, quanto pelos efluentes gerados pelas atividades antrópicas.

As coletas foram realizadas desde a nascente do Rio Piracicaba até a sua foz no Rio Doce, no município de Ipatinga. Nas Figuras de 8.3 a 8.36 são apresentadas as coletas e análises em cada um dos 28 pontos.

Figura 8.5 – Coleta na nascente do Rio Piracicaba – Ouro Preto (**Ponto 1**).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Sérgio Henrique

Figura 8.6 – Coleta no Piracicaba em Santa Rita Durão, Mariana. (Ponto 2).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.7 – Análise de campo no Córrego do Coqueiro em Morro D'Água Quente – Catas Altas (Ponto 3).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.8 – Coleta no Rio Maquiné, a montante de Catas Altas (**Ponto 4**).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.9 – Coleta no Rio Maquiné, à jusante de Catas Altas (**Ponto 5**).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.10 – Coleta no Rio Piracicaba, em Fonseca (Alvinópolis) (Ponto 6).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.11 – Coleta no Rio Caraça, à montante de Sumidouro (Ponto 7) - Próximo a entrada da RPPN do Caraça.



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.12 – Análise em campo das amostras coletadas no Rio Caraça (Santa Bárbara).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.13/14 – Coleta no Rio Caraça, à jusante de Sumidouro.(Santa Bárbara). **(Ponto 8)**.



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.15 – Coleta do Rio Conceição, em Brumal (Santa Bárbara). (Ponto 9).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.16– Análise das amostras coletadas no Rio Conceição em Brumal (Santa Bárbara)



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.17– Coleta no Rio São João, em Barra Feliz Santa Bárbara). (Ponto 10).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.18– Coleta no Rio Santa Bárbara, em Barra Feliz (Santa Bárbara) (Ponto 11).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.19– Coleta no Rio Santa Bárbara, à justamente de Santa Bárbara (Ponto 12).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.20– Análises em campo das amostras



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.21– Coleta no Rio Santa Bárbara, à montante de São Gonçalo do Rio Abaixo (Ponto 13).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.22– Coleta no Rio Santa Bárbara, à jusante de São Gonçalo do Rio Abaixo (Ponto 14).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.23– Coleta no Rio Piracicaba, à jusante do Município de Rio Piracicaba (**Ponto 15**).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.24– Coleta no Rio Piracicaba, à jusante do município de Bela Vista de Minas (**Ponto 16**).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.25– Coleta no Rio de Peixe, após a barragem Conceição, Itabira. (Ponto 17).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.26– Coleta no Rio de Peixe, à jusante da ETE *Laboureaux*, em Itabira (Ponto 18).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.27– Coleta no Rio Piracicaba, à montante do município de Nova Era (**Ponto 19**).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.28– Análises em campo das amostras coletadas no Rio Piracicaba à jusante do município de Nova Era (**Ponto 20**).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.29– Coleta no Rio de Peixe, no município de Nova Era (**Ponto 21**).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.30– Coleta no Rio do Prata, no município de Nova Era (**Ponto 22**).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Sérgio Henrique.

Figura 8.31– Coleta no Rio Piracicaba no município de Antônio Dias (**Ponto 23**).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.32– Coleta na Lagoa do Teobaldo (**Ponto 24**).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.33– Coleta na saída da Lagoa do Teobaldo, Antônio Dias. (Ponto 25).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.34– Coleta no Rio Piracicaba no município de Timóteo (Ponto 26).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figura 8.35– Ponto de coleta no Rio Piracicaba em Coronel Fabriciano (**Ponto 27**).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabira.

Figuras 8.36 – Última coleta no Rio Piracicaba no município de Ipatinga. Próximo a foz no Rio Doce. (**Ponto 28**).



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Sérgio Henrique

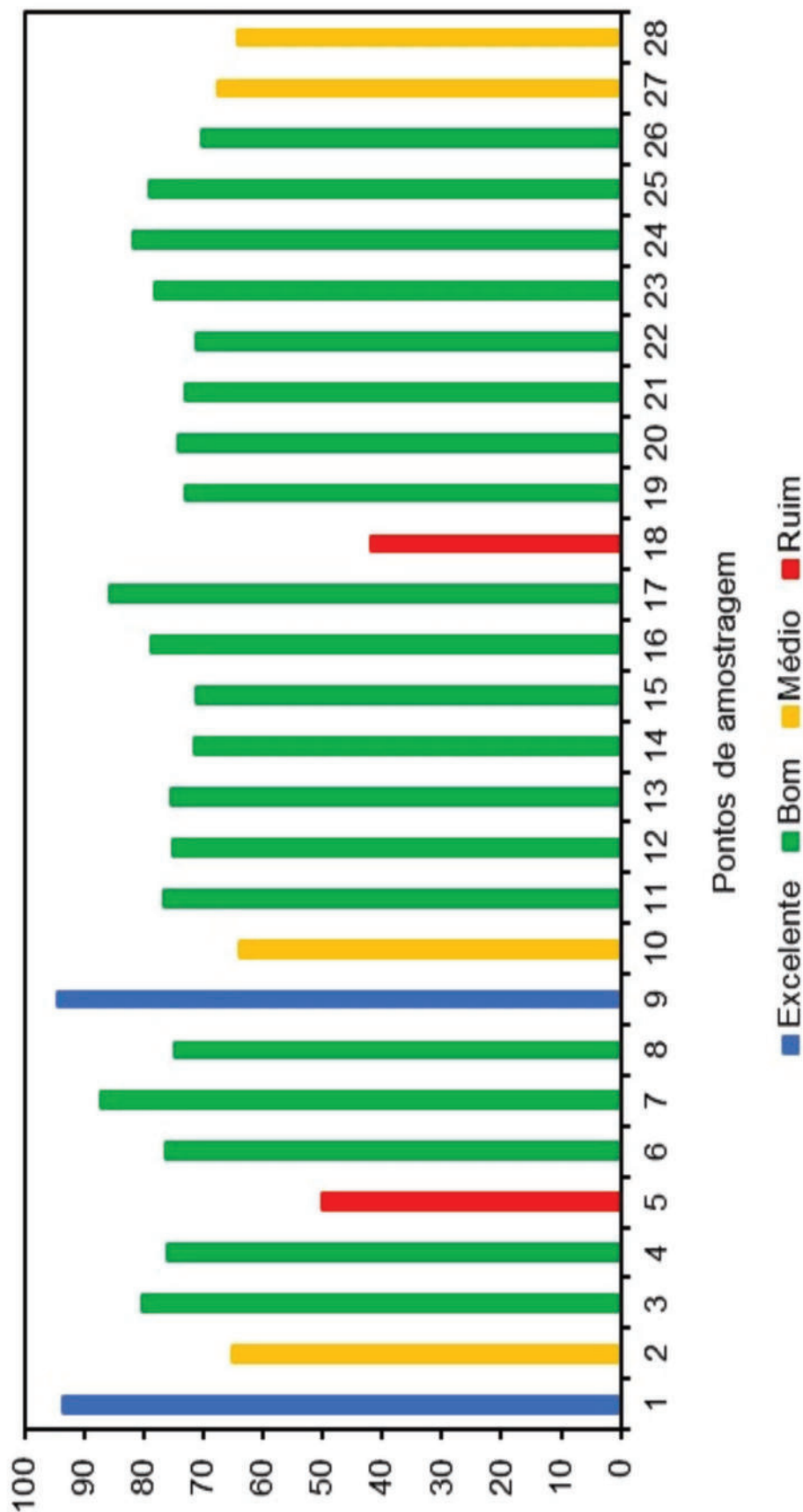
Na Tabela 8.2 são apresentados os resultados obtidos no monitoramento realizado ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba e no gráfico 5 é apresentado um gráfico com os valores de IQA para cada um dos pontos.

Tabela 8.2 – Resultados das variáveis analisadas em cada um dos pontos de coleta

Pontos	pH	Temperatura (°C)	Condutividade elétrica (µS/cm)	OD (mg/L)	Turbidez (uT)	DBO (mg/L)	N-NH ₄ (mg/L)	N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	NTK (mg/L)	Ptotal (mg/L)	Sólidos totais (mg/L)	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)
1	7	19	-	7	1	0,4	0,265	0,9	0,4	0,252	2,75	ND
2	6,54	19,2	22,9	8,28	8,05	0,9	0,265	0,5	0,31	0,4	10,75	4,36 x 10 ³
3	6,51	24,9	20,93	7,9	4,14	0,6	0,135	0,7	0,84	0,321	40,5	8,60 x 10 ¹
4	5,54	24,9	24,4	8,48	1,98	0,6	0,18	0,6	0,395	0,274	14,75	5,46 x 10 ¹
5	6,69	25	90,4	3,69	6,26	5,3	3,02	1	4,085	1,687	84	6,91 x 10 ³
6	6,64	19,7	24,8	8,35	7,89	0,5	0,18	0,9	0,575	0,374	51	2,83 x 10 ²
7	5,94	20,4	12,98	8,44	4,51	0,5	0,09	1	0,31	0,253	2,75	1
8	6,45	22	25,8	7,92	5,9	0,2	0,18	0,9	0,665	0,318	3,25	3,44 x 10 ²
9	6,92	23,5	41,2	8,45	4,08	0,1	0,135	0,6	0,44	0,291	32,5	1
10	7,1	22,4	90,8	5,87	11,7	3,2	0,89	0,6	1,065	0,726	34,5	2,42 x 10 ²
11	6,9	23,4	97,8	8,22	3,71	0,2	0,18	0,8	0,665	0,518	83,5	5,34 x 10 ²
12	6,91	20,8	96,5	6,9	4,91	0,5	0,225	0,8	0,53	0,331	88	4,00 x 10 ²
13	6,93	23	75,1	7,73	7,24	0,1	0,53	0,8	0,575	0,324	24,25	5,83 x 10 ²
14	6,92	21,4	74,3	7,41	7,86	0,6	0,31	0,9	0,62	0,418	9,75	1,08 x 10 ³
15	6,76	25,3	37,5	8,16	12,7	0,4	0,045	0,8	0,62	0,375	33	1,30 x 10 ³
16	7,19	27	70,2	8,48	9,63	0,3	0,045	0,8	0,93	0,581	79,5	1,86 x 10 ²
17	7,68	25,2	21,3	7,16	11,7	1,5	0,135	0,8	0,58	0,518	74	1
18	7,39	24,9	290	5,3	69,5	4,4	5,54	0,6	7,935	5,886	94	7,56 x 10 ⁴
19	7,12	23,3	120	8,37	11,5	0,2	0,135	0,6	0,18	0,447	31,5	1,05 x 10 ³
20	7,17	25	63,8	8,28	12,8	0,2	0,31	0,4	0,58	0,596	33,75	6,69 x 10 ²
21	7,2	23,5	81,7	8,44	21,2	1,4	0,09	0,6	0,53	1,05	55,5	4,60 x 10 ²
22	6,88	21,1	62,4	8,72	10,1	0,2	0,135	0,5	0,27	0,399	26,25	1,73 x 10 ³
23	7,27	27	231	8,2	8,09	0,2	0,135	0,9	0,44	0,436	70,5	3,05 x 10 ²
24	6,45	23,6	86,8	7,03	9,28	0,3	0,045	0,9	0,53	0,275	45,5	2,92 x 10 ¹
25	6,26	22,8	33,9	6,6	8,76	0,2	0,22	1	0,62	0,287	48	3,83 x 10 ¹
26	7,3	25	85,1	8,48	13,6	0,5	0,045	0,7	0,44	0,518	31,5	1,88 x 10 ³
27	7,03	21,9	77,8	8,53	12,9	0,8	0,045	1	0,265	0,58	31	3,13 x 10 ³
28	6,93	23,1	140,3	7,25	18	0,5	0,22	0,9	0,44	0,628	83,5	4,19 x 10 ³

Gráfico 8.1

IQA



Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Equipe Unifei Itabora.

Dos pontos amostrados, 2 foram classificados como de qualidade ruim, 4 como de qualidade média, 20 como de boa qualidade e 2 com qualidade excelente. Os pontos classificados como ruim foram os pontos 5 e 18. O ponto 5 é referente ao Rio Maquiné, à jusante de Catas Altas. Neste ponto, as variáveis que mais contribuíram para a redução do valor de IQA foram *E. coli* e oxigênio dissolvido. A concentração de *E. coli* de $6,91 \times 10^3$ NMP/100mL e de OD de 3,69 mg/L podem estar relacionadas ao lançamento de esgoto doméstico sem tratamento. Já o ponto 18 localiza-se no rio de Peixe, a jusante do município de Itabira. As variáveis que mais contribuíram para o valor do IQA de 42 foram *E.coli*, fósforo e turbidez. As duas primeiras variáveis possuem uma relação direta com o lançamento de esgotos. Além disso, o fósforo pode ser proveniente do arraste de partículas de áreas agrícolas. A turbidez de 69,5 uT foi o maior valor observado entre todos os pontos analisados. Esta variável está relacionada com a presença de sólidos em suspensão. Além do lançamento de efluentes, o arraste de partículas, tanto de solo exposto quanto de zonas impermeabilizadas ao longo das margens do rio de Peixe podem contribuir para esses valores.

Os pontos 2, 10, 27 e 28 apresentaram classificação de qualidade média. Em todos esses pontos a variável que mais contribuiu para a redução do IQA foi *E.coli*, representando a falta de tratamento de esgoto em toda a bacia, uma vez que pontos localizados desde o começo da bacia até a sua foz receberam essa classificação. Chama-se a atenção também para pontos que receberam a classificação de boa qualidade, mas no limiar entre esta e a classificação média. Mais especificamente, os pontos 14, 15, 22 e 26, também apresentaram reduzidos coeficientes para *E.coli* (em outras palavras, concentrações na ordem de 10^3 NMP/100mL). Dos pontos que foram classificados como de qualidade média, os pontos 2, 27 e 28 pertencem ao Rio Piracicaba e o ponto 10 fica no Rio São João, à jusante de Barão de Cocais, próximo ao encontro com o Rio Conceição (Santa Bárbara). Apesar dos pontos serem distintos em relação às dimensões do curso d'água, todos eles apresentam uma característica em comum, que é o fato de possuírem as margens ocupadas. O ponto 2 fica em Santa Rita Durão, o ponto 27 e o ponto 28, situam-se em locais com elevado nível de urbanização, em Coronel Fabriciano e Ipatinga, respectivamente. Já o ponto 10 fica em Barra Feliz.

Os pontos que receberam classificação Excelente foram os pontos 1, a nascente do Rio Piracicaba e o ponto 9, situado no Rio Conceição, em Brumal. Além disso, destaca-

se o ponto 7, que apesar de ter sido classificado como de boa qualidade, apresentou IQA próximo do limiar para a classificação Excelente. O ponto 7 localiza-se no rio Caraça, logo após a saída do Parque Estadual da Serra do Caraça. A variável que mais contribuiu para reduzir o IQA desse ponto foi o pH. No entanto, considerando as características do local e o resultado de outras variáveis que poderiam indicar alguma contaminação, a redução do pH nesse ponto, provavelmente tem relação com motivos naturais, como a degradação de matéria orgânica vegetal e a consequente liberação de ácidos húmicos.

Salienta-se ainda que o IQA aplicado nessa avaliação contempla variáveis de qualidade da água relacionadas principalmente com contaminação orgânica, sendo um indicador adequado para avaliar o efeito de despejos predominantemente domésticos, ou com características semelhantes. Contudo, pontos que apresentaram valores elevados de IQA podem apresentar concentrações de outras variáveis oriundas das diferentes atividades industriais que ocorrem na bacia.

8.4 Referências Bibliográficas

ANA. **Atlas Esgotos**: Despoluição de Bacias Hidrográficas. 2017. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>. Acesso em: 01 set. 2019.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23. ed. Washington: [s.n.], 2012.


COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**. CETESB, 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wp-content/uploads/sites/12/2021/09/Relatorio-Qualidade-das-AguasInteriores-no-Estado-de-Sao-Paulo-2020.pdf>.

IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Índice de qualidade das águas – IQA**. 2020. Disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/sem-categoria/319-indice-dequalidade-das-aguas-igam>.



CAPÍTULO 9

MICROCONTAMINANTES



Esgoto lançado in natura *diretamente* em praia no Rio Piracicaba em Coronel Fabriciano.

Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

9 - MICROCONTAMINANTES

Diego Roberto Sousa Lima (Dr. Engenharia Ambiental)
Ananda Lima Sanson – (Dra. Biotecnologia-Genômica e Proteômica)
Tatiana Wieczorko Barán (Mestra em Engenharia Ambiental)
Daiana Rocha do Espírito Santo (Mestranda em Química Analítica, graduada em Química Industrial)

Avaliação de microcontaminantes nas águas da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba - Estudo realizado pela UFOP, UNIFEI e Startup Oak Energia.

O crescimento populacional da Bacia do Piracicaba nas últimas décadas, juntamente, com o avanço da indústria e das atividades agropecuária levaram a deterioração de diversos corpos hídricos utilizados para o abastecimento da população. Atualmente as águas mineiras recebem um grande aporte de esgoto doméstico e efluentes industriais sem tratamento ou “tratados” (submetidos à tratamento precário e ineficientes).

Com esse crescimento populacional e com a falta do empenho das autoridades públicas de promover um adequado tratamento para todos os resíduos gerados pela população (como os esgotos sanitários, efluentes industriais e os resíduos sólidos), novos poluentes começaram a alcançar os rios. Exemplos desses novos compostos também chamados de compostos emergentes são: diversos fármacos, produtos de higiene pessoal, cosméticos, plastificantes, hormônios (naturais e sintéticos), aditivos agrícolas como os pesticidas e diversos outros (LIMA *et al.*, 2017).

Muitos desses compostos são de difícil degradação e remoção pelos sistemas tradicionais de tratamento de esgoto e de água existentes no Brasil. Deste modo, a detecção desses novos compostos em águas Brasileiras tornou-se objetivo de muitos estudos devido, principalmente, a sua persistência no ambiente e seus efeitos deletérios a diversos organismos e ao ecossistema (PÁDUA, 2009; BILA; DEZOTTI, 2007).

Estes novos compostos receberam diversas denominações, dentre elas: microcontaminantes emergentes. Esses microcontaminantes quando encontrados na natureza possuem concentrações na faixa de microgramas (μg) a nanograma (ng) por litro. Esses compostos foram denominados como Contaminantes de Preocupação Emergente (CPEs) pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – EPA USA.

Alguns desses compostos (CPEs) são classificados como Desreguladores Endócrinos (DE) e mesmo sendo encontrados em concentrações reduzidas, são capazes de provocar alterações metabólicas em vários níveis tróficos, inclusive no homem (USEPA, 2010). Por

esses motivos a Expedição Piracicaba – Pela Vida do Rio realizou essas análises do microcontaminantes emergentes, um estudo inédito e importante para a Bacia.

9.1 Materiais e métodos

A Expedição Piracicaba – Pela Vida do Rio, realizou a coleta de 28 amostras de águas superficiais ao longo de todo o percurso do Rio Piracicaba e seus principais afluentes. Foram analisados 13 microcontaminantes. Todas as coletas foram realizadas pelo corpo técnico da Expedição representada pelos profissionais da UNIFEI. Todos os pontos de coletas são apresentados no capítulo anterior.

Foram realizadas coletas de 1 litro (1L) de amostra de água superficial em cada ponto de amostragem. As amostras foram coletadas e transferidas para um frasco âmbar de vidro contendo um reagente químico (10 mL de metanol grau HPLC como conservante). As amostras foram mantidas refrigeradas durante a expedição (caixa térmica com gelo) e ao final foram enviadas ao Laboratório de Caracterização Molecular e Espectrometria de Massas (LABMASSAS-UFOP) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) localizada no município de Ouro Preto – MG.

Os 13 microcontaminantes analisados, em todos os pontos, são os seguintes:

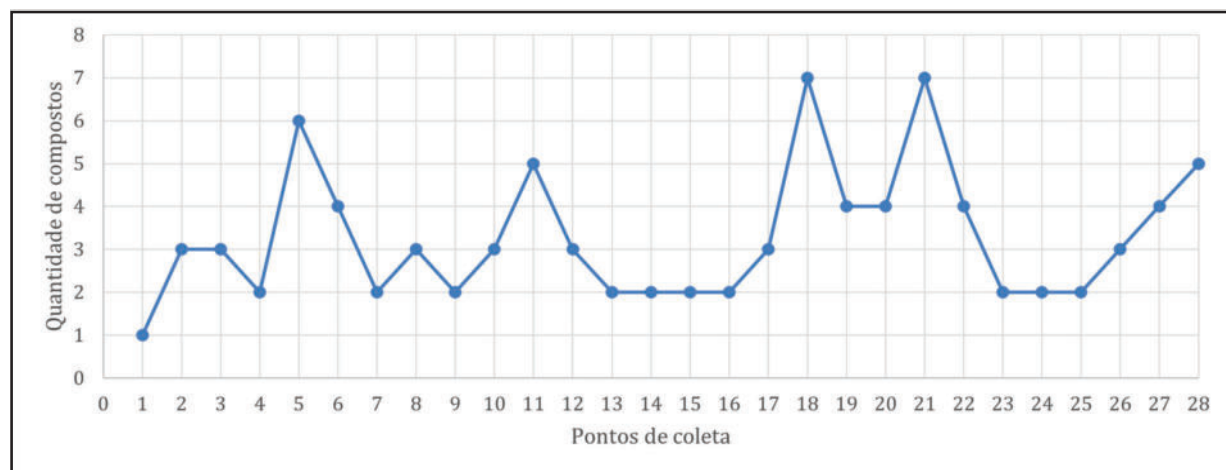
- 05 Compostos classificados como desreguladores endócrinos:
 - Estradiol, estrona, estriol, etinilestradiol e 4-nonilfenol;
- 02 Plastificantes: 4-octilfenol e Bisfenol-A;
- 05 Fármacos: ibuprofeno, paracetamol, genfibrozila, naproxeno e diclofenaco;
- 01 Composto de uso comum: Cafeína.

Todas as amostras foram analisadas no equipamento de Cromatografia de fase gasosa com detecção por Espectrometria de Massas (GCMS-Plus, Shimadzu). As análises dos microcontaminantes foram baseadas nos trabalhos de Sanson e Correa, desenvolvidos no LABMASSAS da UFOP (SANSON, 2012; SANSON *et al.*, 2014; CORREA *et al.*, 2021). Nestes trabalhos encontram-se todos os detalhes da metodologia utilizada nas análises dos microcontaminantes.

9.2 Resultados e discussões

Os resultados das análises dos microcontaminantes demonstram a presença de 10 compostos dos 13 compostos monitorados. A Figura 9.1 apresenta a quantidade de compostos (microcontaminantes) que foram encontrados (detectados) em cada um dos 28 pontos analisados.

Figura 9.1 – Quantidade de compostos encontrados em cada um dos 28 pontos de coleta ao longo da Bacia do Piracicaba.



Fonte: UFOP - (Laboratório de Caracterização Molecular e Espectrometria de Massas, ICEB Campus Morro do Cruzeiro - Ouro Preto - MG)

Dos dez analitos quantificados nas amostras do Rio Piracicaba destaca-se os compostos classificados como desreguladores endócrinos: Estradiol, Estrona e Bisfenol-A, com medianas de 50, 25,3 e 95,7 ng/L, respectivamente. A maior atenção deve ser dada ao Bisfenol-A, pois o mesmo foi detectado em 100% das amostras analisadas, com concentrações na faixa de 40,0 a 217,9 ng/L.

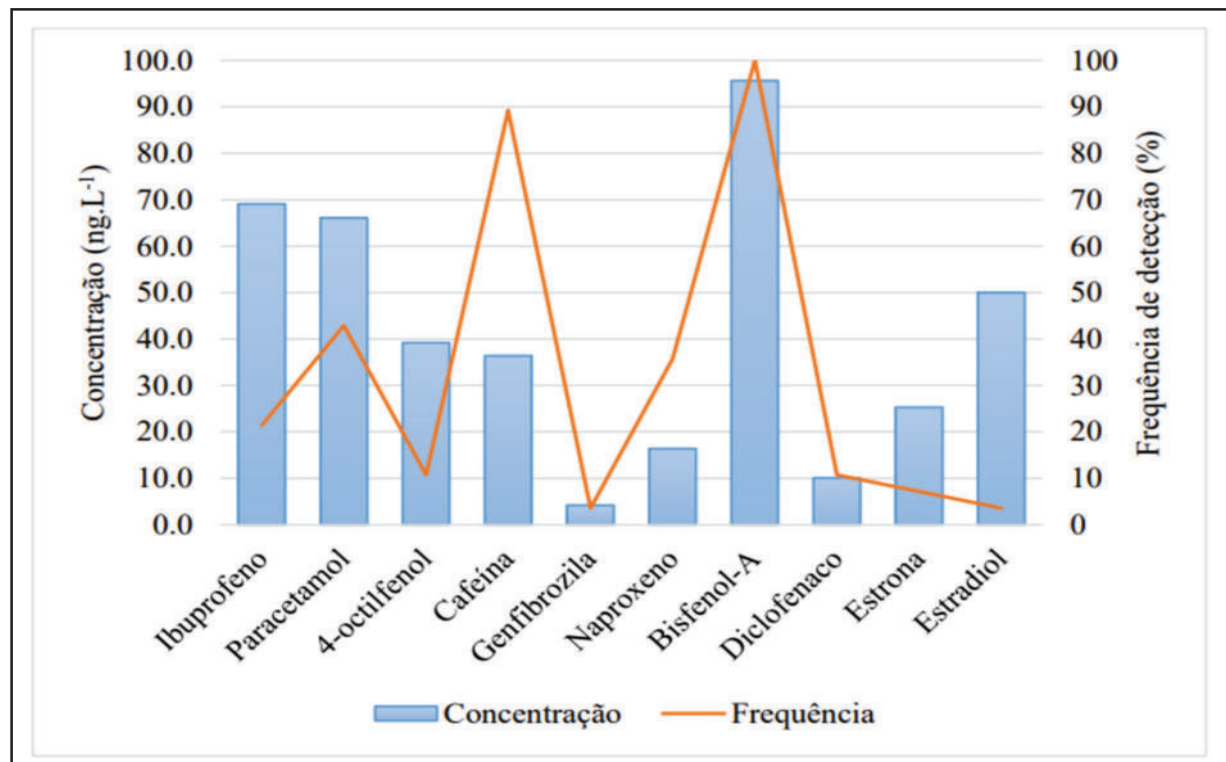
A ocorrência dos fármacos Ibuprofeno, Naproxeno e Paracetamol confirma o elevado consumo de medicamentos pela população presente em toda área de drenagem da Bacia do Rio Piracicaba. Além dos fármacos, a cafeína se destaca em 25 pontos de coleta, confirmando o já sabido elevado consumo do café. Os cinco compostos de maior ocorrência em relação a frequência nas águas do Rio Piracicaba foram:

— Bisfenol-A, Cafeína, Paracetamol, Naproxeno e Ibuprofeno. Esses compostos foram detectados em 100%, 89%, 43%, 36% e 21%, respectivamente, das amostras analisadas.

A Figura 9.2 apresenta as medianas das concentrações (ng/L) e a frequência de detecção (%) de todos os compostos detectados nas águas do Rio Piracicaba.



Figura 9.2 – Valor da mediana da concentração (ng/L) e a frequência de detecção (%) de cada analito detectado nas amostras das águas do Rio Piracicaba.



Fonte: UFOP - (Laboratório de Caracterização Molecular e Espectrometria de Massas, ICEB Campus Morro do Cruzeiro - Ouro Preto - MG)

O bisfenol-A é um plastificante encontrado em materiais a base de plástico constituídos por policarbonato e estão presentes em alguns itens plásticos: garrações retornáveis, copos e outros recipientes para alimentos (ex. marmitas) e bebidas (ex. garrafas plásticas), diversos outros utensílios domésticos (talheres e louças) e industriais (ex. resinas epóxi).

A presença do Bisfenol-A em todas as amostras (único composto presente na nascente Ponto 1) confirmar o descarte incorreto dos distintos utensílios de plásticos, defensivos agrícolas e do esgoto sanitário sem o devido tratamento. Somado a isso, a capacidade do bisfenol-A de permeação em solos, por meio das águas subterrâneas, contribui para a presença desse composto até nas águas da nascente. Vale destacar que na nascente as amostras foram coletadas diretamente no frasco de armazenamento (frasco de vidro), eliminando quaisquer tipos de contaminação no processo de amostragem.

Já que a nascente (Ponto 1) é preservada e afastada dos grandes centros urbanos, a presença do bisfenol-A pode ter sua origem na ampla utilização desse compostos inclusive em insumos agrícolas. Trabalhos de revisão como o de Careghini *et. al*, (2015) demonstram que a detecção de BPA em águas subterrâneas ocorre no mundo todo, mesmo em áreas com reduzida concentração populacional, mas onde tenha atividade agrícola.

Infelizmente nas águas Brasileiras também já é realidade a presença desse composto (Bisfenol-A). O Bisfenol-A já foi encontrado na concentração de $25,0 \pm 2011,0$ ng/L em água brasileiras (águas naturais sem tratamento e até em águas tratadas), como reportado no trabalho de revisão de Lima *et al.* (2017).

Nesse sentido, a presença do Bisfenol-A em todos os pontos da Bacia do Piracicaba reforça o descaso da população e das autoridades com o descarte dos diversos plásticos nos cursos d'água, bem como esgoto sanitários e defensivos agrícolas. Ao longo da expedição foi possível observar, em diversos pontos, descartes de plásticos e vários outros resíduos que podem ser a fonte de bisfenol-A nas águas da Bacia do Piracicaba. Somado a esses resíduos, foi observado o descarte de esgoto sanitário sem tratamento, confirmando mais uma vez fontes de descartes dos microcontaminantes avaliados.

Por outro lado, os compostos: 4-nonilfenol, Etinilestradiol e Estriol não foram detectados em nenhuma das amostras analisadas na Bacia do Piracicaba. As concentrações dos microcontaminantes encontrados estão na ordem de nanograma por litro (ng/L) e até micrograma por litro (μ /L) são apresentadas nas Tabelas a seguir.

Figura 9.3 - Estação de tratamento de Esgoto de Timóteo e Coronel Fabriciano.



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 - Sérgio Henrique.

Tabela 9.1 – Concentração (ng/L) encontrada dos 13 compostos analisados nas amostras das águas superficiais coletadas no Rio Piracicaba.

Compostos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	Ponto 11	Ponto 12	Ponto 13	Ponto 14
Ibuprofeno	ND	ND	ND	ND	91,7	ND	ND	ND	ND	ND	14	ND	ND	ND
Paracetamol	ND	113,3	15,1	ND	60,7	20,7	ND	18,2	ND	<LQ	102,7	ND	ND	ND
4-octilfenol	ND	ND	ND	ND	ND	<LQ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cafeína	ND	48,3	<LQ	7,1	2271	43,1	<LQ	29,5	16,8	19,4	95,6	20977,7	149,6	30,6
4-nonilfenol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Genfibrozila	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Naproxeno	ND	ND	ND	ND	11,9	ND	ND	ND	ND	ND	<LQ	<LQ	ND	ND
Bisfenol-A	92	65,2	43,4	71	157,9	126,3	148,4	41,7	57,3	71	99,3	106,1	79,3	54,1
Diclofenaco	ND	ND	ND	ND	2,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Estrona	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Estradiol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Etinilestradiol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Estriol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND = o composto não foi detectado; <LQ = o composto foi detectado, porém sua concentração está abaixo do limite de quantificação.

Tabela 9.2 – Concentração (ng/L) encontrada dos 13 compostos analisados nas amostras das águas superficiais coletadas no Rio Piracicaba (Continuação).

Compostos	Ponto 15	Ponto 16	Ponto 17	Ponto 18	Ponto 19	Ponto 20	Ponto 21	Ponto 22	Ponto 23	Ponto 24	Ponto 25	Ponto 26	Ponto 27	Ponto 28
Ibuprofeno	ND	ND	ND	69,1	ND	<LQ	<LQ	<LQ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Paracetamol	ND	ND	ND	121,6	ND	65,7	82,2	66,1	ND	ND	ND	ND	141,1	ND
4-octilfenol	ND	ND	<LQ	ND	ND	ND	39,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cafeína	32,7	40,3	ND	45,1	24,5	36,4	11,2	320	19	5,1	ND	38,9	12,8	1157,7
4-nonilfenol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Genfibrozila	ND	ND	ND	ND	4,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Naproxeno	ND	ND	ND	99,1	<LQ	<LQ	<LQ	ND	ND	ND	ND	20,9	9,7	ND
Bisfenol-A	78	75,3	153,4	132,4	49,1	62,5	194,1	154,4	164,3	153,7	40	160,7	214,4	217,9
Diclofenaco	ND	ND	ND	18,0	ND	ND	<LQ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Estrona	ND	ND	<LQ	25,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Estradiol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	50	ND	ND	ND
Etinilestradiol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Estriol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND = o composto não foi detectado; <LQ = o composto foi detectado, porém sua concentração está abaixo do limite de quantificação

ND = o composto não foi detectado; <LQ = o composto foi detectado, porém sua concentração está abaixo do limite de quantificação

Fonte:UFOP - (Laboratório de Caracterização Molecular e Espectrometria de Massas, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas - Campus Morro do Cruzeiro - Ouro Preto - MG

O alarmante para este composto (Bisfenol-A), que é um plastificante, é que possui ampla citação na literatura e seus efeitos danosos são conhecidos a diversos sistemas do organismo humano, como: cirrose hepática, neoplasias na próstata, arritmia cardíaca, doenças dos rins, endometriose, neoplasias nas mamas, desordens de memória, hepatomegalia, dentre outras diversas (CTD, 2022). E por isso a extrema necessidade de impedir sua presença nas águas da Bacia.

A presença de tantos compostos em diferentes pontos da bacia do Piracicaba confirma que as tecnologias aplicadas, na prática, na maioria das estações de tratamento de esgoto sanitário possuem baixa eficiência de remoção. Portanto, mesmo que as águas e os esgotos sanitários sejam tratados por tecnologias simples já se torna esperado a presença desses compostos nas águas Brasileiras.

Outros dois compostos classificados como desreguladores endócrinos que também foram detectados, contudo, em poucas amostras foram: Estrona (detectado em apenas duas amostras) e Estradiol (em apenas uma amostra).

Mesmo a frequência sendo baixa, estes dois compostos (estrona e estradiol) fazem parte da quarta lista de candidatos a contaminantes - CCL-4 (*Contaminant Candidate List*). São contaminantes químicos e microbiológicos que atualmente não fazem parte do padrão de potabilidade da água de consumo humano dos Estados Unidos (*National Primary Drinking Water Regulation*) (USEPA, 2016), mas que podem ocorrer em sistemas públicos de abastecimento de água e, portanto, são candidatos à regulamentação futura em nosso país. Por se tratar de hormônios, possuem elevada estrogenicidade o que eleva a preocupação acerca de sua presença.

Já ocorrência dos fármacos: Naproxeno, Ibuprofeno e Paracetamol nas amostras indica a irrestrita ação antropogênica em todo o curso do Rio Piracicaba, uma vez que a detecção desses compostos indica uma contaminação do rio por esgoto doméstico tratado ou não. Esses fármacos são utilizados pela população sem necessidade de controle por receituário médico. Ou seja, são vendidos livremente e estão presentes em inúmeras formulações de antivirais, antitérmicos, relaxante musculares e analgésicos. Uma vez consumidos, parte desses fármacos são excretados pela urina e/ou fezes em sua forma inalterada sendo encontrados frequentemente em amostras de esgoto e em águas superficiais como as águas da Bacia do Rio Piracicaba.

O mesmo destaque pode ser dado à Cafeína, sua elevada frequência corrobora com a constatação da intensa atividade antropogênica na região da Bacia do Piracicaba.

A cafeína foi encontrada em todos os pontos, com exceção da nascente (Ponto 1) e foi o composto encontrado com a maior concentração. No ponto 12 (Rio Santa Bárbara na cidade Santa Bárbara) foi detectada a maior concentração da cafeína, atingindo 20977,7ng/L. Muitos autores defendem o emprego desse composto (cafeína) como marcador de ação antropogênica devido ao seu consumo em alimentos, bebidas e medicamentos diariamente por toda a população (MONTAGNER; JARDIM, 2011).

Dentre os pontos analisados, os pontos de coleta 18 (Rio do Peixe localizado em Itabira) e o Ponto 21 (Rio do Peixe localizado em Nova Era) apresentaram os maiores números de compostos detectados. Nesses pontos foram encontrados 7 compostos dos 13 analisados. Os compostos encontrados no ponto 18 e suas respectivas concentrações foram: Ibuprofeno (69,1 ng/L); Paracetamol (121,6 ng/L); Cafeína (45,1 ng/L); Naproxeno (99,1 ng/L); Bisfenol-A (132,4 ng/L); Diclofenaco (18 ng/L); Estrona (25,3 ng/L). Vale destacar que o Ponto 18 está localizado após uma ETE, confirmando a baixa eficiência da estação de tratamento para a remoção de tais compostos.

No mesmo curso d'água (Rio do Peixe) no Ponto 21 foram encontrados os 7 seguintes compostos e suas respectivas concentrações: Ibuprofeno (<LQ)¹; Paracetamol (82,2 ng/L); Cafeína (11,2 ng/L); Naproxeno (<LQ); Bisfenol-A (194,1 ng/L); Diclofenaco (<LQ); Naproxeno (<LQ) e 4-octilfenol (39,2 ng/L). Portanto, o Rio do Peixe demonstra a maior presença desses compostos, o que chama a atenção para a necessidade de implantação de tecnologias para tratar o esgoto sanitário da população local.

A presença de tantos compostos demonstra que esse ponto (e seus arredores) é uma fonte de contaminação dos recursos hídricos. Todas as atividades relacionadas às ocupações dessa região afetam diretamente a qualidade das águas. Por isso a fiscalização e a autuação por parte dos órgãos competentes são extremamente importantes para impedir o lançamento, constante, desses compostos nas águas do Rio Piracicaba.

¹ < LQ significa que o composto foi detectado, mas sua concentração estava abaixo do limite de quantificação (LQ) do método utilizado.

9.3 Conclusões

Este monitoramento realizado em todo o percurso das águas do Rio Piracicaba e seus principais afluentes é inédito e inovador na Bacia do Piracicaba. Em função do elevado

número de pessoas que consomem as águas do Rio Piracicaba em seus dias e da presença desses microcontaminantes emergentes encontrados nesse estudo, fica evidente a necessidade, urgente, da implantação de sistemas modernos de tratamento e melhorias nos sistemas de tratamento de esgoto sanitários já existente.

Através do investimento em tecnologias para o saneamento, juntamente com um correto monitoramento será possível melhorar a qualidade das águas do Rio Piracicaba. Caso contrário, se forem mantidas as condições de tratamento atuais (e até a inexistência de estações de tratamento) os despejos irregulares de esgoto sanitário, efluentes industriais e outros resíduos sólidos continuarão causando impactos negativos no ecossistema e na saúde de toda a comunidade que consome as águas do Piracicaba.

Considerando a população de aproximadamente 800 mil habitantes que consomem diretamente as águas do Rio Piracicaba e seus afluentes, juntamente com a presença desses microcontaminantes e com o descaso do poder público perante os sistemas de tratamento de esgoto sanitário, fica ainda mais evidente a necessidade de melhorias nos sistemas de saneamento em toda a Bacia do Piracicaba. Somente assim teremos avanços positivos na qualidade das águas da Bacia do Piracicaba e de toda a população que vive nos 21 municípios e arredores.

9.4 Referências

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Desreguladores Endócrinos no meio ambiente: efeitos e consequências. **Quim. Nova**, [s.l.], v. 30, n. 3, p. 651–666, 2007.

CORRÊA, J. M. M. **Avaliação da Presença de Microcontaminantes de Preocupação Emergente por GC-MS de Elementos Inorgânicos e por TXRF, nas Águas Superficiais da Bacia do Rio Paraopeba**. 2018. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

CTD. **Comparative Toxicogenomics Database**. North Carolina State University, National Institute of Environmental Health Sciences, 2022. Disponível em: <http://ctdbase.org/detail.go?jsessionid=314A7569BC61D7A7D5AFD122FFB0D6F1?type=chem&acc=C006780&view=disease>. Acesso em: 17 fev. 2022.

Di BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2. ed. v. 1. Rima: São Carlos, 2005.

FILIZOLA, H. F.; FERRACINI, V. L.; SANS, L. M. A.; GOMES, M. A. F.; FERREIRA, C. J. A. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guairá. **Pesq. agropec. bras.**, [s.l.], v. 37, n. 5, p. 659– 667, 2002.

FREITAS, L. M. **Qualidade da Água em Sub-bacias com diferentes usos do solo na Bacia Hidrográfica do Rio São João**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2016.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 3. ed. [S.l.]: Editora Átomo, 2008.

LIMA, D. R. S. *et al.* Fármacos e desreguladores endócrinos em águas brasileiras: ocorrência e técnicas de remoção. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s.l.], v. 22, n. 6, p. 1043-1054, 2017.

MONTAGNER, C. C.; JARDIM, W. F. Spatial and seasonal variations of pharmaceuticals and endocrine disruptors in the Atibaia river, São Paulo state (Brazil). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, [s.l.], v. 22, n. 8, p. 1452–1462, 2011.

PÁDUA, V. L. **PROSAB 5** - Remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano. Belo Horizonte: [s.n.], 2009.

RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade da água**: contaminação da água por nitrato. Embrapa Cerrados, 2002.

SANSON, A. L. *et al.* Equipamento de baixo custo para extração em fase sólida em amostras aquosas de grande volume utilizando pressão positiva de N₂. **Química Nova**, [s.l.], v. 37, n. 1, p. 150–152, 2014.
SANSON, A. L. **Estudo da Extração e Desenvolvimento de Metodologia para Determinação Simultânea de Microcontaminantes Orgânicos em Água Superficial por GC-MS e Métodos Quimiométricos**. 2012. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Endocrine Disruptor Screening Program**: second list of chemicals for tier 1 screening. 2010. Disponível em: <https://www.regulations.gov/document?D=EPA-HQ-OPPT2009-0477-0074>. Acesso em: ago. 2019.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Contaminant Information Sheets for the Final CCL 4 Chemicals**. 2016. Disponível em: <https://www.epa.gov/ccl/contaminantcandidate-list-4-ccl-4>. Acesso em: ago. 2019.

Figura 9.4 - Caiaques no Piracicaba antes do primeiro núcleo urbano, Santa Rita Durão, após passar por minas da Mineradora Vale S/A. Mesmo próximo à nascente suas águas já apresentam contaminação.



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 - Sérgio Henrique.

CAPÍTULO 10

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS



Pico dos Horizontes de Catas Altas (Complexo da Serra do Caraça), tendo ao pé do pico a Cachoeira do Meio. Crédito: Tribuna do Piracicaba - A Voz do Rio, 2015 – Geraldo Magela Gonçalves “Dindão”.

10 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

José Augusto Costa Gonçalves (D.Sc. Geologia)
Karen Quintão Castro (M.Sc. Gestão e Regulação de
Recursos Hídricos-PROFÁGUA)
Paulo Cesar Horta Rodrigues (D.Sc Geologia)

Amanda Gonçalves Prímola, Brenda Luiza Ferreira Paiva, Gisely de Assis Oliveira,
Mariana Araújo Mendes Ferreira, Milena Stefany Lage Almeida.
(Graduandos Engenharia Ambiental 2019)

Este capítulo é dedicado ao domínio das águas subterrâneas, chamando atenção para suas funções, suas oportunidades e seus desafios específicos no contexto do desenvolvimento, da gestão, da sustentabilidade e da governança dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba.

Sobre mais de 90% do território brasileiro chove mais de 1.000 mm/ano, os rios nunca secam. O Brasil é assentado sobre uma densa rede hidrográfica, cuja descarga líquida é da ordem de 183.000 m³/s, (ANA, 2018), ou seja, perto de 20% da descarga total dos rios do mundo.

Em muitas partes do mundo, o uso de águas subterrâneas em conjunto com rios, lagos e outros reservatórios de água superficial, poderá e deverá ser uma possível solução às mudanças climáticas desenvolvendo sistemas de fontes de águas resilientes aos novos tempos.

O potencial per capita atual de água doce no Brasil de cerca de 35.000 m³/ano, contra 9.000 m³/ano nos Estados Unidos e apenas cerca de 350 m³/ano em Israel. Todavia, os índices de desenvolvimento humano (IDH) destes países são muito superiores aos do Brasil.

Nos rios brasileiros, os potenciais de água doce (183.000 m³/s) são os maiores do mundo e os potenciais em termos de m³/ano per capita são perto de 100 vezes superior ao de Israel, por exemplo. Além disso, os rios no Brasil são perenes sobre mais de 90% do território nacional, significando que os fluxos subterrâneos que ocorrem nas bacias hidrográficas são suficientes para que nunca sequem nos períodos sem chuvas.

Os mecanismos naturais do ciclo hidrológico de transformação de água salgada em água doce proporcionam uma descarga de 43.000 km³/ano de água nos rios do mundo. Por sua vez, os estoques de água subterrânea são os maiores da Terra, estimados em 10 milhões de Km³ e cuja contribuição à descarga de base dos rios, isto é, aquela que ocorre

durante os períodos sem chuvas na respectiva bacia hidrográfica, são da ordem de 13.000 km³/ano.

As águas subterrâneas são responsáveis por aproximadamente 99% de toda a água doce líquida da Terra e distribuída por todo o globo, ainda que de forma desigual, tem o potencial de fornecer às sociedades enormes benefícios sociais, econômicos e ambientais, incluindo a adaptação à mudança climática.

As reservas de água subterrânea do Brasil, são da ordem de 112 mil km³ (Rebouças, 2002) constituindo um manancial muito pouco utilizado, cuja razão principal é o incipiente conhecimento hidrogeológico daqueles que tomam as decisões. As disponibilidades de água doce subterrânea são da ordem de 5mil m³/hab./ano. Os diversos serviços oferecidos pela água subterrânea dependem das características diversas controladas pelos processos naturais e antrópicos em andamento, dentro do ambiente geográfico. Dentre estes serviços pode-se destacar:

- * Serviços de abastecimento - captação para fins de uso (humano), dessedentação de animais, industrial e de irrigação;
- * Serviços de transporte da água das zonas de recarga para as zonas de descarga;
- * Serviços de regulação, que mostram a capacidade de reserva dos aquíferos para regular os regimes de do fluxo dos sistemas de água superficial;
- * Serviços de filtração, correspondendo a capacidade filtrante e de depuração biogeoquímica das rochas como forma de reduzir os custos do tratamento convencional; * serviço de reservatório estratégico para fazer face aos momentos de escassez hídrica periódica ou acidentes catastróficos;
- * Serviços ambientais, com os quais contam os ecossistemas dependentes de água subterrânea.

Estas características levaram as Nações Unidas a propor o consumo humano como uso prioritário das águas subterrâneas. Pelo fato de circularem lentamente pelo subsolo - velocidade da ordem de cm/dia – as águas subterrâneas constituem estoques de regularização da oferta de água às populações ou de perenização do fluxo dos rios, durante os períodos de estiagem ou de secas prolongadas.

Efetivamente, ainda predomina, no Brasil. o modelo estimulado, consentido ou tolerado pelos governos e pelas agências de financiamento pela preferência das construções de obras extraordinárias, prática manipulada pela “política de bastidores”, a qual toma decisões em nome da sociedade.

No contexto da crescente escassez de água em muitas partes do mundo, o vasto potencial da água subterrânea e a necessidade de administrá-la com cuidado não podem mais ser negligenciados. Regra geral, os propagadores da “crise da água”, não cogitam, na utilização do manancial subterrâneo, embora seja, comparativamente, maior volume de água doce da Terra. No Brasil, o escoamento básico dos rios indica que a taxa de recarga dos nossos aquíferos é da ordem de 3.400 km³/ano.

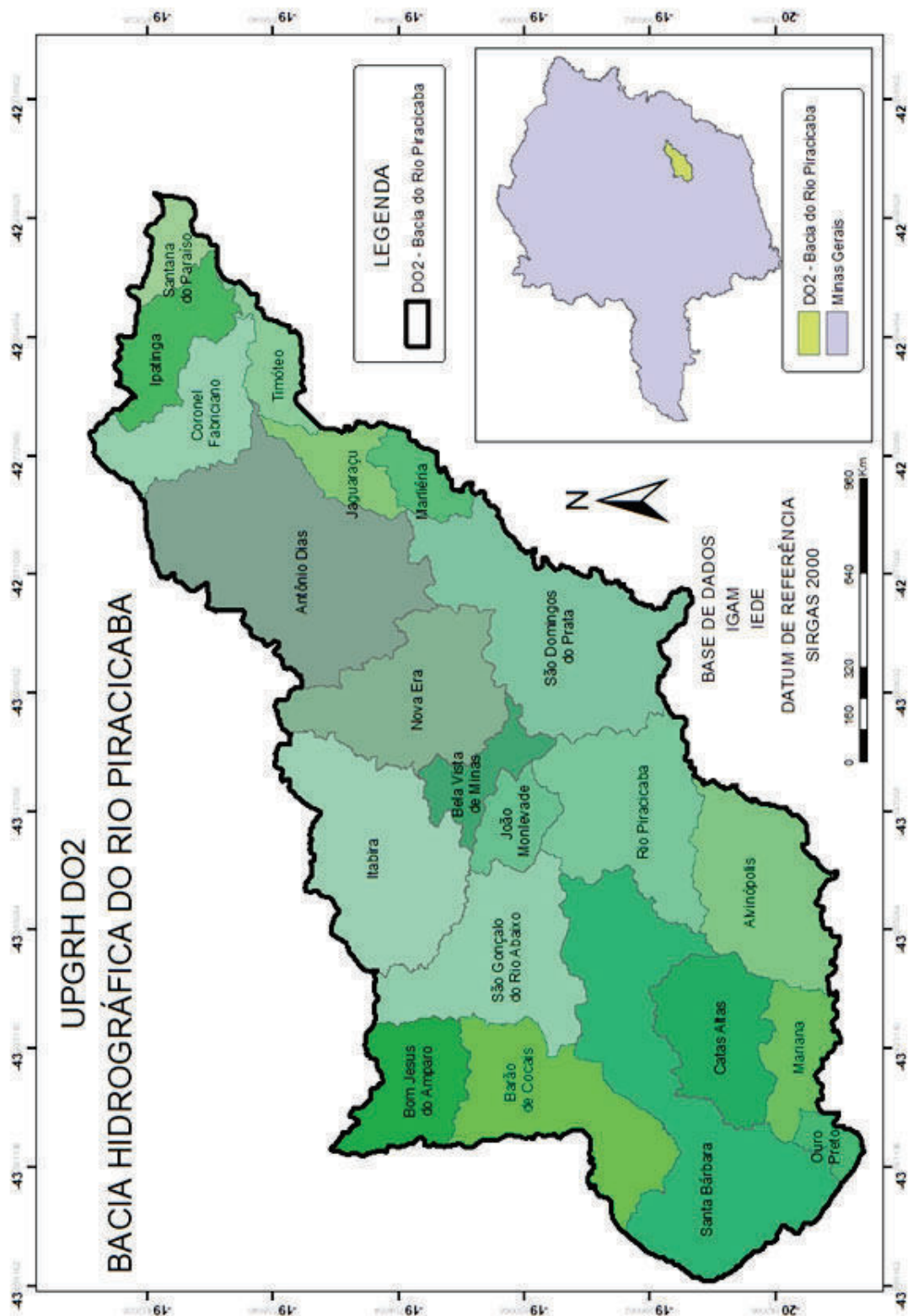
Em Minas Gerais, a matriz hídrica não contempla, de forma correta, esse recurso, perdendo oportunidades de uso eficiente de torná-la mais protegida em eventos associados às mudanças climáticas. Os desafios enfrentados para a gestão envolvem: (a) o disciplinamento do uso da água subterrânea, reconhecendo as áreas de maior demanda e avaliando os perigos de superexploração; (b) a proteção dos aquíferos quanto à contaminação antrópica; e (c) o estabelecimento de bases técnicas que permitam aproveitar, de forma integrada, os recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

10.1 A Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba

A bacia hidrográfica do Rio Piracicaba está localizada no leste do estado de Minas Gerais, sendo o rio Piracicaba um dos principais afluentes do rio Doce. A bacia está compreendida entre os meridianos de 42° 30' e 43°45' de longitude W do meridiano de Greenwich e entre os paralelos de 19°15' e 20°15' de latitude sul. O rio Piracicaba nasce no município de Ouro Preto, a mais de 1700 m de altitude e segue até a divisa das cidades de Ipatinga e Timóteo, onde se encontra com o rio Doce, possuindo uma extensão de 241 km. A bacia possui uma área de 5685,86 km² e é formada por 21 municípios, Figura 10.1.

Os recursos hídricos superficiais da bacia do rio Piracicaba tiveram seu enquadramento homologado pela DN COPAM n° 9/1994, objetivando a proteção dos mananciais. A bacia foi dividida em 78 trechos, sendo que destes, 2 pertencem ao leito principal e os 76 restantes pertencem aos afluentes e tributários. No leito principal, o Trecho 1, das nascentes até a confluência com o córrego Falhas, é enquadrado como Classe I, e o Trecho 2, da confluência com o córrego Falhas até a confluência com o rio Doce, é enquadrado como Classe II. Dos 76 trechos afluentes, 31 são enquadrados como Classe Especial, 37 como Classe I e 10 como Classe II.

Figura 10.1 – Mapa da Bacia do Piracicaba com os municípios.



Fonte: IGAM; IEDE (2000).

10.2 As Águas Subterrâneas da Bacia do Rio Piracicaba

Grande parte da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba é assentada sobre os sistemas aquíferos fissurados, enquanto em apenas uma pequena porção da bacia são encontrados sistemas aquíferos porosos. Estes sistemas aquíferos fissurados são encontrados em cerca de 96% do total da área da bacia, tendo a seguinte distribuição: a) 42% são sistemas aquíferos fissurados de rochas cristalinas, em geral, granitóides, gnaisses, granitos; b) 37% sobre os sistemas aquíferos fissurados de rochas xistosas; c) 14% sobre sistemas aquíferos fissurados em rochas quartzíticas.

Os aquíferos fissurados em rochas cristalinas são heterogêneos, descontínuos, de pequena extensão, locais, livres e semiconfinados, restritos as juntas e fraturas, sendo recobertos por depósitos aluvionares; areias, argilas e cascalhos; coberturas detriticas indiferenciadas. A circulação de água subterrânea se dá através de uma malha de fraturas, juntas, diáclases e discontinuidades associadas às coberturas de alteração e aluviais, constituindo um sistema aquífero livre onde a topografia passa a ser o principal fator responsável pela circulação das águas. A recarga da unidade aquífera tem na rede de drenagem superficial e nas chuvas, os maiores contribuintes, sendo mais eficiente nas áreas onde o controle estrutural da drenagem se dá através das fraturas, que permitem uma continua realimentação, (GONÇALVES; SCUDINO; SOBREIRA, 2005).

Os aquíferos fissurados xistosos apresentam porosidade desenvolvida por efeito de eventos tectônicos. Os xistos geram aquíferos de baixa favorabilidade hidrogeológica, com vazão específica variando de 0,01 a 4,00 m³/h/m. Este sistema é composto pelas rochas xistosas que formam o aquífero xisto e as rochas quartzíticas ferruginosas que formam os aquíferos das formações ferríferas. É constituído por rochas metassedimentares e metavulcanossedimentares em que predominam metapelitos e xistos intercalados por níveis quartzosos muito fraturados. Estes aquíferos, podem ser encontrados em zonas de xisto são, não meteorizados e nos interstícios do xisto intemperizado. O primeiro é considerado como um sistema fraturado, descontínuo, anisotrópico, heterogêneo, geralmente livre, às vezes confinado. Este tipo de aquífero possui reduzida capacidade de armazenamento e circulação de água subterrânea.

Nestes sistemas aquíferos, os poços têm profundidades que variam de 20 a 300 m, com uma vazão específica média de 4,21 m³/h/m.

Os aquíferos fissurados quartzíticos possuem maior favorabilidade hidrogeológica em relação aos aquíferos desenvolvidos em rochas cristalinas e xistosas e, portanto, podem ser utilizados para exploração de água para usos consuntivos.

É constituído pelas rochas das formações Gandarela e Cauê, com unidades hidrogeológicas homônimas. O Aquífero Cauê quantitativamente é o principal aquífero da área estudada, bem como de todo Quadrilátero Ferrífero e é constituído pelas hematitas e itabiritos da Formação Cauê, podendo ter em média 200 m de espessura, (REEVES, 1966).

Este aquífero tem características de dupla porosidade, pois tem características hidrodinâmicas de aquífero granular, possuindo predominantemente uma porosidade intergranular, em consequência da grande presença dos corpos de itabiritos friáveis, hematitas moles e pulverulentas, conferindo ao maciço rochoso uma elevada condutividade hidráulica. Contudo sobre as hematitas compactas e itabiritos duros o aquífero tem um comportamento de aquífero fraturado mais acentuado, (Gonçalves et al., 2019).

Estes aquíferos são descontínuos fracamente heterogêneo e pouco anisotrópico em áreas de predominância de itabiritos friáveis, entretanto fortemente heterogêneos e anisotrópicos em regiões de intercalações com hematitas compactas. A recarga deste aquífero se dá pela infiltração das águas pluviais sobre os espessos mantos intemperizados. A circulação da água ocorre através das fraturas, dos planos de estratificação e ao longo das barreiras impermeáveis como das rochas intrusivas. Os valores de porosidade efetiva variaram de 2% a 5%. O valor máximo de condutividade hidráulica de 4,50 m/dia, valor mínimo de 0,15 m/dia e valor médio de m/dia.

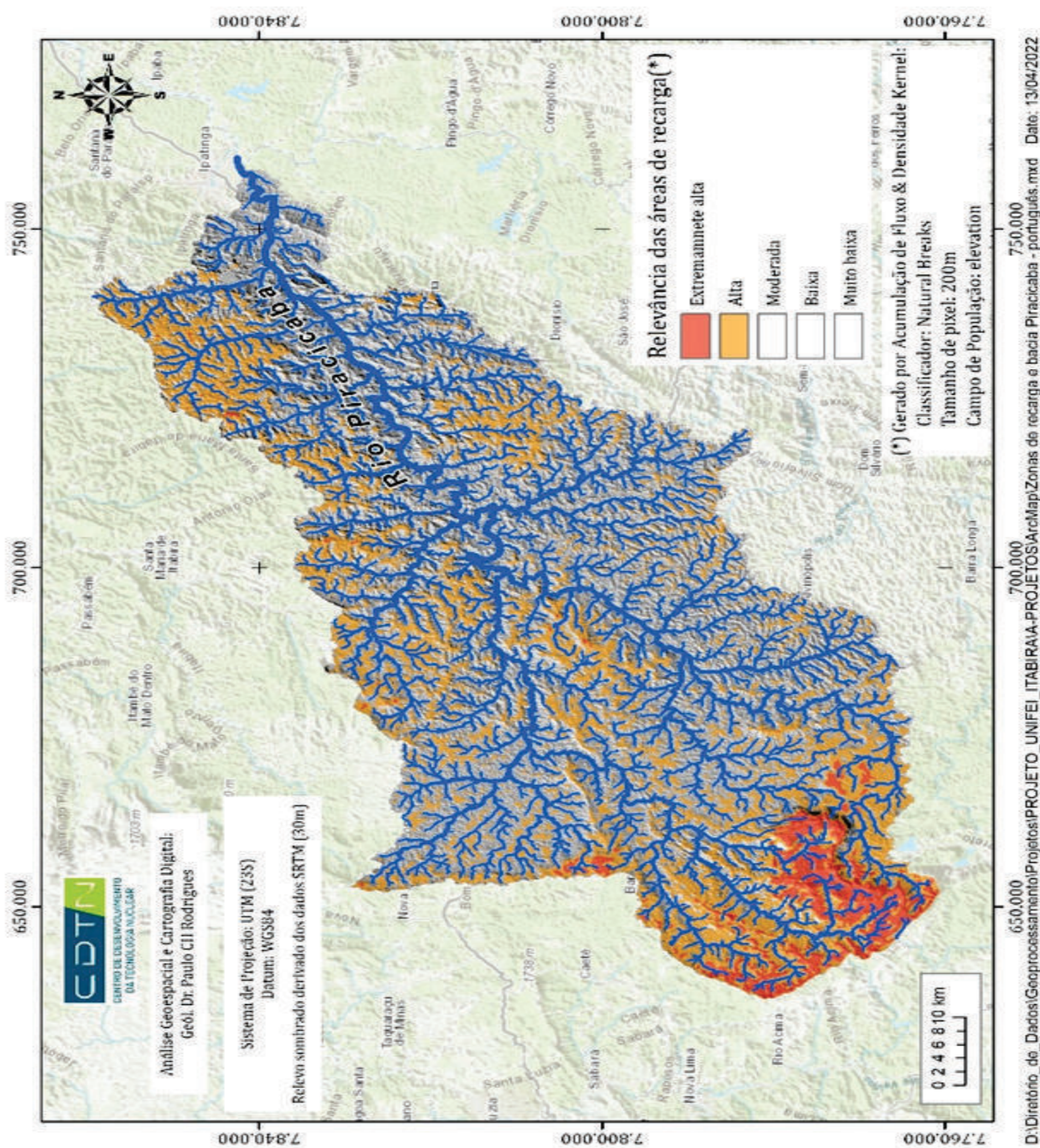
Na área restante da bacia, (4%), encontram-se os aquíferos granulares ou porosos. A presença deste aquífero na região justifica a concentração de poços escavados, principalmente nos municípios de Ipatinga, Coronel Fabriciano e Timóteo, que captam águas dos aluviões do rio Piracicaba.

São aquíferos importantes pela recarga que proporcionam aos sistemas aquíferos subjacentes através da infiltração das águas das chuvas, na regularização das vazões dos cursos d'água e pela facilidade de ser captado pelos pequenos usuários com a perfuração de poços escavados. São encontrados por toda a área em formações superficiais, recobrimo outras unidades aquíferas, principalmente nos platôs, encostas e fundos de drenagens representados pelos terraços fluviais e aluvionares, elúvios, colúvios e manto de alteração, (Gonçalves et al., 2020).

10.3 As áreas de recarga da Bacia do Rio Piracicaba

Na Figura 10.2, é apresentado o mapa das áreas de recarga das águas subterrâneas para armazenamento dos reservatórios subterrâneos, bem como regularização e manutenção dos níveis de base de toda rede de drenagem da bacia hidrográfica.

Figura 10.2 – Piracicaba.



Fonte: Gonçalves *et al.* (2021).

As áreas de recarga são os pontos de maior infiltração de água para abastecimento dos aquífero e das nascentes. Nas bacias hidrográficas, as áreas de recarga das nascentes têm elevada importância na oferta de água subterrânea e superficial e são encontradas nas cotas mais elevadas do relevo, que sejam próximas das nascentes de cursos da água.

A recarga em um aquífero não ocorre de forma homogênea em toda sua extensão. Considerando as vertentes como unidade fundamental para a interpretação hidrogeomorfológica, o topo (altos topográficos), representa a zona preferencial para os processos de infiltração, o qual alimenta as regiões mais profundas dos aquíferos. Assim, a água é absorvida, por infiltração no solo de maneira gradativa, depois é armazenada nos reservatórios subterrâneos e, por fim, drenada gradativamente para os cursos d'água, regularizando as vazões, inclusive, durante os períodos de seca.

A recarga em uma bacia hidrográfica se dá através de qualquer infiltração de água que chega até o aquífero, podendo ser direta, de forma que o volume de água adicionado ao reservatório subterrâneo ocorre por percolação vertical direta da precipitação através da zona não saturada; e indireta, quando a percolação de água até o aquífero decorre do escoamento superficial a partir dos corpos hídricos existentes no terreno.

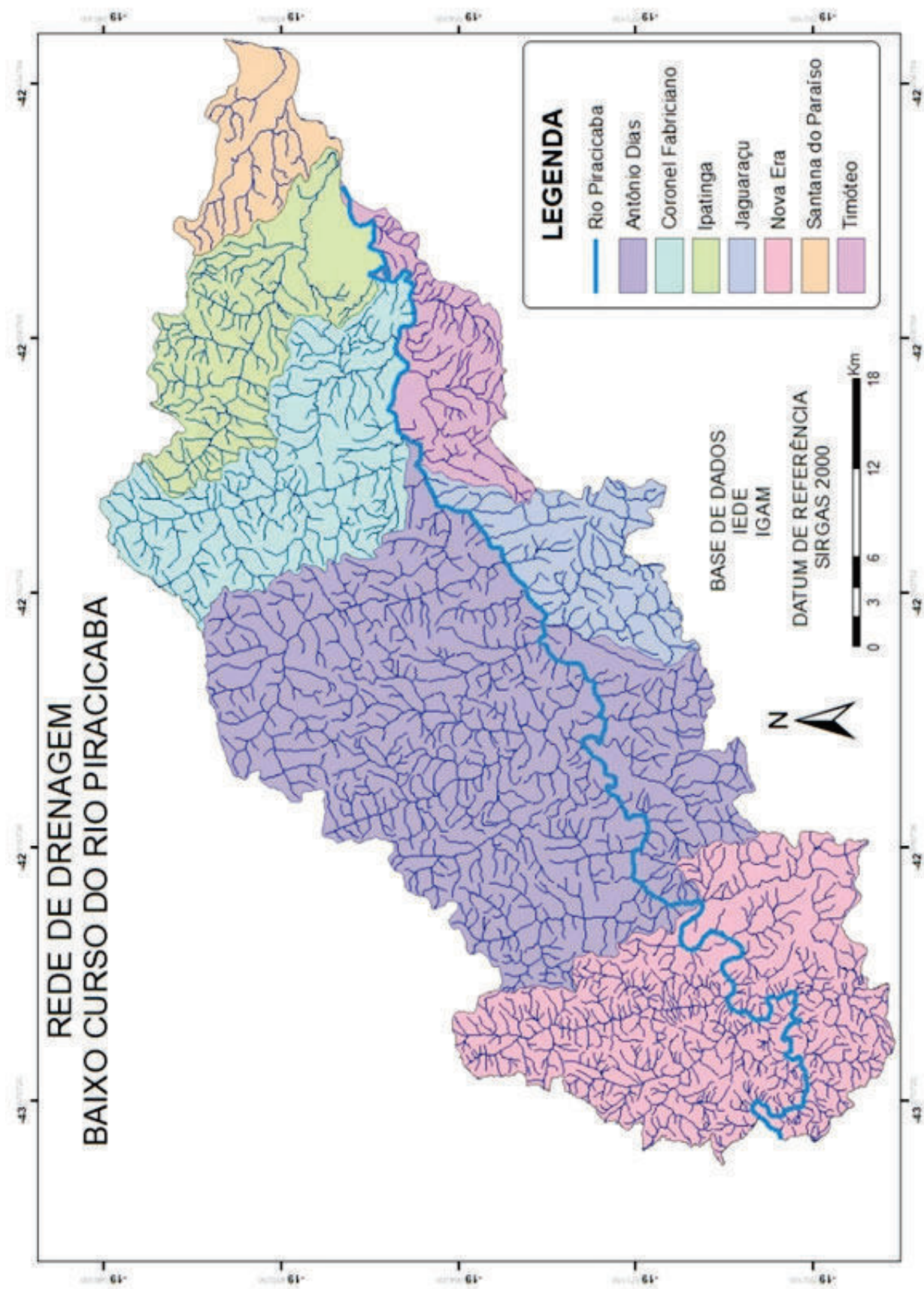
Nas cabeceiras da bacia do Piracicaba, a Serra do Gandarela, representa a maior área de recarga das águas subterrâneas e de importância estratégica para toda a população e para as atividades econômicas existentes. Possui beleza cênica, constituindo um patrimônio para o lazer ambiental, cultural e de recursos hídricos. A Serra do Gandarela talvez seja a última região montanhosa do Quadrilátero Ferrífero intacta pela mineração.

A Serra do Gandarela, em toda sua extensão, tem uma cobertura rochosa (carapaça laterítica) chamada canga e essas rochas são muito porosas, permitindo a infiltração das águas das chuvas profundamente, promovendo o armazenamento e a formação de mananciais hídricos no subsolo. Estes reservatórios subterrâneos (aquíferos), abastecem inúmeras nascentes, formando os cursos d'água, sendo responsáveis pelas cabeceiras das bacias hidrográficas do Rio das Velhas (afluente do Rio São Francisco) e Rio Piracicaba (afluente do Rio Doce).

10.3 - As áreas de Descarga da Bacia do Rio Piracicaba

A região compreende a foz do Rio Piracicaba desaguando no Rio Doce. A região se constitui de sete municípios, tendo uma farta rede de drenagem superficial, Figura 10.3. Nesta porção da bacia, localiza-se o maior aglomerado urbano e humano, onde as atividades econômicas e de abastecimento público são totalmente dependentes das fontes de águas subterrâneas. Localmente, os cursos de águas superficiais não apresentam índices de qualidade e quantidade necessária para as demandas existentes aos diversos usos, como as atividades minerárias, siderúrgicas e uma extensa área de monocultura de eucalipto.

Figura 10.3 – Mapa dos municípios e da rede hidrográfica.



Fonte: IGAM; IEDE (2000).

A partir do cadastro de 1275 pontos de captação de águas subterrâneas e das outorgas concedidas pelo IGAM (Instituto das Águas de Minas Gerais), disponível nos bancos de dados deste órgão ambiental, foi possível desenvolver um trabalho de análise das atuais condições de disponibilidade hídrica subterrânea e caracterização dos aquíferos locais.

Os municípios de Antônio Dias, Coronel Fabriciano, Ipatinga, Santana do Paraíso e Timóteo, são atendidos pela empresa estatal COPASA; em Jaguaráçu e Nova Era, o abastecimento é realizado pelo Serviço Municipal de Água e Esgoto (SEMAE) das prefeituras municipais. Na Tabela 10.1 são apresentados os tipos de captações dos recursos hídricos para abastecimento da população da área urbana. O uso da água subterrânea por meio de poços e cisternas é também utilizado nas áreas rurais de todos os municípios estudados, que são áreas de carência de água superficial em quantidade e qualidade.

Tabela 10.1 – Tipos de Captações dos Municípios .

Município	Tipos de Captação para Abastecimento
Antônio Dias	Captação Subterrânea (Poço Tubular)
Coronel Fabriciano	Captação Subterrânea (Poço Tubular)
Ipatinga	Captação Subterrânea (Poço Tubular)
Jaguaráçu	Captação Superficial (Rios)
Nova Era	Captação Mista (Poço Tubular/Rios)
Santana do Paraíso	Captação Subterrânea (Poço Tubular)
Timóteo	Captação Subterrânea (Poço Tubular)

Fonte : Gonçalves *et al.* (2021).

A finalidade dos usos dos recursos hídricos outorgados é predominantemente industrial, sendo esta atividade responsável por cerca de 53,5% do total captado. O segundo maior uso consuntivo é o abastecimento humano, correspondendo a 41% da demanda total. Os volumes captados para a irrigação e dessedentação animal, são pouco expressivos na bacia, com 5,5% da demanda. Na Tabela 10.2, é apresentado o número de poços e vazões outorgadas por município e na Figura 10.4 é mostrado a distribuição espacial dos poços na região do baixo Rio Piracicaba. Tanto na tabela, como no mapa, é possível observar que nos municípios do denominado Vale do Aço (Timóteo, Coronel Fabriciano, Ipatinga, Santana do Paraíso), são encontrados o maior número de poços perfurados e maior volume

das vazões outorgadas, respondendo por 80,1% de todos os poços perfurados na região de estudo, onde Ipatinga responde por 32,5% deste total. Das vazões captadas e outorgadas, Coronel Fabriciano e Timóteo fazem a prospecção dos maiores volumes. A região é totalmente dependente das fontes de água subterrânea, visto que é uma região densamente urbanizada e que o curso hídrico superficial principal, o Rio Piracicaba, não apresenta qualidade favorável para consumo humano e usos mais exigentes.

Tabela 10.2 – Poços e Vazões Outorgadas por Município.

Cidade	Número de Poços	Vazões Outorgadas (m³/h)
Antônio Dias	91	51.071,10
Coronel Fabriciano	209	277.352,54
Ipatinga	415	1.453,49
Jaguaraçu	41	62,7
Nova Era	122	429,52
Santana do Paraíso	159	316,13
Timóteo	238	378.810,02

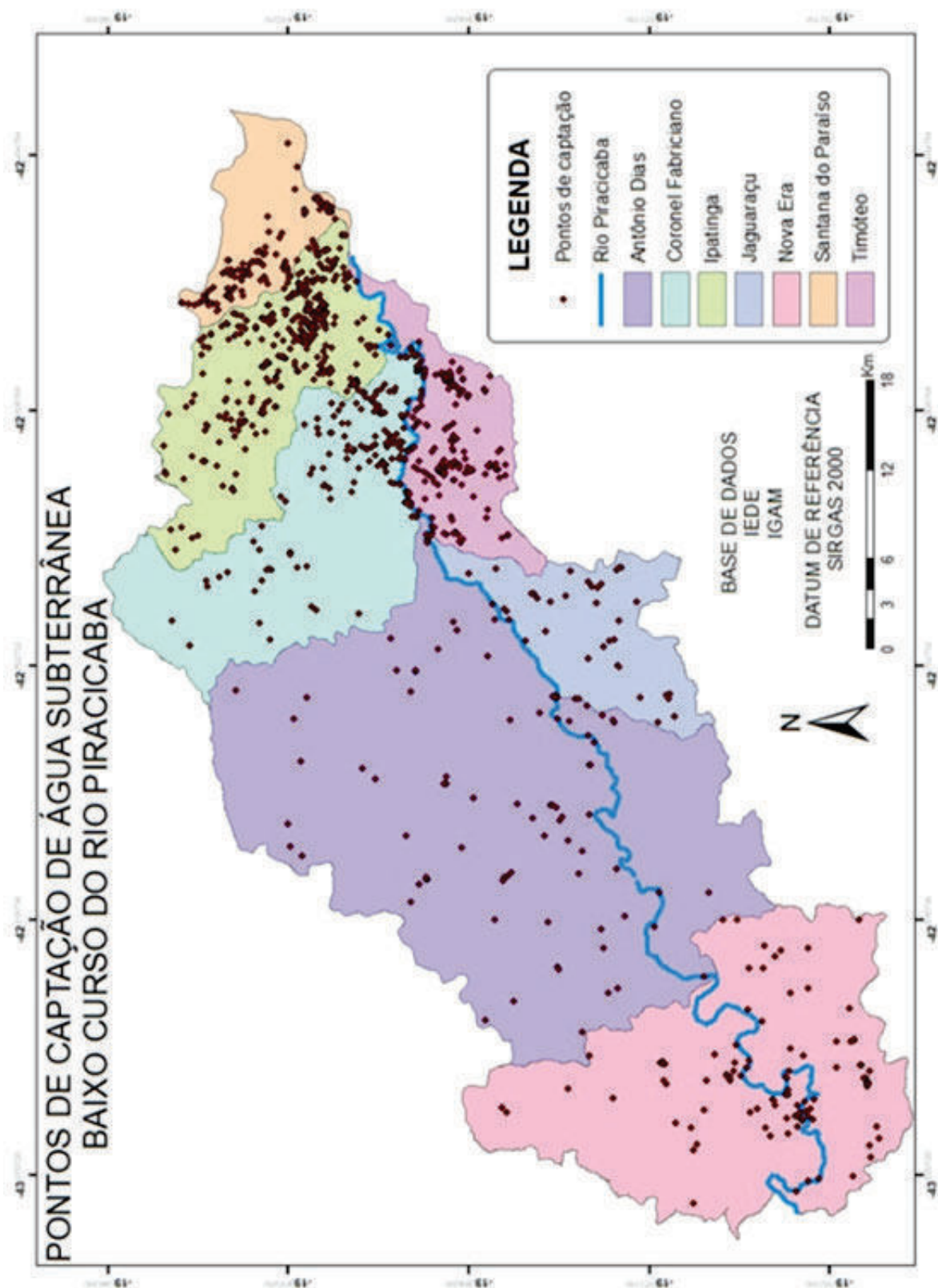
Fonte: Gonçalves *et al.* (2021).

Figura 10.4 - Trecho do maciço do Caraça, Morro D'Água Quente - Catas Altas.



Crédito: Tribuna do Piracicaba - A Voz do Rio, 2019 - Geraldo Magela Gonçalves "Dindão".

Figura 10.5 – Distribuição dos poços outorgados por municípios.



Fonte: IGAM; IEDE (2000).

10.4 Os sistemas aquíferos

Foram identificados os sistemas aquíferos regionais com a distribuição espacial das captações nas respectivas unidades litoestratigráficas, conforme mostram a Tabela 10.3 e as Figuras 10.5 e 10.6. Os aquíferos fissurais perfazem a maior parte do território, restando uma pequena porção para os aquíferos porosos, contudo, são estratégicos e essenciais para o abastecimento público.

Tabela 10.3 – Sistemas Aquíferos do Baixo Rio Piracicaba.

Sistemas Aquíferos	Unidades Litoestratigráficas
Sistemas Aquíferos Fissurais (Graníticos-Gnaisses)	Suite Borrachudos, Complexo Mantiqueira (granitos, gnaisses, granitóides)
Sistemas Aquíferos Fissurais (Metassedimentares - Metavulcânicas)	Grupo Nova Lima, Formação São Tomé, Grupo Maquiné, Grupo Itabira (Xistos, filitos, metarenitos, anfíbolitos, quartzitos).
Sistemas Aquíferos Porosos	Formações Cenozoicas (aluviões, coluviões, coberturas detríticas)
Sistemas Aquíferos Mistos	Litologias arenosas com pelitos e carbonatos

Fonte: Gonçalves *et al.* (2021).

Imagem 10.1 - Vista parcial da Serra do Gandarela



Crédito: Tribuna do Piracicaba- A Voz do Rio, 2018 - Geraldo M. Gonçalves "Dindão".

Figura 10.6 – Mapa das Unidades Hidrogeológicas.

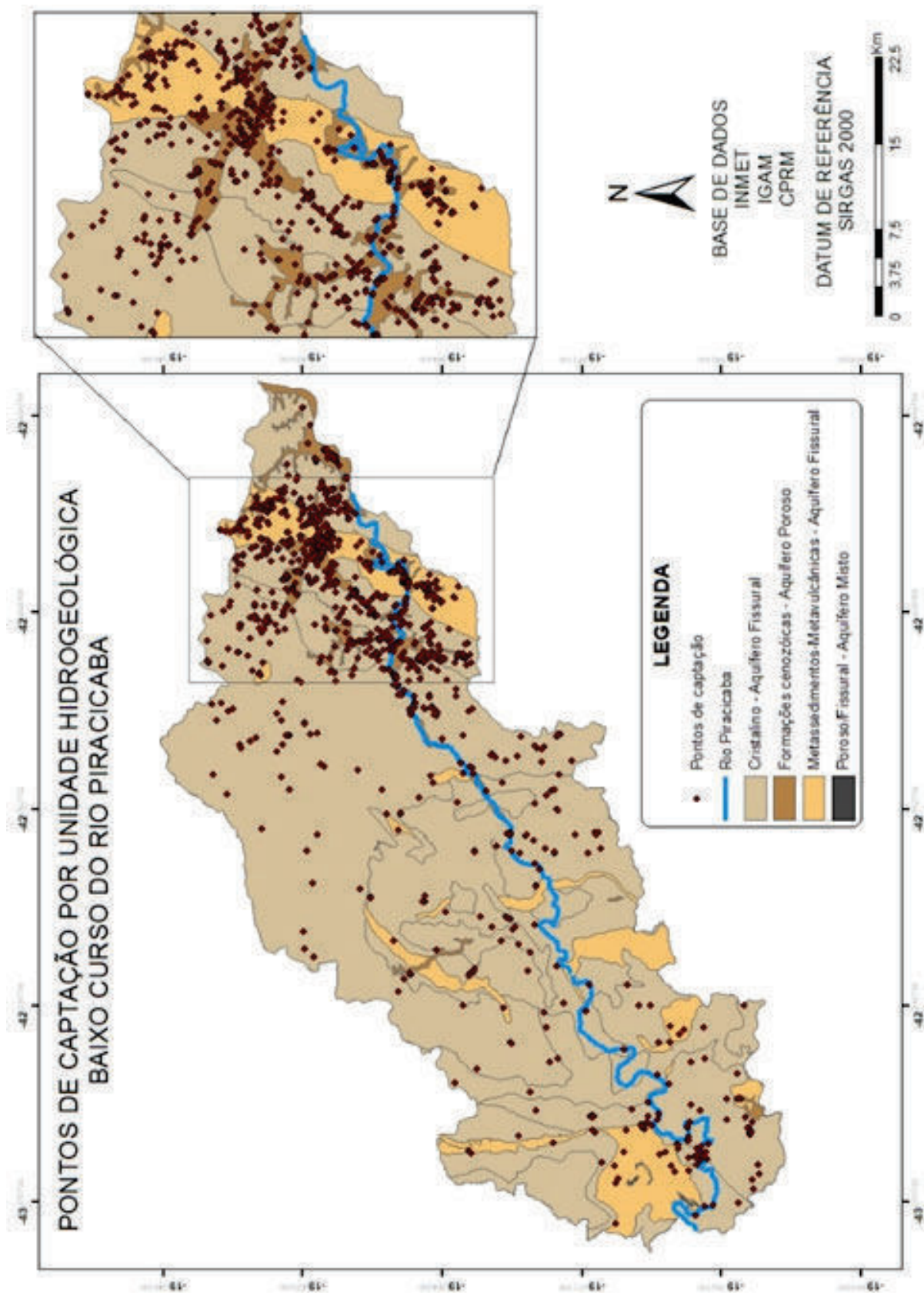
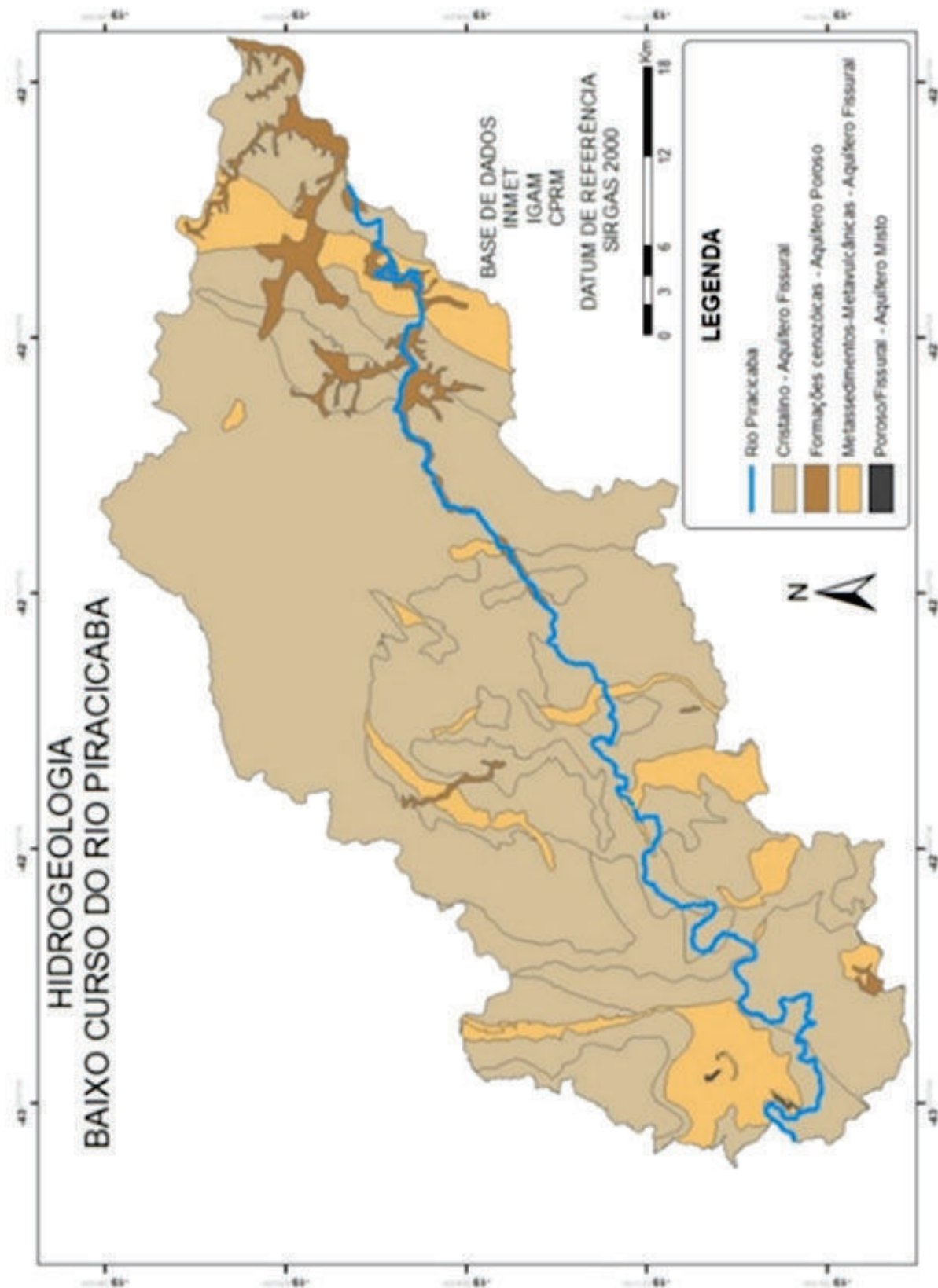


Figura 10.7 – Disposição espacial dos poços outorgados, de acordo com aquíferos existentes.



Fonte: IGAM; IEDE (2000).

10.5 Sistema Aquífero Fissural (Domínio das Rochas Cristalinas)

O aquífero fissural de domínio cristalino é predominante no baixo Rio Piracicaba, constituído de granitoides, gnaisses, migmatitos e granulitos da Suíte Borrachudo, do Granito Bicas e Complexo Mantiqueira.. Estes aquíferos possuem porosidade secundária, a ocorrência das águas subterrâneas está condicionada por fraturas e fendas, que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. As vazões dos poços perfurados e a profundidade estão apresentados na Tabela 10.4.

Tabela 10.4 – Dados dos Poços para o Domínio Cristalino.

Sistema Aquífero	Nº de Poços Outorgados	Profundidade (m)	Q (m ³ /h)
Aquífero Fissural	619	1,8 ≤ P ≤ 180,0 Média: 27,53	0,0003 ≤ Q ≤ 80,0 Média: 4,03

Fonte: Gonçalves *et al.* (2021).

A frequência das vazões específicas e das profundidades dos poços nos aquíferos do domínio poroso são mostrados nas Tabelas 10.5 e 10.6.

Tabela 10.5 – Frequência das Vazões dos Poços.

Vazão (m ³ /h)	Frequência (%)
≥ 0,1	6,6
0,11 a 1,0	51,3
1,1 a 10,0	37,0
≤ 10,1	3,3

Fonte: Gonçalves *et al.* (2021).

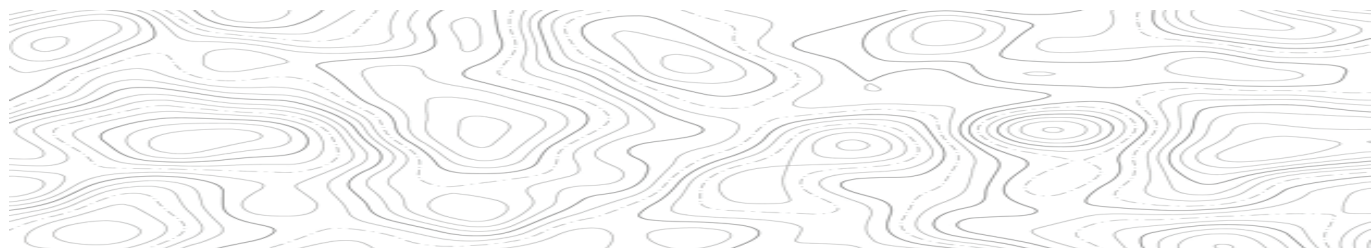


Tabela 10.6 – Frequência das Profundidades dos Poços .

Profundidade (m)	Frequência (%)
≥ 10,0	32,4
10,1 a 20,0	43,9
20,1 a 99,9	17,1
≤ 100,0	6,5

10.6 Sistema Aquífero Fissural (Domínio das Rochas Metassedimentares / Metavulcânicas)

Os aquíferos fissurais do domínio das rochas metassedimentares/metavulcânicas são constituídos por xistos, filitos, metarenitos, anfibolitos e quartzitos, do Grupo Nova Lima, do Super Grupo Rio das Velhas, da Formação São Tomé, do Grupo Maquiné e do Grupo Itabira.

Possuem porosidade secundária, e a ocorrência da água subterrânea se dá por meio de fraturas e fendas, apresentando reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão, semelhantes aos aquíferos fissurais de domínio cristalino. A diferenciação entre estes sistemas é o fato dos litotipos serem diferentes, que irá ocasionar uma estruturação e competência distinta, reagindo diferentemente aos esforços tectônicos, gerando uma maior favorabilidade hidrogeológica. As vazões dos poços perfurados e a profundidade estão apresentados na Tabela 10.7.

Tabela 10.7 – Os poços do Domínio Metassedimentos / Metavulcânicas.

Sistema Aquífero	Nº de Poços Outorgados	Profundidade (m)	Q (m³/h)
Aquífero Fissural	208	1,5 = P = 180,0 Média: 29,35	0,001 = Q = 180,0 Média: 6,17

Fonte: Gonçalves *et al.* (2021).



A frequência das vazões específicas e das profundidades dos poços nos aquíferos do domínio poroso são mostrados nas Tabelas 10.8 e 10.9.

Tabela 10.8 – Frequência das Vazões dos Poços.

Vazão (m ³ /h)	Frequência (%)
≥ 0,1	7,8
0,11 a 1,0	48,8
1,1 a 10,0	37,6
≤ 10,1	5,9

Fonte: Gonçalves *et al.* (2021).

Tabela 10.9 – Frequência das Profundidades dos Poços.

Profundidade (m)	Frequência (%)
≥ 10,0	22,4
10,1 a 20,0	53,6
20,1 a 99,9	16,8
≤ 100,0	7,2

Fonte: Gonçalves *et al.* (2021).

Sistema Aquífero Poroso das Formações Cenozoicas

Os aquíferos porosos de formações cenozoicas são formados por rochas sedimentares e sedimentos inconsolidados de naturezas e espessuras variadas. Possuem porosidade primária e nos estratos mais arenosos uma elevada permeabilidade. Este domínio está relacionado aos depósitos aluvionares e coberturas detríticas indiferenciadas. A produção dos poços perfurados e profundidade nesta região é apresentada na Tabela 10.10. Com base em relatórios construtivos dos poços tubulares, os aquíferos porosos dos depósitos aluvionares apresentam geralmente uma camada superficial argilosa de cerca de 7 metros, sotoposta aos sedimentos arenosos inconsolidados que podem alcançar até 100 metros de profundidade, já no contato do embasamento cristalino.



Tabela 10.10 – Os poços do Domínio das Formações Cenozóicas.

Sistema Aquífero	Nº de Poços Outorgados	Profundidade (m)	Q (m³/h)
Aquífero Poroso	448	2,0 ≤ P ≤ 210,0 Média: 28,78	0,011 ≤ Q ≤ 306 Média: 6,02

Fonte: Gonçalves *et al.* (2021).

A frequência das vazões específicas e das profundidades dos poços nos aquíferos do domínio poroso são mostrados nas Tabelas 10.11 e 10.12.

Tabela 10.11 – Frequência das Vazões dos Poços.

Vazão (m³/h)	Frequência (%)
≥ 0,1	6,4
0,11 a 1,0	51,3
1,1 a 10,0	38,3
≤ 10,1	4,0

Fonte: Gonçalves *et al.* (2021).**Tabela 10.12** – Frequência das Profundidades dos Poços.

Profundidade (m)	Frequência (%)
≥ 10,0	28,6
10,1 a 20,0	48,5
20,1 a 99,9	15,4
≤ 100,0	7,5

Fonte: Gonçalves *et al.* (2021).

10.7 Sistema aquífero misto

Em pequena porção do território, os aquíferos mistos (poroso/fissural), são constituídos de litologias arenosas juntamente com rochas pelíticas e carbonáticas. São caracterizados por litificação acentuada, forte compactação e fraturamento acentuado, apresentando um comportamento de aquífero poroso, com porosidade primária baixa/média, e um comportamento fissural com porosidade secundária de fendas e fraturas, o que lhe confere caracterização de aquífero misto, com baixa favorabilidade hidrogeológica

(Bonfim, 2002). Não possui poços perfurados e outorgados na ocorrência deste tipo de aquífero na região estudada.

10.8 Referências Bibliográficas

ANA. Agência Nacional de Águas. **Situação da água no mundo**. Gov.br, [online], 2018. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/textos-daspaginas-do-portal/agua-no-mundo/agua-no-mundo>. Acesso em:

BONFIM, L. F. C. **Conceituação de domínio hidrogeológico**: grupo de unidades geológicas com afinidades hidrogeológicas, tendo como base principalmente as características litológicas das rochas. CPRM. 2002

GONÇALVES, J. A. C.; ALMEIDA, M. S. L., FERREIRA, M. A. M., PAIVA, B. L. F. Disponibilidade de águas superficiais e subterrâneas na bacia do Rio do Peixe-Itabira-MG. **Research, Society, Development**, [s.l.], v. 8, p. 1-17, 2019.

GONÇALVES, J. A. C.; PEREIRA, P. H. R.; VIEIRA, E. M. Evaluation of the groundwater recharge potential using GIS multi-criteria data analysis: a case study from district of Itabira, Minas Gerais, southeastern Brazil. **Ciência e Natura**, [s.l.], v. 42, 2020.

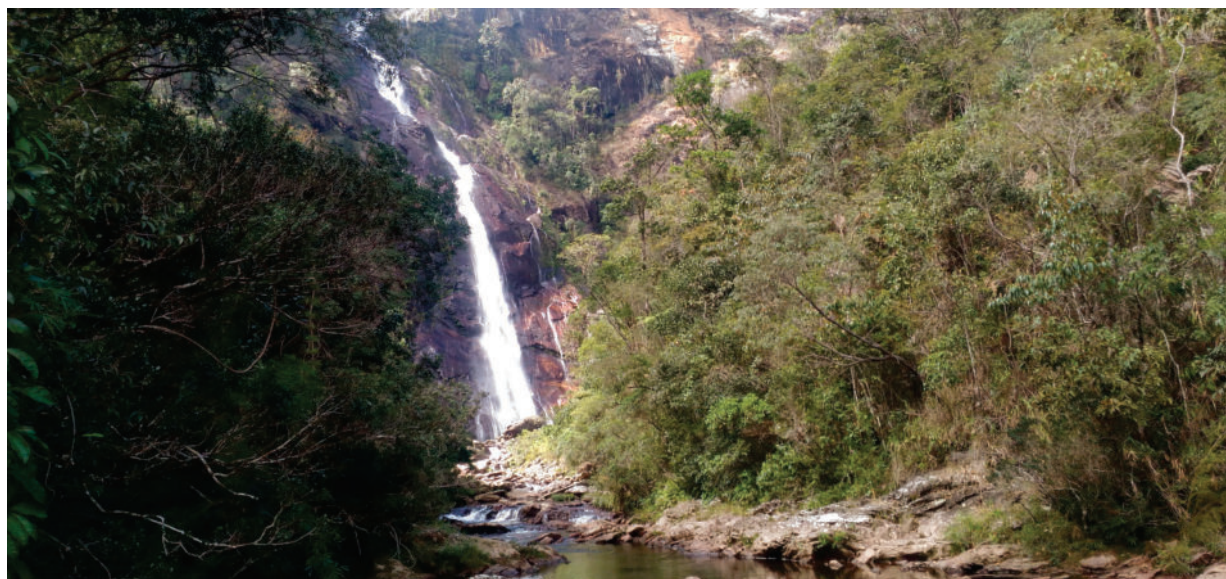
GONÇALVES, J. A. C. *et al.* Expedition Piracicaba: For a Resilient and Sustainable Hydro-future of a Watershed, In *Advances in Science, Technology and Innovation*. p. 309-313, 2021.

GONÇALVES, J. A. C.; SCUDINO, P. C. B.; SOBREIRA, F. G. Reservas renováveis e caracterização dos aquíferos fissurais do Leste da Zona da Mata de Minas Gerais e adjacências. *Geologia USP. Série Científica*, [s.l.], v. 5, n. 1, p. 19-27, 2005.

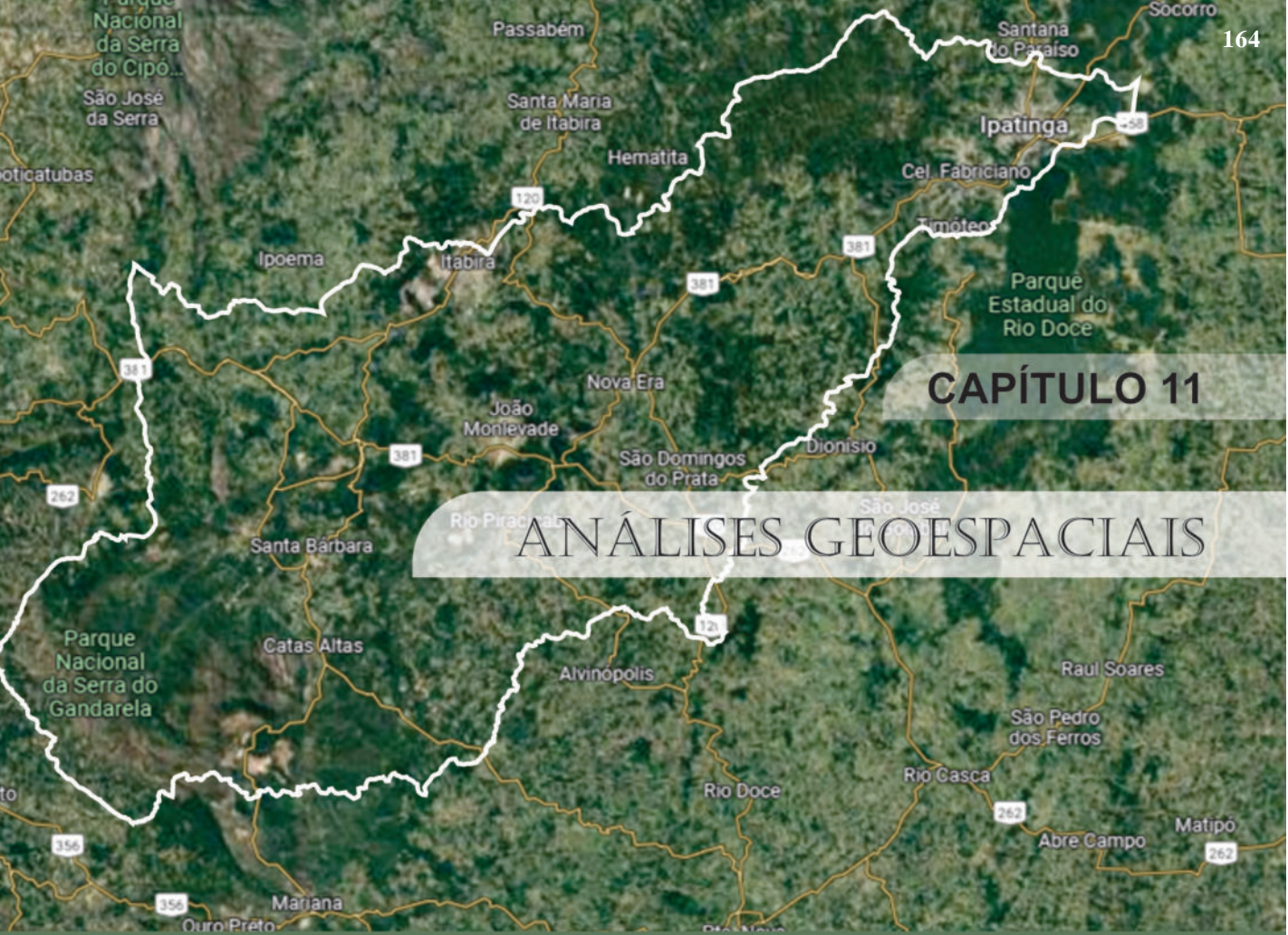
REBOUÇAS, A. C. 2002. A política nacional de recursos hídricos e as águas subterrâneas. **Revista Águas Subterrâneas**, [s.l.], n. 16, 2002.

REEVES, R. G. **Geology and mineral resources of Monlevade and Rio Piracicaba quadrangles Minas Gerais, Brasil**. [s.l.]: U. S. Geological Survey, Prof. Paper 341E, 1966. 58 p.

Imagem 10.2 - Cachoeira do Capivari que nasce na Serra do Caraça - Santa Bárbara / Catas Altas.



Crédito: Tribuna do Piracicaba- A Voz do Rio, 2019 - Geraldo Magela Gonçalves "Dindão".



11 ANÁLISES GEOESPACIAIS DA BACIA

Paulo Cesar Horta Rodrigues (D.Sc Geologia)

Mira Gomes (Engenheira Ambiental)

Se uma imagem vale mais que mil palavras, um mapa pode também valer mais que mil imagens. E em se tratando de hidroterritórios, a visualização dos cenários a partir de mapas representa um dos recursos ainda mais úteis, se não cruciais, quando consideradas as análises conjunturais com vistas a uma melhor gestão dos recursos hídricos.

A bacia do Rio Piracicaba como uma das regiões hídricas mais importantes de Minas Gerais, ou mesmo do Brasil, devido à sua relevância histórica, econômica, social, mas principalmente hidroambiental, constitui um dos melhores exemplos de territórios a se valerem dos benefícios de uma boa representação cartográfica.

O Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), um dos centros de pesquisa da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), em consonância com as funções do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba e a Agência de Bacia AGEDOCE e, em parceria com a Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI-Itabira), vem envidando esforços no sentido de caracterizar os mais diferentes cenários hidroambientais dessa bacia. Assim, desde 2018 essas duas instituições públicas de ensino e pesquisa já vêm interagindo, de forma a juntas poderem contribuir com suas forças de trabalho e expertises para o entendimento e adequadas representações cartográficas dessa bacia. Dessa forma, a partir de agosto de 2020 teve início um trabalho conjunto de elaboração de inúmeros mapas temáticos que ilustrassem os mais variados contextos dos recursos hídricos do Piracicaba, disponibilizando-se, assim, um importante instrumento gerencial para a bacia. Através de uma bolsa de Iniciação Científica (patrocinada pela CNEN), a graduanda de Geologia da UFMG, Mira Coeli Ribeiro Gomes, e seu orientador, o prof. Dr. Paulo César Horta Rodrigues, vêm elaborando diversos desses mapas temáticos.

Dos mais de 130 mapas gerados, então, no primeiro ano de bolsa, foram selecionados 49 que ilustrassem melhor as análises geoespaciais da bacia, ou seja, mapas que trouxessem informações mais analíticas do que meras caracterizações cartográficas desse hidroterritório.

A seguir serão apresentados, portanto, esses 49 mapas, os quais representam, cada um, a integração de várias informações, de maneira a focar algum detalhe específico, possibilitando uma avaliação mais direcionada para um contexto próprio.

Muitos desses produtos cartográficos objetivaram retratar os rios mais ameaçados perante os riscos causados pelas atividades extrativistas de minérios e suas mazelas. Os rios representam especificamente os recursos hídricos superficiais, os quais segundo a literatura técnico-científica especializada (MONTGOMERY, 2011) equivalem mundialmente em média a apenas 1/40 (um quarenta avos) dos recursos hídricos subterrâneos. Isso significa dizer que as águas armazenadas em aquíferos são em média quarenta vezes mais volumosas do que aquelas que nós, seres humanos, conseguimos observar com nossos olhos na superfície.

Essa gigantesca diferença entre volumes do visível e do não visível seria apenas um mero dado estatístico não fosse o reconhecimento que a águas superficiais – os rios, principalmente – nada mais são que uma dádiva das águas subterrâneas. Destrua o “habitat” dos recursos hídricos subterrâneos – os aquíferos – que os rios refletirão esse impacto em um futuro não muito distante.

Por essa razão, foram também elaborados mapas exclusivos para ilustrarem a conjuntura desse panorama subterrâneo: de forma indissociável os aquíferos dependem da preservação das áreas de recarga hídrica – palco geomorfológico onde ocorre a infiltração das águas das chuvas, da qual em última análise, então, dependerão os rios. Não é à toa que tanto o antigo como o novo Código Florestal brasileiros dão destaque à proteção aos topos de morro (áreas de recarga hídrica) da mesma forma que dão ao entorno das nascentes e às margens de rios, enquadrando todos na categoria de Área de Preservação Permanente (APP).

Em especial, destacam-se aqui dois mapas analíticos que evidenciam as regiões de recarga hídrica: o primeiro mapa ilustra as áreas de recarga hídrica potencial, tomando-se como base apenas a situação altimétrica relativa das elevações - mapa da Relevância Hierarquizada das Zonas Potenciais de Recarga Hídrica. Já o segundo mapa ilustra uma análise multicritérios das características hidroambientais que também influenciam na hierarquia desses terrenos: (1) Uso e Cobertura da Terra; (2) Relevância Hierarquizada das Zonas Potenciais de Recarga Hídrica; (3) Declividade; (4) Relevância Hídrica das litologias; (5) Geologia Estrutural e; (6) Pluviometria. Esse é o mapa final com a Relevância Integrada das Zonas de Recarga Hídrica.

Em que pese a relevância dos topos de morro poder variar substancialmente, a partir da metodologia usada, em função dos limites cartográficos assumidos na análise da bacia ou suas sub-bacias hidrográficas, pode-se depreender que são as regiões da **Serra do Gandarela** e o **entorno da Serra do Caraça** que assumem o contexto hidroambiental mais relevante como áreas de recarga hídrica para a bacia do Rio Piracicaba como um todo. Essas regiões, então, indubitavelmente representam os territórios prioritários para a preservação da saúde tanto quantitativa como qualitativa de toda a bacia do Rio Piracicaba.

Também de destaque representam os mapas com os dados de Outorgas de Direito de Uso das Águas. Os dados originais foram disponibilizados pelo prof. Dr. José Augusto C. Gonçalves (UNIFEI-Itabira), a partir de consulta ao banco de dados do SIAM e da FEAM (relativos aos processos no IGAM). Não obstante a grande quantidade de dados georreferenciados conflitantes com os respectivos dados tabulares, assumiram-se as coordenadas informadas no banco de dados como soberanas, mesmo no caso dos dados de município e de bacia hidrográfica pertencentes estarem em inconformidade.

Ressalta-se ainda que os limites assumidos para a bacia do Rio Piracicaba nesses mapas referem-se aos limites hidrográficos em si e não àqueles constantes nas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH), uma vez que para alguns estudos hidroambientais o uso desses limites gerenciais causariam distorções significativas nos resultados estatísticos nas análises geoespaciais.

Não por último salienta-se que as abrangências cartográficas dos mapas apresentados variam em função da contextualização das regiões vizinhas a serem ilustradas (por vezes limitando-se somente à bacia do Piracicaba; por vezes, estendendo-se para os limites de todos os municípios pertencentes total ou parcialmente à bacia).

Os textos explicativos dos mapas são apresentados, respectivamente, na sequência dos blocos cartográficos.



11.1 PARTE 1 - Panoramas Introdutórios - Mapas Geopolíticos

Figura 11.1 – Rios principais e municípios da bacia do Rio Piracicaba.

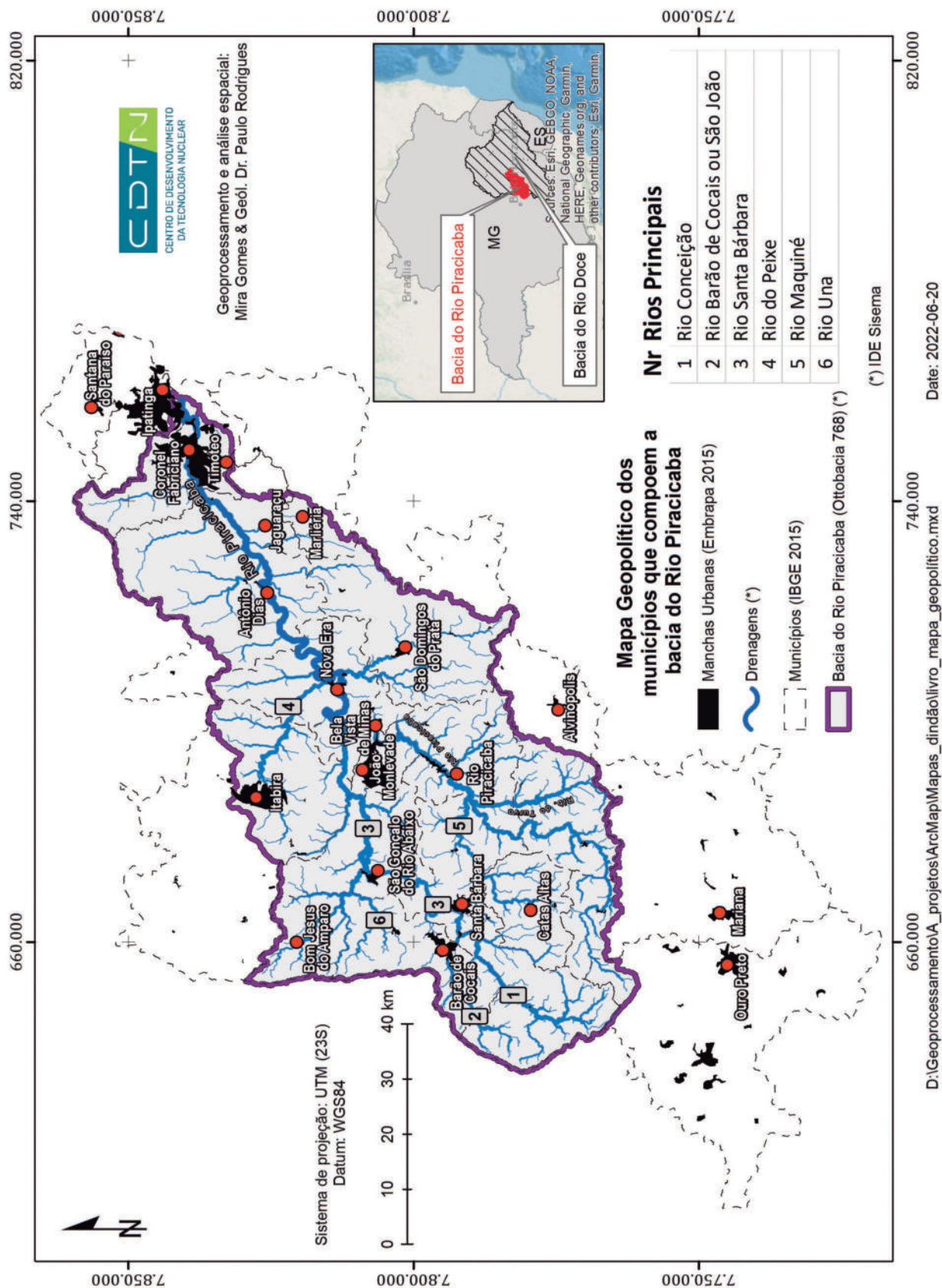


Figura 11.2 - Hipsometria e municípios da bacia do Rio Piracicaba.

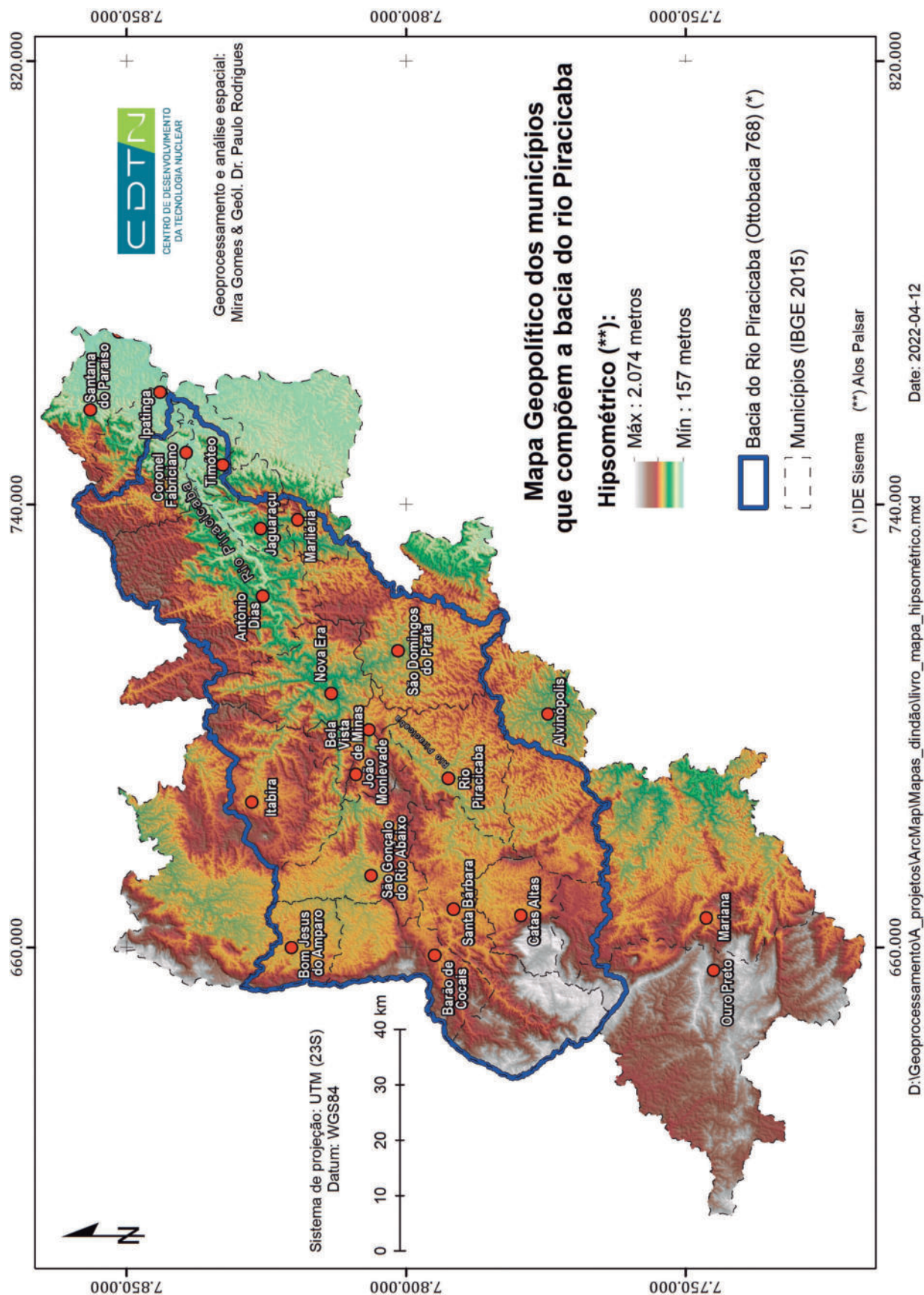
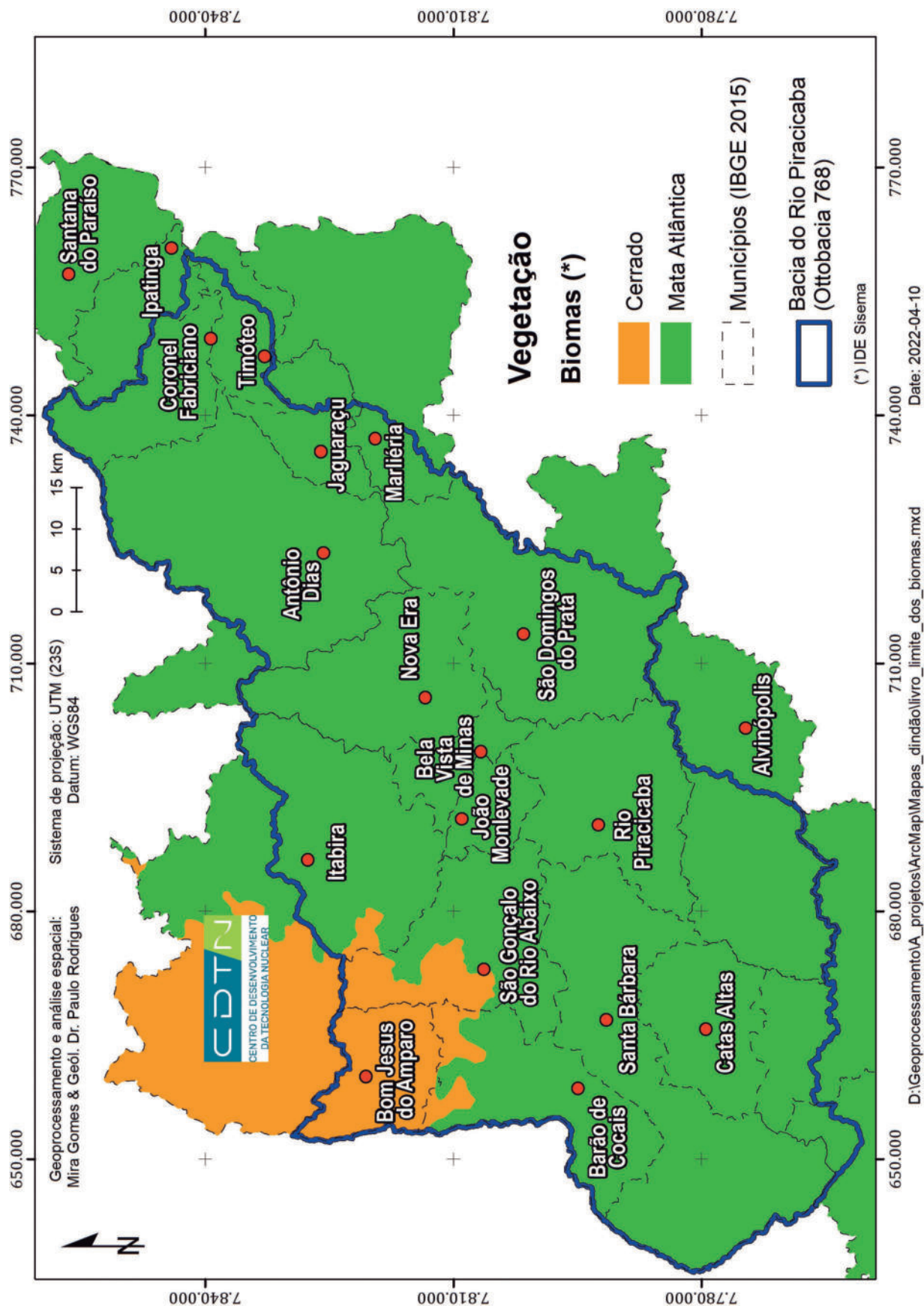


Figura 11.3 – Biomas e municípios da bacia do Rio Piracicaba.



Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

11.1.1 PARTE 1 – Panoramas Introdutórios/Mapas Geopolíticos (legendas explicativas)

Figura 11.1 - Rios principais e municípios da bacia do Rio Piracicaba - Além dos rios principais, o mapa explicita que alguns municípios participam apenas parcialmente da bacia do Piracicaba (inclusive com algumas sedes municipais fora da própria bacia), enquanto outros estão totalmente nela inseridos.

Figura 11.2 - Hipsometria sobre relevo sombreado e municípios - Os dados hipsométricos sobre relevo sombreado auxiliam na percepção da geomorfologia do terreno (altitudes e rugosidade). As áreas na tonalidade cinza esbranquiçada dentro da bacia do Piracicaba destacam a Serra do Caraça e o sinclinal Gandarela (incluindo a serra homônima) por constituírem os terrenos mais elevados de toda a bacia, ou seja, os candidatos com maior potencialidade para atuarem como as principais Zonas de Recarga Hídrica.

Figura 11.3 - Biomas e municípios - Mapa ilustrando que o bioma mais presente na bacia é o da Mata Atlântica (no IDE-SISEMA essa base se encontra no item Vegetação), seguido do Cerrado.

Figura 11.4 - Mata Atlântica em reserva particular na divisa de Santa Bárbara e Rio Acima.



Crédito: *Tribuna do Piracicaba- A Voz do Rio, 2019 - Geraldo Magela Gonçalves "Dindão".*

11.2 PARTE 2 - Mapas das Contextualizações Regionais

Figura 11.5 - Restrição Ambiental (Áreas prioritárias).

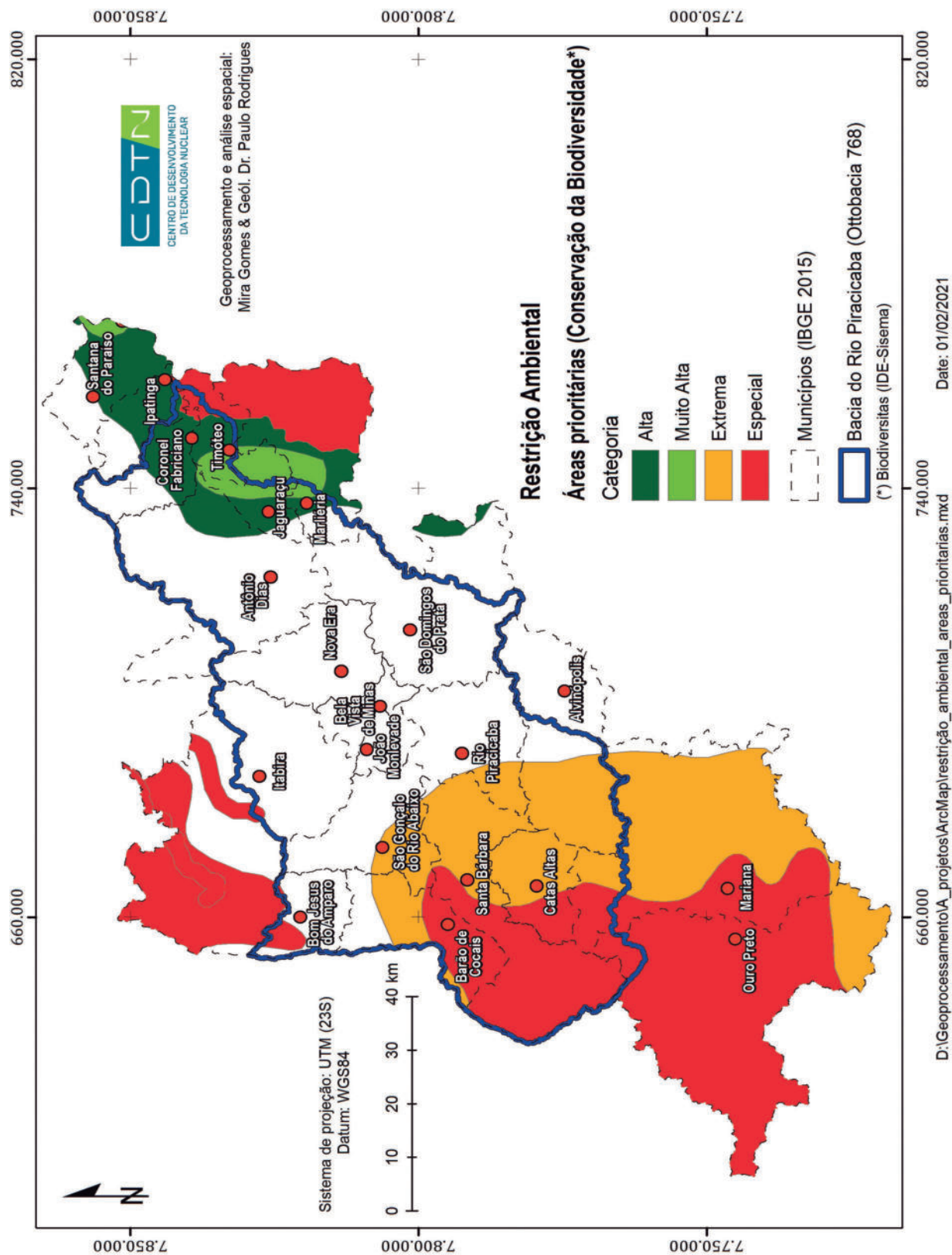


Figura 11.6 - Restrição Ambiental (Cavidades).

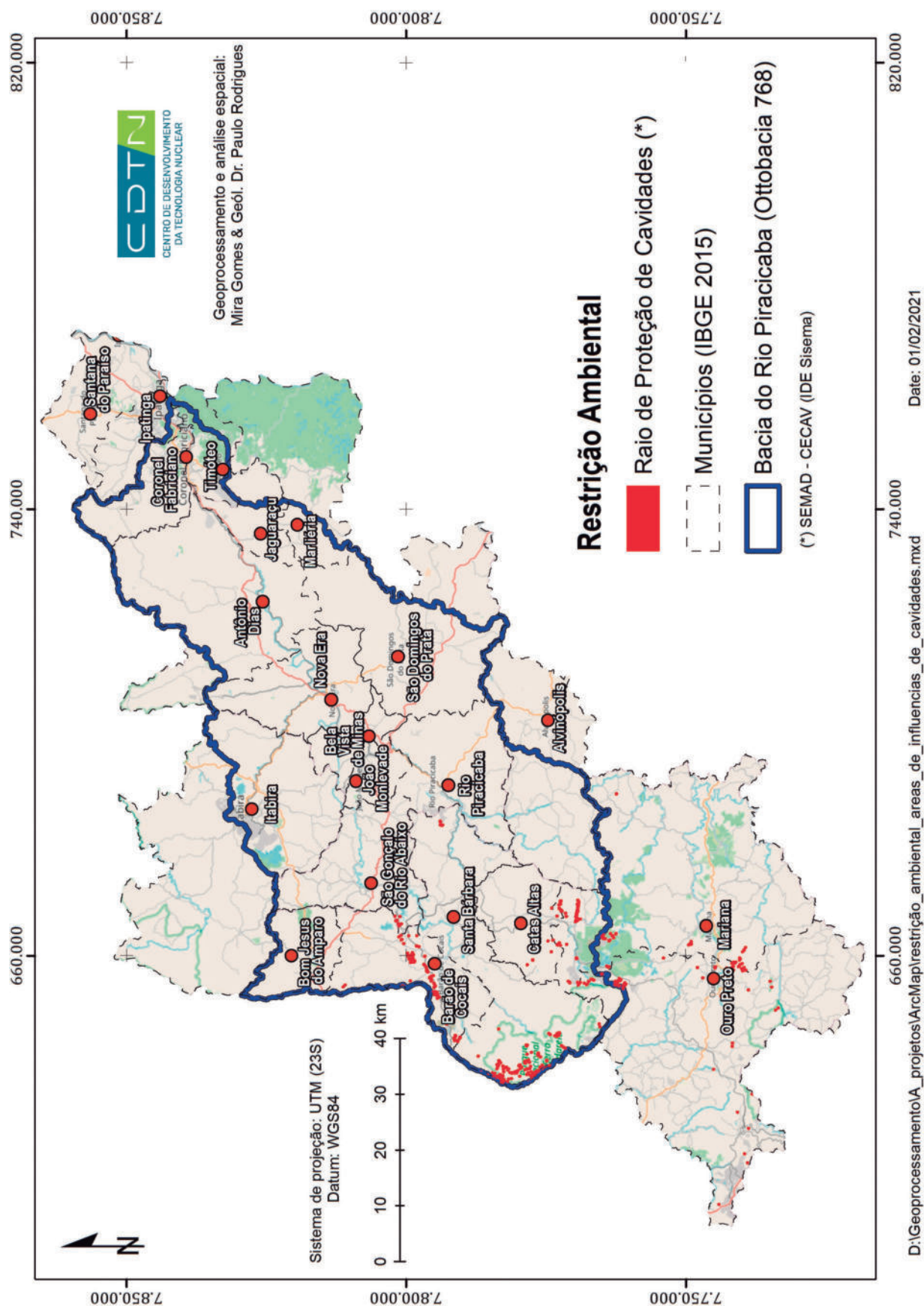


Figura 11.7 - Restrição Ambiental (Reservas da Biosfera - Mata Atlântica).

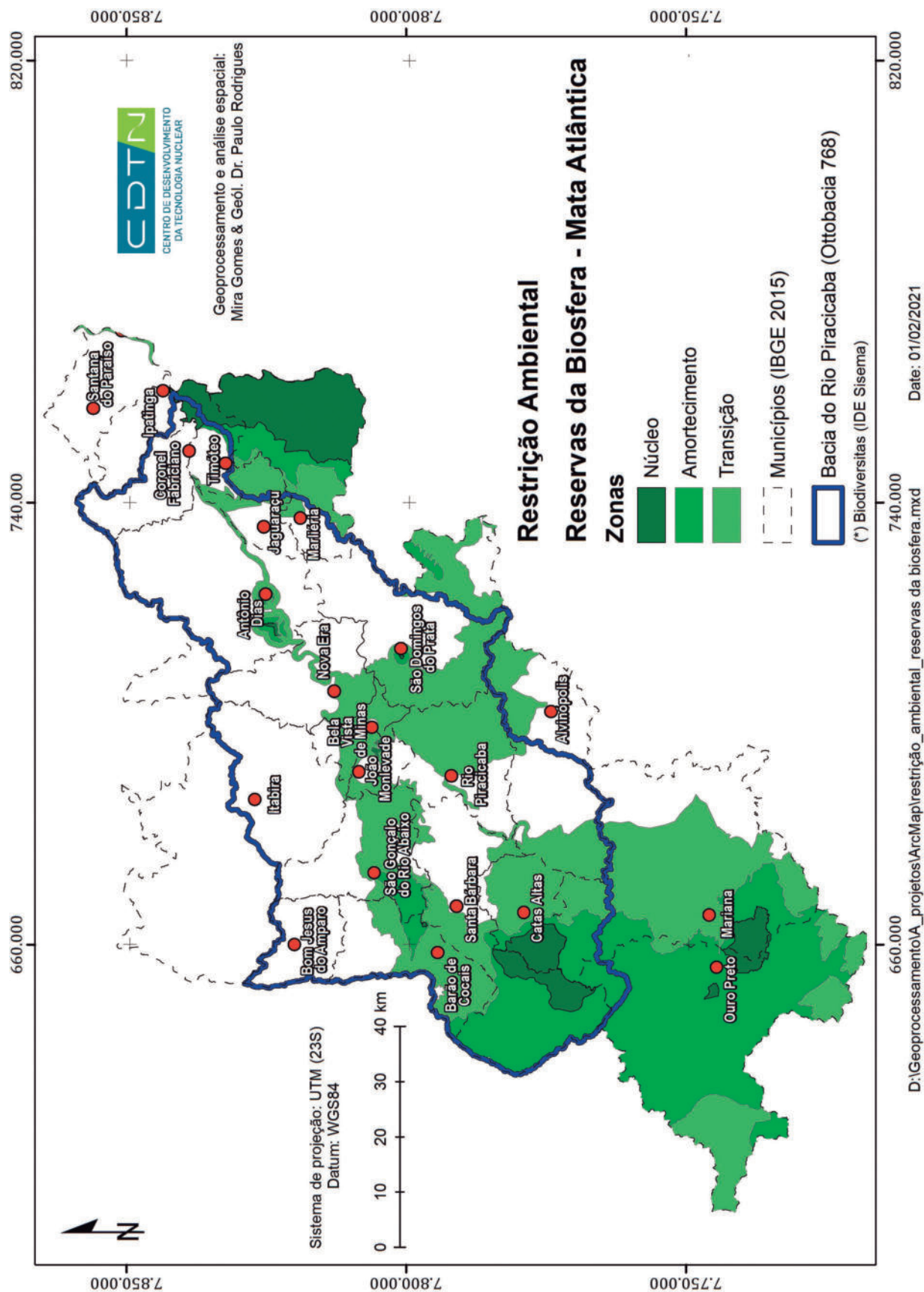
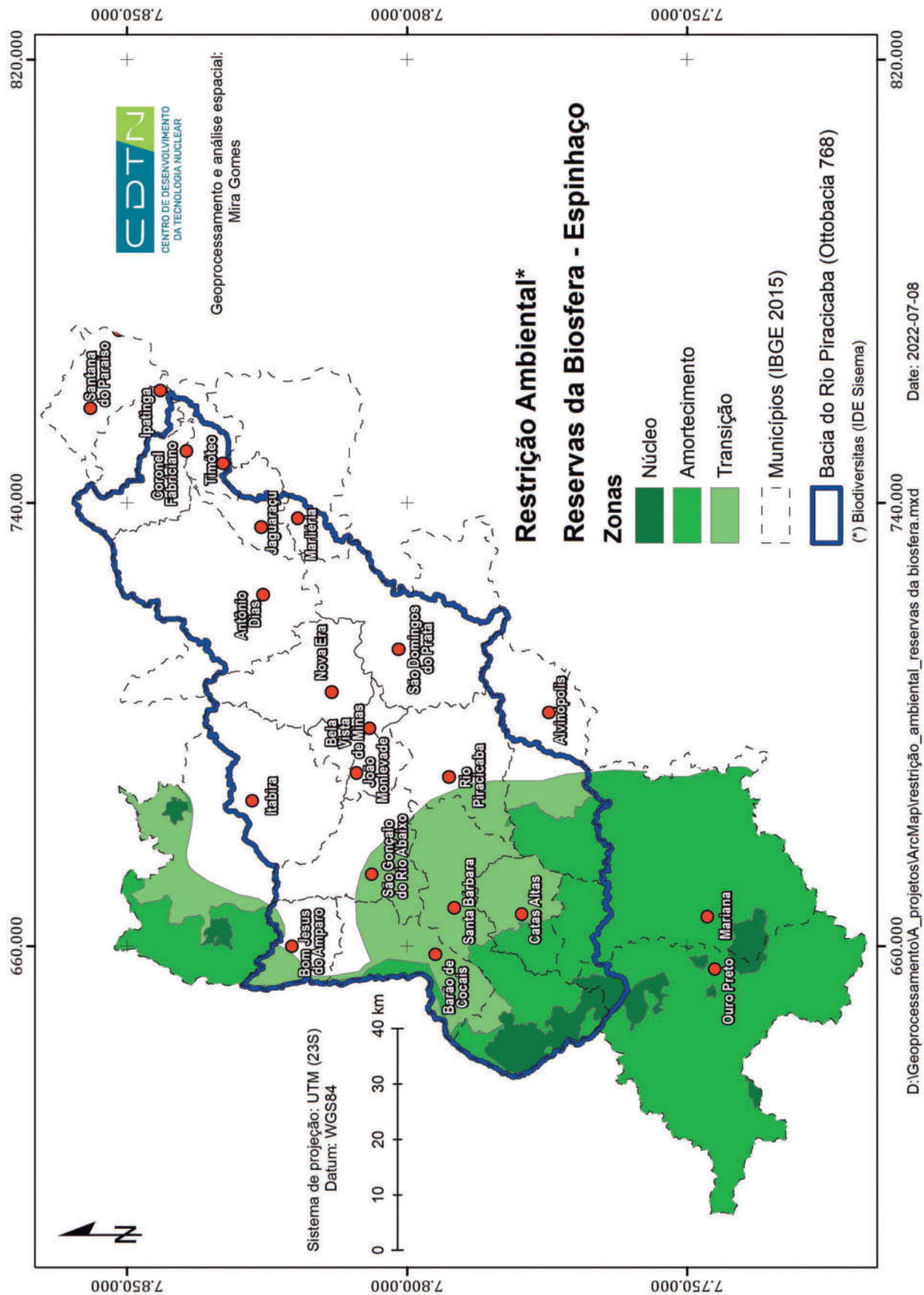
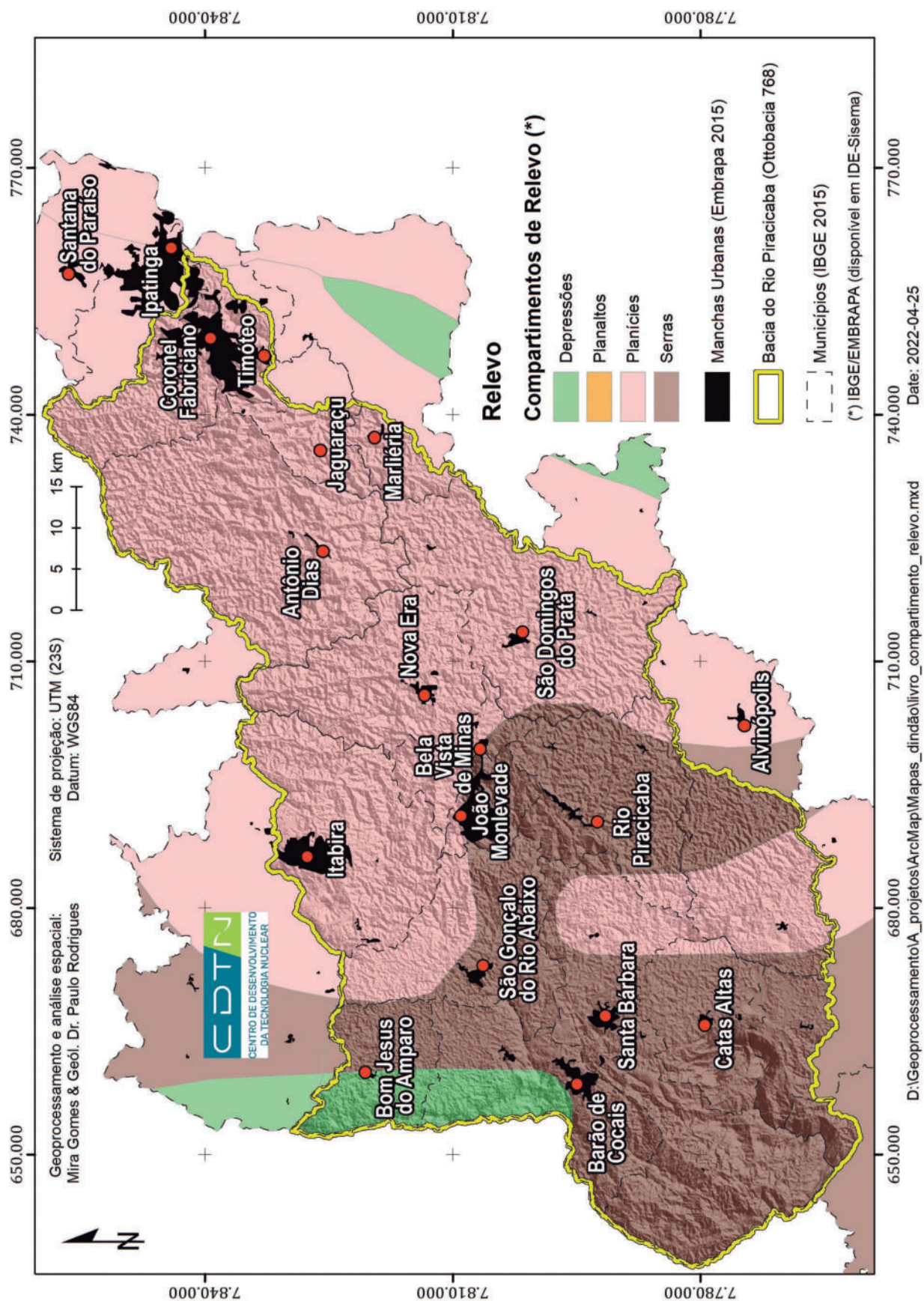


Figura 11.8 - Restrição Ambiental (Reservas da Biosfera - Espinhaço).



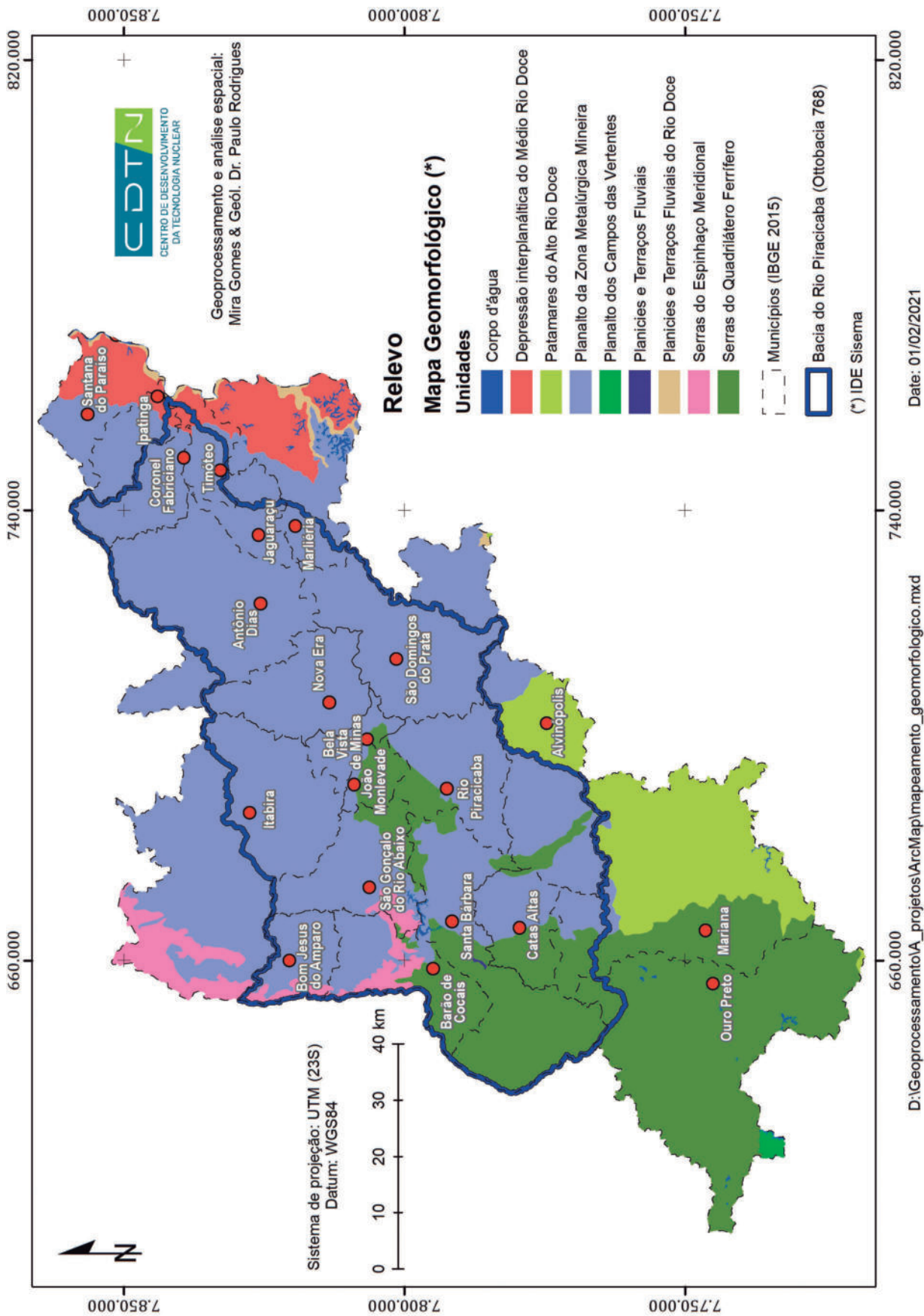
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.9 - Relevo (Compartimentos).



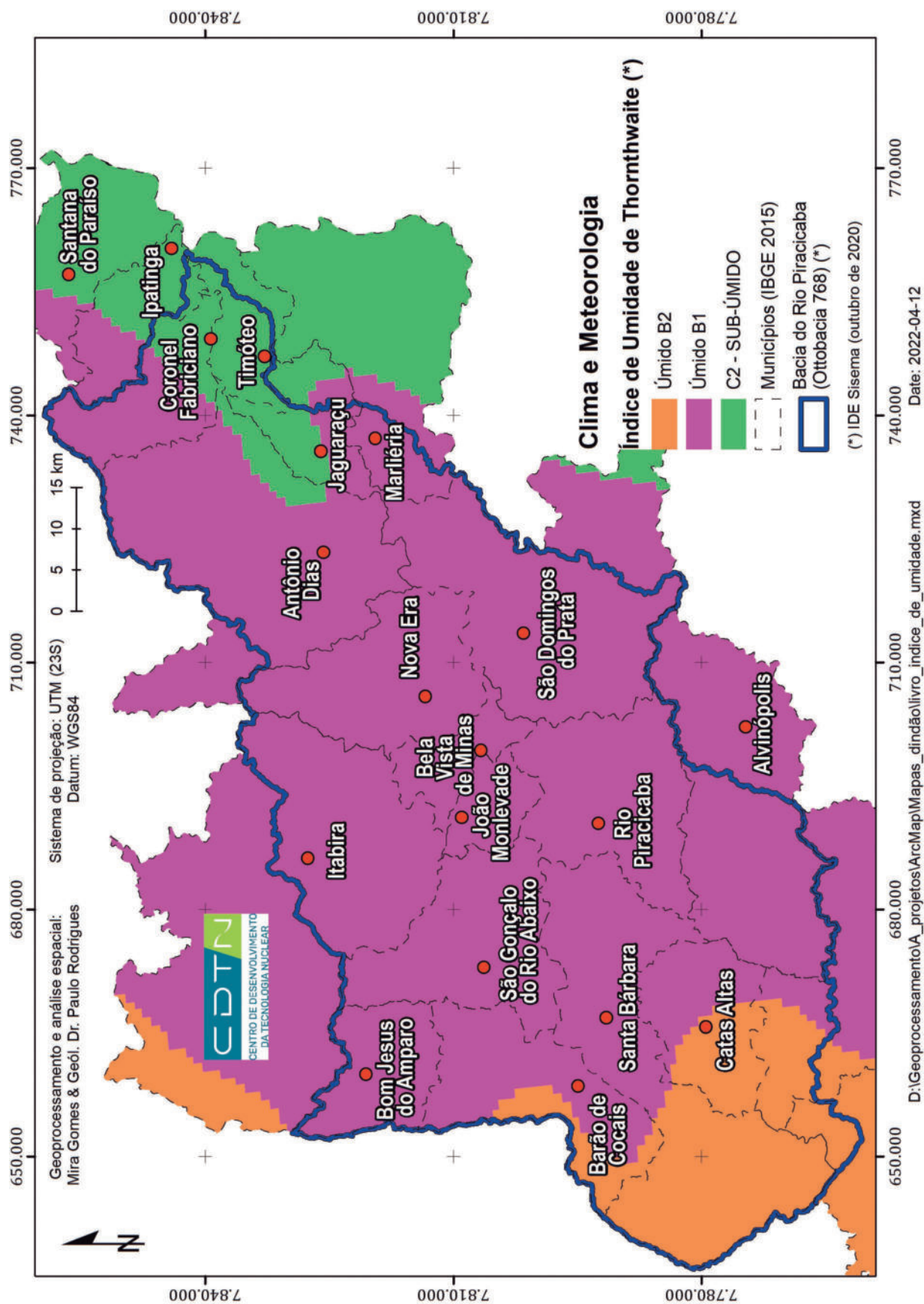
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.10 - Relevo (Unidades Geomorfológicas).



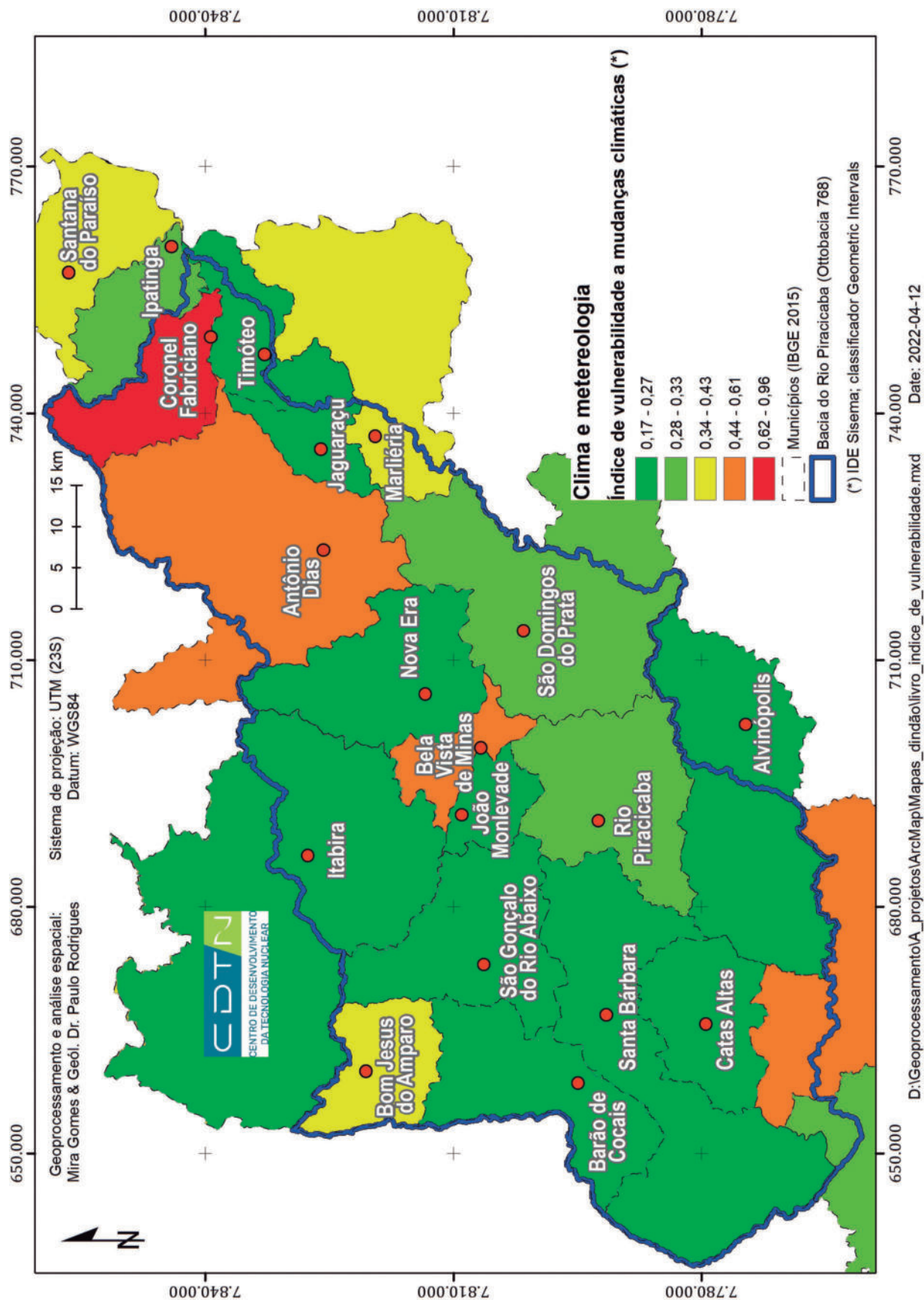
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 10.11 - Clima e Meteorologia (Índice de Umidade de Thornthwaite).



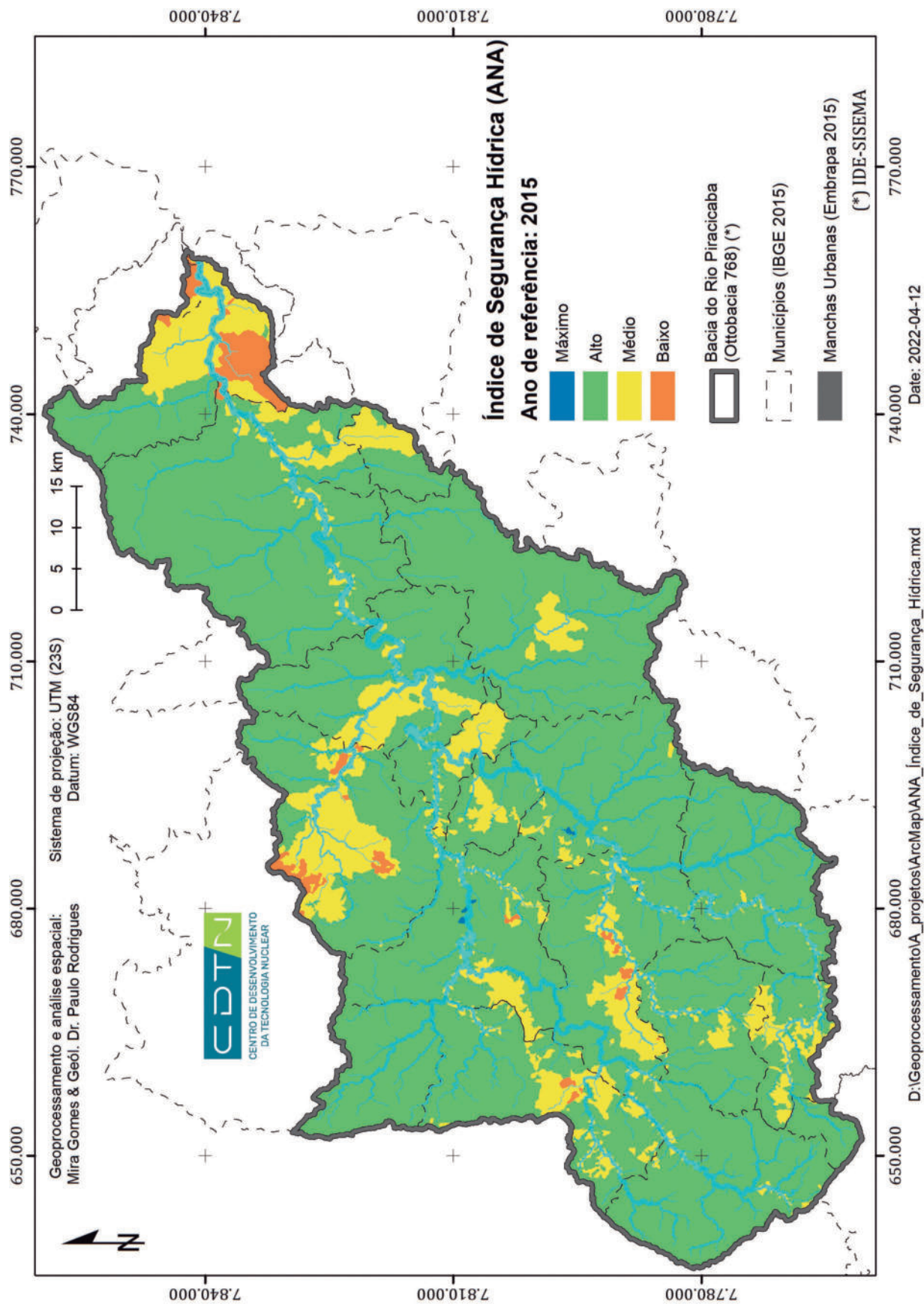
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.12 - Clima e Meteorologia (Índice de Vulnerabilidade a Mudanças Climáticas).



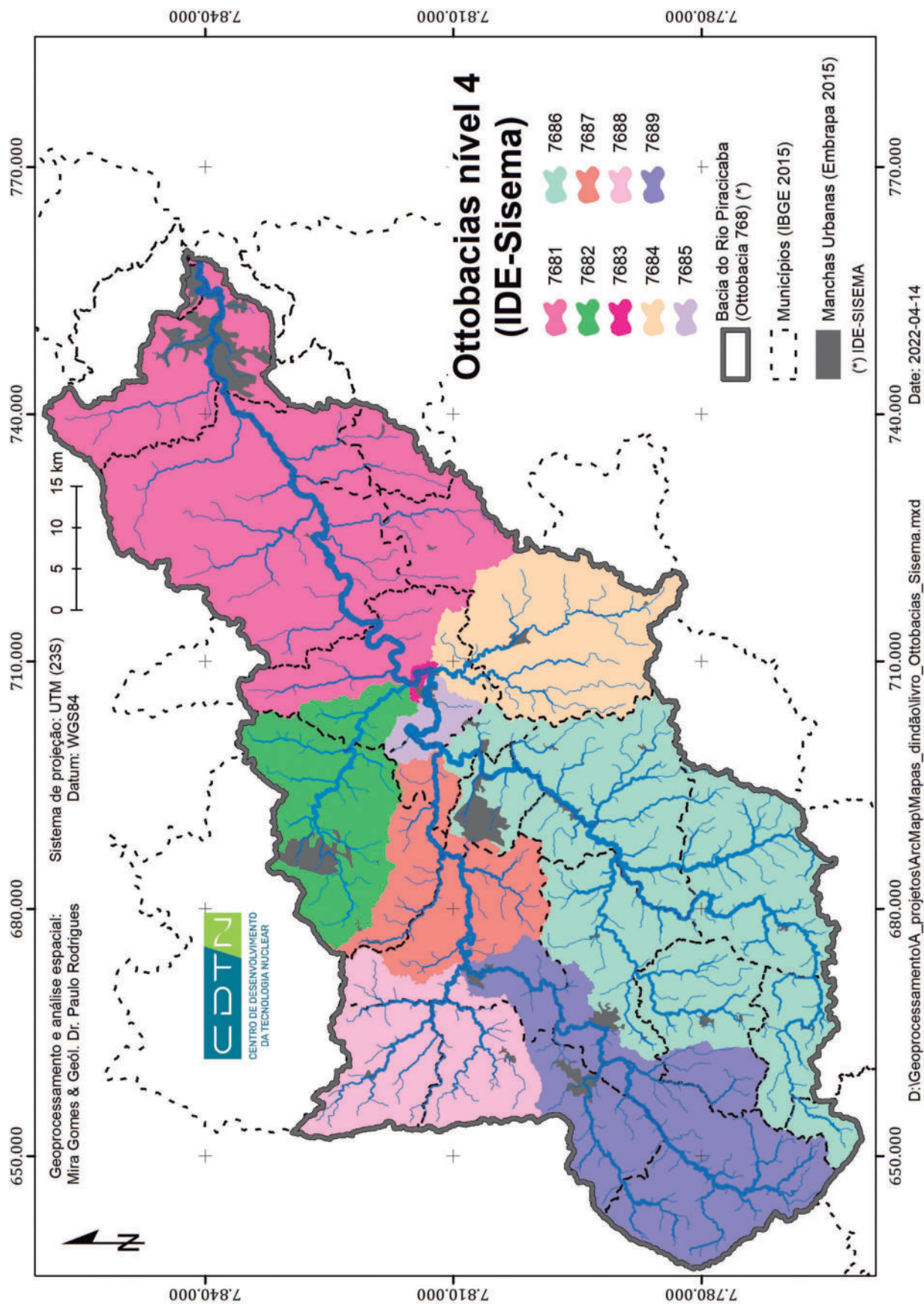
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.13 - Índice de Segurança Hídrica (2015).



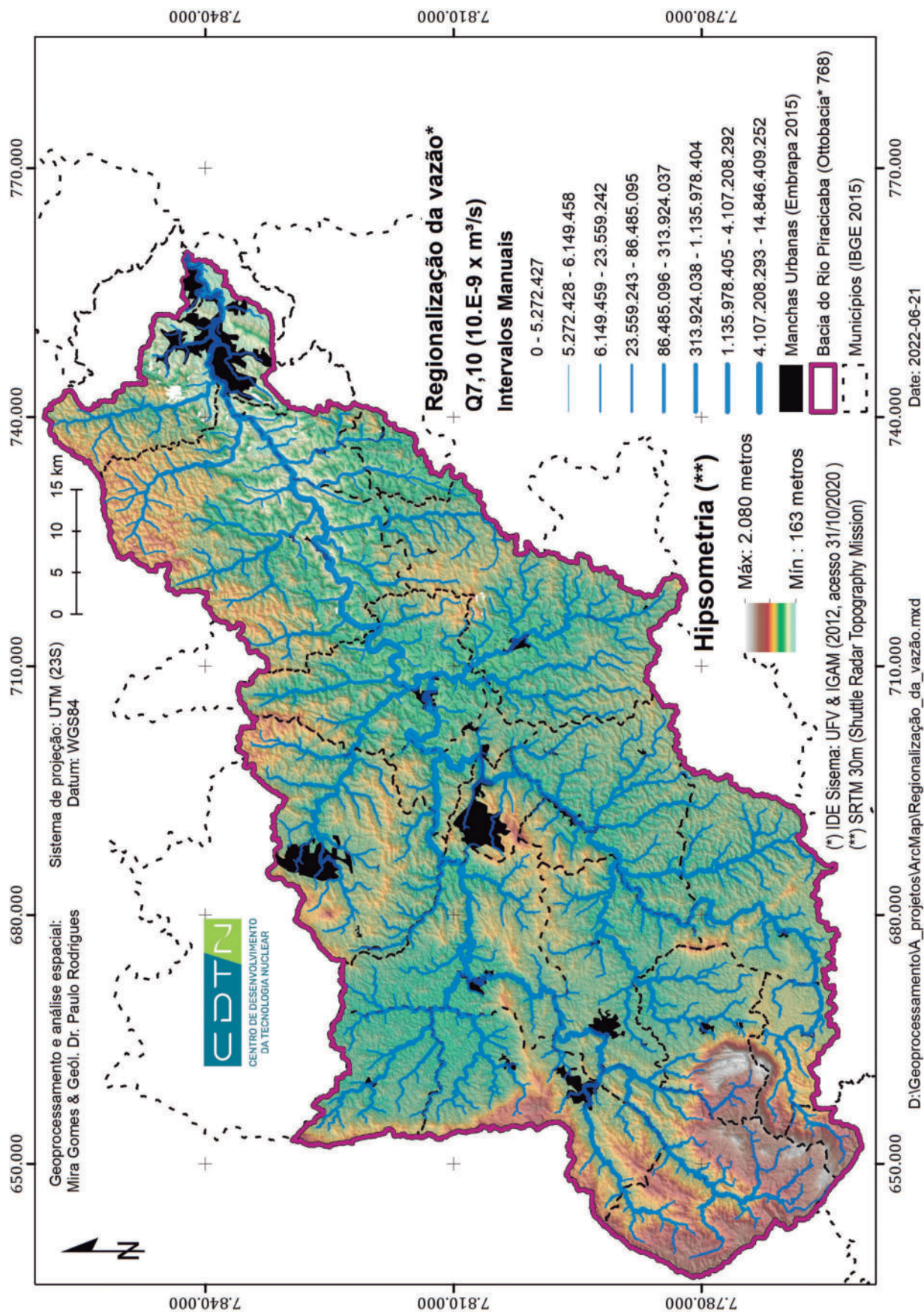
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.14 - Ottobacias - nível 4.



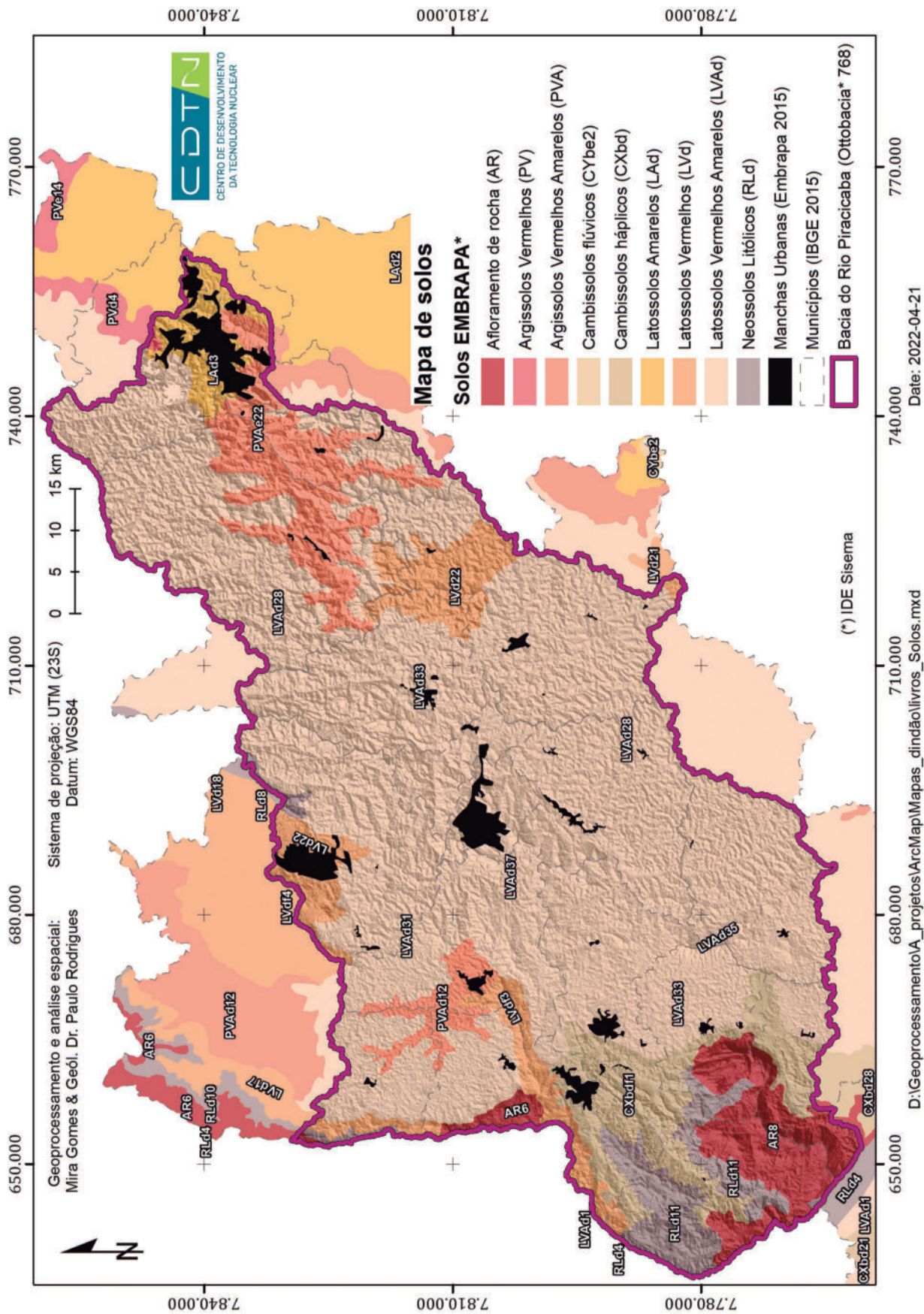
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.15 - Regionalização da vazão.



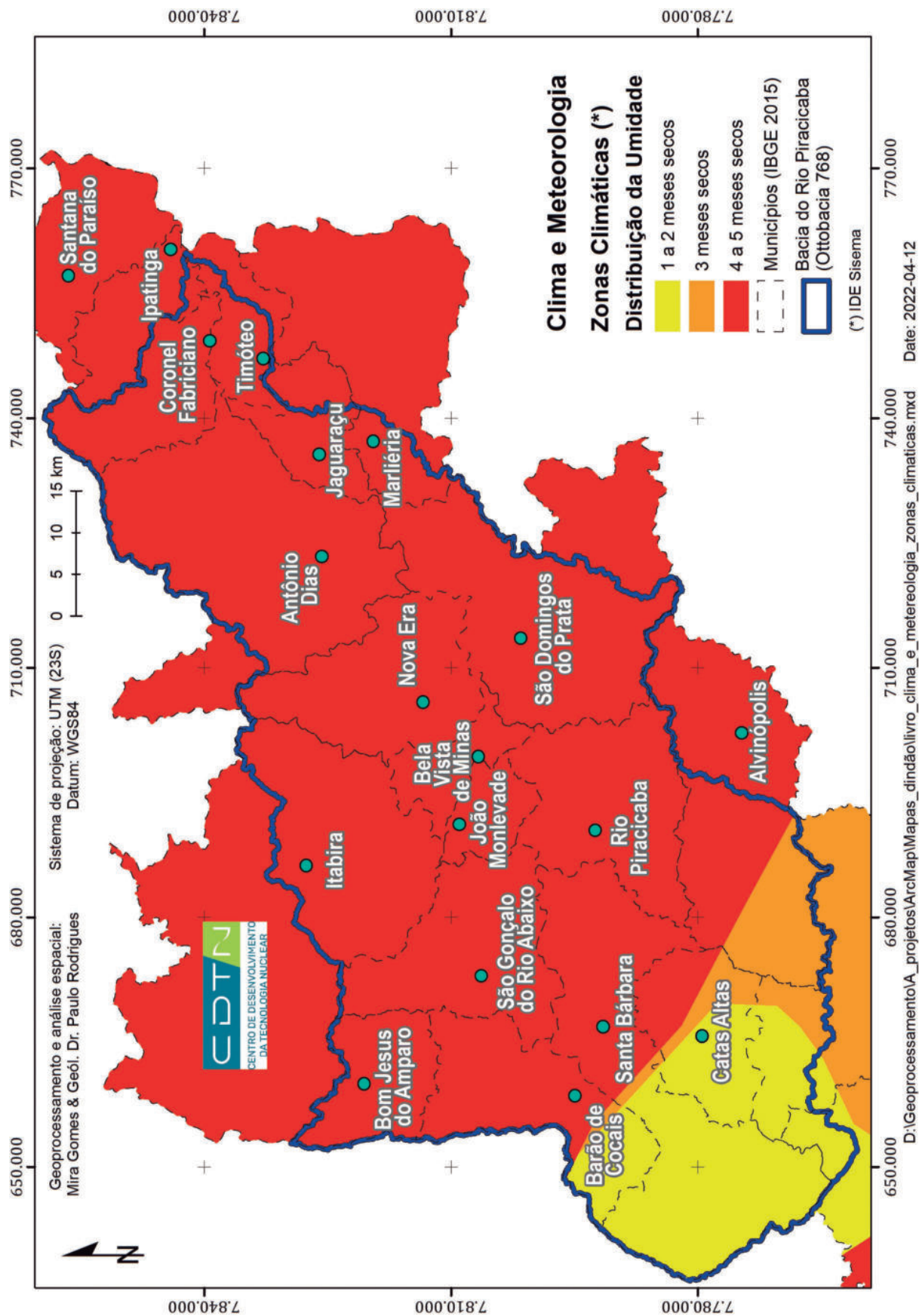
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.16 - Solos.



Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.17 - Clima e Meteorologia (Zonas Climáticas).



Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

11.2.1 PARTE 2 – Mapas das Contextualizações Regionais (legendas explicativas)

Figura 11.5 - Restrição Ambiental (Áreas prioritárias para Conservação da Biodiversidade) - A região do Alto Piracicaba configura a mais relevante da bacia, seguida da região do Baixo Piracicaba.

Figura 11.6 - Restrição Ambiental (Raio de Proteção de Cavidades) - As regiões com adensamentos de pontos vermelhos (círculos com raio de 250 metros ao redor das localizações pontuais das cavernas – raio de proteção legal) devem ser prioridade nas políticas ambientais de restrição a empreendimentos.

Figura 11.7 - Restrição Ambiental (Reservas da Biosfera - Zonas da Mata Atlântica) – vide abaixo.

Figura 11.8 – Restrição Ambiental (Reservas da Biosfera 4 - Zonas do Espinhaço) - Esses dois mapas mostram que as regiões da Reserva Particular do Patrimônio Natural da Serra do Caraça e do Parque Nacional da Serra do Gandarela são reconhecidas como áreas núcleo de alta relevância para Reservas da Biosfera e, como tais, devem ser prioridade nas políticas ambientais de restrição a empreendimentos impactantes.

Figura 11.9 - Compartimentos de Relevo - Esse mapa ilustra agrupamentos de elementos naturais a partir do relevo.

Figura 11.10 - Unidades Geomorfológicas - Esse mapa ilustra as subdivisões geomorfológicas da bacia, incluindo os municípios que parcialmente a integram. A origem e a estrutura das formas de relevo, a natureza das rochas, o clima e fatores endógenos e exógenos são fatores preponderantes no reconhecimento das unidades geomorfológicas.

Figura 11.11 - Índice de Umidade (Thornthwaite) - Mapa que subdivide a bacia de acordo com menor/maior índice de umidade. Nesse caso comprova-se a relevância das regiões das Serras do Gandarela e do Caraça como fundamentais para as zonas de recarga hídrica do território.

Figura 11.12 - Índice de Vulnerabilidade a mudanças climáticas - Esse mapa ilustra as classes dos índices por município.

Figura 11.13 - Índice de Segurança Hídrica (ANA) - Regiões em amarelo e laranja indicam territórios que mais poderão sofrer com falta de água se não houver prioridade na preservação das regiões armazenadoras de água (zonas de recarga hídrica).

Figura 11.14 - Ottobacias - Nível 4 - Mapa indicativo dos códigos das sub-regiões hídricas do Piracicaba; essa codificação segue uma padronização nacional e auxilia muito na identificação dos hidroterritórios, já que existem inúmeras bacias homônimas, dificultando seu gerenciamento. Existem códigos mais detalhados, os quais são fundamentais quando das análises mais locais. As ottobacias não necessariamente coincidem com a nomenclatura das bacias hidrográficas. No caso da bacia do Rio Piracicaba, a ottobacia que a circunscreve é a 768 (nível 3 da ottocodificação). E para as suas sub-bacias principais utiliza-se o nível 4.

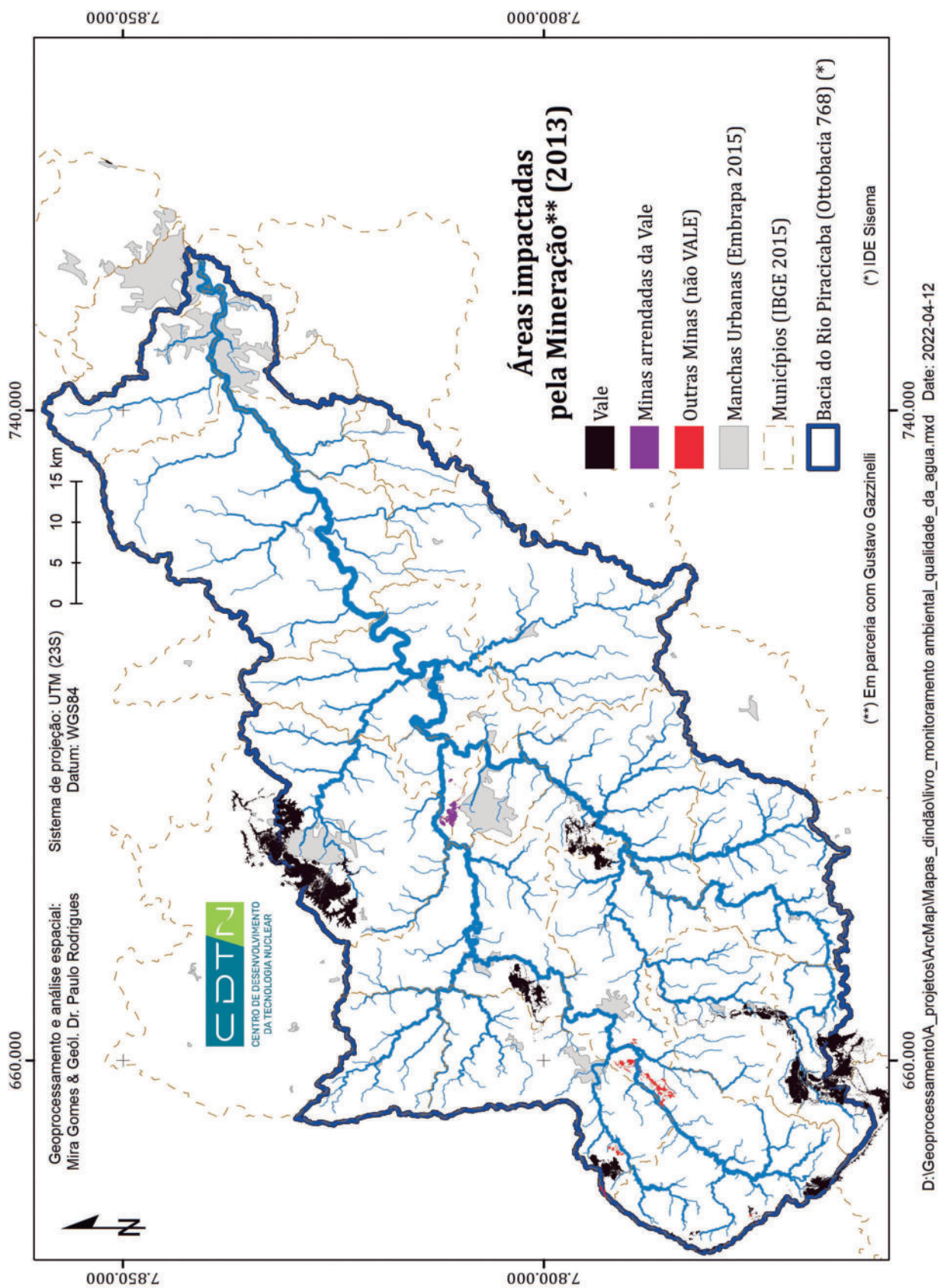
Figura 11.15 - Regionalização da Vazão de Rios - Nesse mapa a largura dos rios é diretamente proporcional ao cálculo das vazões teóricas ($Q_{7,10}$) dos rios. Esses cálculos seguiram metodologia técnica específica a partir das medições efetivas em alguns trechos e contextualizadas para todo o território.

Figura 11.16 - Solos - O mapa de solos auxilia na identificação das características do solo, colaborando nas decisões de uso e manejo da terra (aptidões agrícolas, por exemplo). No mapa estão representadas somente as cores das grandes classes pedológicas, mas são indicadas cartograficamente também algumas regiões com as siglas das suas subclasses.

Figura 11.17 - Zonas Climáticas/Distribuição de Umidade (Clima e Meteorologia) - Esse mapa indica que exatamente nas áreas mais importantes de recarga hídrica explicitadas no mapa hipsométrico (sobre relevo sombreado) é onde menos se tem meses secos, ou seja, são as regiões mais prodigiosas em chuvas - uma coincidência de grande relevância que demanda alta prioridade nas políticas de preservação hidroambiental.

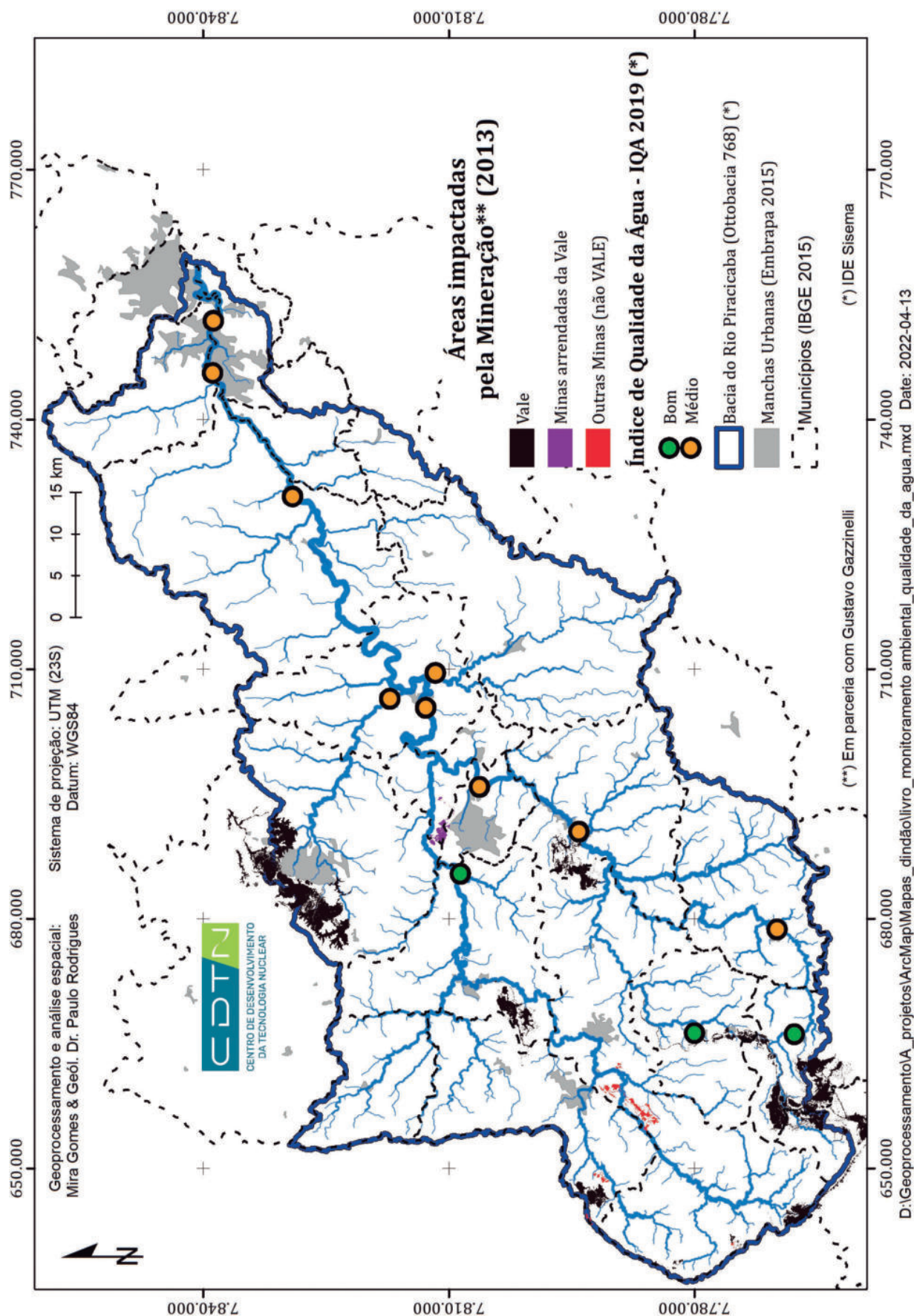
11.3 PARTE 3 - Mapas de Impactos Antrópicos (Áreas Mineradas)

Figura 11.18 - Áreas impactadas pela mineração (2013).



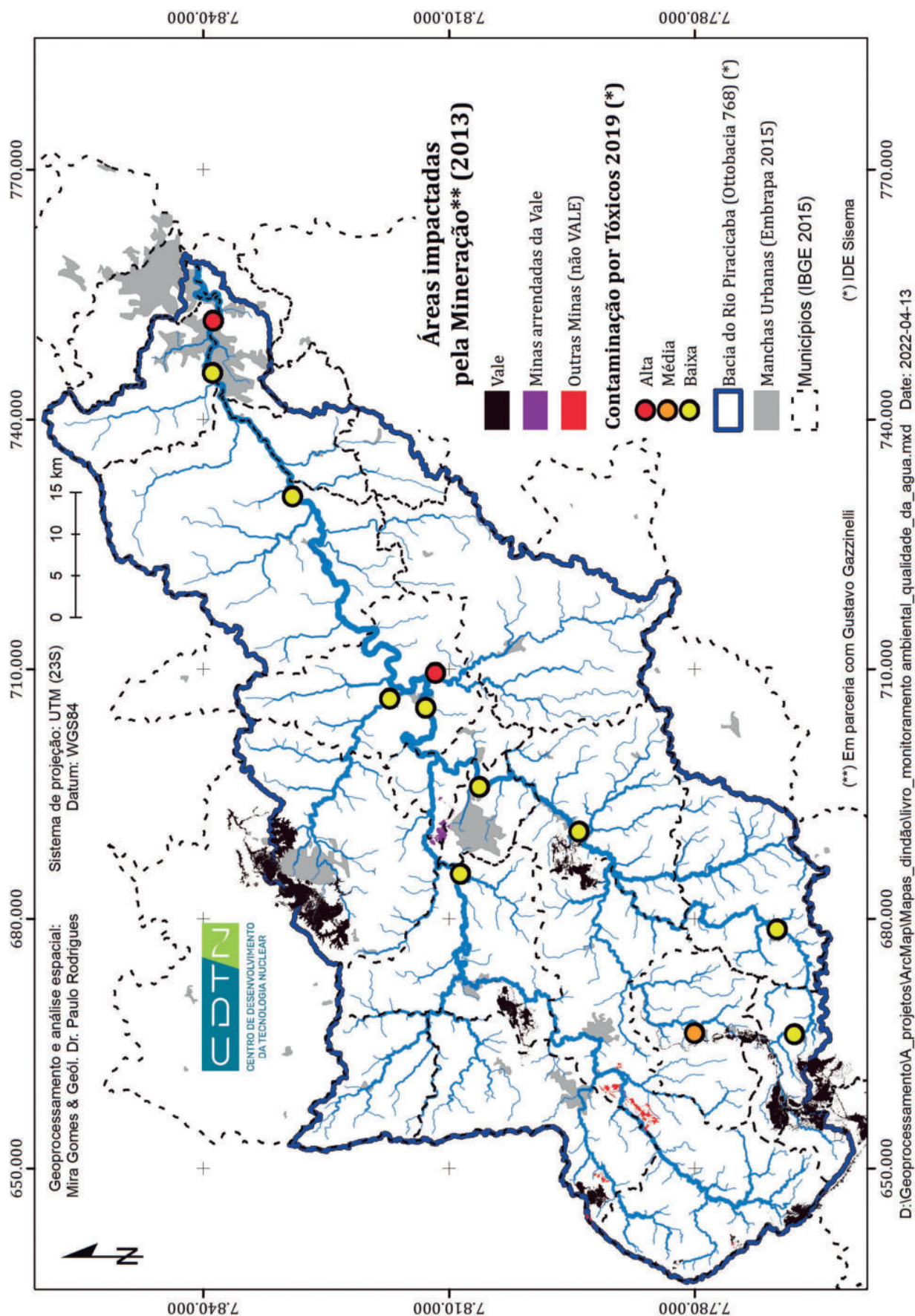
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.19 - Áreas impactadas pela mineração (2013) e Índice de Qualidade da Água (2019).



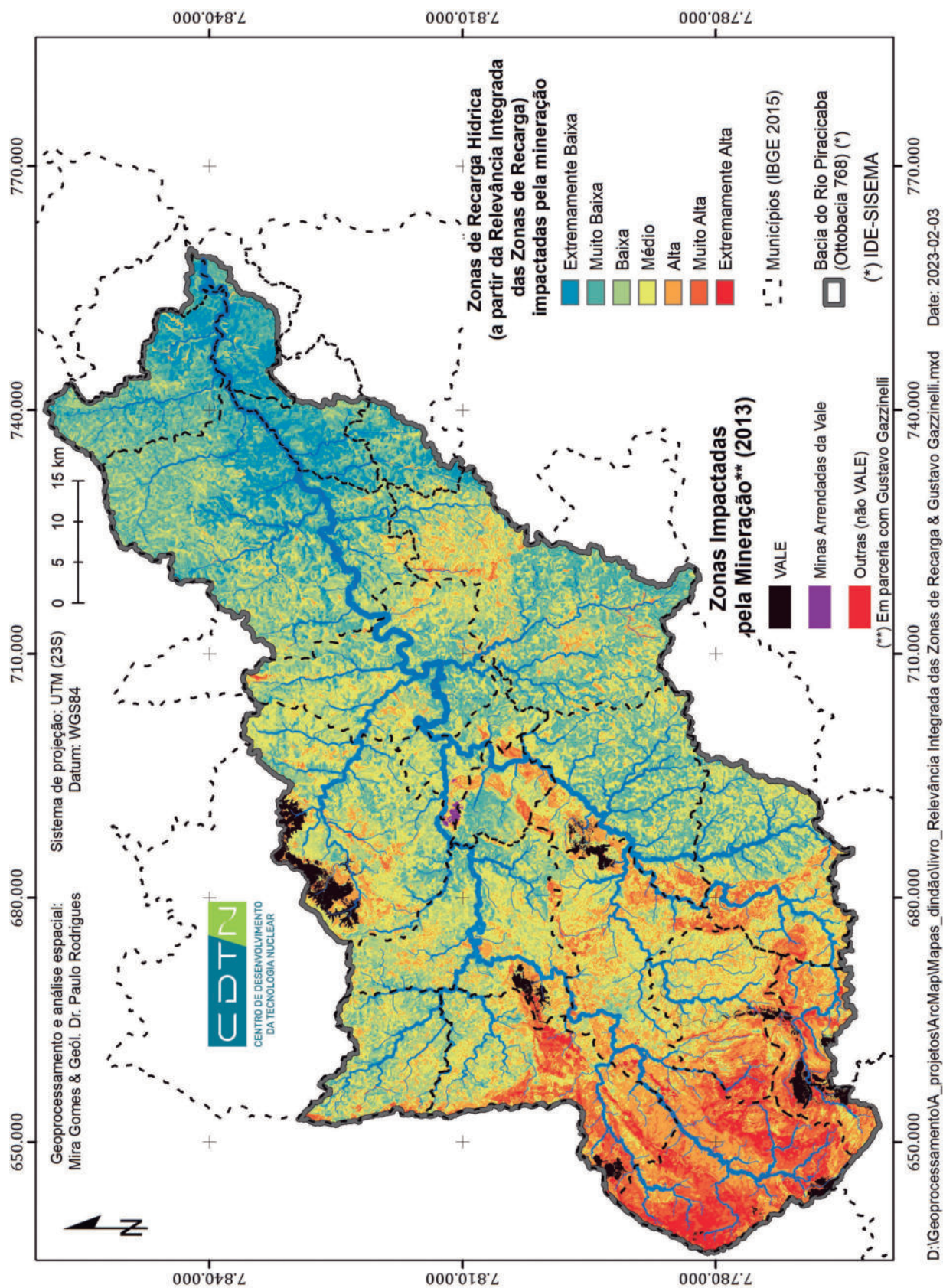
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.20 - Áreas impactadas pela mineração (2013) e Contaminação por Tóxicos (2019).



Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.21 - Áreas impactadas pela mineração e as Zonas (Potenciais) de Recarga Hídrica (Relevância Integrada).



Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

11.3.1 PARTE 3 – Mapas dos Impactos Antrópicos/Áreas Mineradas (legendas explicativas)

Figura 11.18 - Áreas já impactadas pela mineração (2013) - Esse mapa ilustra as áreas já impactadas pela mineração (via reconhecimento visual no Google Earth em 2013 – parceria com Gustavo Gazzinelli) na bacia e no seu entorno imediato. Esse cenário será mostrado também nos mapas seguintes, de forma a possibilitar o reconhecimento de eventuais relações entre as áreas impactadas pela mineração e os parâmetros físico-químicos de alguns pontos de rios.

Figura 11.19 - Áreas já impactadas pela mineração (2013) e o IQA (2019) - Esse mapa ilustra a relação entre as áreas já impactadas pela mineração (via reconhecimento visual no Google Earth para 2013 - parceria com Gustavo Gazzinelli) e o IQA (Índice de Qualidade das Águas - desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento) em 2019 para alguns pontos dos rios. Os parâmetros utilizados no seu cálculo são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

Figura 11.20 - Áreas já impactadas pela mineração (2013) e o CT (2019) - Esse mapa ilustra a relação entre as áreas já impactadas pela mineração (via reconhecimento visual no Google Earth para 2013 – parceria com Gustavo Gazzinelli) e os pontos de CT (Contaminação por Tóxicos) monitorados nos mesmos locais do mapa anterior (relativos a 2019).

Figura 11.21 - Áreas já impactadas pela mineração (2013) e Relevância Integrada das Zonas de Recarga Hídrica - Esse mapa ilustra a relação entre as áreas já impactadas pela mineração (via reconhecimento visual no Google Earth para 2013 – parceria com Gustavo Gazzinelli) e as classes da Relevância Integrada das Zonas (potenciais) de Recarga Hídrica (mapa da Figura 44), conforme metodologia descrita em Gomes e Rodrigues (2021). O mapa evidencia que as áreas impactadas por mineração se localizam principalmente em Zonas de Recarga Hídrica potenciais com Relevância Integrada nas categorias Média, Alta e Muito Alta.

11.4 PARTE 4 - Mapas das Drenagens Ameaçadas

Figura 11.22 - Drenagens ameaçadas por Barragens (ANA/Criticidade/2019).

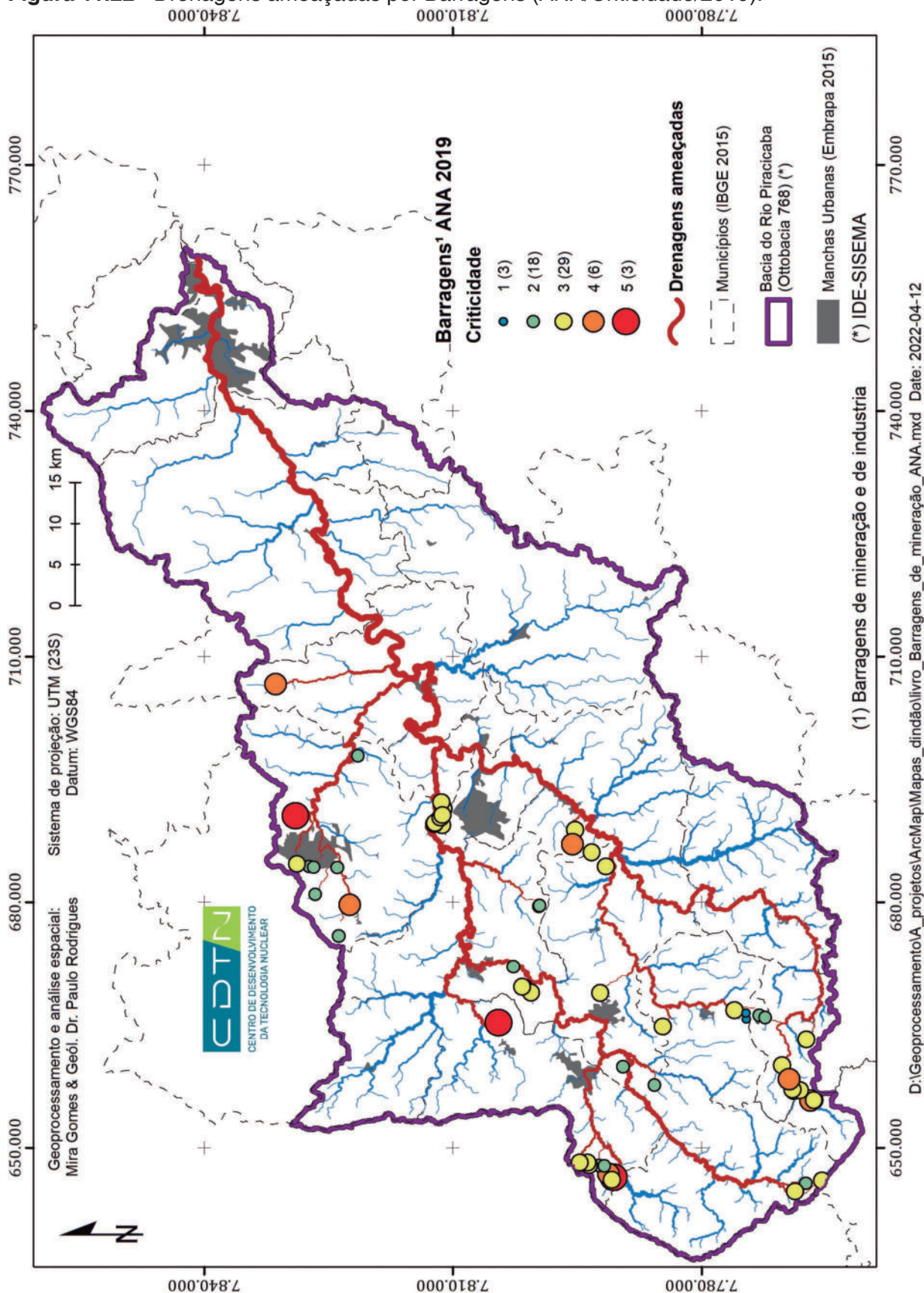


Figura 11.23 - Drenagens ameaçadas por Barragens não revisadas (ANA/Revisão Periódica/2019).

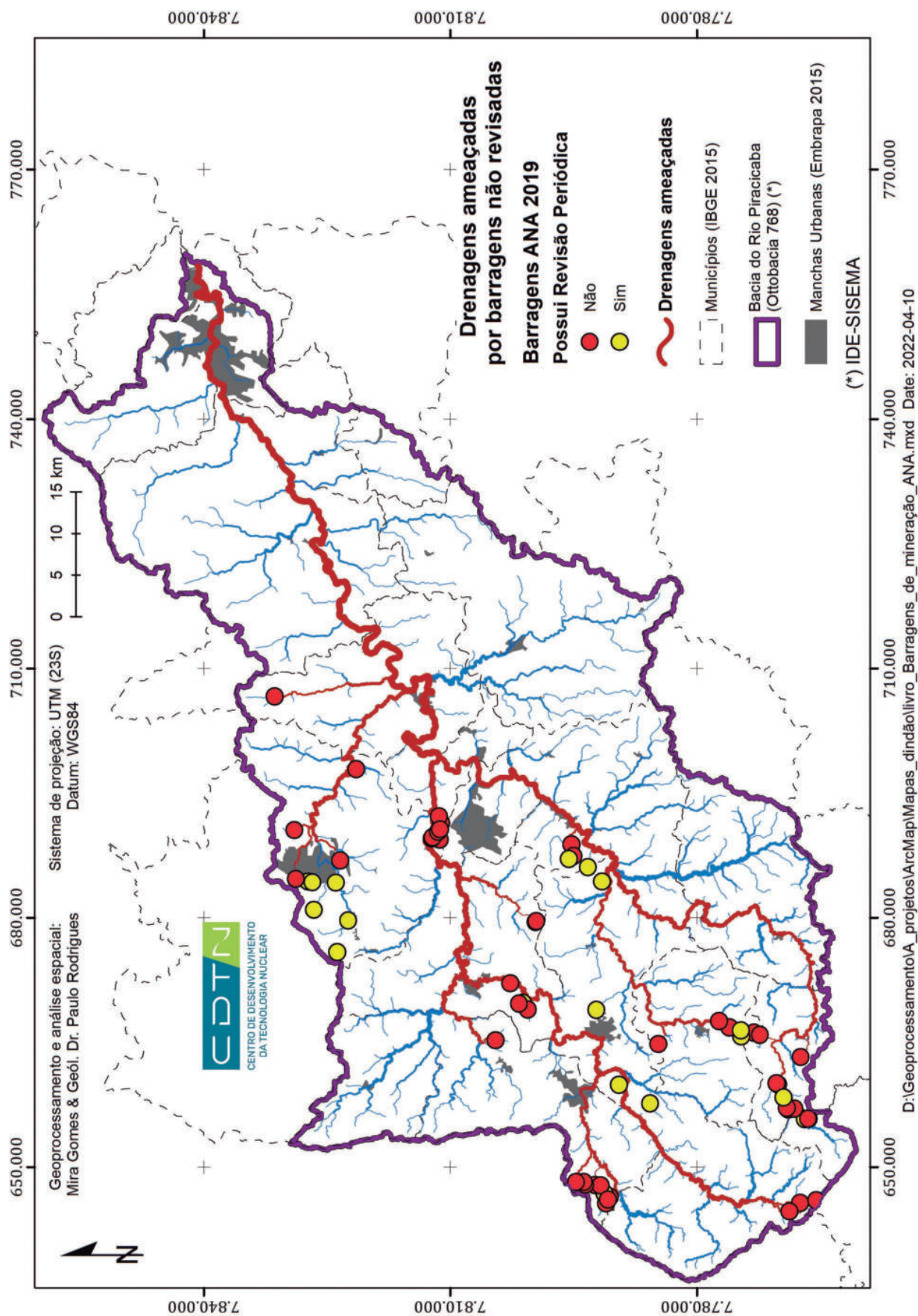


Figura 11.24 - Drenagens ameaçadas por Barragens não revisadas (ANA/Tipologia/2019).

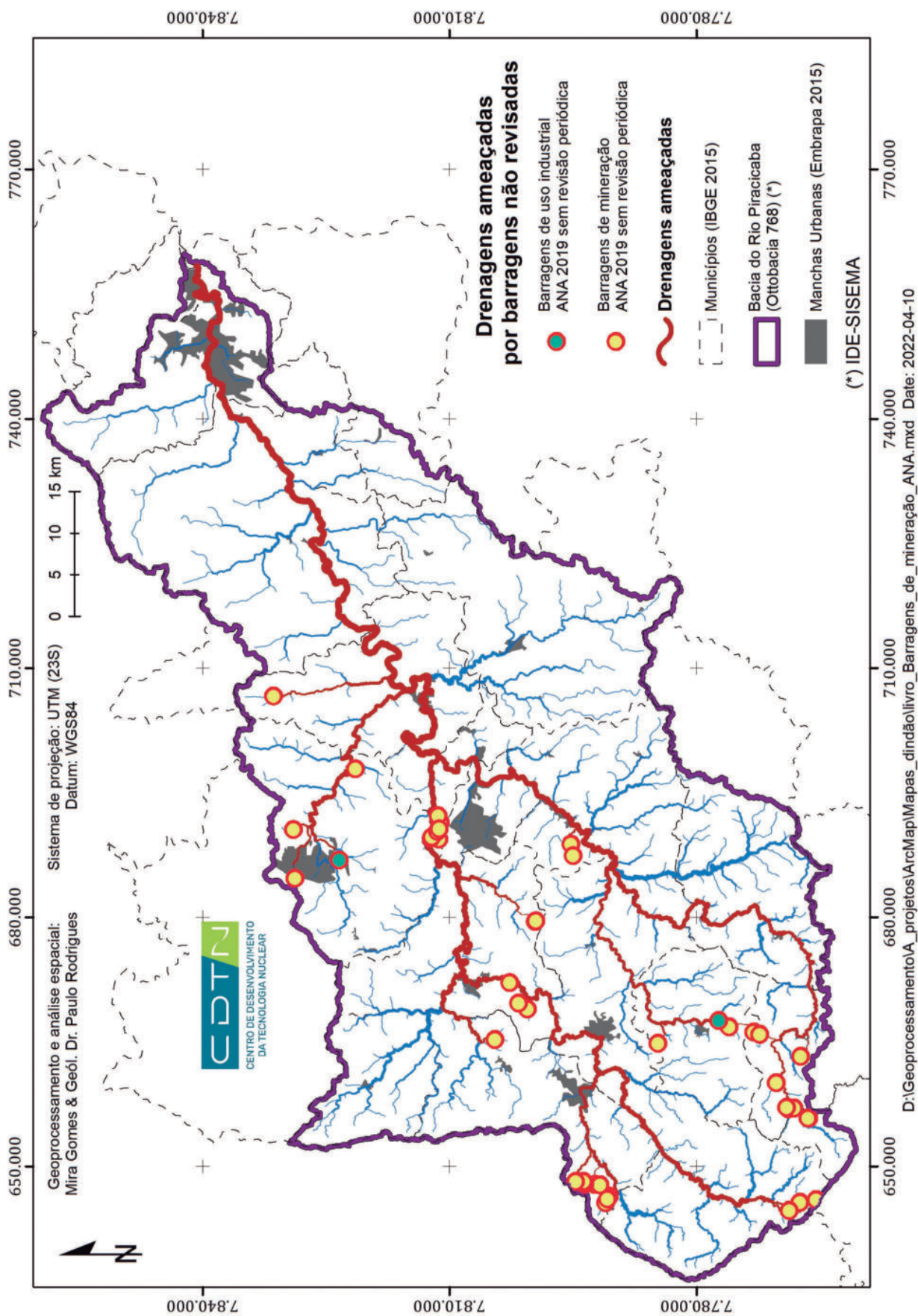
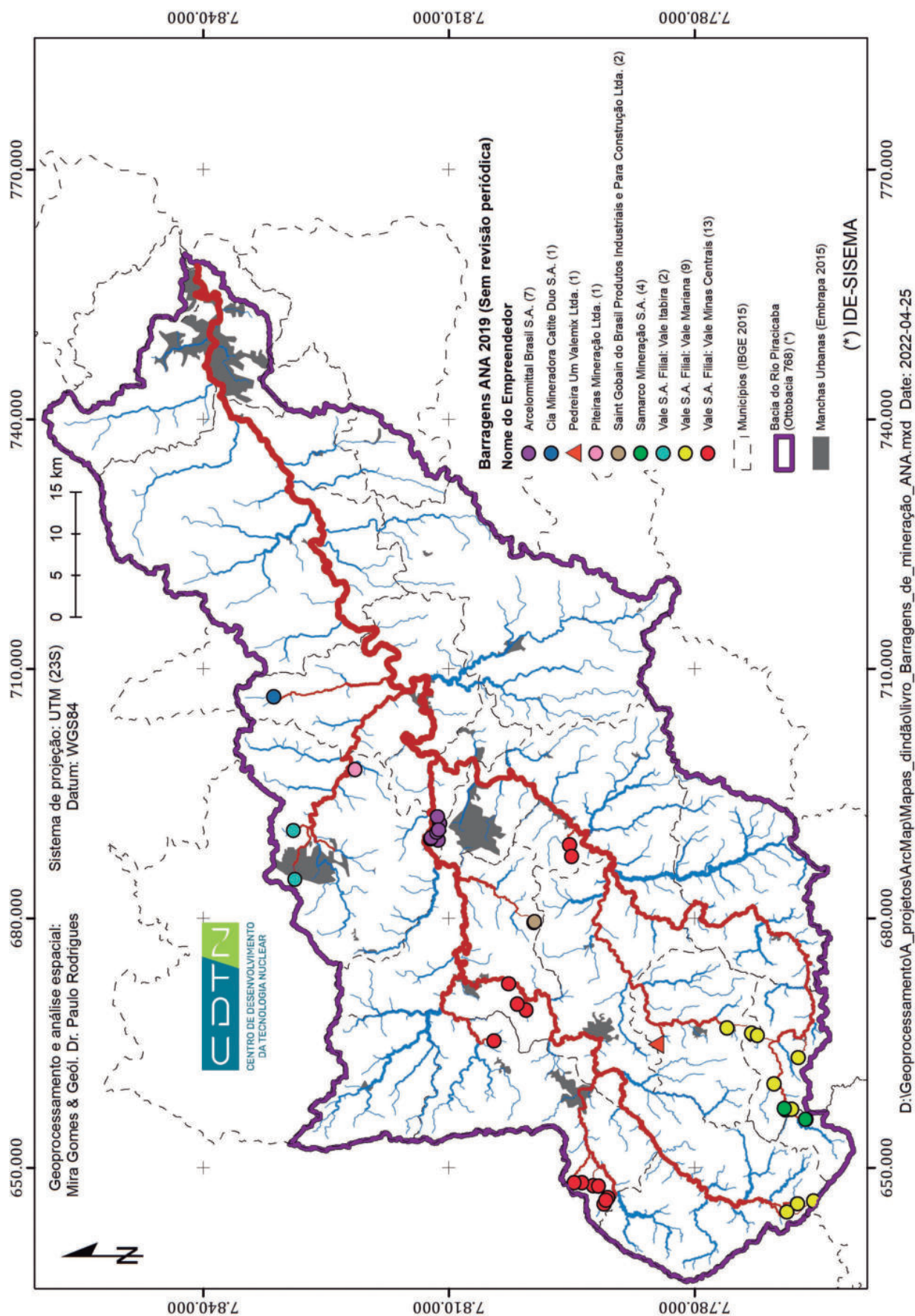
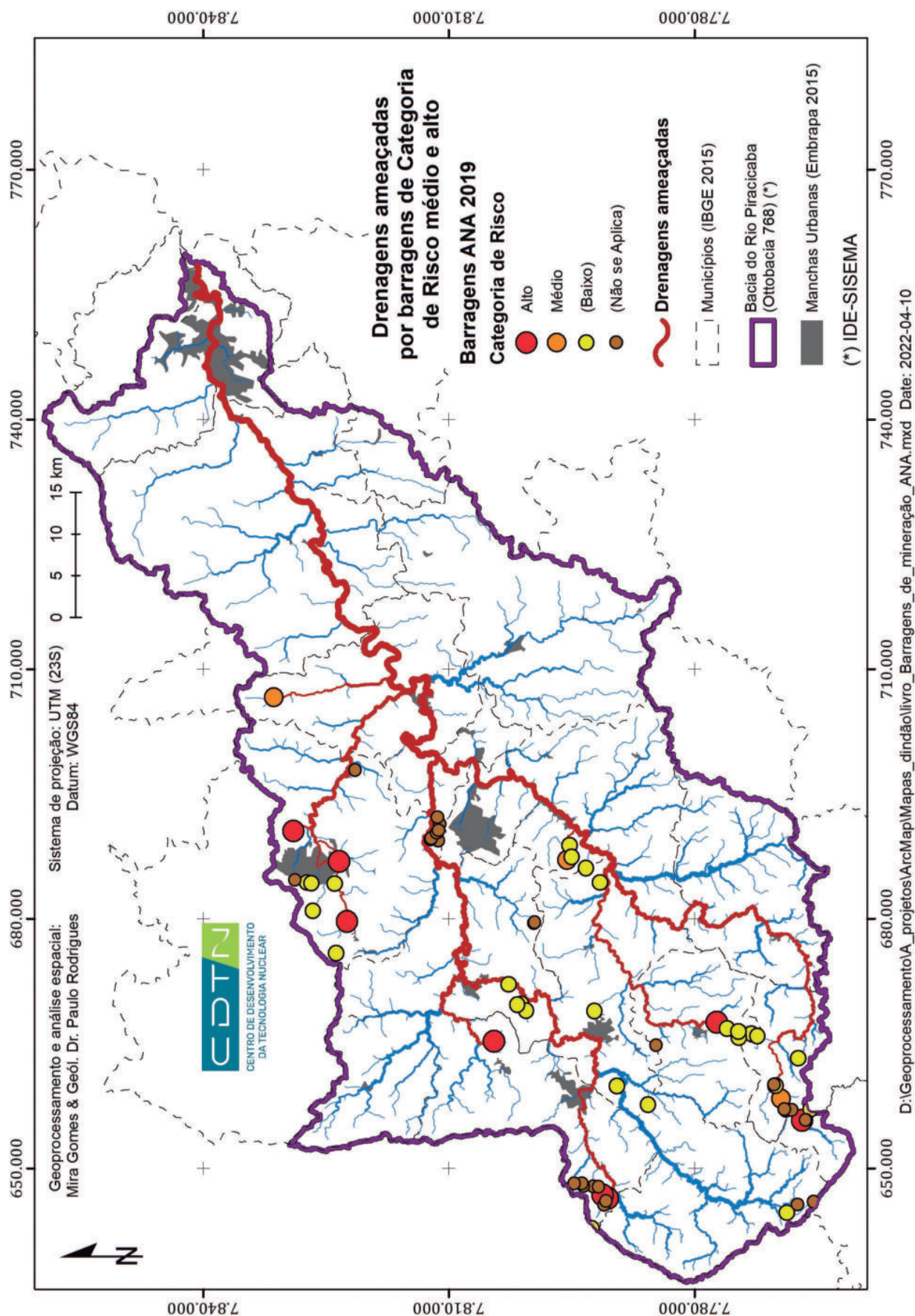


Figura 11.25 - Drenagens ameaçadas por Barragens não revisadas (ANA/Empresas/2019).



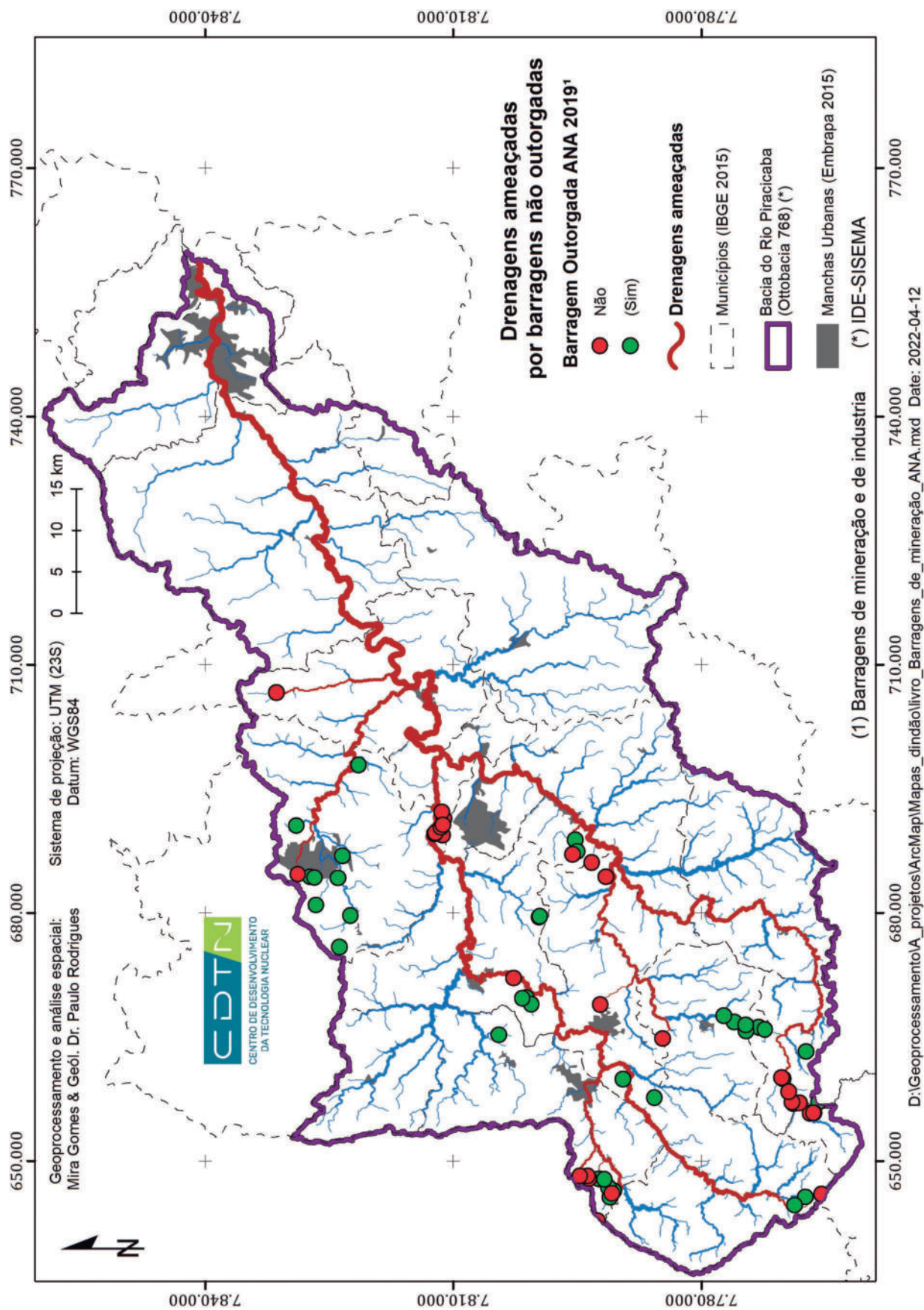
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.26 - Drenagens ameaçadas por Barragens (ANA/Categoria de Risco/2019).



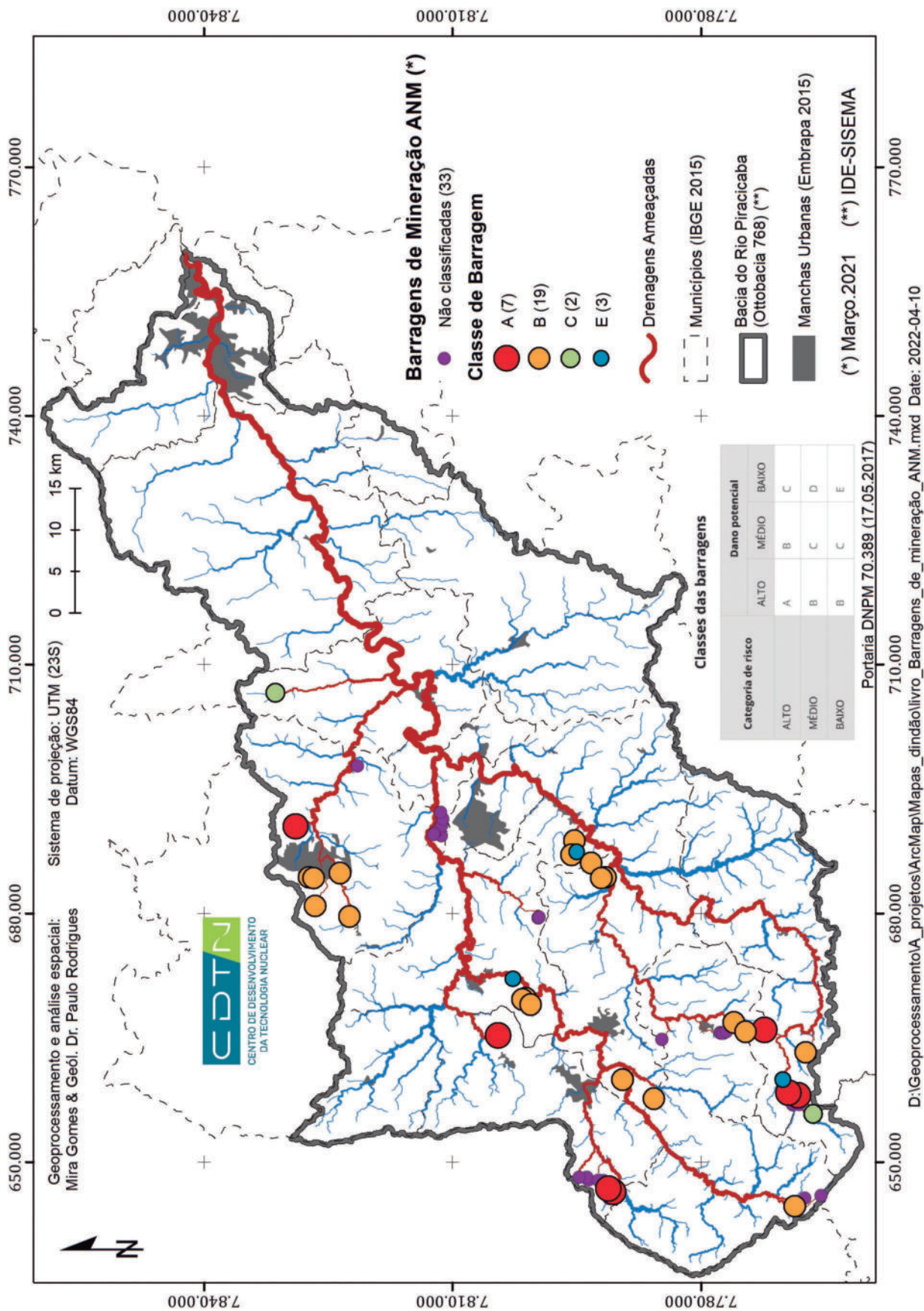
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.27 - Drenagens ameaçadas por Barragens (ANA/Outorgas/2019).



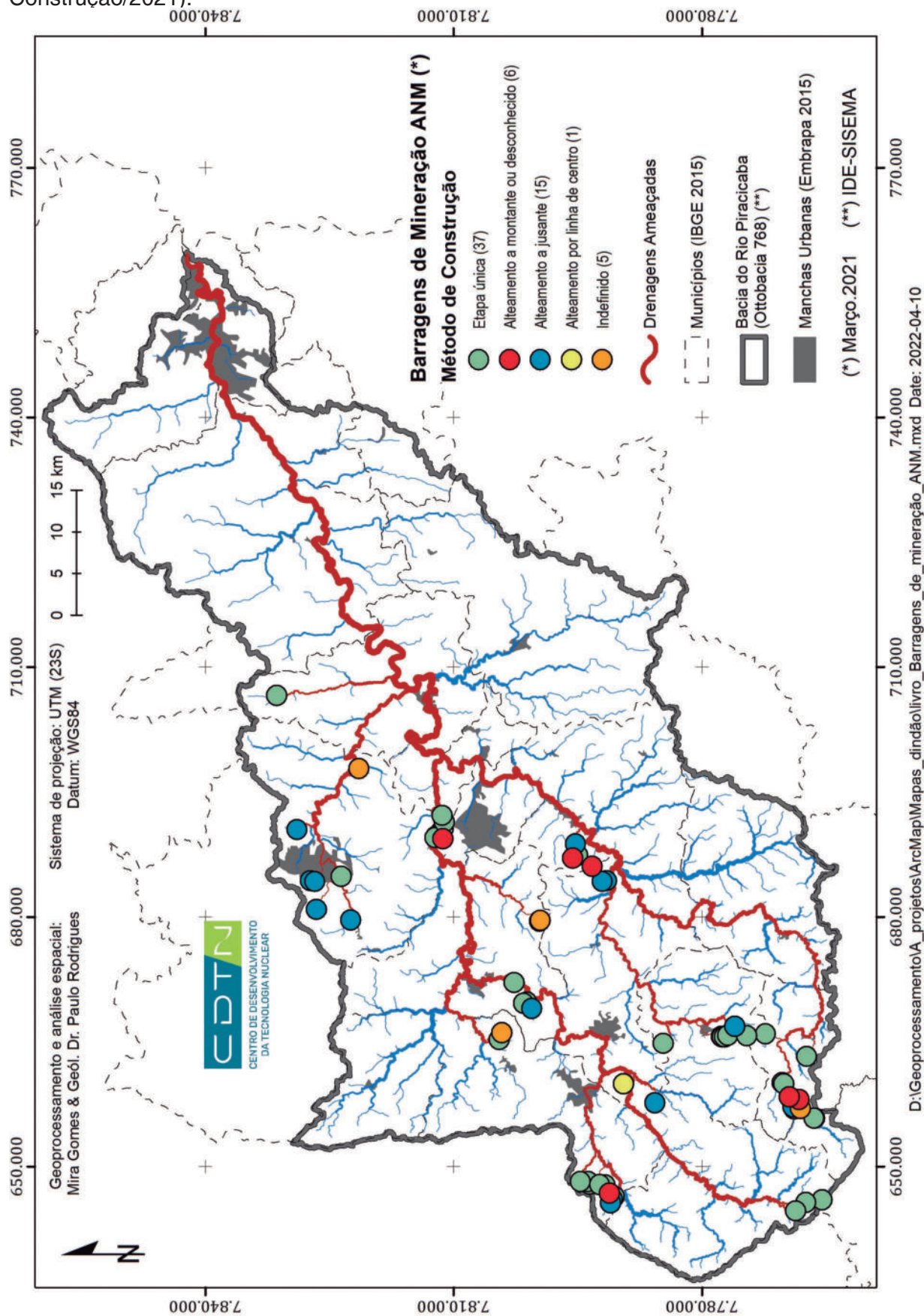
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.28 - Drenagens ameaçadas por Barragens de Mineração (ANM/Classes/2021).



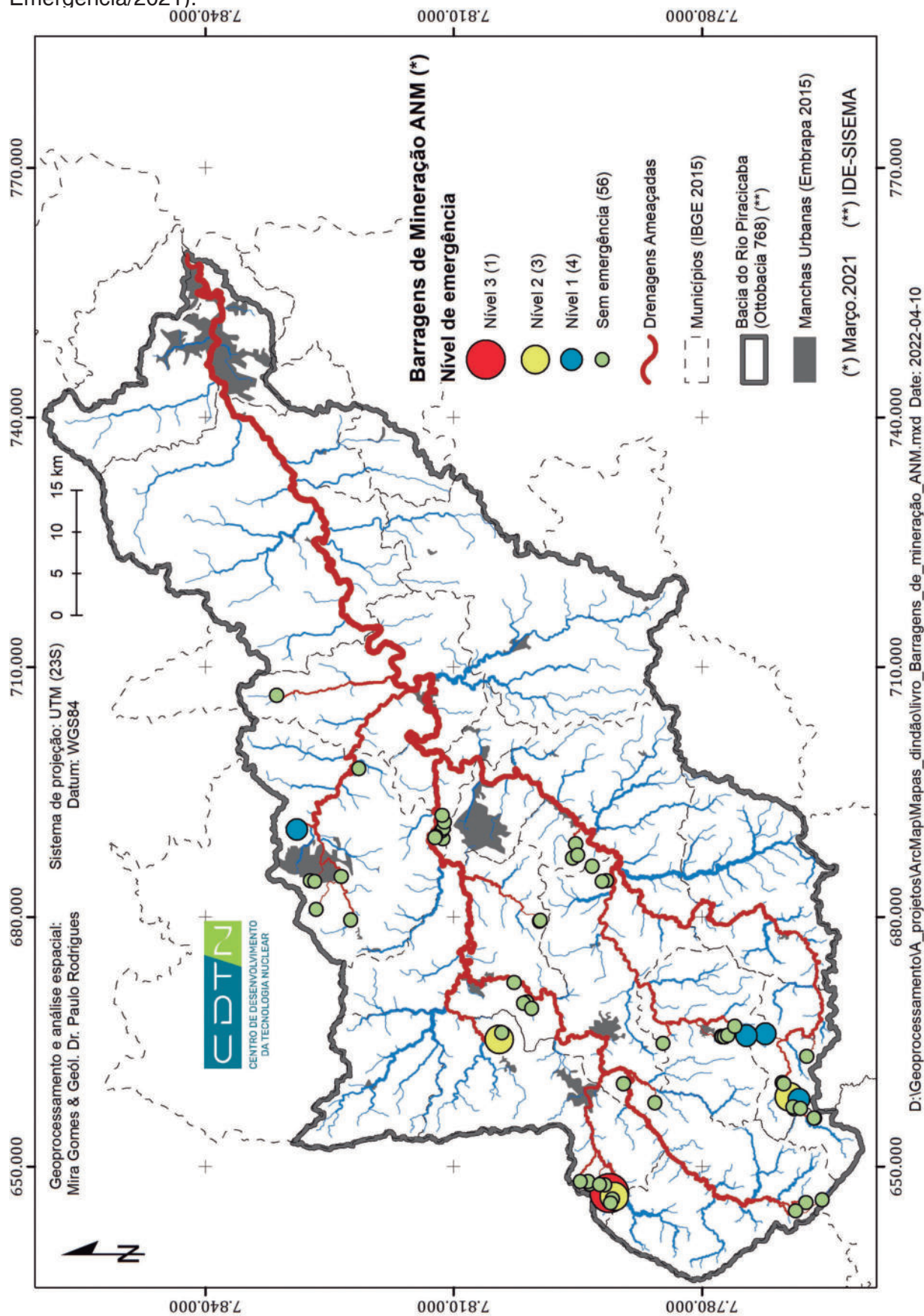
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.29 - Drenagens ameaçadas por Barragens de Mineração (ANM/Método de Construção/2021).



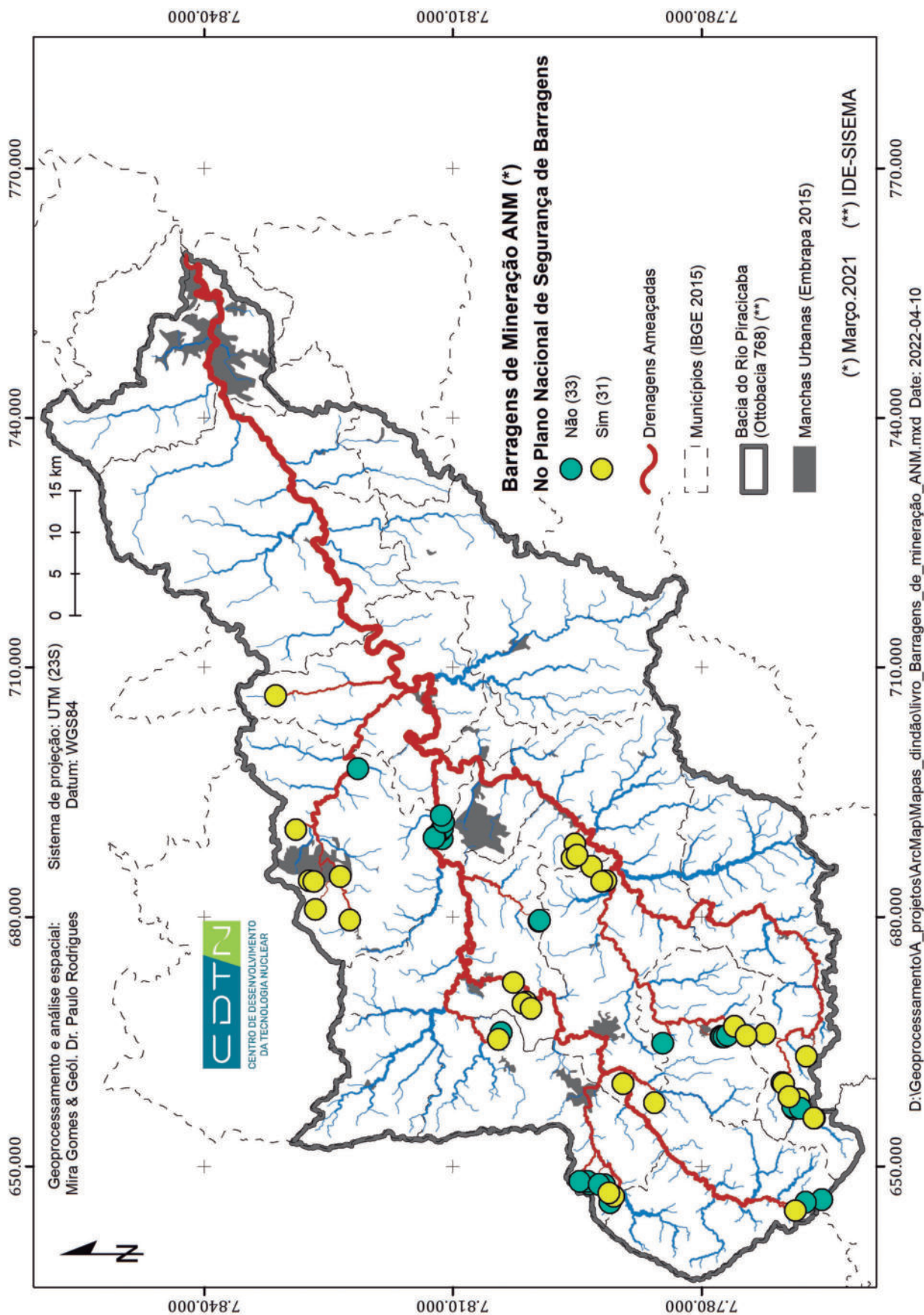
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.30 - Drenagens ameaçadas por Barragens de Mineração (ANM/Nível de Emergência/2021).



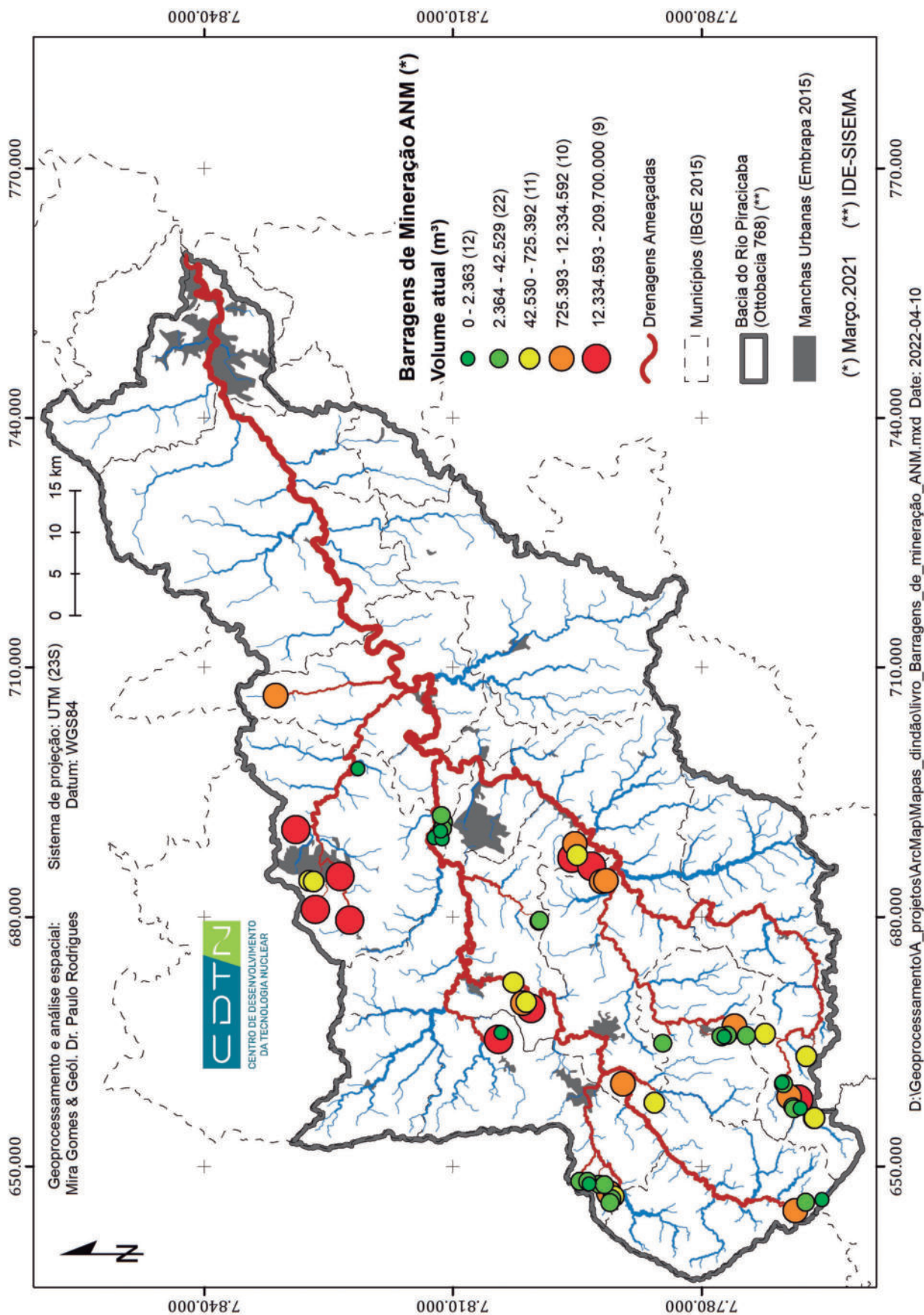
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.31 - Drenagens ameaçadas por Barragens de Mineração (ANM/PNSB/2021).



Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.32 - Drenagens ameaçadas por Barragens de Mineração (ANM/Volume/2021).



Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.33 - Mapa de Calor - densidade de ocorrências das Barragens de Mineração e das drenagens ameaçadas (2018).

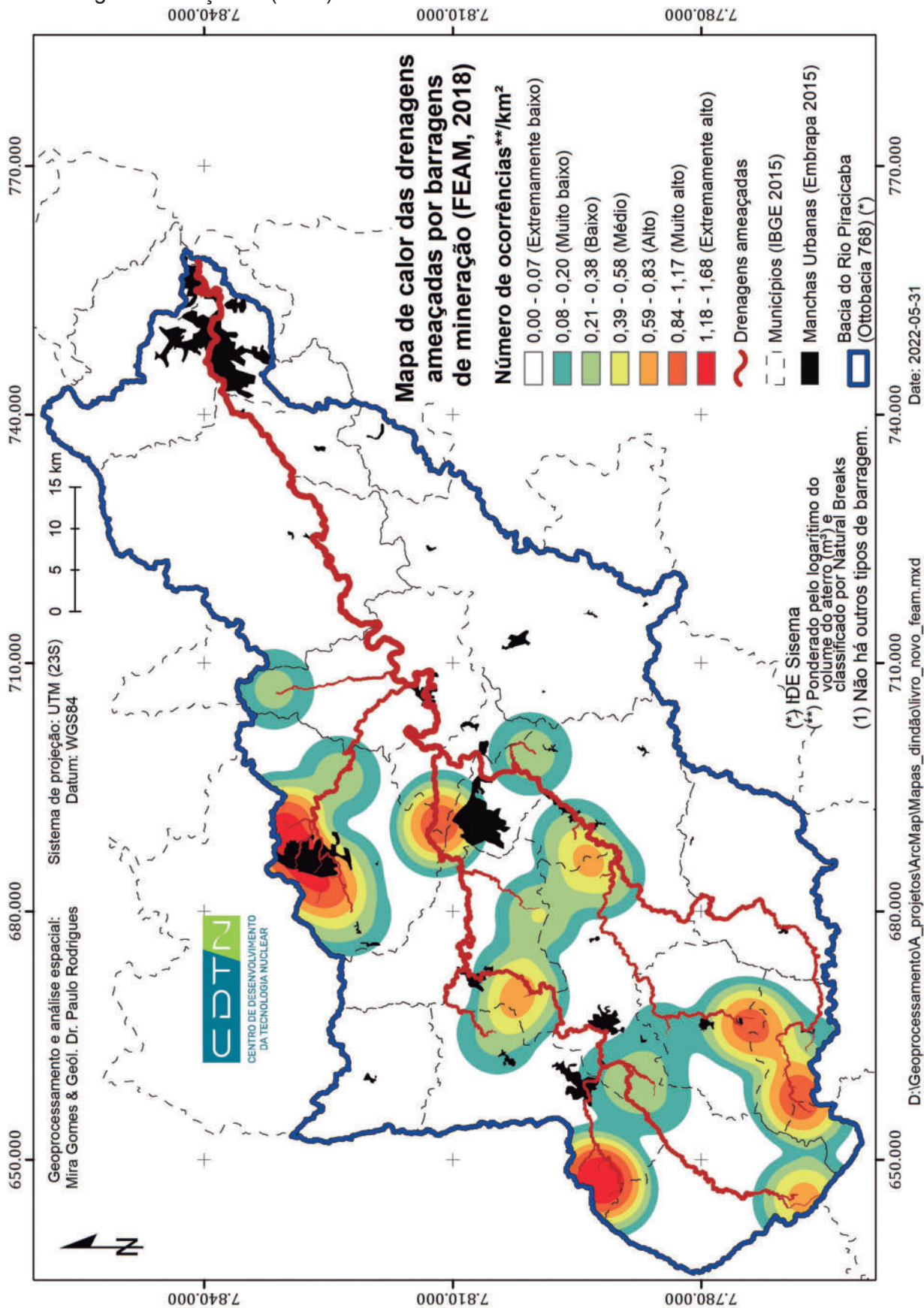
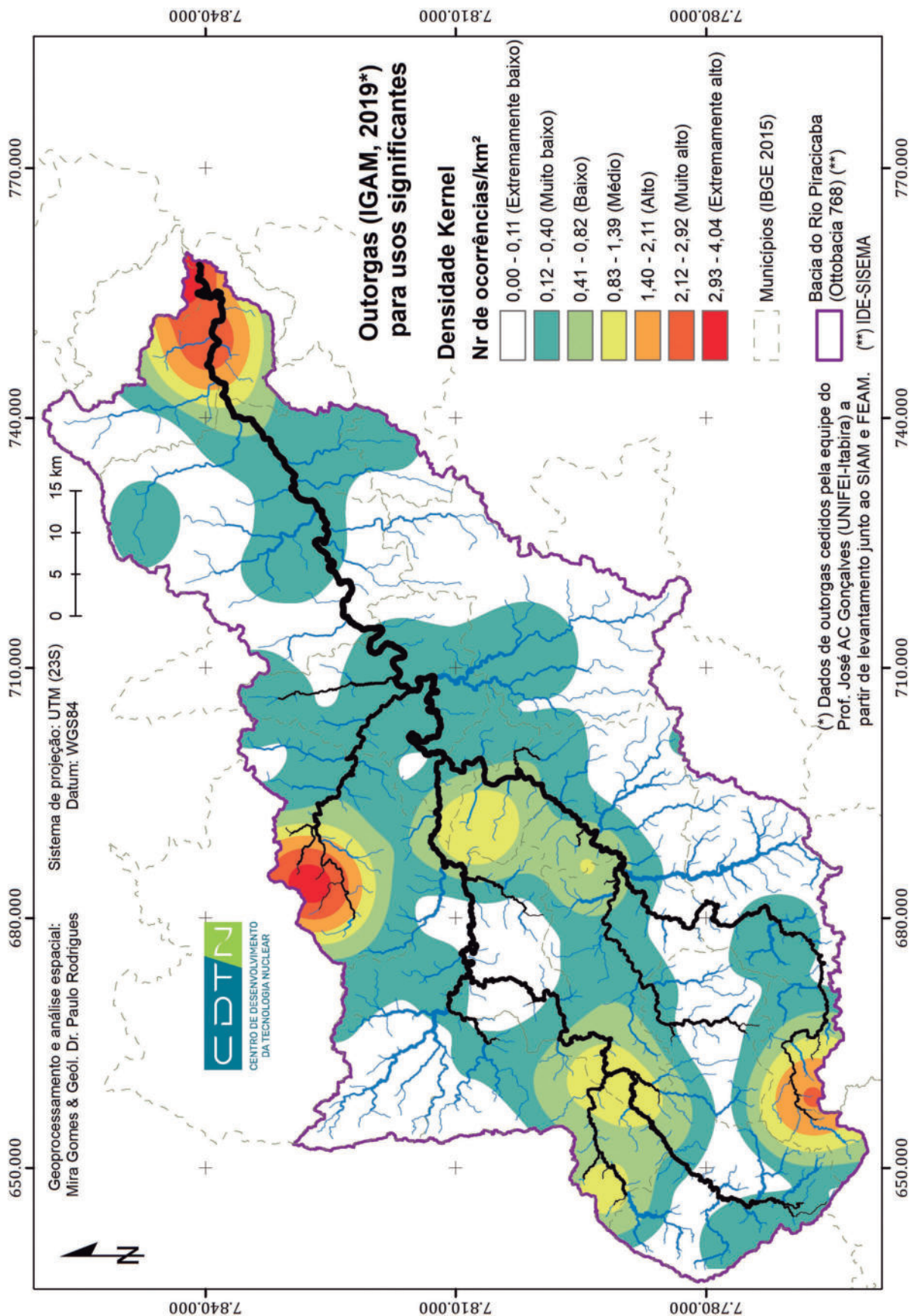


Figura 11.34 - Mapa de Calor - densidade de ocorrências das Outorgas para usos significativos e drenagens ameaçadas (2019).



11.4.1 PARTE 4 - Mapas das Drenagens Ameaçadas (legendas explicativas)

Figura 11.22 - Drenagens ameaçadas por Barragens (ANA) em vários graus de Criticidade - Esse mapa ilustra os trechos de rios diretamente ameaçados (em destaque na cor vermelha) pelas Barragens (de mineração e de indústria), a partir dos dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), relativos ao ano 2019. Os números entre parênteses na legenda informam a quantidade total de Barragens mostradas no mapa para cada grau.

Figura 11.23 - Drenagens ameaçadas por Barragens (ANA) revisadas/não revisadas - Esse mapa ilustra os trechos de rios diretamente ameaçados (em destaque na cor vermelha) pelas Barragens não revisadas, a partir dos dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), relativos ao ano 2019.

Figura 11.24 - Drenagens ameaçadas por Barragens (ANA) não revisadas - Esse mapa ilustra os trechos de rios diretamente ameaçados (em destaque na cor vermelha) por Barragens sem revisão periódica, diferenciando-se quais de mineração e quais de indústria, a partir dos dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), relativos ao ano 2019.

Figura 11.25 - Drenagens ameaçadas por Barragens (ANA) não revisadas e com nomes - Esse mapa ilustra os trechos de rios diretamente ameaçados (em destaque na cor vermelha) por Barragens (majoritariamente de mineração) sem revisão periódica e os respectivos nomes dos empresários, a partir dos dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), relativos ao ano 2019. Dados numéricos entre parênteses na legenda informam o número total de Barragens mostradas no mapa para cada empresa.

Figura 11.26 - Drenagens ameaçadas por Barragens (ANA) segundo Categoria de Risco - Esse mapa ilustra os trechos de rios diretamente ameaçados (em destaque na cor vermelha), específicos para aquelas Barragens de Risco Alto e Médio, a partir dos dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), relativos ao ano 2019.

Figura 11.27 - Drenagens ameaçadas por Barragens (ANA) outorgadas/não outorgadas - Esse mapa ilustra os trechos de rios diretamente ameaçados (em destaque na cor vermelha), específicos para aquelas Barragens não outorgadas, a partir dos dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), relativos ao ano 2019.

Figura 11.28 - Drenagens ameaçadas por Barragens de Mineração (ANM) com/sem classe - Esse mapa ilustra os trechos de rios diretamente ameaçados (em destaque na cor vermelha) por todas as classes de Barragens, incluindo aquelas não classificadas. Dados numéricos entre parênteses na legenda informam o número total de Barragens mostradas no mapa para cada classe.

Figura 11.29 - Drenagens ameaçadas por Barragens (ANM) de Mineração por método de construção - Esse mapa ilustra os trechos de rios diretamente ameaçados (em destaque na cor vermelha) por todas as Barragens, distinguindo-se os métodos de construção, segundo dados da Agência Nacional de Mineração (ANM). Dados numéricos entre parênteses na legenda informam o número total de Barragens mostradas no mapa para cada método.

Figura 11.30 - Drenagens ameaçadas por Barragens (ANM) de Mineração com nível de emergência - Esse mapa ilustra os trechos de rios diretamente ameaçados (em destaque na cor vermelha) por todas as Barragens, distinguindo-se os níveis de emergência, segundo dados da Agência Nacional de Mineração (ANM). Dados numéricos entre parênteses na legenda informam o número total de Barragens mostradas no mapa para cada nível.

Figura 11.31 - Drenagens ameaçadas por Barragens (ANM) de Mineração no PNSB - Esse mapa ilustra os trechos de rios diretamente ameaçados (em destaque na cor vermelha) por todas as Barragens, distinguindo-se aquelas constantes no Plano Nacional de Segurança de Barragens ou não, segundo dados da Agência Nacional de Mineração (ANM). Dados numéricos entre parênteses na legenda informam o número total de Barragens mostradas no mapa para cada um dos dois casos.

Figura 11.32 - Drenagens ameaçadas por Barragens (ANM) de Mineração e com volume atual - Esse mapa ilustra os trechos de rios diretamente ameaçados (em destaque na cor vermelha) por todas as Barragens, informando os respectivos volumes, segundo dados da Agência Nacional de Mineração (ANM). Dados numéricos entre parênteses na legenda informam o número total de Barragens mostradas no mapa para cada classe de volume.

Figura 11.33 - Drenagens ameaçadas por Barragens (FEAM) de Mineração (na modalidade de mapa de densidade de ocorrência) - Esse mapa ilustra os trechos de rios diretamente ameaçados (em destaque na cor vermelha) para todos aqueles trechos ameaçados e por número de ocorrências (por km²) de Barragens de Mineração acima da classe Extremamente Baixo. Os dados de localização das Barragens são da FEAM (2019), após consistência pelos autores do mapa.

Figura 11.34 - Drenagens ameaçadas por Outorgas (IGAM) de Usos Significantes (na modalidade de mapa de densidade de ocorrência) - Esse mapa ilustra os trechos de rios diretamente ameaçados (em destaque na cor preta) para todos aqueles trechos ameaçados e por número de ocorrências (por km²) de Outorgas de Usos Significantes acima da classe Extremamente Baixo. Os dados originais de Outorgas são do IGAM (2019), após longo processo, tanto quanto possível, de consistência pelos autores.

Figura 11.35 - Instalações da Mina de Brucutu (Vale), em São Gonçalo do Rio Abaixo, tendo ao fundo uma das barragem de rejeitos do complexo.



Crédito: Tribuna do Piracicaba- A Voz do Rio, 2019 - Geraldo Magela Gonçalves "Dindão".

11.5 PARTE 5 - Mapas de Outorgas de Direito de Uso das Águas

Figura 11.36 - Densidade de ocorrências das Outorgas para águas subterrâneas (2019).

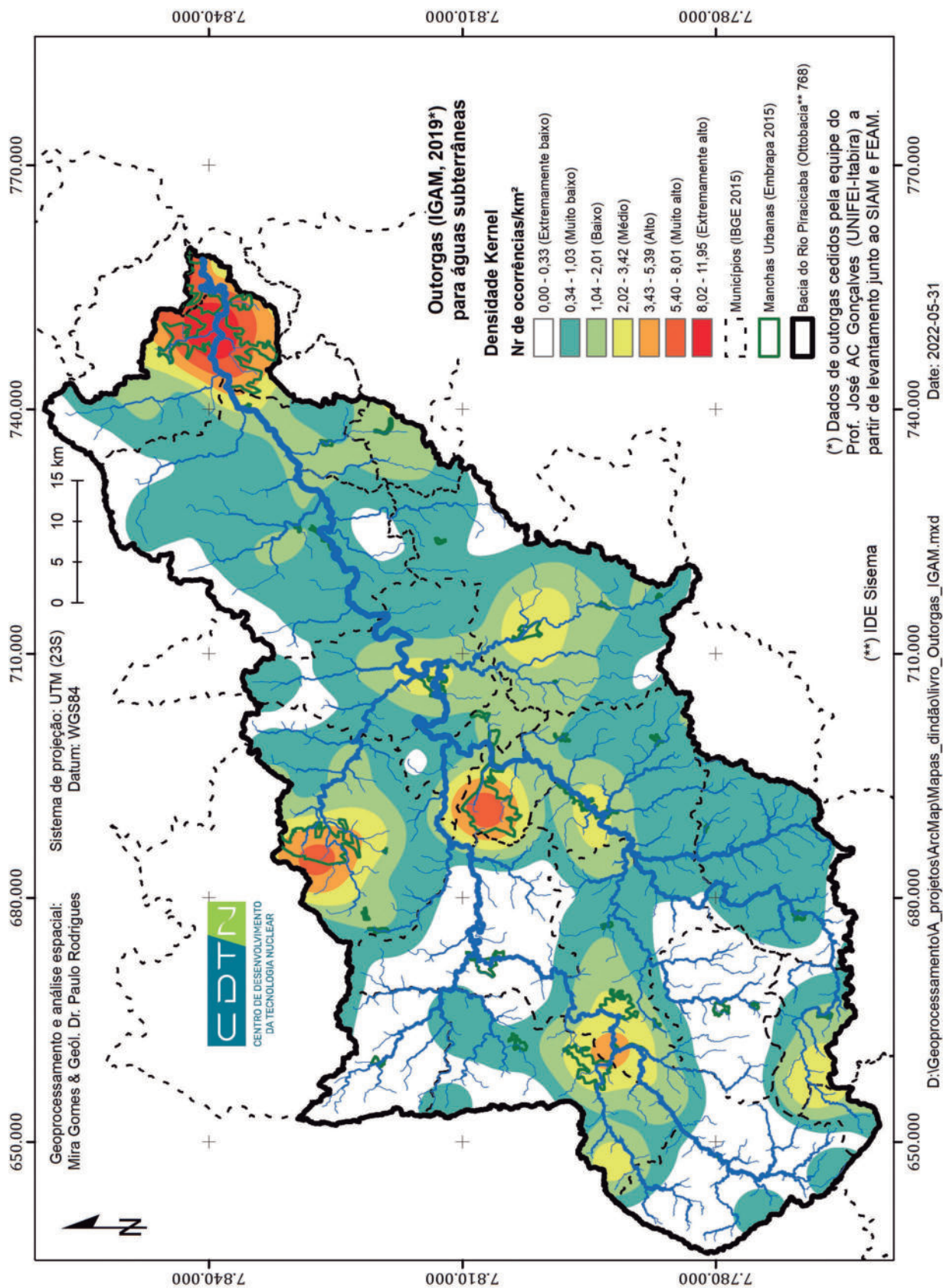


Figura 11.37 - Outorgas por tipo de captação para uso da mineração (2019).

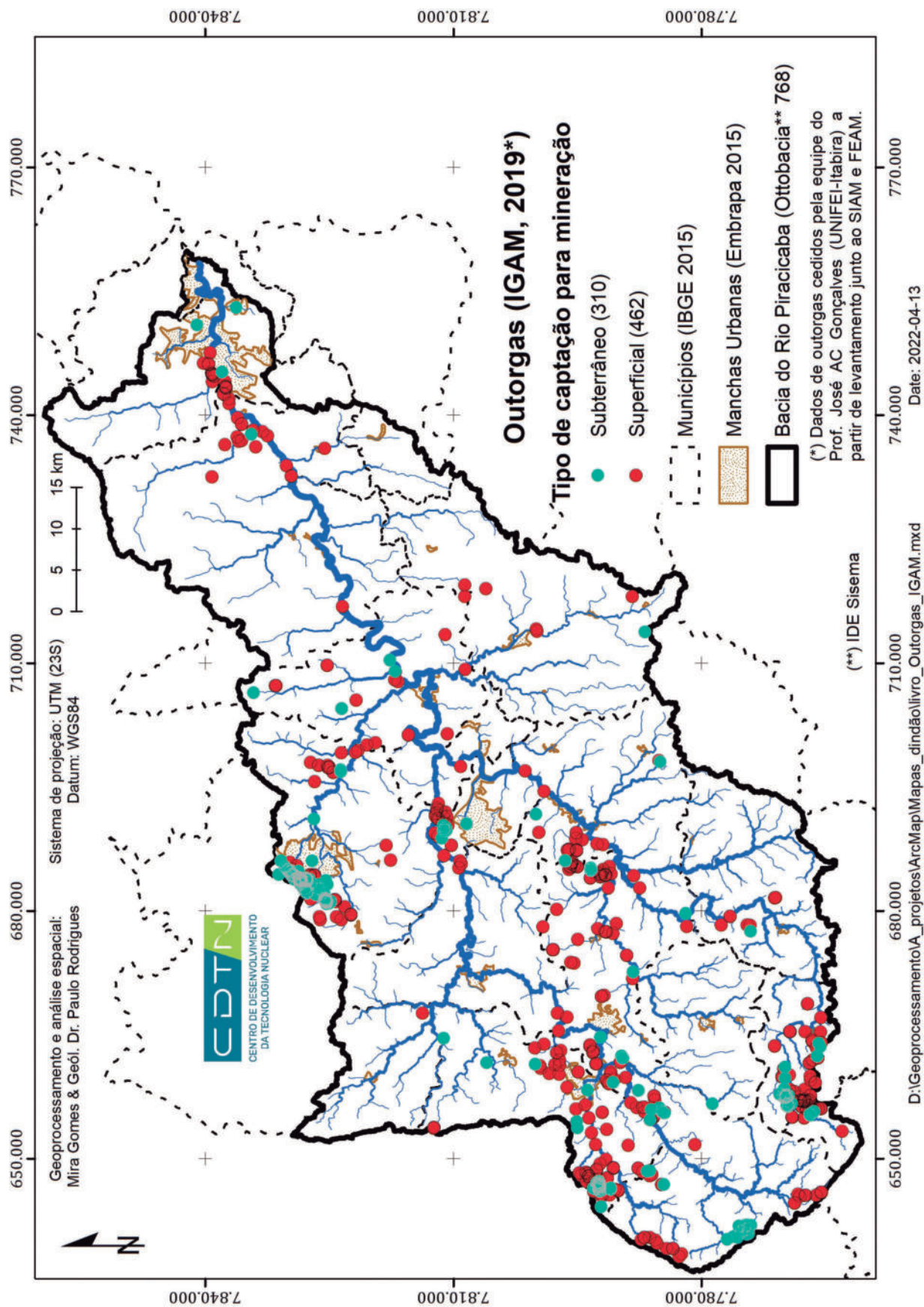
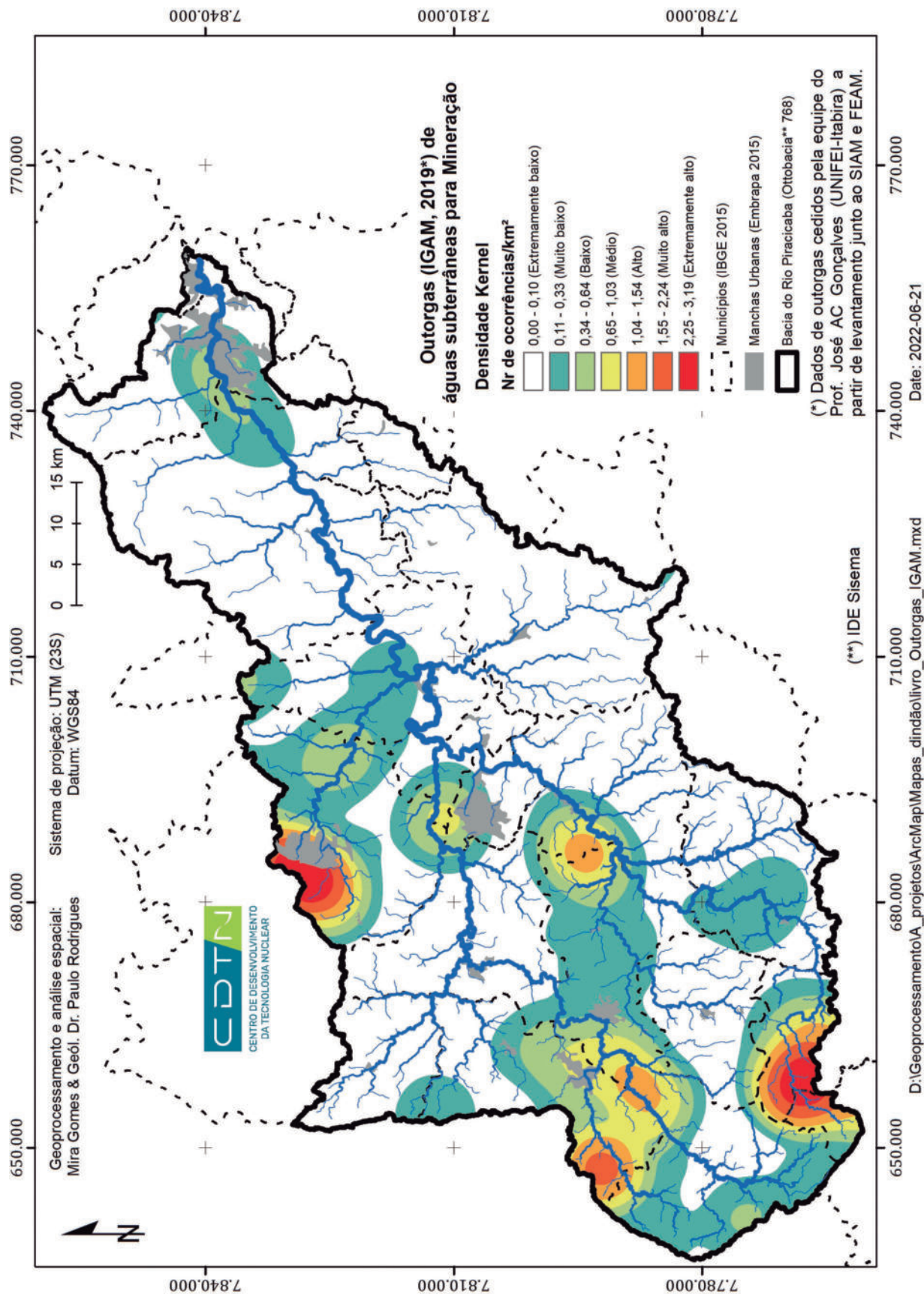


Figura 11.38 - Densidade de ocorrências das Outorgas para águas subterrâneas para uso da mineração (2019).



11.5.1 PARTE 5 – Mapas de Outorgas de Direito de Uso das Águas (legendas explicativas)

Figura 11.36 - Densidade de Outorgas Subterrâneas (na modalidade de mapa de densidade Kernel de ocorrência) - Esse mapa ilustra as regiões com maiores ocorrências (por km²) das outorgas para águas subterrâneas para todas as destinações, de forma a explicitar as regiões onde as demandas são mais altas em geral.

Figura 11.37 - Outorgas para uso da Mineração - Esse mapa ilustra os pontos de outorgas, tanto para águas subterrâneas como superficiais, mas exclusivo para uso da mineração (após laboriosa consistência do banco de dados). Dados numéricos entre parênteses na legenda informam o número total de pontos de outorgas mostradas no mapa para cada tipo de captação.

Figura 11.38 - Densidade de Outorgas Subterrâneas para uso da Mineração (na modalidade de mapa de densidade Kernel de ocorrência) - Esse mapa ilustra as regiões com maiores ocorrências (por km²) das outorgas para águas subterrâneas, exclusivo para uso da mineração, de forma a explicitar as regiões onde as demandas hídricas subterrâneas desse setor são mais altas.

Figura 11.39 - Parte do Maciço do Caraça em Mariana, berçário de águas.



Crédito: Tribuna do *Piracicaba - A Voz do Rio*, 2019 - Geraldo Magela Gonçalves "Dindão".

11.6 PARTE 6 - Mapas de Análise Hidroambiental

Figura 11.40 - Uso e Cobertura da Terra (MapBiomias/1985).

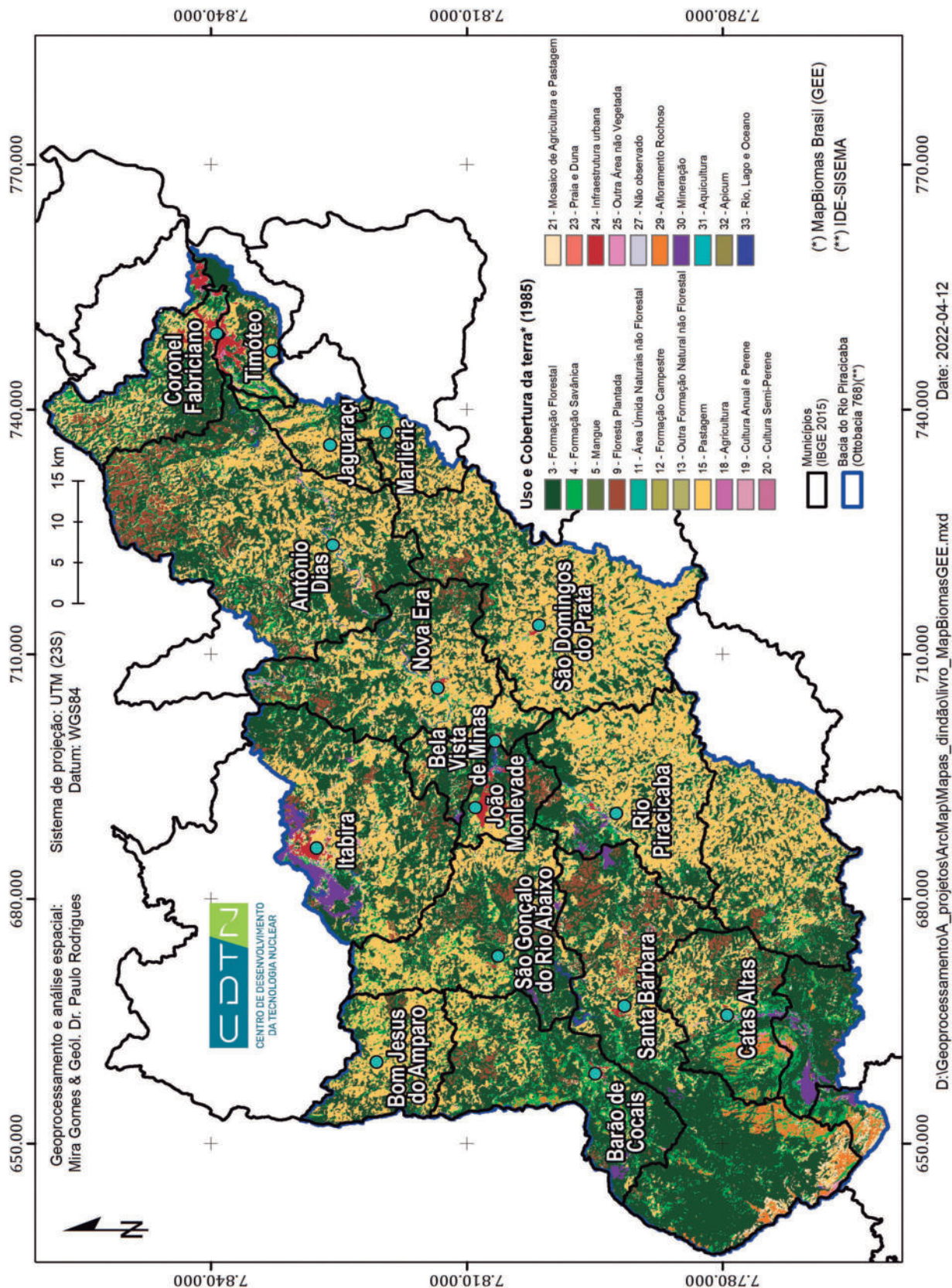
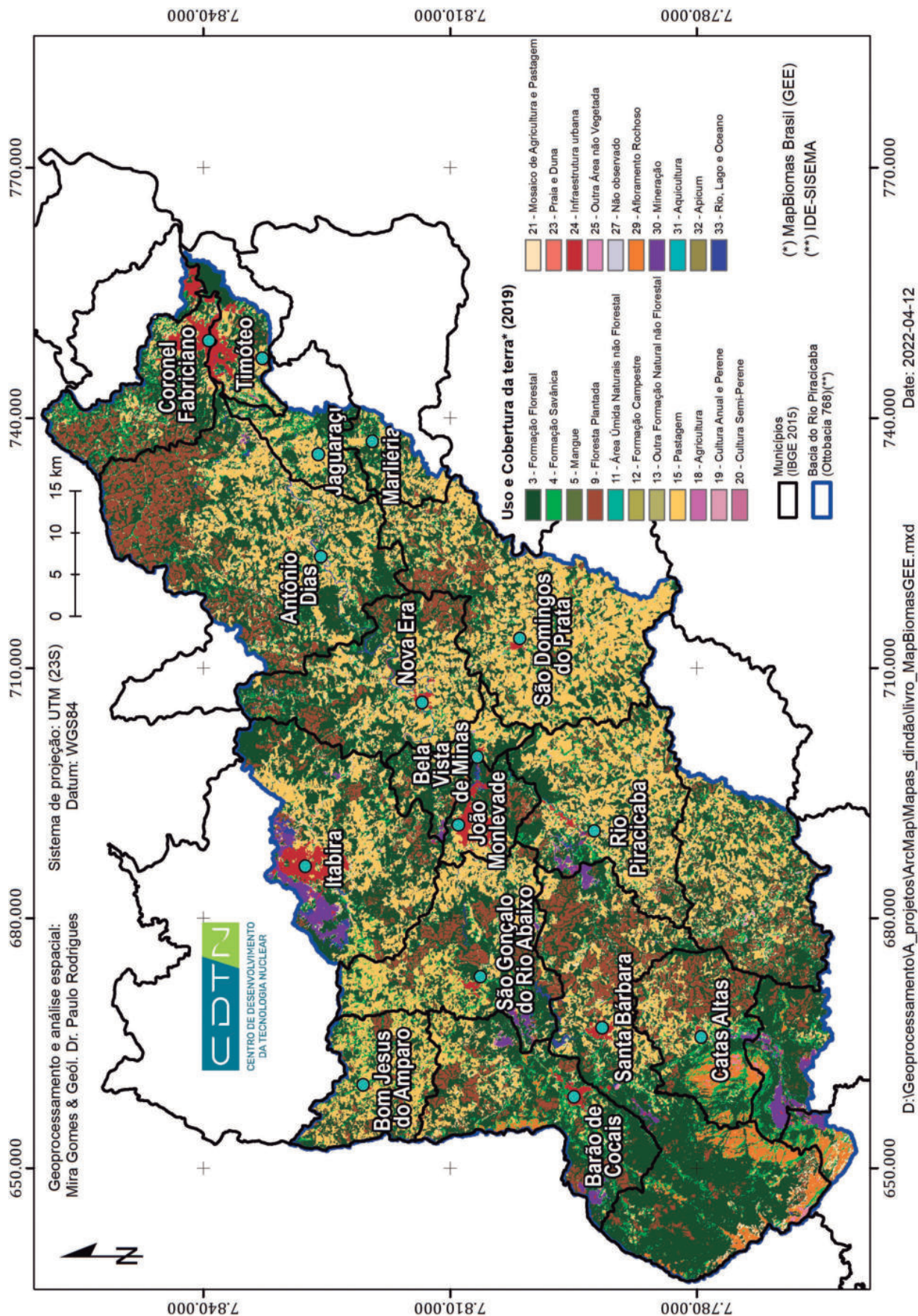


Figura 11.41 - Uso e Cobertura da Terra (MapBiomias/2019).



Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.42 - Relevância Hierarquizada das Zonas Potenciais de Recarga Hídrica.

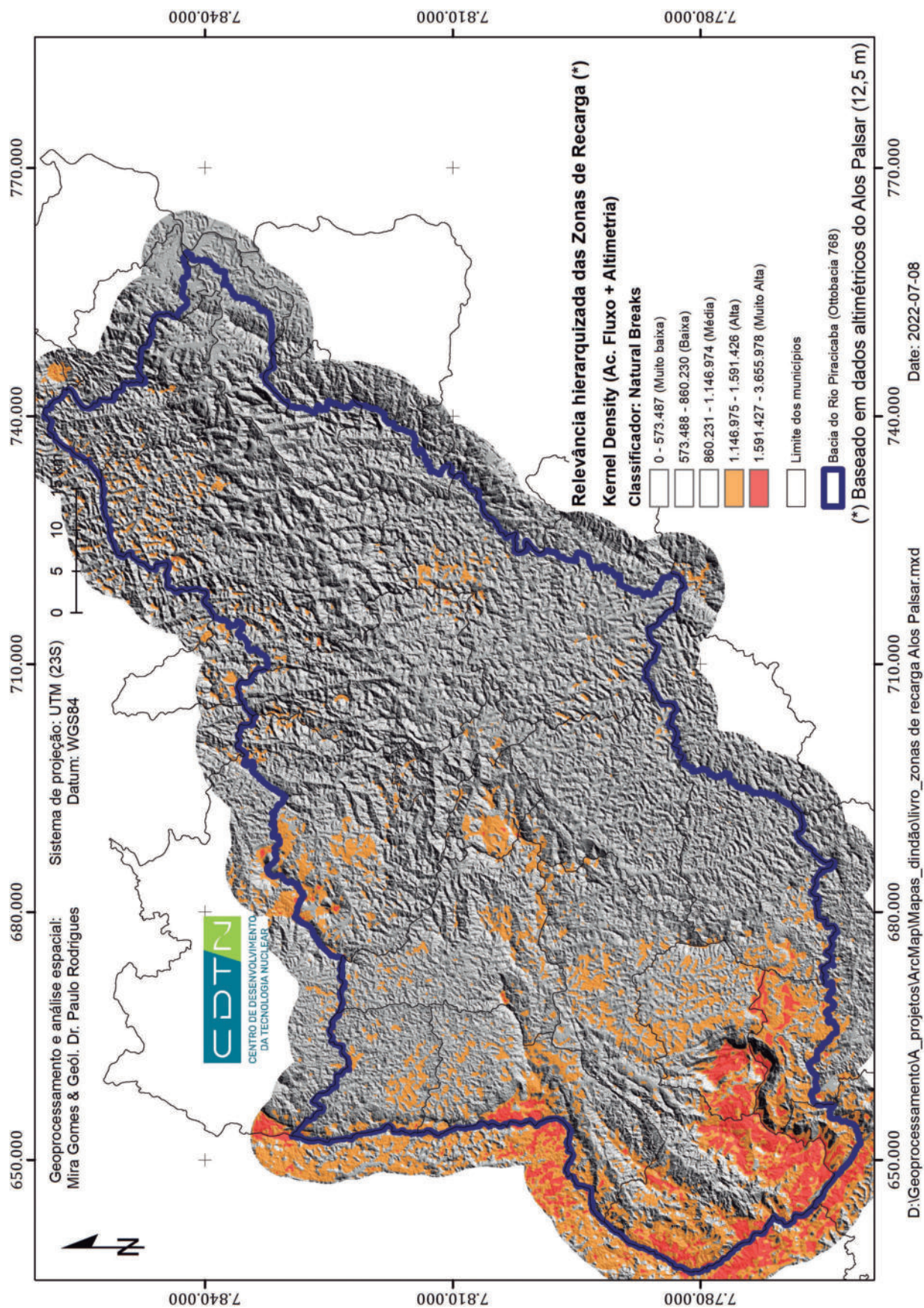
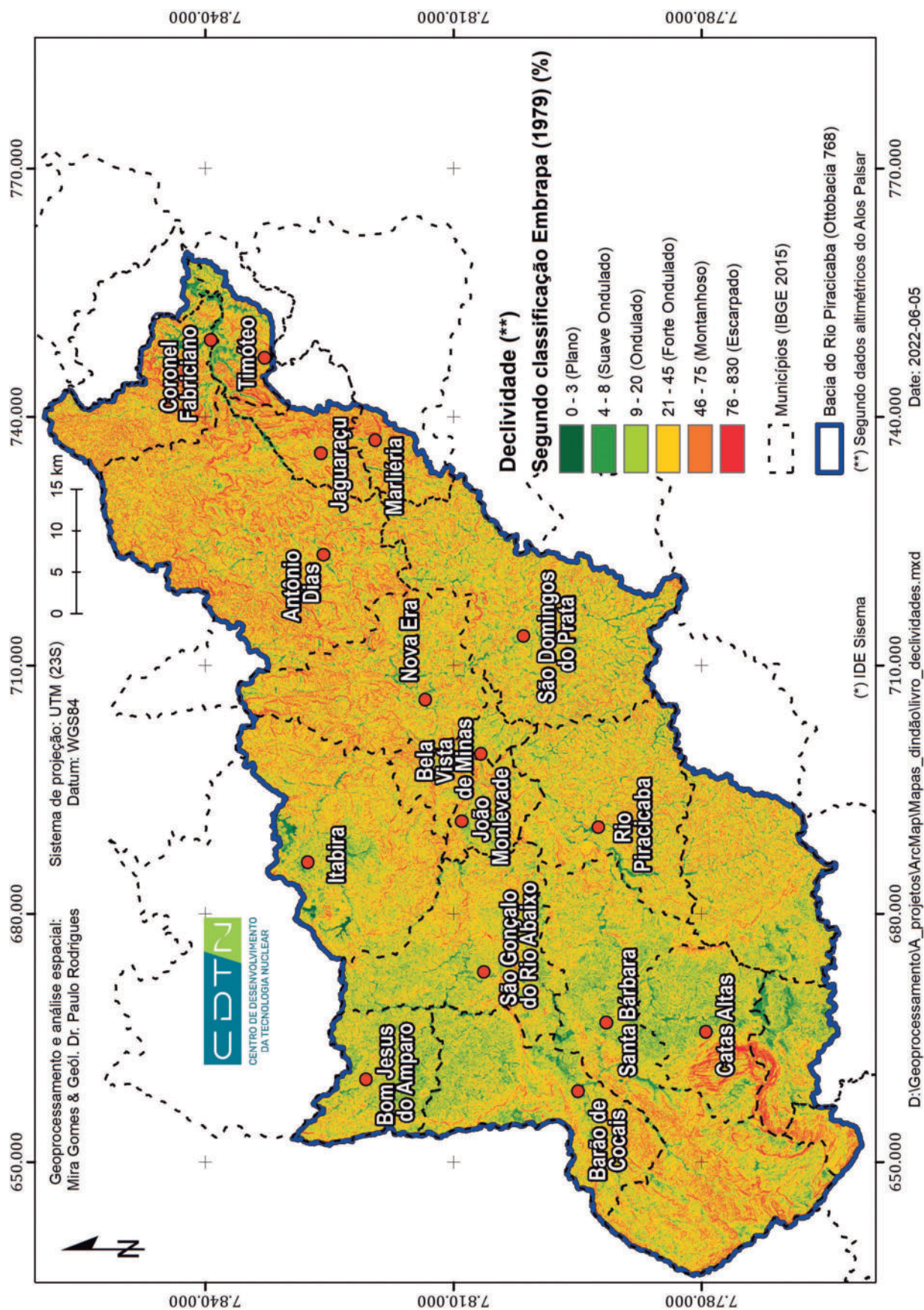


Figura 11.43 - Declividade.



Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.44 - Relevância hídrica das litologias (após integração das folhas geológicas).

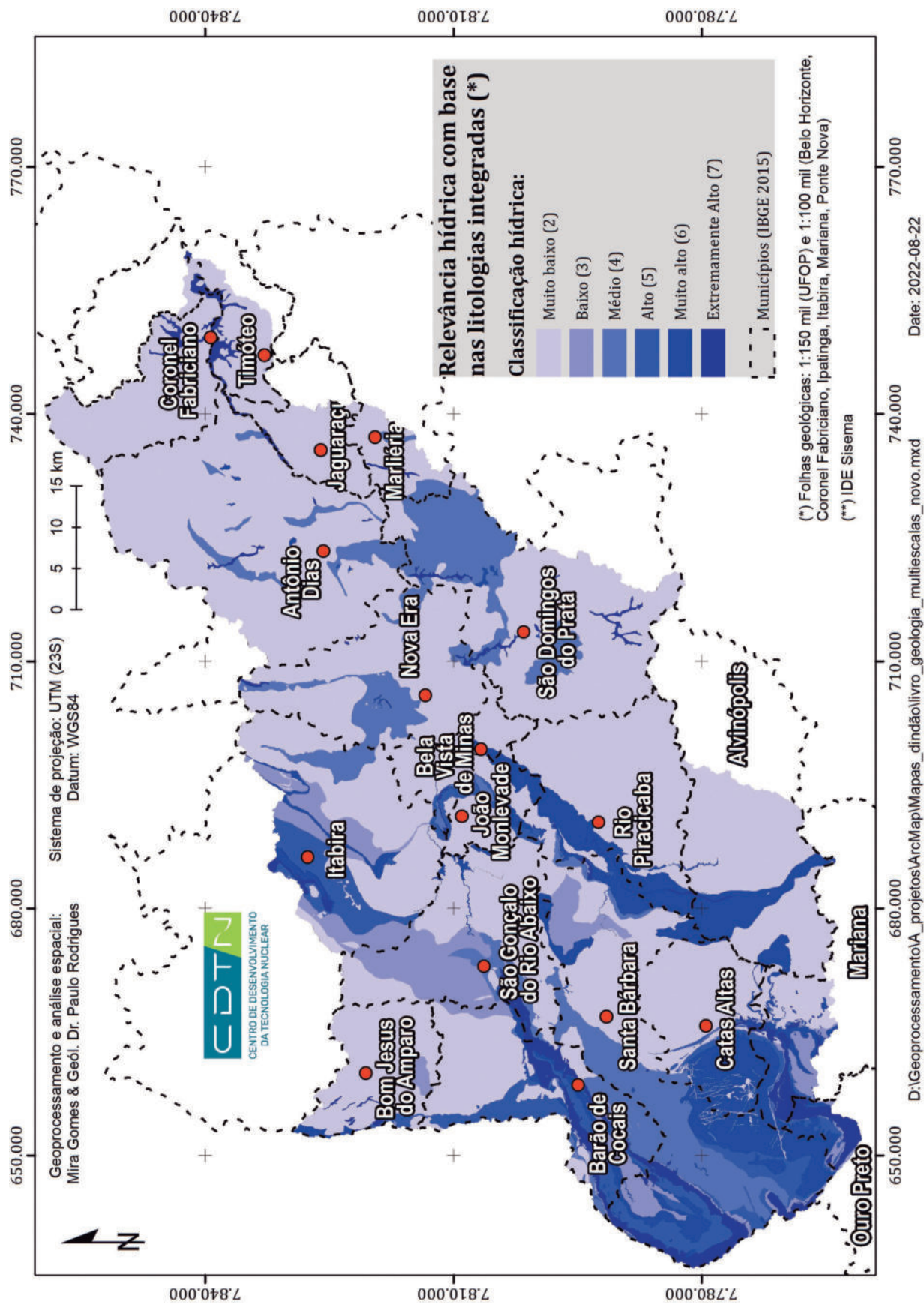
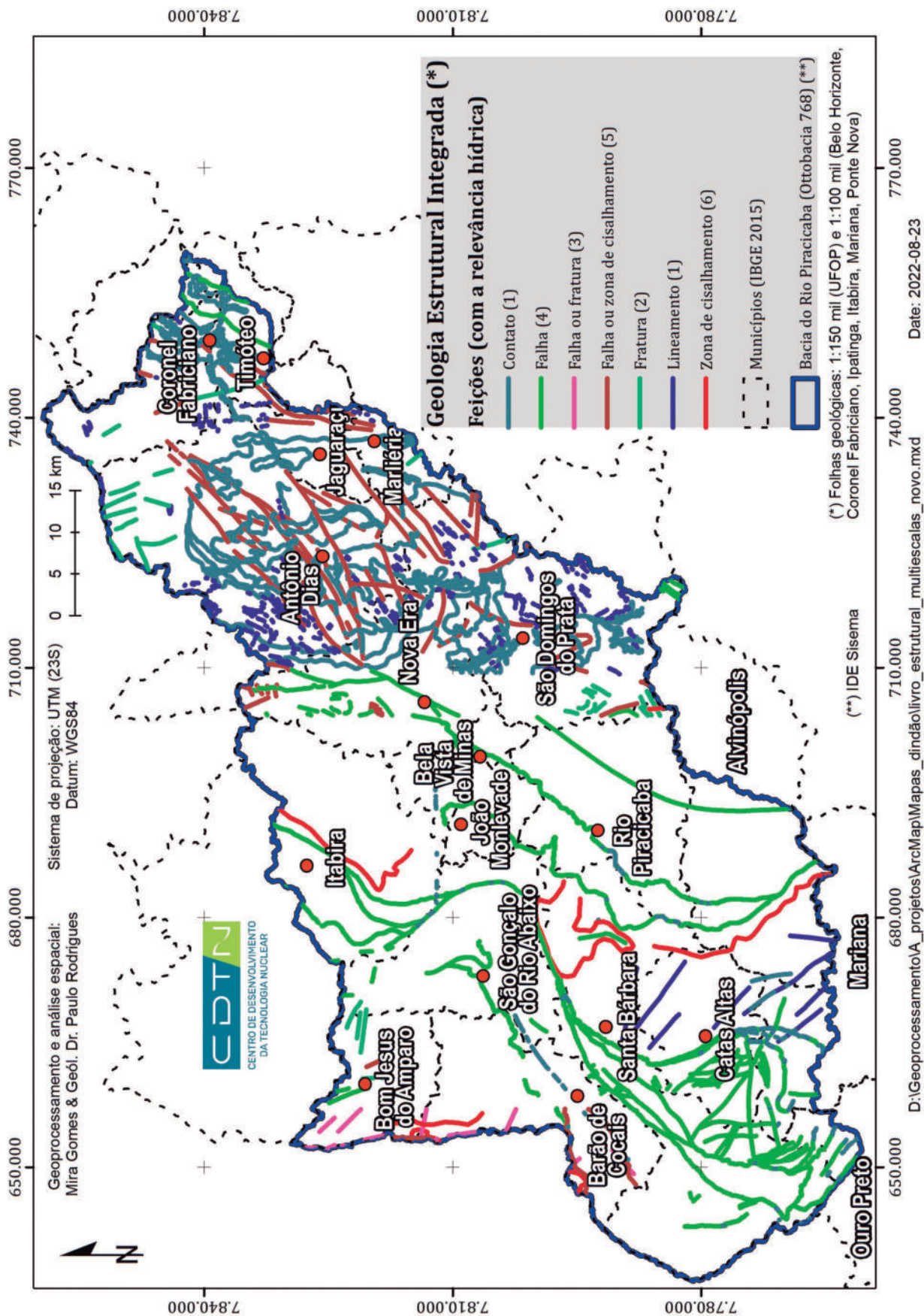
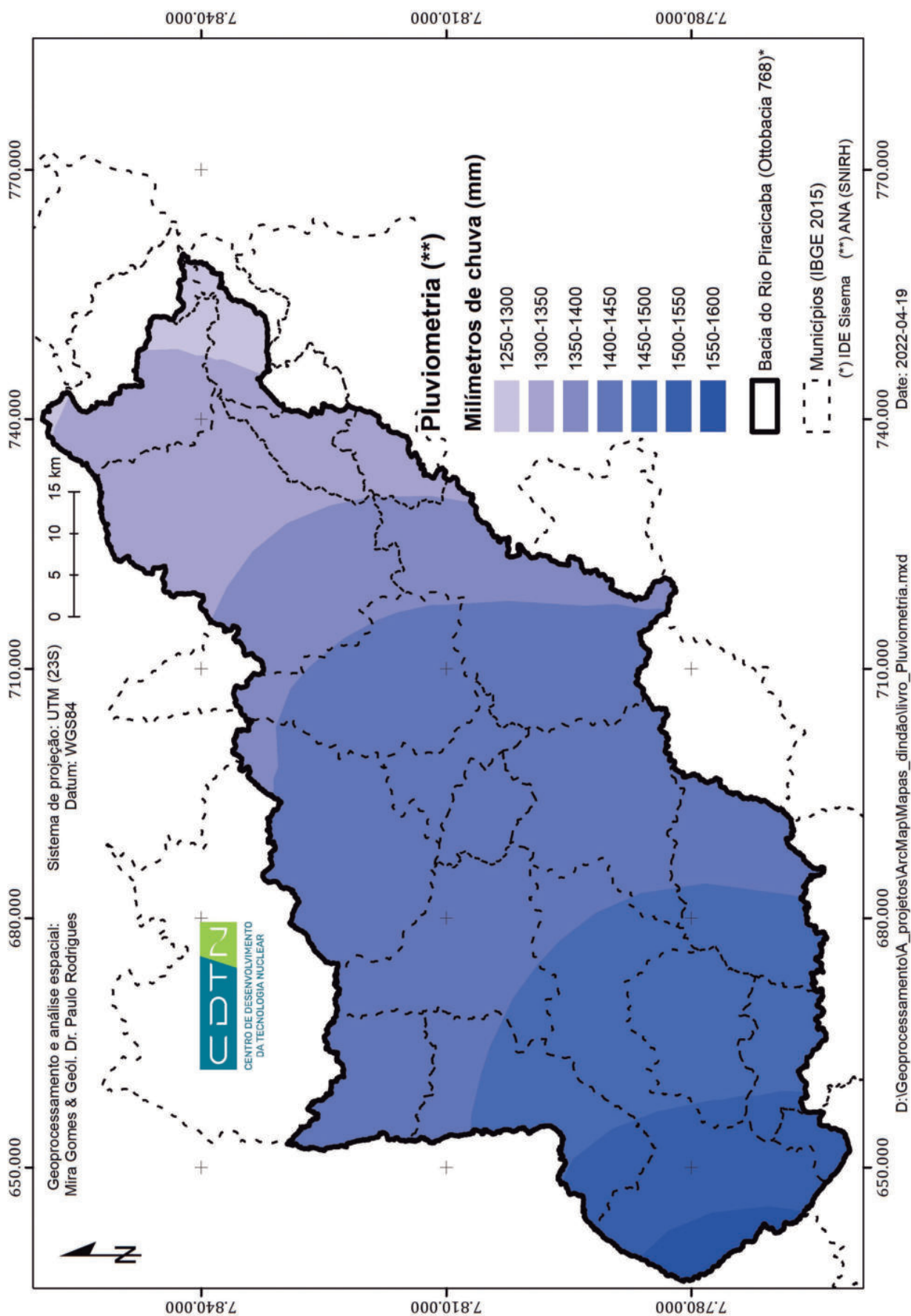


Figura 11.45 - Geologia Estrutura (após integração das folhas geológicas).



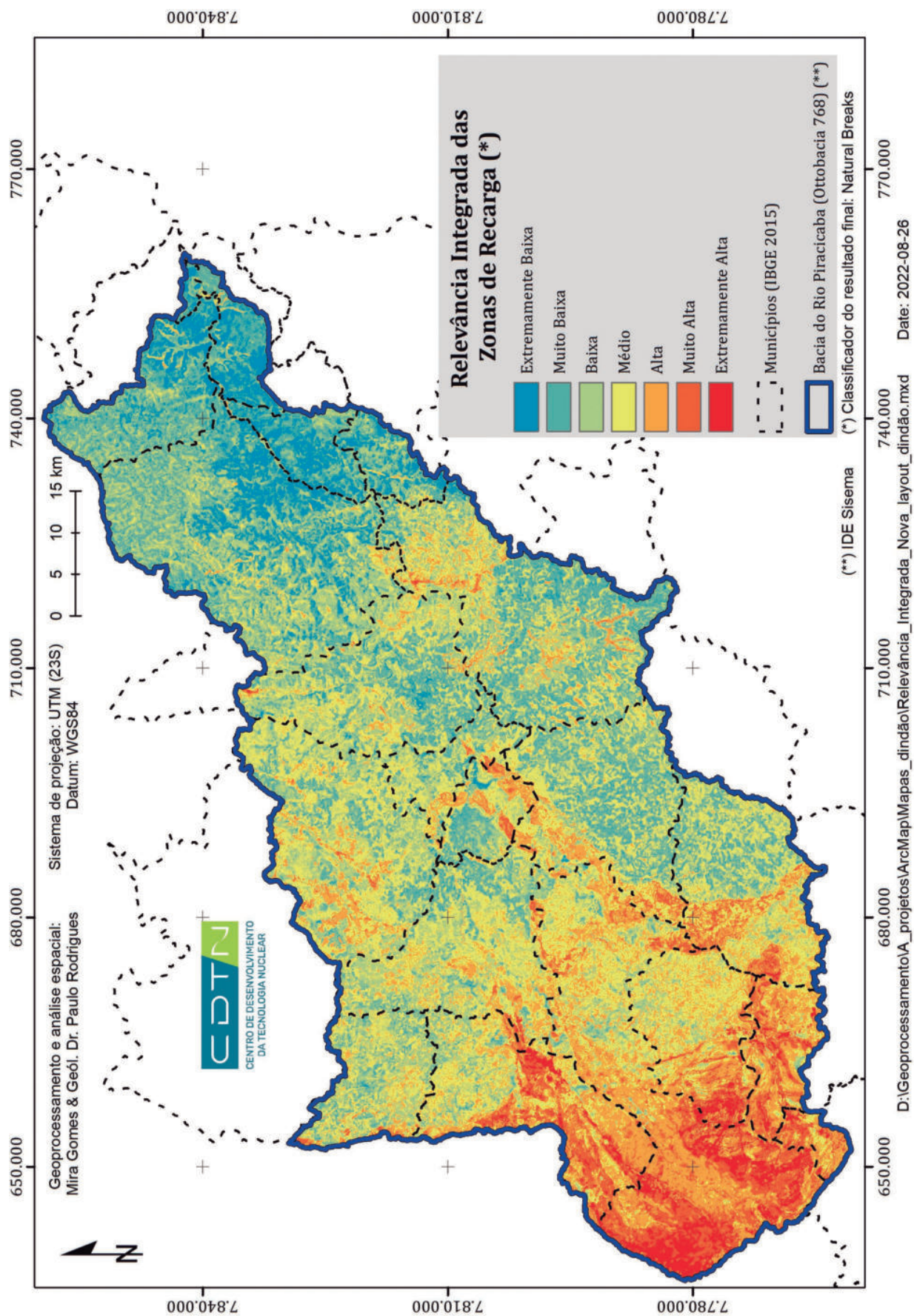
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.46 - Pluviometria.



Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.47 - Relevância Integrada das Zonas de Recarga Hídrica.



Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

11.6.1 PARTE 6 – Mapas de Análise Hidroambiental (legendas explicativas)

Figura 11.40 - Uso e Cobertura da Terra em 1985 (MapBiomias) - Esse mapa ilustra, a partir dos processamentos desenvolvidos pelo Projeto MapBiomias (classificação de imagens de satélite), as regiões com seus respectivos usos e coberturas da terra para o ano 1985.

Figura 11.41 - Uso e Cobertura da Terra em 2019 (MapBiomias) - Esse mapa ilustra, a partir dos processamentos desenvolvidos pelo Projeto MapBiomias (classificação de imagens de satélite), as regiões com seus respectivos usos e coberturas da terra para o ano 2019. A comparação com o mapa anterior dá uma magnitude do quanto foi alterado antropicamente ao longo do período de 1985 a 2019.

Figura 11.42 – Relevância Hierarquizada das Zonas Potenciais de Recarga Hídrica - Esse mapa ilustra as duas (dentre cinco) classes, as regiões mais relevantes em termos de recarga hídrica potencial a partir dos dados altimétricos da bacia disponibilizados pelo satélite *Alos Palsar*. Foi contemplada uma borda (*buffer*) de 5 km no entorno para que a percepção do entorno imediato também ficasse retratado. Essa metodologia leva em consideração a altitude das regiões em conjunção com a metodologia de acumulação de fluxo, recurso que quantifica os cenários de maior/menor potencialidade de acumulação de água. A definição das classes finais se baseou na análise estatística (*Natural Breaks*) desses resultados numéricos. O resultado cartográfico destaca onde na bacia do Piracicaba se localizam, então, as duas classes finais mais relevantes em termos de Zonas de Recarga Hídrica potencial, consideradas exclusivamente as características altimétricas.

Figura 11.43 - Declividade - Esse mapa ilustra o relevo do terreno segundo suas características de inclinação, de acordo com a classificação da Embrapa.

Figura 11.44 – Relevância hídrica das litologias - Esse mapa ilustra a bacia sob o ponto de vista da sua hidrogeologia interpretada a partir integração das sete folhas geológicas de maior detalhe disponível 1:100 mil (CPRM e CODEMIG) e 1:150 mil (UFOP) com formações geológicas, consideradas suas características hídricas. O objetivo é retratar as potencialidades das regiões em armazenar e conduzir as águas

subterrâneas (águas acumuladas no subsolo em variados substratos geológicos em função das suas capacidades de formação ou não de aquíferos).

Figura 11.45 - Geologia Estrutural - Esse mapa ilustra as estruturas geológicas, as quais representam regiões com maior propensão à circulação hídrica subterrânea. Os dados foram compatibilizados a partir da integração das sete folhas geológicas de maior detalhe disponível 1:100 mil (CPRM e CODEMIG) e 1:150 mil (UFOP).

Figura 11.46 - Pluviometria - Esse mapa ilustra as zonas com índices de chuva (pluviometria), as quais representam menor/maior potencial da água de chuva para infiltrar e recargar os aquíferos sob o ponto de vista exclusivo da disponibilidade pluviométrica.

Figura 11.47- RESULTADO FINAL - Relevância Integrada das Zonas de Recarga Hídrica (a partir dos mapas 38 a 44), gerada a partir da interseção entre os temas: (I) Uso e Cobertura da Terra (2019); (II) Relevância Hierarquizada das Zonas de Recarga Hídrica; (III) Relevância Hídrica (litologias); (IV) Declividade; (V) Geologia Estrutural e; (VI) Pluviometria. Todas as camadas tiveram o mesmo peso e foram integradas a partir da atribuição de escala de valores numéricos com subsequente agrupamento em classes em função da soma numérica alcançada. Essa metodologia também está descrita em Gomes e Rodrigues (2021).

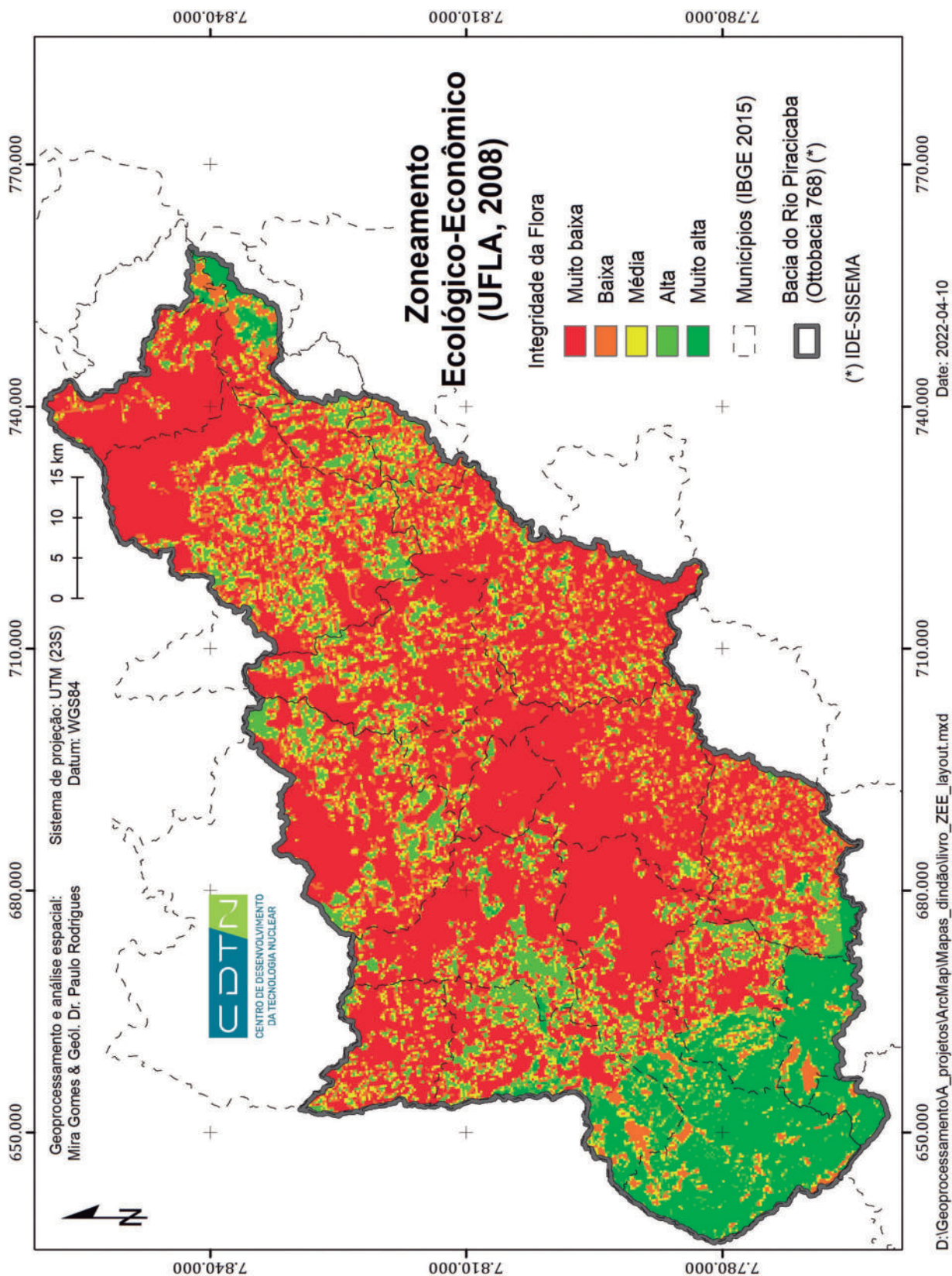
Figura 11.48 - Vista parcial das serras abaixo da nascente do Piracicaba - Ouro Preto.



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 - Sérgio Henrique.

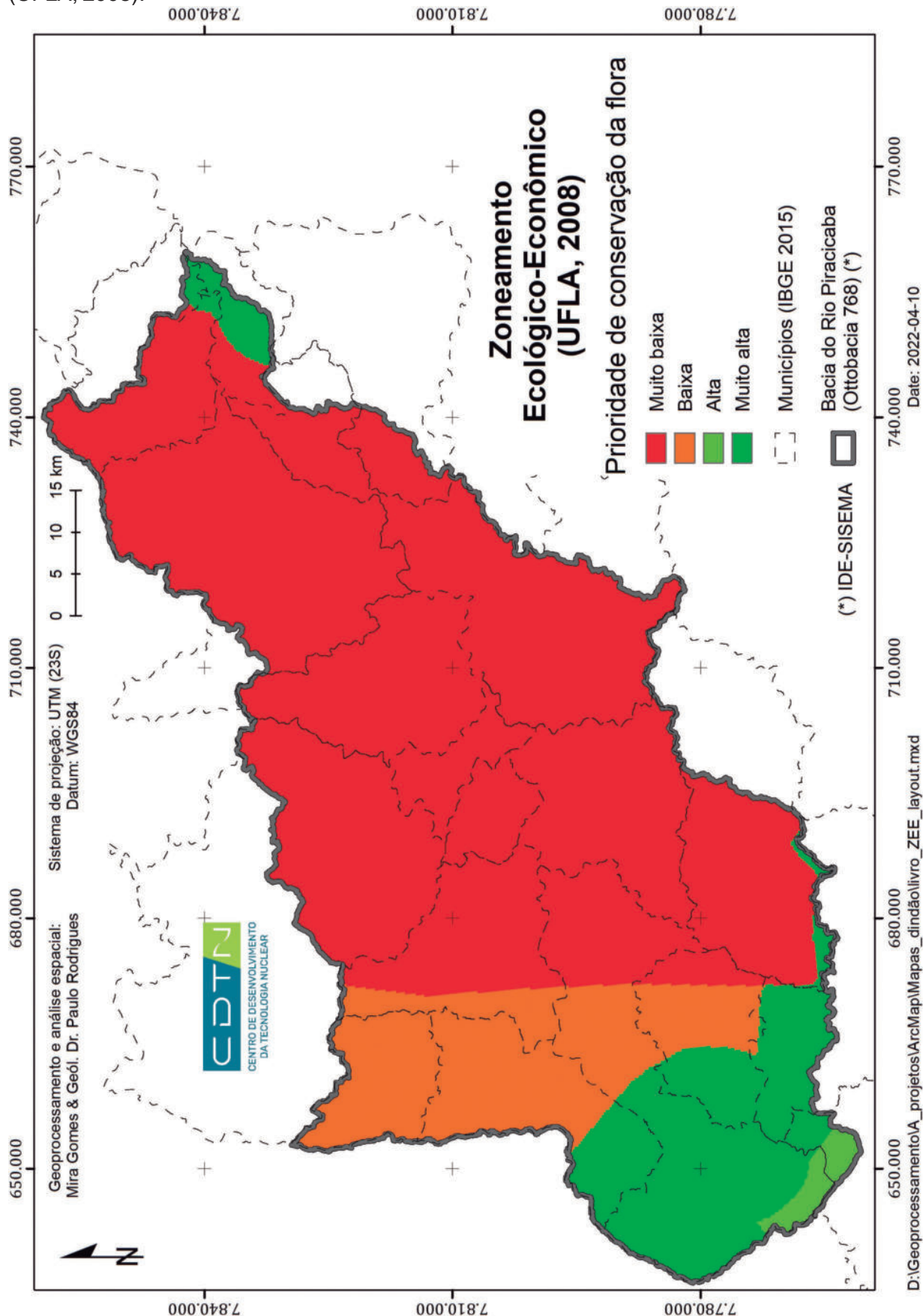
11.7 PARTE 7 - Mapas do Zoneamento Ecológico-Econômico de MG (ZEE-MG)

Figura 11.49 - Zoneamento Ecológico-Econômico - Integridade da Flora (UFLA, 2008).



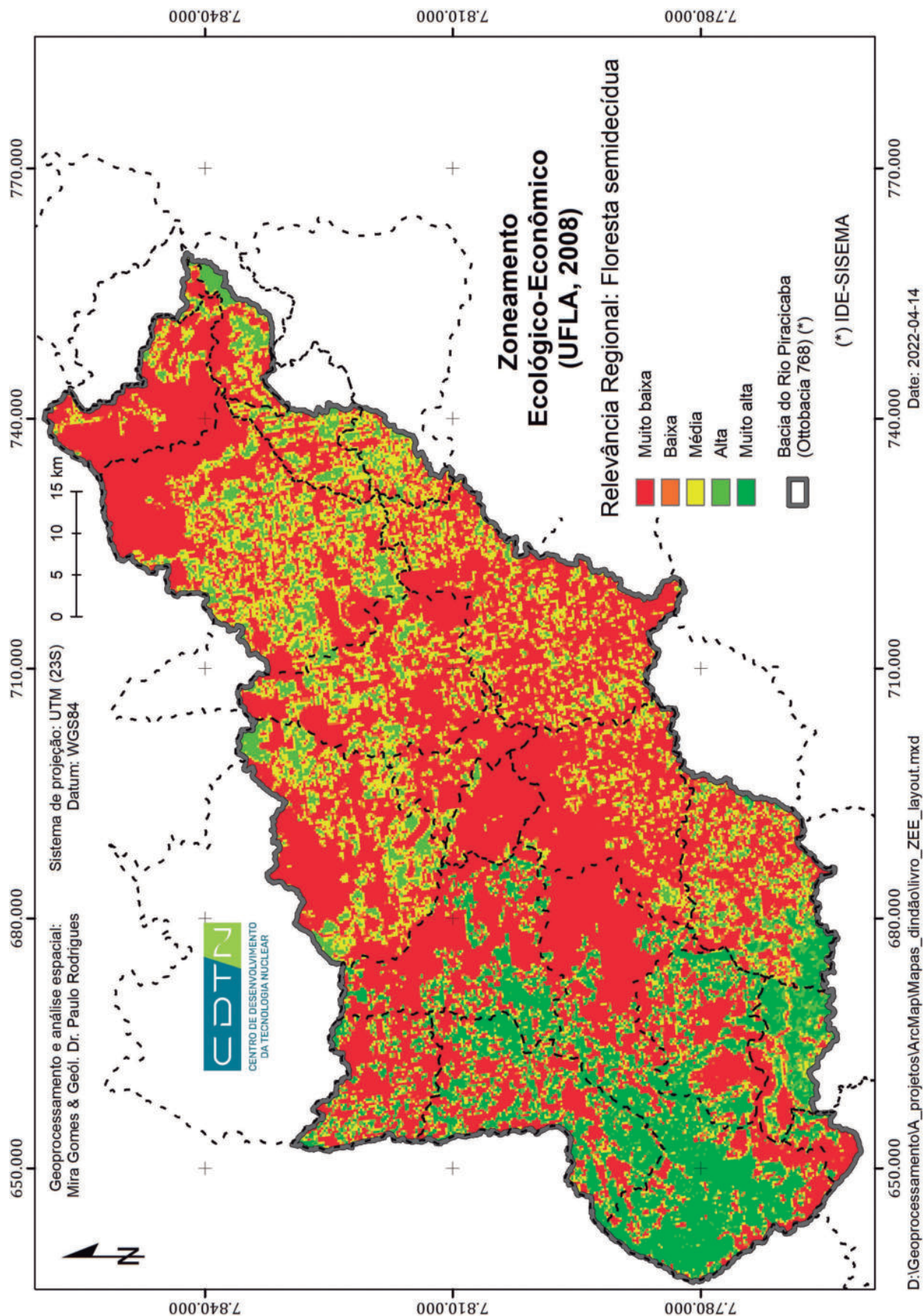
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.50 - Zoneamento Ecológico-Econômico - Prioridade de Conservação da Flora (UFLA, 2008).



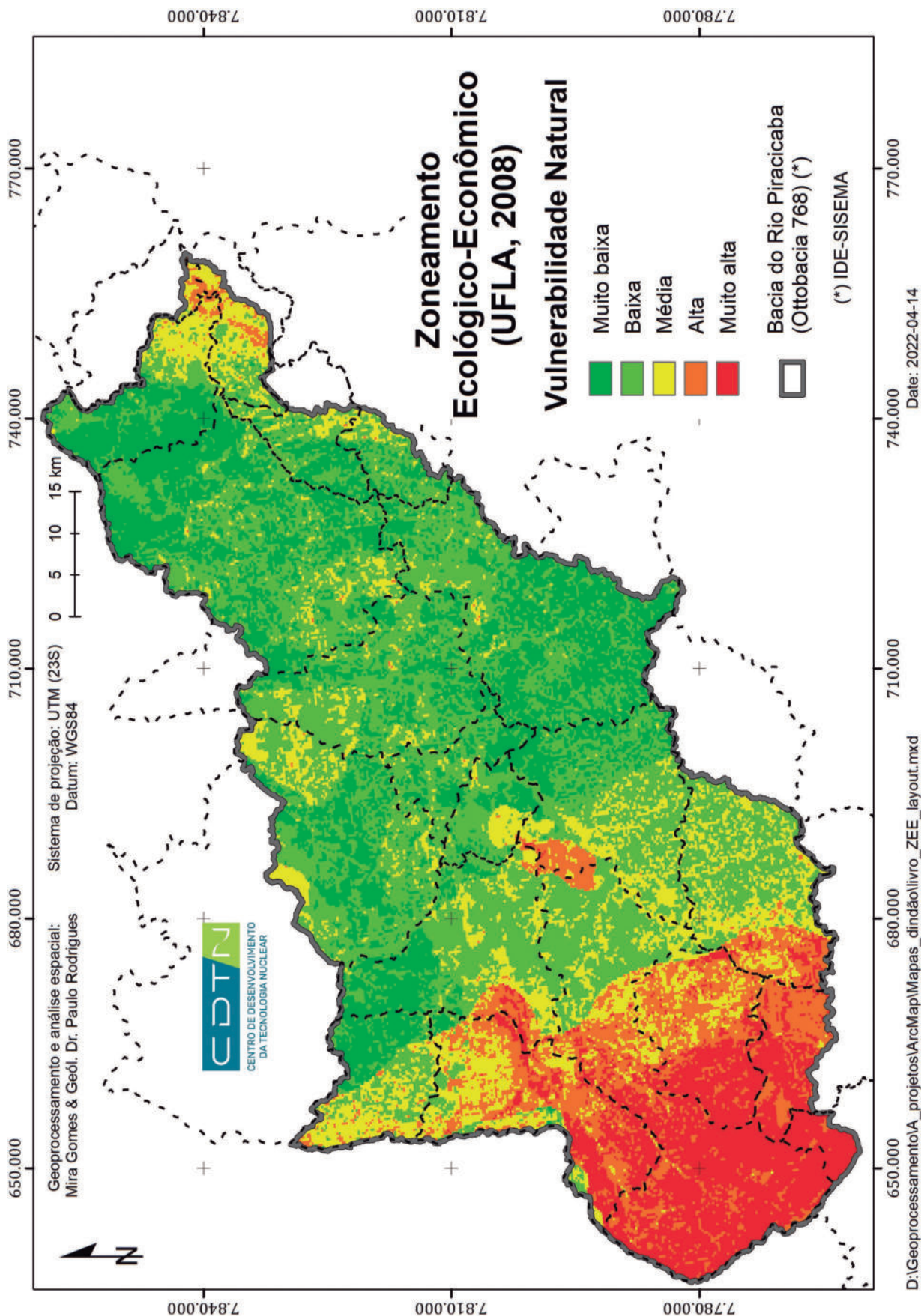
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.51 - Zoneamento Ecológico-Econômico - Relevância Regional (UFLA, 2008).



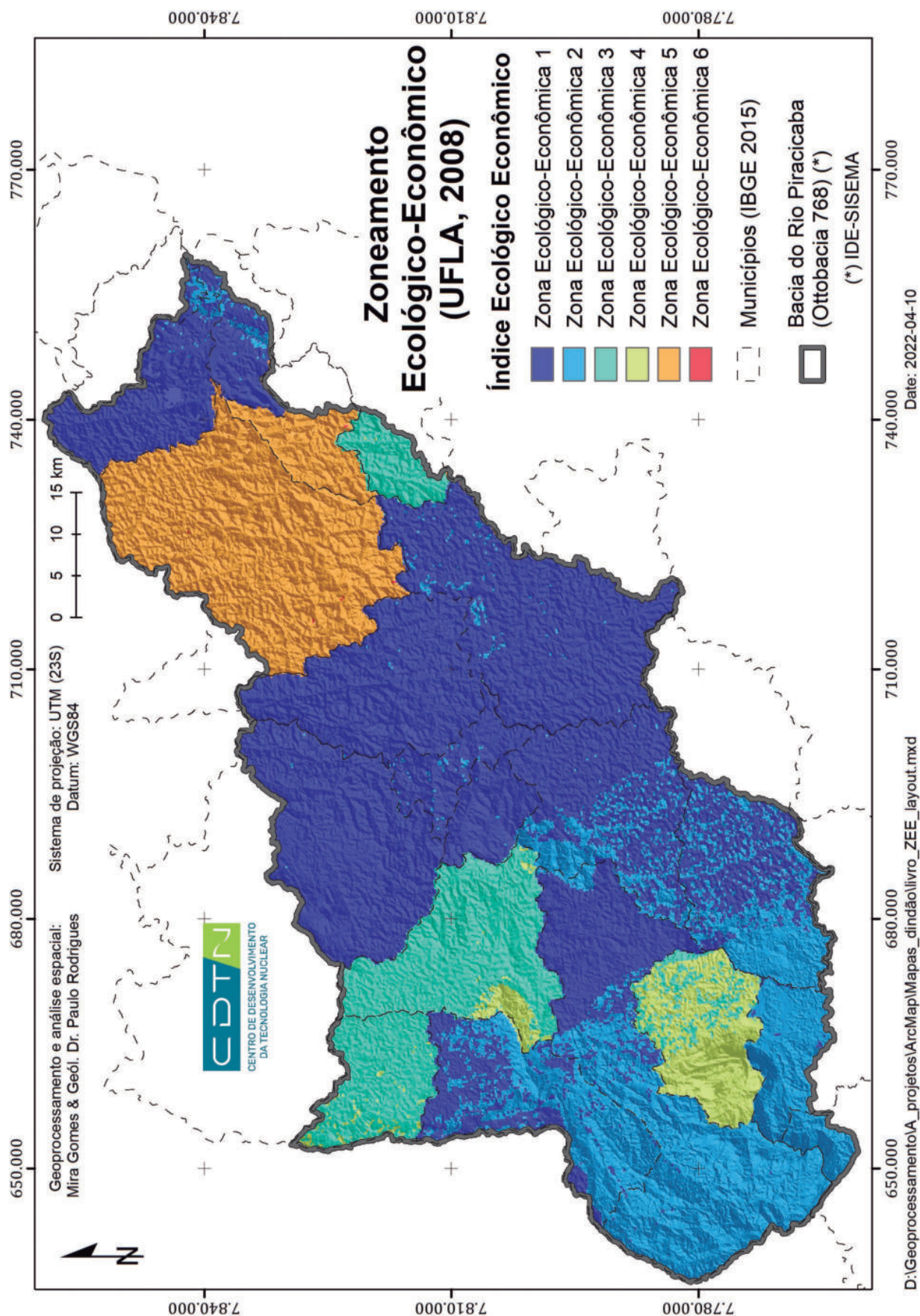
Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.52 - Zoneamento Ecológico-Econômico - Vulnerabilidade Natural (UFLA, 2008).



Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

Figura 11.53 - Zoneamento Ecológico-Econômico - Índice Ecológico-Econômico (UFLA, 2008).



Fonte: CDTN / CNEN / Mira Gomes / Geólogo Dr. Paulo Rodrigues

11.7.1 PARTE 7 – Mapas do Zoneamento Ecológico-Econômico de MG – ZEE-MG (legendas explicativas)

Os quatro primeiros mapas acima representam alguns dos mapas do conjunto cartográfico que integraram o mapa final do ZEE-MG (quinto e último mapa); esses mapas parciais selecionados corroboram a relevância das áreas de recarga hídrica da bacia do Piracicaba apontadas em mapas anteriores. O último mapa informa, então, os territórios classificados com os seis índices finais desse ZEE.

Figura 11.49 - Integridade de Flora (ZEE - 2008) - Esse mapa ilustra os diferentes graus da integridade da flora, ou seja, as áreas que ainda apresentam certa integridade ecológica e que, portanto, são mais vulneráveis à ação do homem (UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2008a).

Figura 11.50 - Prioridade de Conservação da Flora (ZEE - 2008) - Esse mapa ilustra as diferentes prioridades para a conservação da flora com base na ocorrência de espécies endêmicas, ameaçadas de extinção, entre outras variáveis operacionais (UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2008a).

Figura 11.51 - Relevância Regional - floresta semidecídua (ZEE - 2008) - Esse mapa ilustra a relevância regional de fitofisionomias, aqui entendida como a razão entre a área atual de determinadas fitofisionomias em uma célula e área total destas em regionais do COPAM (UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2008a).

Figura 11.52 - Vulnerabilidade Natural (ZEE - 2008) – Esse mapa ilustra a vulnerabilidade natural, ou seja, a incapacidade de uma unidade espacial resistir e/ou recuperar-se, após sofrer impactos decorrentes de atividades antrópicas consideradas normais (UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2008a).

Figura 11.53 - Índice final do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE - 2008) – Esse é o mapa final de todo o processamento dos dados do ZEE-MG. As zonas apresentadas no mapa seguem as seguintes descrições (UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2008a):

Zona de desenvolvimento 1: Esta zona é formada pela classe AA do Índice Ecológico-Econômico - IEE. São áreas de elevado potencial social que pressupõem condições de gerenciar empreendimentos de maior porte e causadores de maiores impactos socioambientais. São caracterizadas por possuírem capacidades nos níveis estratégico, tático e operacional e de serem facilmente estimuladas para alavancar o desenvolvimento sustentável local.

Nessa zona, os locais são menos vulneráveis ambientalmente, os empreendedores têm melhores condições para implantar ações preventivas e mitigadoras de impactos.

Zona de desenvolvimento 2: Esta zona é formada pela classe AB do IEE. São áreas de elevado potencial social que pressupõem condições de gerenciar empreendimentos de maior porte e causadores de maiores impactos socioambientais. São caracterizadas por possuírem capacidades nos níveis estratégico, tático e operacional e de serem facilmente estimuladas para alavancar o desenvolvimento sustentável local. Nessa zona, os locais são mais vulneráveis ambientalmente, e os empreendedores devem procurar estabelecer maior gama de ações preventivas e mitigadoras de impactos.

Zona de desenvolvimento 3: Esta zona é formada pela classe BA do IEE. São áreas de potencial social intermediário e baixa vulnerabilidade natural que demandam ações que incentivem o desenvolvimento, considerando que o meio ambiente tem maior poder de resiliência, aumentando a efetividade das ações mitigadoras.

Zona de desenvolvimento 4: Esta zona é formada pela classe CA do IEE. São áreas de baixo potencial social e baixa vulnerabilidade natural, dependentes de assistência direta e constante do governo do estado ou do governo federal em áreas básicas de desenvolvimento, levando em conta que o meio natural fornece condições propícias para este desenvolvimento.

Zona de desenvolvimento especial 5: Esta zona é formada pela classe BB do IEE. São áreas de potencial social intermediário e alta vulnerabilidade natural que demandam ações que incentivem o desenvolvimento, considerando que o meio ambiente tem baixo poder de resiliência, diminuindo a efetividade ou inviabilizando ações mitigadoras.

Zona de desenvolvimento especial 6: Esta zona é formada pela classe CB do IEE. São áreas de baixo potencial social e alta vulnerabilidade natural, dependentes de assistência direta e constante do governo do estado ou do governo federal em áreas básicas de desenvolvimento, levando em conta que o meio natural é um elemento limitante.

11.8 Referências Bibliográficas

(Incluindo fonte das bases georreferenciadas)

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Índice de Segurança Hídrica**. 2015. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Pluviometria**. [s.l.]. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Barragens**. 2019a. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-deseguranca-de-barragem/2019>.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Barragens**. 2019b. Disponível em: <https://app.anm.gov.br/SIGBM/Publico/GerenciarPublico>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ)**. Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro: Ainfo, 1979. 83p. (EmbrapaSNLCS. Miscelânea, 1). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212100/1/SNLCS-Miscelania-1-1979.pdf>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). **Manchas urbanas**. 2015. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: EARTH DATA. **Dataset Alos Palsar**. [20—]. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/#/>

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). **Planilha Excel sobre Barragens**. 2018. Disponível em: <http://www.feam.br/component/content/40?task=view>.

GOMES, M. C. R.; RODRIGUES, P.C.H. **Geotecnologias aplicadas à caracterização e aos estudos de recursos hídricos na bacia do Rio Piracicaba (MG), sub-bacia do Rio Doce**. 2021. Relatório (Iniciação Científica em 2020/2021) – CDTN/CNEN, Belo Horizonte, MG. 2021.

GOOGLE EARTH ENGINE. Projeto mapbiomas. [20—]. Disponível em: <https://mapbiomas.org/download>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Municípios**. 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-doterritorio/malhas territoriais/15774-malhas.html?=&t=downloads>.

INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS (IDE-SISEMA). **Diferentes bases e datas**. [20—]. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>.

MAPBIOMAS. **Mapas e dados**. [20—]. Disponível em: <https://mapbiomas.org/download>. https://code.earthengine.google.com/?accept_repo=users/mapbiomas/user-toolkit

MONTGOMERY, C. W. **Environmental Geology**. 9. ed. [s.l.]

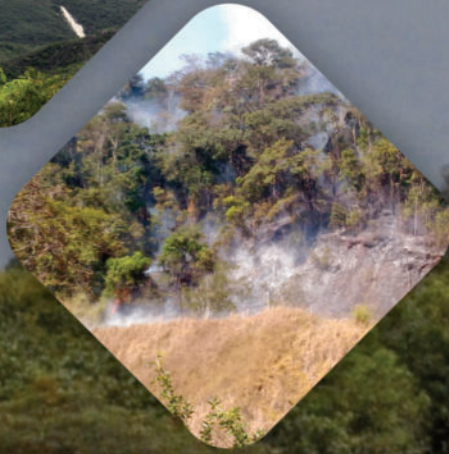
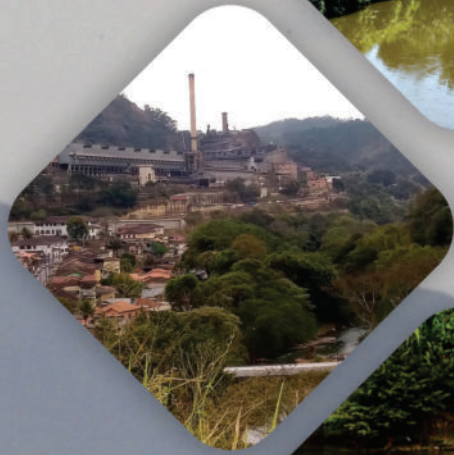
SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION (SRTM). Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA). **Zoneamento ecológico-econômico do Estado de Minas Gerais**: Componentes geofísico e bióticos; Zoneamento e cenários exploratórios; Componente sócioeconômico. Editora UFLA, 2008a.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA). **Zoneamento ecológico-econômico do Estado de Minas Gerais**. Editora UFLA, 2008b.

CAPÍTULO 12

SÍNTESE



12 SÍNTESE DAS CONDIÇÕES DA BACIA

Geraldo Magela Gonçalves (Organizador-Editor)

Acompanhando a expedição desde o início, o analista ambiental do Igam, Allan Oliveira Motta, pode observar os impactos da ocupação desordenada da bacia. Segundo ele, em sua nascente, na região do Alto Piracicaba, a água é gelada e cristalina. Também foi possível observar uma fauna e flora abundante em alguns pontos do percurso. No entanto, ao longo do trajeto, principalmente próximo às manchas urbanas, a água perde qualidade e volume devido ao assoreamento, lançamento de esgoto sem tratamento, descarte indevido de lixo – principalmente de recicláveis, como plásticos e pneus –, desmatamento de matas ciliares, entre outros impactos ambientais.

O analista destaca que parte da população se mostrou muito engajada com as ações da expedição e preocupada com a preservação do rio. “Fomos muito bem recebidos nos municípios que passamos. A expedição mobilizou bastante as comunidades locais. Elas gostaram muito de nos receber e participar das ações promovidas”, relatou. “Relevante para futuras ações na Bacia do Rio Piracicaba, o diagnóstico realizado pela expedição destacará a importância da sustentabilidade do rio. A sua preservação é essencial para todos, já que envolve as mais diversas áreas como: turismo, cultura e gestão das águas.”

“O conceito da expedição apresenta a situação do rio, do ponto de vista técnico e da qualidade da água, e ainda promove a aproximação da sociedade com as ações do Comitê de Bacia”, afirmou na época o então diretor de Gestão e Apoio ao Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Igam, Thiago Santana.

Os resultados dos estudos realizados e apresentados nessa publicação demonstram o trabalho que será demandado para mudar o quadro atual.

Ficou claro que a bacia pode ser caracterizada por situações que definem sua relação de uso com os recursos hídricos, em função de aspectos hidrográficos, geológicos, geomorfológicos e socioeconômicos.

Ao longo da bacia observa-se que os recursos hídricos estão sofrendo vários impactos de origem antrópicas, e como consequência os cursos d’água, além de perderem volume, se apresentam assoreados, com pouca profundidade e com alargamentos das margens. No período de chuvas esse assoreamento facilita o transbordamento da água para as planícies de inundação, o que pode provocar nos centros urbanos perdas materiais

e humanas. Para confirmar tal hipótese, foram levantadas algumas seções de interesse do Rio Piracicaba objetivando computar as vazões para um determinado período.

Alguns pontos registrados pela expedição merecem destaque:

- Ao longo de toda bacia, não são constatados grandes déficits hídricos nos períodos de escassez, (apesar da perda de volume de diversos cursos d'água) sendo os volumes disponíveis suficientes para atender as demandas de abastecimento humano e outros usos econômicos da água.
- Foi detectada a existência de pontos localizados com escassez crônica de água, em função de demandas pontuais concentradas, com tendências de elevação, que exigem planejamento consistente que possam garantir a oferta hídrica.
- A contaminação sanitária das cidades que se situam nas nascentes da bacia e principalmente na região do Vale do Aço impactam trechos de rios onde as vazões são menores, onde parâmetro *Escherichia coli* ultrapassa os valores permitidos pela legislação.
- A presença de um grande parque industrial, associado a uma atividade minerária intensiva e a monocultura de eucaliptos, demanda cuidados por parte de todos, exigindo-se inserir o setor dentro de um rígido sistema de monitoramento e controle ambiental.
- As ameaças à qualidade das águas são tão preocupantes quanto aquelas que colocam em risco os caudais da bacia - mormente aqueles corpos d'água e aquíferos a jusante das barragens de rejeito de mineração mesmo em cenários de não rompimento, já que o lixiviado dessas atividades não fica circunscrito aos territórios já degradados (permanente contaminação invisível).
- As microbacias que compõem a Bacia do Rio Piracicaba sofrem com desmatamento, muitas vezes para formação de pastagens, não sendo respeitados os topos de morro, áreas de recarga e as matas ciliares dos córregos, riachos e dos próprios rios, causando com isso perda de solo, evaporação excessiva da água e assoreamento desses cursos d'água.
- Muito lixo foi encontrado tanto no leito dos cursos d'água quanto em suas margens. Esse lixo tem como origem o lançamento direto nos cursos d'água ou são provenientes da falta de gestão de resíduos nas cidades, fato

potencializado pelo descaso também de parte da população em destinar corretamente o lixo gerado por ela.

- Os microcontaminantes são uma preocupação extra. Os resultados encontrados pela equipe técnica da Expedição Piracicaba demonstram que a presença de diversos microcontaminantes ao longo das águas do Rio Piracicaba já é, infelizmente, nossa realidade. Esses resultados demonstram o descaso das autoridades públicas com nossas águas.

Infelizmente até hoje nossos esgotos sanitários, bem como nossos resíduos urbanos e muitos de nossos efluentes industriais continuam sendo descartados sem os devidos tratamentos. Todo esse descaso afeta diretamente a qualidade das nossas águas, bem como nossa qualidade de vida.

Figura 12.1 - Esgoto escorre em direção ao Piracicaba em praia no Bairro Amaro Lanari, Coronel Fabriciano.



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio, 2019 - Sérgio Henrique.

CAPÍTULO 13

SUGESTÕES DE AÇÕES PARA REVITALIZAÇÃO DA BACIA

Caiaques navegando no Rio Piracicaba chegam ao encontro com o Rio Doce em Ipatinga.

Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio 2019 – Sérgio Henrique.

13 SUGESTÕES DE AÇÕES PARA REVITALIZAÇÃO DA BACIA

Geraldo Magela Gonçalves (Organizador-Editor)

Como sugestão de melhoria da qualidade das nossas águas, o primeiro passo é eliminar as principais fontes de contaminação. Ou seja, deve-se eliminar o descarte incorreto dos esgotos sanitários, resíduos sólidos urbanos e efluentes industriais. As autoridades públicas devem ser exemplos de melhorias e para isso as principais sugestões são:

- Comprovadamente em diversas partes do mundo, a gestão de microbacias geram os melhores resultados na conjugação de esforços no sentido de se diminuir o processo de erosão do solo, associado à recuperação de nascentes e áreas de preservação permanente. O efeito, neste caso, da melhoria da qualidade ambiental das microbacias, se daria não só sobre a qualidade da água, como também sobre o aumento da vazão regularizada, diminuindo os efeitos da sazonalidade dos recursos hídricos.
- Para efetivar um trabalho de recuperação dessas microbacias, além do trabalho de mobilização e educação dos atores relacionados diretamente com estas, propor e criar projetos de remuneração por serviços ambientais para compensar os pequenos produtores rurais que, muitas vezes, lançam mão desses espaços que deveriam ser intocados para aumentar áreas de pastagens ou culturas, já que a bacia, em grande parte, apresenta um relevo adverso à pecuária e agricultura.
- ✓ Implementar, urgente, as estações de tratamentos de esgoto sanitário (ETE) em todas as cidades. Nenhum esgoto sanitário deve ser lançado nos recursos hídricos sem tratamento prévio e eficiente;
- ✓ É urgente iniciar ações para a redução de déficits hídricos localizados, em função de demandas pontuais sobre áreas de baixa disponibilidade hídrica, a partir do desenvolvimento de ações eficientes de recuperação de microbacias, envolvendo recuperação de áreas degradadas e a renaturalização, objetivando não só a redução de sedimentos e contaminantes, gerando reflexos sobre a vazão regularizada.

- ✓ Implantação e/ou acompanhamento dos sistemas de tratamento de lixiviado de aterro sanitário em toda a bacia.
- ✓ Fiscalizar e fazer cumprir a legislação vigente e autuar as empresas que descartarem seus efluentes industriais sem um correto tratamento.
- ✓ Mobilizar a população sobre a importância de não descartar seus resíduos irregularmente e principalmente nas nossas águas.
- ✓ Elaborar planos para a proteção das matas ciliares e dos topos dos morros na bacia do rio Piracicaba.
- ✓ Promover estudos que relacionam o coeficiente de rugosidade por meio de medições para indicar o nível de proteção de margens em áreas mais susceptíveis à inundações.
- ✓ Para um aumento da oferta hídrica, através de regularização das vazões em microbacias que tiveram seu sistema natural alterado, é possível introduzir ações de renaturalização, pela construção de “barraginhas” e ações que promovam a infiltração da água no solo.
- ✓ Recuperação de Áreas de Preservação Permanente – APPs, como a recuperação de mata ciliar e vegetação de topo de morros.
- ✓ Já a população deve observar seus políticos e valorizar aqueles que estão, realmente, preocupados em melhorar nossas águas. A qualidade das nossas águas é assunto sério e o comprometimento das autoridades para revitalizar a bacia deve conter essas ações sugeridas. Esse é o caminho para eliminarmos as principais fontes de poluentes e fundamental para conseguirmos desfrutar dos nossos recursos hídricos sem comprometer nossa saúde.
- ✓ Fomentar as pesquisas técnico-científicas com objetivo de estudar e integrar os conhecimentos sobre as águas superficiais e águas subterrâneas, com destaque para acompanhamento do processos de Outorgas pelo Uso da Água e de Licenciamentos Ambientais.
- ✓ Implantação de um sistema de coleta e disposição final de resíduos em todos os municípios, inclusive com unidades de triagem e compostagem de lixo;
- ✓ Criar uma frente organizada de municípios para o enfrentamento da questão das enchentes e dos rompimentos de barragens de mineração.

- ✓ Criar projeto eficiente e organizado de renaturalização de bacia, comungando princípios e técnicas de controle da erosão, aumento da infiltração do uso do solo e recomposição das áreas de preservação permanente, em especial as de topo de morro no Alto Piracicaba (Serra do Caraça, Gandarela e arredores).
- ✓ Criar projeto de instalação de uma rede de monitoramento da qualidade e quantidade da água, objetivando verificar as condições ambientais dos recursos hídricos e a eficiência e eficácia das ações adotadas.
- ✓ Como política de preservação e mesmo recuperação dos caudais da bacia é fundamental que se preservem as suas áreas de recarga hídrica. Em especial, aquelas situadas nas maiores altitudes da bacia (Serra do Caraça, Gandarela e arredores), as quais sofrem grandes ameaças de projetos minerários nos topos de morros onde se localizam as concentrações ferríferas do Aquífero Cauê.

Figura 13.1 - Caiaques iniciam navegação no Rio Piracicaba antes de Santa Rita Durão - Mariana.



Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio, 2019 - Sérgio Henrique.

14 FICHA TÉCNICA / EXPEDIENTE

Concepção gráfica

Geraldo Magela Gonçalves Dindão

14.1 Programação Visual e editoração Eletrônica

Algi Comunicação

Impresso nas oficinas da:

Gráfica Digital: Xerox do Baú (Edição Limitada)

Equipe da Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio

Fonte: Expedição Piracicaba 2019 / Sérgio Henrique



Em pé: Djaine Costa, Dartson da Fonseca, Professor José Augusto, Amanda Prímola, Diogo Cota, Fausto Barros, Allan Mota, Joesley Sena de Souza e Lucas de Albuquerque Martins. **Agachados:** João Vitor, Flaminio Guerra, Geraldo Dindão Gonçalves, Diego Lima, Roseli Ferreira, Thobias Almeida.

Detalhes: Professores Fernando Neves Lima, James Lacerda Maia, Eliane Vieira, Roberto Monte Mor, Gláucio Marques e Eduardo de Aguiar.

14.2 Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio

Coordenação

Geraldo Magela Gonçalves Dindão

Jornalista e ambientalista - *Editor do Tribuna do Piracicaba – A Voz do Rio*

Flamínio Guimarães Guerra

Ambientalista - *Presidente do CBH Doce*

José Augusto Costa Gonçalves

(*Coordenação Técnico-científica*) - *Geólogo, M.Sc., Ph.D - UNIFEI – Itabira*

14.3 Pesquisadores

• A bacia hidrográfica do Rio Piracicaba

José Augusto Costa Gonçalves (D.Sc. Geologia - UNIFEI – Itabira)

• História da ocupação da bacia

Geraldo Magela Gonçalves “Dindão” (Jornalista)

• Uso ocupação do solo / atividades socioeconômicas

Eliane Maria Vieira (D.Sc. Engenharia Civil - UNIFEI – Itabira)

• Águas / qualidade / vazão / saneamento

Eduardo de Aguiar do Couto (D.Sc. Engenharia Civil - UNIFEI – Itabira) / Fernando

Neves Lima (D.Sc. Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos - UNIFEI – Itabira)

/ Gláucio Marcelino Marques (D.Sc. Ciência Florestal - UNIFEI – Itabira) / James Lacerda

Maia (D.Sc. Ciências da Engenharia Ambiental - UNIFEI – Itabira) / José Augusto Costa

Gonçalves (D.Sc. Geologia - UNIFEI – Itabira) / Roberto Cezar Monte Mor (D.Sc. Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos - UNIFEI – Itabira)

• Microcontaminantes

Diego Roberto Sousa Lima (D.Sc. Engenharia Ambiental)

Ananda Lima Sanson – (D.Sc. Biotecnologia-Genômica e Proteômica)

Tatiana Wieczorko Barán (Mestra em Engenharia Ambiental)

Daiana Rocha do Espírito Santo – Graduanda em Química Industrial 2019

• Águas subterrâneas

José Augusto Costa Gonçalves (D.Sc. Geologia - UNIFEI – Itabira)

Paulo Cesar Horta Rodrigues (D.Sc Geologia - CDTN / CNEM - BH)

Karen Quintão Castro (M.Sc. Gestão e Regulação de Recursos Hídricos-PROFÁGUA - UNIFEI – Itabira)

• Análises geoespaciais

Paulo Cesar Horta Rodrigues (D.Sc Geologia - CDTN / CNEM - BH)

Engenheira Ambiental Mira Gomes (CDTN / CNEM - BH)

14.4 Registro

Thobias Lima de Almeida

Jornalista, RP e Coordenador de Comunicação da Expedição

Sérgio Henrique Braga

Cinegrafista / fotógrafo / Editor de imagens

João Vitor Reis de Carvalho

Operador Drone

Drielle Pantuza Gonçalves

Mídia Digital

Laís Fonseca

Digital influencer

Mateus Brum

Designer Gráfico

14.5 Apoio

Allan de Oliveira Mota

Biólogo - Analista Igam.

Prof. Fausto A. Mendes Barros

Ambientalista – Ativista - Historiador.

Djaine Ferreira

Permacultor – Ambientalista - Ativista.

Diogo Cota

Coordenador Usina Móvel.

Dartson da Fonseca

Engenheiro Civil – Ativista.

14.6 Escritório

Silvana Guerra

Coordenação Escritório de apoio.

Marcos Martino

Compositor Trilha Sonora.

Larissa Ramos Duarte

Estagiária.

14.7 Participação

11º Batalhão de Bombeiros Militar de Ipatinga

(André Alves de Souza, Cristiano Stefani Elias Santiago, Grácimo Juarez Ferreira Júnior, Hélio José Notelio, Herman Messina Ribeiro, Luciano Carvalhaes Laguna e Thales Martins Pereira).

12º Cia de Polícia Militar Independente de Meio Ambiente. (Ipatinga-MG)

14.8 Apoio – técnico / Unifei - Itabira

André Gonçalves Pereira, Amanda Gonçalves Prímola, Brenda Luiza Ferreira Paiva, Brenda Teixeira S. Marinho, Caio Luis Moreira de Souza, Cynthia Ynara Gomes, Daiana G. da Fonseca Silva, Emanuely B. P. Nascimento, Fernanda Paula Bicalho Pio, Geovana M. de Freitas Martins, Giovana Cabral Cazassa, Gisely de Assis Oliveira, Guilherme Henrique S. Pereira, Igor Gabriel Marcelino Martins, Júlia de Brito Simião, Letícia Chiaradia Cintra, Luisa Oliveira Duarte, Marina Ana Rosa Silva, Mariana Araújo Mendes Ferreira, Milena Stefany Lage Almeida, Filipe Pires Maimoni, Rayane Cristina F. dos Santos, Suelen Crispim Sutil

14.9 Técnico

Fábio Valente Alves – Técnico Pós Graduando Profágua – Unifei Itabira.

(In-memorian)

14.10 Análises material

Laboratórios envolvidos:

UNIFEI - Laboratório de Saneamento Ambiental e Laboratório de Microbiologia da Universidade Federal de Itajubá – Campus Itabira.

Laboratório de Topografia e Geoprocessamento da Universidade Federal de Itajubá - Campus Itabira- GEOAMB.

UFOP - Laboratório de Caracterização Molecular e Espectrometria de Massas, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas – Campus Morro do Cruzeiro – Ouro Preto – MG

Dra Ananda Lima Sanson – Responsável Técnico

Daiana Rocha do Espírito Santo – Graduanda em Química Industrial.

Tatiana Wieczorko Barán – Mestra em Engenharia Ambiental.

SAAE ITABIRA - Laboratório de Análise da Qualidade da Água do Serviço de Abastecimento de Água e Esgoto de Itabira.



Caiaques em praia no encontro dos rios Santa Bárbara e Piracicaba em Capela Branca, Bela Vista de Minas.

Crédito: Expedição Piracicaba Pela Vida do Rio, 2019 - Allan Mota.



Realização



CBH-PIRACICABA/MG
Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba

Coordenação Técnica



UNIFEI
Universidade Federal de Itajubá

ProfÁgua



ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
E SANEAMENTO BÁSICO

Apoio



Parceria





Patrocínio - Apoio



11º BPM





CBH-PIRACICABA/MG

Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba-MG (CBH-Piracicaba) é um órgão colegiado, formado por representantes do poder público estadual e municipal, da sociedade civil organizada e dos usuários da água, totalizando 72 membros, sendo 36 titulares e 36 suplentes. As reuniões ordinárias do colegiado são realizadas bimestralmente e abertas à participação e manifestação popular.

A criação do CBH-Piracicaba é fruto de um intenso trabalho de mobilização social que envolveu todos os municípios que integram a Bacia Hidrográfica. Diversas reuniões públicas foram realizadas na região, a fim de discutir a proposta de implantação de um parlamento das águas, destinado a fazer a gestão dos recursos hídricos, sempre atento às condições ambientais da bacia Hidrográfica.

A proposta de criação do Comitê foi consolidada durante a Conferência das Águas, realizada em Coronel Fabriciano no dia 25 de outubro de 1999, três meses após o término da Expedição Piracicaba - 300 Anos Depois, que mobilizou toda bacia. Durante o evento, foi formada uma Comissão Provisória, encarregada dos primeiros passos rumo à estruturação do comitê. Em 17 de fevereiro de 2000, após a aprovação no Conselho Estadual de Recursos Hídricos, foi publicado no Diário Oficial do Estado de Minas Gerais o decreto que instituiu o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba-MG.

As atividades políticas e institucionais cabem à diretoria. As câmaras técnicas analisam temáticas específicas, de cunho técnico, para subsidiar as decisões do plenário, instância deliberativa do Comitê.

O Comitê está localizado em uma importante região econômica do estado, com forte presença das atividades de mineração, siderurgia - na região se encontra instalado o maior complexo da América Latina - e celulose. Tem como sede a cidade de João Monlevade.



CBH-DOCE

O CBH-Doce é um órgão colegiado, com atribuições normativas, deliberativas e consultivas, no âmbito da Bacia Hidrográfica do Rio Doce, vinculado ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH.

Atualmente, o Comitê é formado por 60 membros titulares e 60 suplentes, na proporcionalidade de 33% do segmento do Poder Público, 40% de Usuários e 27% da Sociedade Civil. Responsável por importantes decisões sobre a gestão dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Doce, o Comitê conta com o apoio de grupos de trabalho e de quatro câmaras técnicas permanentes: Institucional e Legal (CTIL); de Capacitação e Informação (CTCI); de Gestão de Eventos Críticos (CTGEC); e de Integração (CTI).

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce tem poder de Estado e atribuição legal de deliberar sobre a gestão da água, fazendo isso de forma compartilhada com o poder público, usuários e sociedade civil. Portanto, cabe ao Comitê a definição das regras a serem seguidas com relação ao uso das águas, sendo responsabilidade dos órgãos gestores de recursos hídricos colocá-las em prática por meio do seu poder de regulação.

Missão: Articular os diversos atores sociais para garantir a oferta de água, em quantidade e qualidade, visando o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida na Bacia Hidrográfica do Rio Doce.

Visão: Ser a referência na interlocução entre os atores sociais na busca de soluções que elevem o Comitê ao status de instância regional indutora do desenvolvimento sustentável e da inclusão social.

Valores:

Transparência; Qualidade nas decisões; Gestão democrática e participativa; Inclusão e equidade social; Respeito aos valores e diversidades; Respeito ao equilíbrio ambiental e ao princípio da precaução.

ProfÁgua



CAPES



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
E SANEAMENTO BÁSICO



"Porque só se conhece essencialmente um rio
quando se navega em suas águas."

