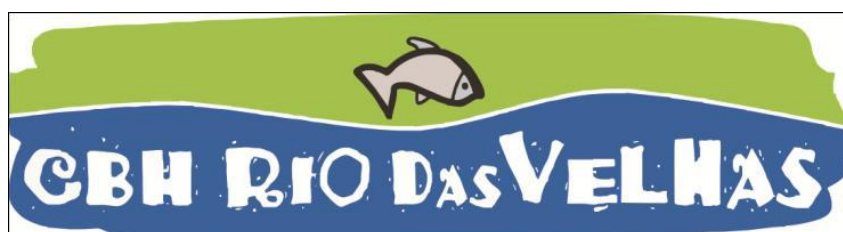


PRODUTO 3 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS DA BACIA DO RIO ITABIRITO E DOS CENÁRIOS DE OUTORGAS DE RECURSOS HÍDRICOS

ATO CONVOCATÓRIO Nº 018/2012.

Contrato de Prestação de Serviços nº 023/2012

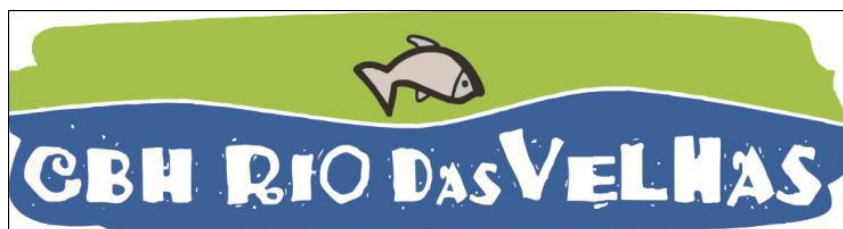
CONTRATO DE GESTÃO IGAM Nº 003/2009.



15/04/2013

MYR Projetos Sustentáveis

PRODUTO 3 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS DA BACIA DO RIO ITABIRITO E DOS CENÁRIOS DE OUTORGAS DE RECURSOS HÍDRICOS



**“CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS TÉCNICOS
ESPECIALIZADOS PARA REALIZAÇÃO DO
DIAGNÓSTICO DAS PRESSÕES AMBIENTAIS NA
BACIA DO RIO ITABIRITO”**

1 - APRESENTAÇÃO GERAL

O presente documento corresponde ao Produto 3 – **Estudos Hidrológicos e Hidrogeológicos da bacia do rio Itabirito e dos Cenários de outorgas de recursos hídricos** – referente ao Contrato de Prestação de Serviços nº 023/2012, Contrato de Gestão 003/IGAM/2009, celebrado entre a Associação Executiva de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo – AGB PEIXE VIVO e Myr Projetos Estratégicos e Consultoria LTDA.

Neste documento são apresentados os estudos técnicos realizados através de dados secundários disponíveis da bacia hidrográfica do rio Itabirito, afluente do rio das Velhas, destinados à caracterização do regime hidrológico / hidrogeológico de disponibilidade hídrica no curso d'água em apreço.

FICHA CATALOGRÁFICA

MYR Projetos Sustentáveis

Produto 3 - Estudos Hidrológicos e Hidrogeológicos da Bacia do Rio Itabirito e dos Cenários de Outorgas de Recursos Hídricos – Belo Horizonte, 2013.

Nº de páginas: 102

Contratante: CBH VELHAS/AGB Peixe Vivo

Responsável técnico: Sérgio Myssior

1. Bacia do Rio Itabirito; 2. Hidrologia; 3. Hidrogeologia

2 - INFORMAÇÕES GERAIS**2.1 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR**

EMPRESA:	AGB PEIXE VIVO
CNPJ:	09.226.288/0001-91
RESPONSÁVEL:	ALBERTO SIMON SCHVARTZMAN
TELEFAX:	(31) 3207-8500 / 3201-2368
ENDEREÇO:	RUA CARIJÓS, 166, 5º ANDAR - CENTRO. CEP: 30120-060 -
E-MAIL:	DITEC@AGBPEIXEVIVO.ORG.BR

2.2 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA CONSULTORA

EMPRESA:	MYR PROJETOS SUSTENTÁVEIS
CNPJ:	05.945.444/0001-13
RESPONSÁVEL:	Sérgio Myssior
TELEFAX:	(31) 3245-6141 / (31) 8866-0880
ENDEREÇO:	Rua Sergipe, nº 1333 / 6º andar – B. Funcionários – CEP: 30130-171 Belo Horizonte - MG
E-MAIL:	sergio@myrprojetos.com.br

3 - IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE DE ELABORAÇÃO DO ESTUDO

NOME	COMPONENTE	FORMAÇÃO
Sergio Myssior	Coordenador Geral	Arq. Urbanista, Esp.
Michel Jeber	Coordenação Técnica- Meio Físico, Hidrografia.	Geógrafo, Esp.
Paulo Pessoa	Coordenador - Estudos Hidrogeológicos	Geólogo, Me. e Dr.
Estefânia Fernandes	Estudos Hidrogeológicos	Geóloga
Lígia Ziviani	Tec. Geoprocessamento	Geógrafa, Esp.
Márcio Resende	Estudos Hidrológicos	Eng. Civil, Dr.
Filipe Dornelas	Estudos Hidrológicos	Eng. Ambiental, Me.
Tainá Mota	Estudos Hidrológicos	Eng. Civil
Marlon Vinícius	Caracterização Geral e Desenhos	Geógrafo

Sumário

1 - APRESENTAÇÃO GERAL	III
2 - INFORMAÇÕES GERAIS	V
2.1 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR.....	V
2.2 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA CONSULTORA	V
3 - IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE DE ELABORAÇÃO DO ESTUDO	VI
4 - INTRODUÇÃO	12
5 - METODOLOGIA DE TRABALHO	14
6 - INFORMAÇÕES BÁSICAS	19
7 - CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE INTERESSE	21
7.1 LOCALIZAÇÃO GERAL	21
7.2 CARACTERIZAÇÃO HIDROMETEOROLÓGICA	23
7.2.1 Caracterização Climatológica.....	23
7.2.2 Caracterização Pluviométrica.....	29
7.2.3 Caracterização Fluviométrica	32
8 - ESTUDOS GEOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS	34
8.1 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA.....	34
8.1.1 Litoestratigrafia.....	37
8.1.2 Litoestrutural.....	41
8.2 CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS E UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS ...	42
8.2.1 Sistema Hidrogeológico em Rochas Cristalinas.....	45
8.2.2 Sistema Hidrogeológico em Rochas Xistosas	46
8.2.3 Sistema Hidrogeológico em Rochas Quartzíticas	46
8.2.4 Sistema Hidrogeológico em Formações Ferríferas	48
8.2.5 Sistema Hidrogeológico em Rochas Carbonáticas	49
8.2.6 Sistema Hidrogeológico em Rochas Metapelíticas	50
8.2.7 Sistema Hidrogeológico em Rochas Metabásicas	51
8.2.8 Sistema Hidrogeológico em Coberturas Sedimentares.....	52
8.3 ESTUDO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA DA BACIA DO RIO ITABIRITO	53
8.3.1 Definição das Tipologias Hidrogeológicas.....	54
8.3.2 Cômputo de Reservas Renováveis e Explotáveis.....	58
9 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS	65

9.1	AVALIAÇÃO DAS OFERTAS HÍDRICAS SUPERFICIAIS	65
9.2	DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES MÍNIMAS DE REFERÊNCIA	65
9.3	VARIAÇÃO TEMPORAL DAS VAZÕES NA BACIA DO RIO ITABIRITO.....	72
10 -	ESTUDO DE DEMANDAS DE RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO ITABIRITO	77
10.1	DEMANDAS HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS.....	77
10.1.1	Usos consuntivos e insignificantes do cadastro do IGAM	77
10.1.2	Usos do Cadastro Nacional de Usuários - CNARH.....	82
10.1.3	Usos cadastrados pelo SIAGAS.....	84
10.1.4	Definição das Demandas Atuais	88
10.1.5	Avaliação da Disponibilidade Hídrica Subterrânea.....	91
10.2	DEMANDAS HÍDRICAS SUPERFICIAIS ATUAIS	93
10.2.1	Evolução das outorgas de recursos hídricos superficiais na Bacia do Rio Itabirito.....	97
10.2.2	Disponibilidades Hídricas Superficiais.....	105
11 -	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	110
12 -	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO GERAL DA BACIA DO RIO ITABIRITO.....	22
FIGURA 2. LOCALIZAÇÃO DAS SUB-BACIAS DO RIO ITABIRITO.....	22
FIGURA 3. MAPA DE CLIMA REGIONAL DA BACIA DO RIO ITABIRITO, SEGUNDO KÖPPEN, E LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA IBIRITÉ (83632). FONTE: IBGE/INMET, 2013.	26
FIGURA 4. VARIAÇÃO MENSAL DA TEMPERATURA MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA NA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA IBIRITÉ (83632).	27
FIGURA 5. VARIAÇÃO MENSAL DA PRECIPITAÇÃO E EVAPORAÇÃO NA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA IBIRITÉ (83632).	28
FIGURA 6. VARIAÇÃO MENSAL DA UMIDADE RELATIVA NA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA IBIRITÉ (83632).	28
FIGURA 7. VARIAÇÃO MENSAL DA INSOLAÇÃO NA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA IBIRITÉ (83632).	29
FIGURA 8. LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA ITABIRITO - LINÍGRAFO (02043060).....	30
FIGURA 9. CARACTERÍSTICAS MÉDIAS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO TOTAL (MM) E DIAS DE CHUVA NA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA ITABIRITO - LINÍGRAFO (02043060).....	31
FIGURA 10. CARACTERÍSTICAS DE PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL (MM) NA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA ITABIRITO - LINÍGRAFO (02043060).	32
FIGURA 11. MAPA TECTÔNICO DO BRASIL DESTACANDO A LOCALIZAÇÃO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO.	35
FIGURA 12. COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA ESQUEMÁTICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO. FONTE: ALKMIM & MARSHAK (1998).	36
FIGURA 13. MAPA GEOLÓGICO DA BACIA DO RIO ITABIRITO.....	39
FIGURA 14. SISTEMAS E UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS IDENTIFICADAS NA ÁREA DA BACIA.....	44
FIGURA 15. DISTRIBUIÇÃO DAS TIPOLOGIAS HIDROGEOLÓGICAS NA ÁREA DE ESTUDOS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	57
FIGURA 16. AJUSTE DA SÉRIE DE VAZÕES DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA ITABIRITO – LINÍGRAFO (41180000) PARA AS DISTRIBUIÇÕES DE WEIBULL E GUMBEL.	66
FIGURA 17. AJUSTE DA SÉRIE DE VAZÕES DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA FAZENDA ÁGUA LIMPA (41151000) PARA AS DISTRIBUIÇÕES DE WEIBULL E GUMBEL.	66
FIGURA 18. AJUSTE DA SÉRIE DE VAZÕES DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA HONÓRIO BICALHO (41199998) PARA AS DISTRIBUIÇÕES DE WEIBULL E GUMBEL.	67
FIGURA 19. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE REGIONALIZAÇÃO PROPOSTA POR CHAVES <i>ET AL.</i> (2002) PARA AS SUB-BACIAS DO RIBEIRÃO MATA-PORCOS E RIBEIRÃO SARDINHA.	69
FIGURA 20. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE REGIONALIZAÇÃO PROPOSTA POR CHAVES <i>ET AL.</i> (2002) PARA AS SUB-BACIAS DO CÓRREGO CARIOCA E CÓRREGO DO BRAÇÃO.....	70
FIGURA 21. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE REGIONALIZAÇÃO PROPOSTA POR CHAVES <i>ET AL.</i> (2002) PARA A BACIA DO RIO ITABIRITO.....	71
FIGURA 22. LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS PARA HOMOGENEIZAÇÃO.....	74
FIGURA 23. EVOLUÇÃO DA VAZÃO A CADA DOIS ANOS NA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA FAZENDA ÁGUA LIMPA – JUSANTE (41151000).	75
FIGURA 24. EVOLUÇÃO DA VAZÃO A CADA DOIS ANOS NA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA ITABIRITO – LINÍGRAFO (41180000).	75

FIGURA 25. EVOLUÇÃO DA VAZÃO A CADA DOIS ANOS NA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA HONÓRIO BICALHO (41199998).	76
FIGURA 26. FINALIDADES DE USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO	78
FIGURA 27. TIPOS DE CAPTAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO	79
FIGURA 28. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	87
FIGURA 29. MAPA DE FINALIDADES DOS USOS E VAZÕES CAPTADAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO	90
FIGURA 30. DISTRIBUIÇÃO DAS OUTORGAS VIGENTES ATUALMENTE NA BACIA DO RIO ITABIRITO,	94
FIGURA 31. LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO LEGAL DAS OUTORGAS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO ITABIRITO, NO PERÍODO DE 2001 E 2002,	98
FIGURA 32. LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO LEGAL DAS OUTORGAS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO ITABIRITO, NO PERÍODO DE 2003 E 2004.	99
FIGURA 33. LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO LEGAL DAS OUTORGAS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO ITABIRITO, NO PERÍODO DE 2005 E 2006.	100
FIGURA 34. LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO LEGAL DAS OUTORGAS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO ITABIRITO, NO PERÍODO DE 2007 E 2008.	101
FIGURA 35. LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO LEGAL DAS OUTORGAS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO ITABIRITO, NO PERÍODO DE 2009 E 2010.	102
FIGURA 36. LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO LEGAL DAS OUTORGAS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO ITABIRITO, NO PERÍODO DE 2011 E 2012.	103
FIGURA 37. PANORAMA DO IUD PARA A DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL NA BACIA DO RIO ITABIRITO PARA CAPTAÇÃO A FIO D'ÁGUA.	109

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 7.1. ÁREAS DE DRENAGEM DEFINIDAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO.....	23
TABELA 7.2. DADOS DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA SELECIONADA NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DOS ESTUDOS.	25
TABELA 7.3. CARACTERÍSTICAS MÉDIAS MENSIS DE PRECIPITAÇÃO TOTAL (MM) E DIAS DE CHUVA DA ESTAÇÃO SELECIONADA.	30
TABELA 7.4. ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS PARA AVALIAÇÃO DAS OFERTAS HÍDRICAS NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DOS ESTUDOS.....	33
TABELA 8.1. SISTEMAS E UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS RECONHECIDAS NA ÁREA DE INTERESSE.	43
TABELA 8.2. TIPOLOGIAS HIDROGEOLÓGICAS RECONHECIDAS NO DOMÍNIO DE INTERESSE DOS ESTUDOS.	56
TABELA 8.3. VAZÕES MÍNIMAS MÉDIAS (FLUXO DE BASE) NOS PONTOS DE INTERESSE (M ³ /S).....	60
TABELA 8.4. CÔMPUTO DA RESERVA RENOVÁVEL NO DOMÍNIO DE INTERESSE.....	61
TABELA 8.5. CÔMPUTO DAS RESERVAS RENOVÁVEL E EXPLOTÁVEL NA BACIA.....	62
TABELA 8.6. CÔMPUTO DAS RESERVAS RENOVÁVEL E EXPLOTÁVEL NAS SUB-BACIAS.....	64
TABELA 9.1. VAZÕES MÍNIMAS Q _{7,10} NAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS.....	67
TABELA 9.2. DESCRIÇÃO DOS CASOS DEFINIDOS POR CHAVES <i>ET AL.</i> (2002) PARA REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES MÍNIMAS.....	68
TABELA 9.3. VAZÕES MÍNIMAS Q _{7,10} REGIONALIZADAS PARA AS BACIAS HIDROGRÁFICAS SELECIONADAS.....	72
TABELA 9.4. ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS PARA PREENCHIMENTO DE FALHAS E EXTENSÃO DOS PERÍODOS DE OBSERVAÇÃO DAS TRÊS ESTAÇÕES PROPOSTAS.....	73
TABELA 10.1. DADOS DE OUTORGAS DO IGAM NA BACIA DO RIO ITABIRITO, VIGENTES ATÉ DEZEMBRO DE 2012.....	80
TABELA 10.2. DADOS DE CADASTRAMENTO DO CNARH ATÉ O ANO DE 2010, NA BACIA DO RIO ITABIRITO.....	83
TABELA 10.3. DADOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA CADASTRADOS PELO SIAGAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO.....	85
TABELA 10.4. DADOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DISPONÍVEIS.....	88
TABELA 10.5. DADOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NAS SUB-BACIAS DO RIO ITABIRITO.....	89
TABELA 10.6. OFERTAS E DEMANDAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO.....	91
TABELA 10.7. OFERTAS E DEMANDAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO CONSIDERANDO POÇOS A MENOS DE 200 M DO DIVISOR HIDROGRÁFICO.....	92
TABELA 10.8. OFERTAS E DEMANDAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO CONSIDERANDO POÇOS ENTRE 200-600 M DO DIVISOR HIDROGRÁFICO.....	92
TABELA 10.9. OUTORGAS DE USO DE ÁGUA SUPERFICIAL IDENTIFICADAS NAS SUB- BACIAS DO RIO ITABIRITO.....	96
TABELA 10.10. EVOLUÇÃO DAS OUTORGAS DE USO DE ÁGUA SUPERFICIAL PARA A BACIA DO RIO ITABIRITO E OS VOLUMES TOTAIS ANUAIS ASSOCIADOS.....	104

4 - INTRODUÇÃO

A oferta hídrica superficial corresponde ao limite ofertado pela natureza, geralmente expresso em termos de um determinado quantil de vazão mínima de referência que, no caso do Estado de Minas Gerais, corresponde à vazão $Q_{7,10}$. Sobre esse quantil, estabelecem-se no Estado percentuais legais de utilização ou derivação, correspondentes a 30% ou a 50% da vazão mínima $Q_{7,10}$, conforme a bacia hidrográfica em questão. Estabelecido esse limite legal de utilização, ou a oferta legal do recurso, aplica-se o conceito de disponibilidade hídrica, que deriva da oferta legal deduzida dos usos já outorgados pelo órgão gestor do recurso que, no caso do Estado de Minas Gerais, é o Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM.

Em outras palavras, definir a disponibilidade hídrica superficial para uma determinada bacia hidrográfica consiste em avaliar, partindo-se do estoque de recurso oferecido pela natureza e sua respectiva parcela passível de utilização, qual é o seu saldo restante no tempo, deduzidos os usos comprometidos por meio de direitos de uso já concedidos pelo IGAM.

Para estimativa das disponibilidades hídricas ao longo do percurso do rio Itabirito, foram desenvolvidos estudos hidrológicos, através de técnicas de regionalização de vazões ou simulação chuva-vazão, conforme a disponibilidade e consistência de dados fluviométricos na área em estudo. Foram utilizadas estações fluviométricas da ANA (com dados disponíveis no site do HidroWeb).

A determinação da disponibilidade hídrica subterrânea (neste caso considerando-se a oferta do recurso disponível) depende das propriedades hidráulicas do aquífero, que definem a capacidade de produção dos poços, e da definição das reservas exploráveis, que correspondem ao volume anual passível de ser explorado sem causar efeitos indesejáveis, tais como diminuição da vazão de rios, queda de vazão e abandono de poços, etc.

Os parâmetros hidráulicos, tais como a vazão máxima explorável, são parâmetros operacionais que apontam a capacidade de extração de água dos poços profundos e não uma quantidade efetivamente disponível para uma exploração contínua e sustentável. Por isso, o reconhecimento das potencialidades de produção dos aquíferos não pode ser obtido, apenas, através das indicações destes parâmetros. Parte do volume de água deve ser mantida para a alimentação dos cursos d'água, surgindo assim os conceitos de reservas reguladoras e reservas explotáveis. As reservas explotáveis correspondem à quantidade máxima de água que poderia ser explotada de um aquífero, sem riscos de prejuízo ao manancial. Como efeitos indesejáveis, poder-se-ia considerar (Young, 1970 e Wisscher, 1968, *in* Feitosa & Manoel Filho, 2000):

- Sob o ponto de vista hidrológico: que se exceda a recarga média anual;
- Sob o ponto de vista econômico: que os níveis piezométricos desçam abaixo da profundidade econômica de bombeamento;
- Sob o ponto de vista de qualidade: que se permita a entrada de águas de qualidade indesejável;
- Sob o ponto de vista legal: que se afetem direitos de outros usuários em decorrência do esgotamento ou redução sensível da descarga de base dos rios ou de poços pré-existentes;
- Sob o ponto de vista agrícola: que nos aquíferos freáticos com nível pouco profundo, este não desça o suficiente para danificar a vegetação natural, paisagem e cultivos típicos da região, e;
- Sob o ponto de vista geotécnico: que não se produza uma subsidência do terreno com efeitos adversos

5 - METODOLOGIA DE TRABALHO

Para permitir a elaboração dos Estudos Hidrológicos Aplicados à Bacia do Rio Itabirito, foram estabelecidas as etapas metodológicas descritas resumidamente a seguir. Nos capítulos subsequentes essas etapas são apresentadas de forma mais detalhada, incluindo a apresentação dos resultados correspondentes.

O estudo iniciou-se no ano de 2011, quando a AGB Peixe Vivo contratou serviços de consultoria, com o objetivo de analisar as principais demandas dos subcomitês da Bacia do Rio das Velhas. De acordo com a agência, os resultados demonstraram que as principais demandas se concentravam sobre as necessidades da elaboração e desenvolvimento de projetos ambientais nas sub-bacias da região.

Para a bacia do rio Itabirito, alvo deste trabalho, destacam-se as demandas apresentadas pelo Subcomitê do Rio Itabirito (SCBH Rio Itabirito) consolidadas no Projeto “Conhecendo o Rio Itabirito”, quais sejam:

- Levantamento das informações disponíveis sobre a Bacia do Itabirito;
- Análise da qualidade da água dos principais afluentes do Rio Itabirito em função das principais pressões ambientais existentes na bacia;
- Identificação e mapeamento de focos degradadores e potenciais degradadores para os recursos hídricos;
- Entendimento melhorado de como a erosão do solo, o assoreamento e as diversas atividades antrópicas influenciam na qualidade das águas da bacia;
- Estabelecer relações entre os impactos e pressões ambientais identificados e suas respectivas causas de forma a elaborar plano de ações para a melhoria da qualidade ambiental da bacia do Rio Itabirito.

Assim, com a determinação dos limites da bacia do rio Itabirito, bem como de suas sub-bacias, tornou-se possível o início de um estudo aprimorado na região de interesse.

Para embasar o presente documento, foram compiladas e analisadas todas as informações existentes para as bacias definidas e que tivessem relação com os temas de hidrologia e hidrogeologia, conforme explicado nos capítulos posteriores: cartas topográficas, imagens de satélite, bancos de outorgas, dados de monitoramento, planos diretores de bacias e estudos anteriores (Produtos 01 e 02).

Após esse levantamento, foram preparados mapas em um SIG com os pontos de monitoramento hidrológico, climatológico e hidrogeológico realizado por entidades públicas, para que se pudesse verificar a espacialização dessas informações em relação à localização dos empreendimentos, e para que fossem detectados locais com escassez e mesmo falta desses tipos de dados.

Paralelamente, foram levantadas as outorgas superficiais e subterrâneas de usos consuntivos (abastecimento público, irrigação, consumo humano e industrial, dessedentação de animais) e não-consuntivos (geração de energia elétrica e atividades recreativas e de lazer) relevantes para os estudos. Todos os dados foram inseridos no SIG e auxiliaram a detecção dos principais usuários de recursos hídricos, e de possíveis conflitos pelo uso da água.

A partir desse ponto, passou-se ao desenvolvimento das metodologias voltadas para cada um dos dois grandes temas tratados nos estudos.

O foco central da hidrologia no Produto 03 foi a determinação da disponibilidade hídrica superficial atual, nos exutórios das bacias definidas pela AGB Peixe Vivo para esse cômputo. A disponibilidade hídrica nas seções fluviais de referência nesse caso é definida a partir das ofertas hídricas superficiais, respeitando-se os limites legais, e subtraindo-se as demandas refletidas nos certificados de outorgas.

A oferta hídrica superficial para as captações a fio d'água é definida em certos rios de Minas Gerais, inclusive nos que são abrangidos pela área de interesse, como sendo 30% da $Q_{7,10}$, a vazão mínima com 7 dias de duração e período de retorno de 10 anos. No caso de reservatórios de regularização, deve-se manter como vazão residual a jusante dos barramentos a vazão igual a 70% da $Q_{7,10}$.

Estabelecidos os critérios para cálculo da disponibilidade hídrica superficial, procedeu-se à determinação da oferta hídrica nos exutórios das bacias apresentadas, através da aplicação de técnicas de regionalização, isto é, de transferência de informações de cunho hidrológico a partir de seções de monitoramento fluviométrico.

Os trabalhos foram iniciados selecionando-se dados fluviométricos de referência, sobre os quais aplicou-se uma análise de consistência de dados de cotas limimétricas e medições de descarga líquida obtidos em postos fluviométricos oficiais instalados na região de interesse, disponíveis no portal da Agência Nacional de Águas – ANA – em seu portal na internet. Nos postos que apresentaram inconsistências, as curvas-chave foram traçadas novamente, e as descargas correspondentes às cotas registradas nos históricos foram restituídas.

No âmbito do Produto 03, observaram-se as seções fluviais monitoradas apresentadas no ATO CONVOCATÓRIO Nº 018/2012, desenvolvendo-se, então, as seguintes etapas:

- Determinação de diagrama de disponibilidade de dados de vazão média em intervalo diário. Essa ferramenta gráfica permite que se busque um período comum para o estabelecimento de relações regionais para inferência hidrológica em locais não-monitorados, eliminando as incertezas oriundas da variabilidade temporal entre as séries de vazões;
- Homogeneização das séries de vazões médias mensais, isto é, definido o período comum de análise, deve-se preencher e estender tais séries, em intervalo temporal mensal;
- Cálculo da vazão média de longo termo, Q_{MLT} , da vazão média mensal mínima anual com 10 anos de período de retorno, $Q_{30,10}$, e da vazão mínima com 7 dias de duração e 10 anos de período de retorno, $Q_{7,10}$, e de suas vazões específicas por área de drenagem, nas estações fluviométricas pré-selecionadas.

As duas primeiras variáveis foram calculadas a partir das vazões médias mensais originais e das séries de vazões médias mensais homogeneizadas, a fim de se avaliar se seu valor se alterava significativamente quando do preenchimento das séries. Já para o caso da $Q_{7,10}$, que deve ser necessariamente obtida a partir de vazões médias diárias nos locais monitorados, a mesma foi calculada para as séries diárias originais, considerando o período particular de cada estação fluviométrica, e para as séries diárias do período comum definido por curso de água monitorado, com o propósito de verificar se essa variável hidrológica teria seu valor alterado ao se aproveitar todo o histórico disponível. Ressalta-se que nesse caso específico da $Q_{7,10}$, o período comum não correspondeu obrigatoriamente ao período definido para homogeneização das séries de vazões médias mensais.

Os três itens descritos permitiram a análise dos dados das estações fluviométricas selecionadas como representativas para a descrição do regime hidrológico do rio Itabirito e determinação de sua oferta hídrica. Da mesma forma, foi possível a partir dessa etapa estabelecer quais séries seriam utilizadas na sequência, ou seja, as originais ou as homogeneizadas ou ainda de período comum sem preenchimento. Optou-se por utilizar as variáveis obtidas a partir das séries homogeneizadas, em se tratando da Q_{MLT} , já que a homogeneização não causou diferenças importantes em seus valores, em comparação aos encontrados com uso das séries originais. Já no caso da $Q_{7,10}$, foram usadas as séries originais, não só porque não se recomenda o preenchimento e a extensão de séries diárias, mas também porque seus valores variaram pouco em relação aos calculados pelas séries que consideravam um período comum por sub-bacia.

Definida a oferta hídrica superficial legal nas sub-bacias de interesse e levantadas as outorgas dos usos consuntivos nas mesmas, foi possível obter a disponibilidade hídrica associada aos recursos hídricos superficiais nesses locais. O detalhamento dos cálculos e os resultados estão apresentados são mostrados ao longo deste documento.

A metodologia de quantificação das disponibilidades das águas subterrâneas trabalha com dados de mapeamento geológico como base de informação sobre o

potencial hidrogeológico, que é o grande responsável pela manutenção das descargas de base dos cursos d'água de uma região. Assim, os valores atribuídos à capacidade de recarga de certa área são diretamente proporcionais à tipologia litológica (capacidade aquífera) existente no domínio de abrangência da bacia de interesse ou a montante de uma dada seção fluviométrica e, dessa forma, condicionam os volumes que escoam naquela seção durante os períodos de estiagem (ofertas).

Os procedimentos incluem a análise dos tipos de rochas presentes e, suas variações vão determinar a criação de zonas com maior ou menor potencial hidrogeológico, as quais deverão ser normalizadas em função de seus parâmetros hidrodinâmicos preponderantes, tais como a sua porosidade efetiva para fluxo ou a capacidade de armazenamento de água.

Isto tudo refletirá para a região de interesse, o seu zoneamento em termos de distribuição espacial de áreas com menor ou maior capacidade de transmissão de água do aquífero para o curso d'água e, assim, ao reconhecimento das ofertas hídricas subterrâneas espacialmente mapeadas e quantificadas em termos de seu cômputo frente às demandas também mapeadas na mesma região de interesse, quanto aos usos de água subterrânea conhecidos.

6 - INFORMAÇÕES BÁSICAS

No presente capítulo são descritas as principais fontes de informações básicas utilizadas para o presente estudo. Tais informações subsidiaram a elaboração dos estudos hidrológicos da bacia do rio Itabirito.

Para auxiliar a determinação dos limites hidrográficos que envolvem a área de drenagem das seções pré-definidas da bacia do rio Itabirito, foi utilizada a base cartográfica do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) que inclui as seguintes cartas topográficas, em escala 1:50.000: Itabirito, SF-23-X-A-III-3; Ouro Preto, SF-23-X-A-III-4; Rio Acima, SF-23-X-A-III-1. Também foi utilizado como complemento o utilitário Google Earth®, ferramenta de sensoriamento remoto de amplo alcance visual, consultado como instrumento alternativo para o reconhecimento da área de interesse.

Toda a rede de monitoramento pluviométrico, fluviométrico e climatológico disponível, que compõe o banco de dados da ANA e do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, que abrange a área de interesse, foi utilizada nos estudos.

Nos estudos geológicos e hidrogeológicos da Bacia do rio Itabirito, foram utilizados dados base da CODEMIG (Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais - Mapeamento Geológico 2005), estudos acadêmicos como de Mourão (2007), e mapeamentos realizados pela CPRM – Serviço geológico do Brasil (Beato *et al.* 2005), dentre outros.

Dentre a vasta gama de publicações técnicas e jurídicas que abordam temas relacionados ao objetivo principal do trabalho, foram consultadas:

- Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

- Lei nº 13.199 de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências;
- Portaria IGAM nº 010, de 30 de dezembro de 1998, que define os critérios de outorgas para o Estado de Minas Gerais;
- Portaria IGAM nº 07, de 19 de novembro de 1999, que altera a redação do § 3º do Art. 8º da Portaria nº 010/98, de 30 de dezembro de 1998, que regulamenta o processo de outorga de direito de uso de águas de domínio do Estado;
- Portaria IGAM nº 15, de 20 de junho de 2007. Estabelece os procedimentos para cadastro obrigatório e obtenção de certidão de registro de uso insignificante, bem como para protocolo e tramitação das solicitações de renovação de Outorgas de Direitos de Uso de Recursos Hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais, e dá outras providências.
- Portaria IGAM nº 49, de 01 de julho de 2010 - Estabelece os procedimentos para a regularização de recursos hídricos do domínio do Estado de Minas Gerais.
- Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Resumo Executivo – Resumo Executivo. CBH Rio das Velhas – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e IGAM. Belo Horizonte, dezembro de 2004.

7 - CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE INTERESSE

7.1 LOCALIZAÇÃO GERAL

O rio Itabirito situa-se no trecho alto curso da bacia hidrográfica do rio das Velhas, sendo um dos seus principais afluentes. A bacia do rio Itabirito se enquadra no contexto geológico, geomorfológico, climático e hidrográfico do Quadrilátero Ferrífero, contribuindo para o abastecimento de água de parte da população da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

A bacia hidrográfica do rio Itabirito abrange uma área de 522 km², delimitando-se pelo quadrante de coordenadas geográficas 20°09'52" e 20°26'59" de latitude Sul e 43°58'20" e 43°39'53" de longitude Oeste, no Estado de Minas Gerais. As nascentes do rio Itabirito localizam-se na extensão do trecho latitudinal da serra da Moeda no município de Itabirito e na região noroeste do município de Ouro Preto, em altitudes da ordem de 1330m (Figura 1). Seu curso principal desloca-se na direção NNO tendo sua confluência com o rio das Velhas a jusante da cidade de Itabirito e a montante da cidade de Rio Acima. A extensão do rio Itabirito é de 40 km e seus principais afluentes são: ribeirão Mata Porcos, córrego do Braço ou Bração e córrego Carioca, além de outros cursos de água de menor extensão que formam a rede de drenagem. As sub-bacias delimitadas por estes afluentes são representadas na Figura 2, sendo suas áreas de drenagem indicadas na Tabela 7.1.

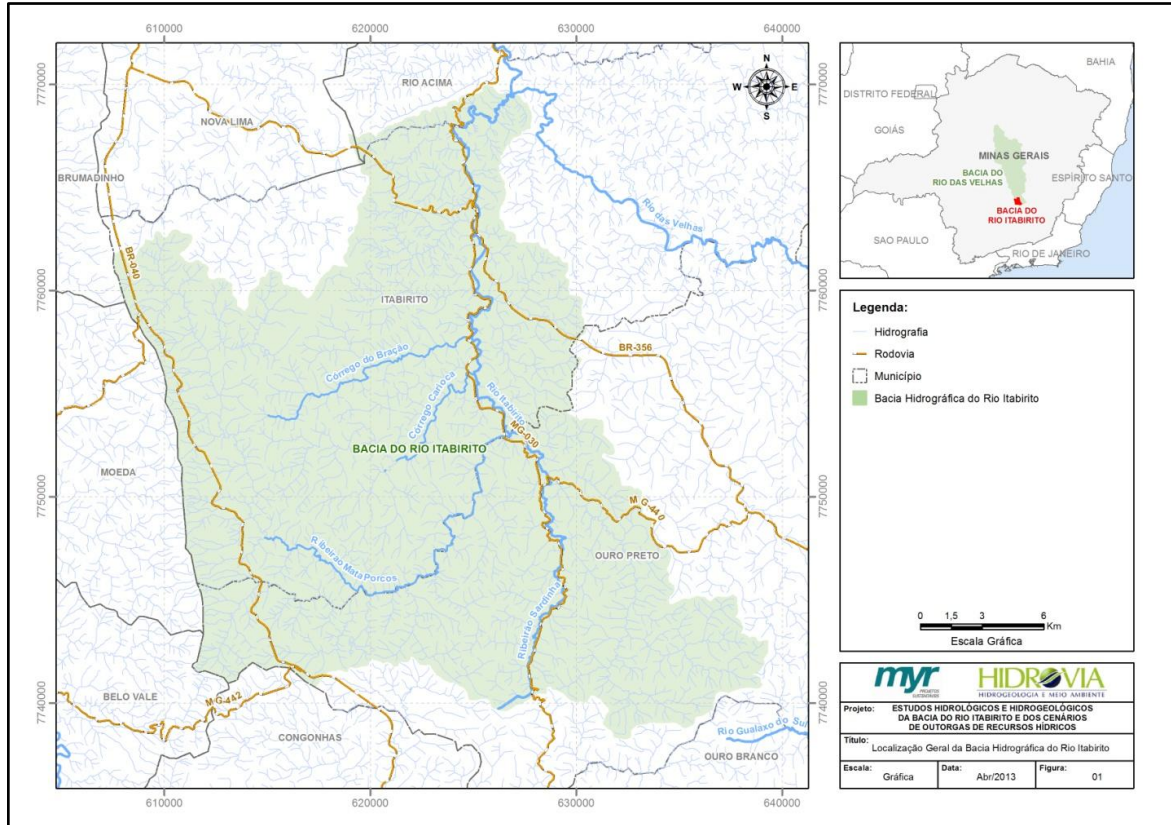


FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO GERAL DA BACIA DO RIO ITABIRITO.
FONTE: POTAMOS, 2013.

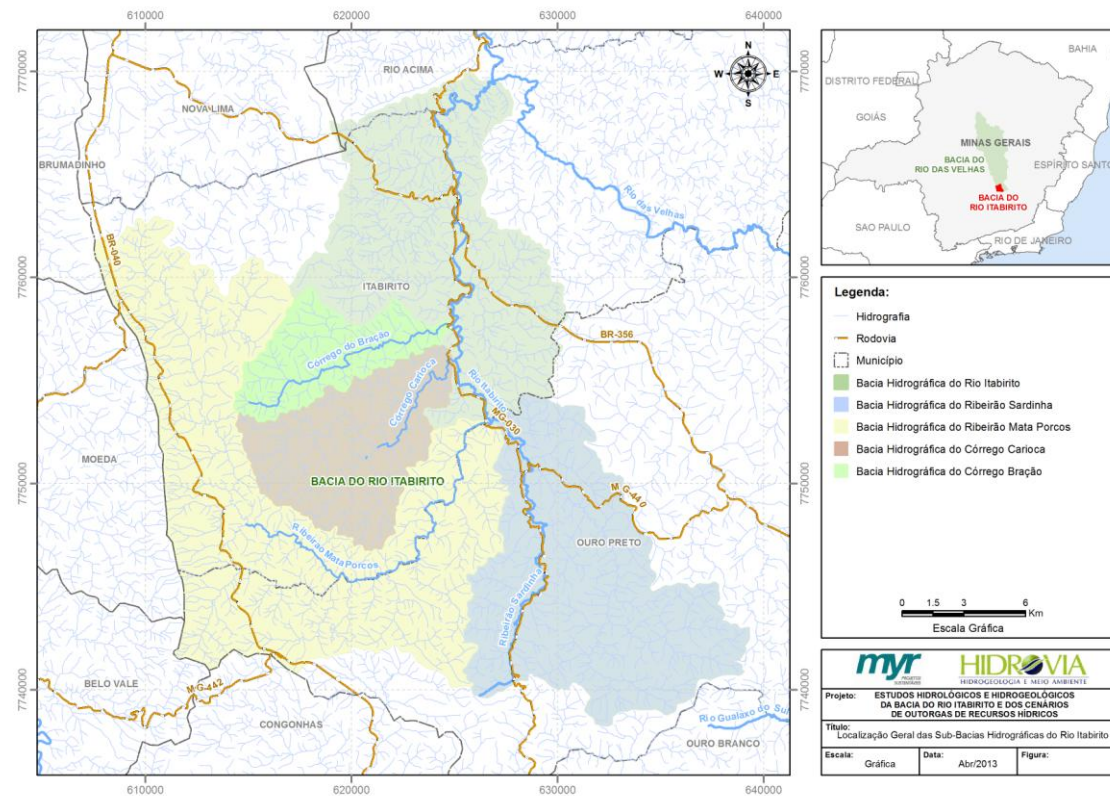


FIGURA 2. LOCALIZAÇÃO DAS SUB-BACIAS DO RIO ITABIRITO.
FONTE: POTAMOS, 2013.

TABELA 7.1. ÁREAS DE DRENAGEM DEFINIDAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO

Bacia Hidrográfica	Seção Referência	Área de Drenagem (km ²)
Rio Itabirito	Ribeirão Mata Porcos	189,933
	Córrego do Bração	32,597
	Córrego Carioca	57,466
	Ribeirão Sardinha	120,789
	Rio Itabirito	521,080

7.2 CARACTERIZAÇÃO HIDROMETEOROLÓGICA

Os itens subsequentes listam as estações e as caracterizações climatológicas, pluviométricas e fluviométricas, localizadas nos limites das bacias hidrográficas de interesse e identificadas a partir de órgãos oficiais e/ou públicos ou nos bancos de dados dos principais usuários de água da bacia.

7.2.1 Caracterização Climatológica

O regime climático de uma região é determinado pelas condições médias da circulação geral da atmosfera e por sua localização com relação às fontes de umidade, bem como pela topografia e seus efeitos locais.

O estado mineiro encontra-se, ao longo de todo o ano, sob o domínio da circulação do anticiclone subtropical do Atlântico Sul, que se caracteriza por ventos predominantes do quadrante nordeste-leste, nos baixos níveis da troposfera. A umidade da região é proveniente do oceano Atlântico e transportada pelos ventos de nordeste.

Segundo a classificação internacional de Köppen, o clima da Bacia do rio Itabirito é do tipo Cwa (clima tropical com estação seca de inverno), característico de temperaturas elevadas e chuvas concentradas no período de outubro a abril, com ocorrência mínima de chuvas no período seco (maio a setembro) e temperaturas amenas, em torno de 18°C. Na classificação mais compartimentada do IBGE (NIMER, 1979), verifica-se a predominância do clima tropical mesotérmico brando (4

a 5 meses secos) e temperaturas médias de 10°C a 15°C, sendo que a temperatura média anual prevalece em torno dos 18°C, tal como ilustra a Figura 2.

O clima tropical é caracterizado por dois períodos distintos: (i) uma estação seca, normalmente abrangendo os meses de junho a agosto e caracterizada por condições tropicais de natureza continental, com baixa umidade relativa do ar; e (ii) uma estação chuvosa, que abrange o período de novembro a março e se caracteriza pelo domínio da massa de ar Continental Equatorial úmido e instável, com umidade relativa do ar e índice de precipitação altos. Além destas duas estações bem definidas, existem os períodos de transição: (i) um da estação seca para a úmida, correspondendo aos meses de setembro e outubro, e outro, (ii) da estação úmida para a seca, nos meses de abril e maio.

Na área de abrangência dos estudos existe a estação climatológica Ibirité (83632), localizada no município homônimo e operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, órgão responsável pela coleta e armazenamento de dados dessa natureza em todo o país. Os registros diários e mensais dos parâmetros monitorados na referida estação não se encontram disponíveis para análise. Apenas as normais climatológicas de temperatura máxima, média e mínima, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, insolação, nebulosidade, precipitação e evaporação totais, médios mensais, referentes ao período de 1961-1990, foram publicados em Normais Climatológicas (DNMET, 1992). Tais informações também são encontradas no portal do INMET: www.inmet.gov.br. Esses dados foram utilizados na análise e caracterização da variação sazonal e espacial de algumas das referidas variáveis climatológicas na área de abrangência dos estudos.

A Tabela 7.2 lista as principais informações obtidas na estação Ibirité, cuja localização também é mostrada na Figura 3.

TABELA 7.2. DADOS DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA SELECIONADA NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DOS ESTUDOS.

Normais	Estação Ibité (83632)
Temperatura Máxima Anual (°C)	27,7
Temperatura Média Anual (°C)	20,4
Temperatura Mínima Anual (°C)	14,2
Precipitação Total Média Anual (mm)	1424,4
Evaporação Total Média Anual (mm)	788,7*
Umidade Relativa Média Anual (%)	76,1
Insolação (h)	2209,3

*Os dados de evaporação para a referida estação contêm falhas nos meses de fevereiro e novembro, de forma que o dado de Evaporação Total Média Anual seja superior à apresentada acima.

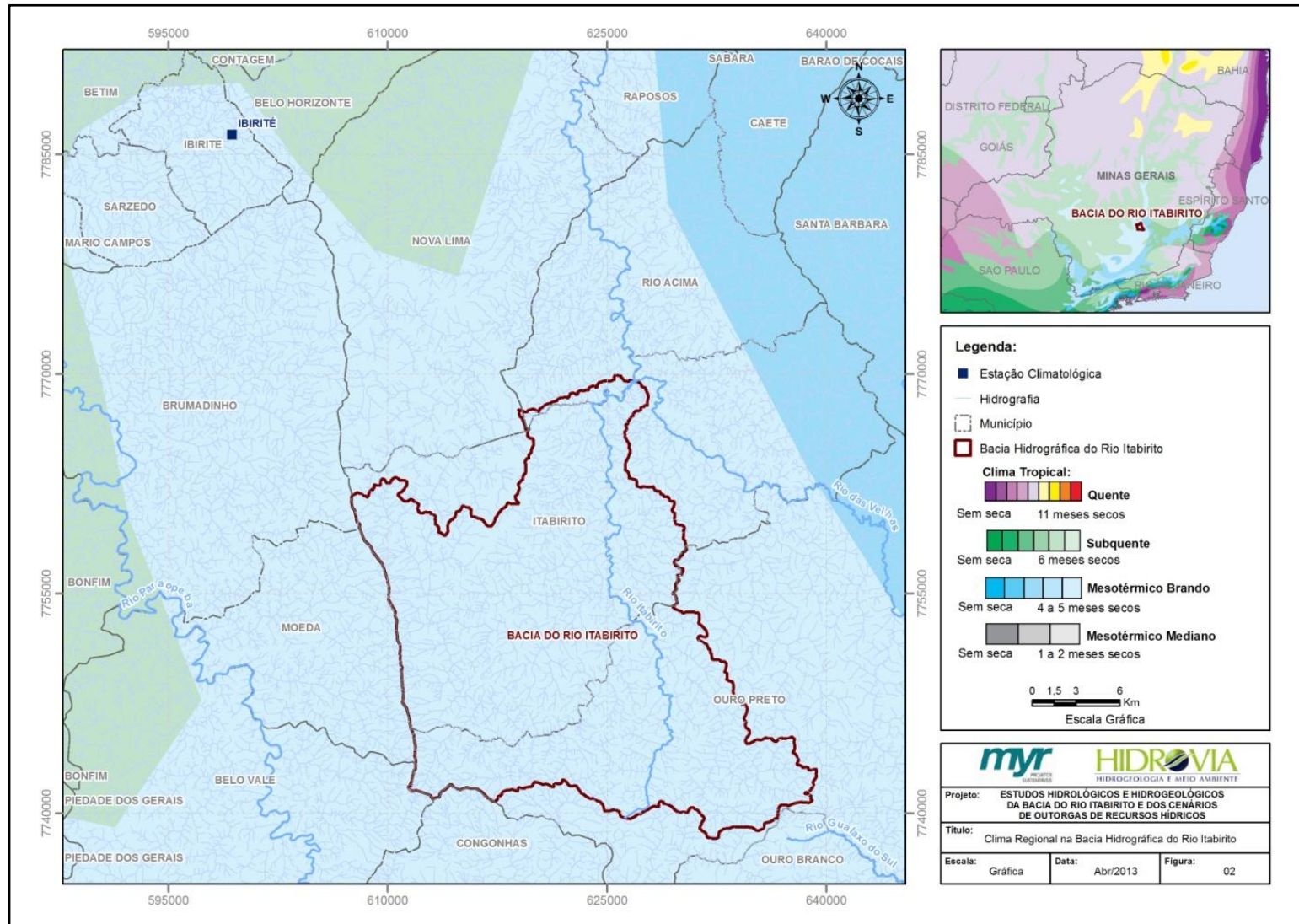


FIGURA 3. MAPA DE CLIMA REGIONAL DA BACIA DO RIO ITABIRITO, SEGUNDO KÖPPEN, E LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA IBIRITÉ (83632). FONTE: IBGE/INMET, 2013.

De acordo com os dados da estação, as temperaturas médias anuais na região são da ordem de 20°C, enquanto que as mínimas e máximas são da ordem de 14°C e 28°C, respectivamente.

A precipitação total média anual é da ordem de 1400 mm e a evaporação de 790 mm, de acordo com os dados das estações operadas pelo INMET, sendo que esta apresenta falhas de medição nos meses de fevereiro e novembro, o que torna o dado inferior ao valor real.

A umidade relativa média anual gira em torno de 76% e os índices de insolação são de 2209 horas, segundo dados do INMET.

As principais normais climatológicas são apresentadas nas Figura 4 a 7 a seguir.

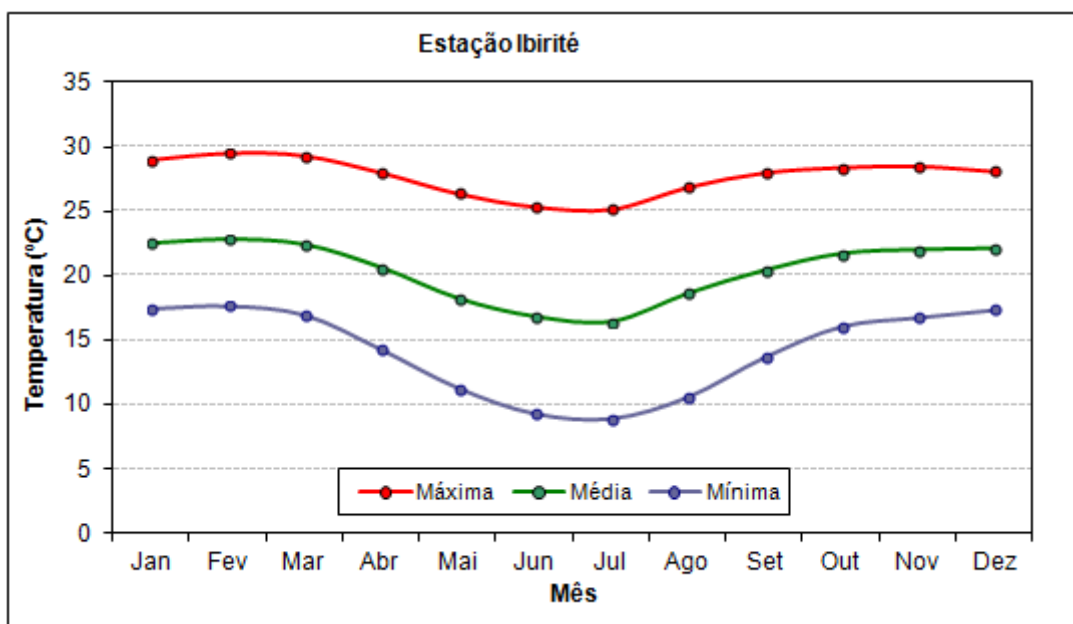


FIGURA 4. VARIAÇÃO MENSAL DA TEMPERATURA MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA NA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA IBIRITÉ (83632).

FONTE: INMET, 2013.

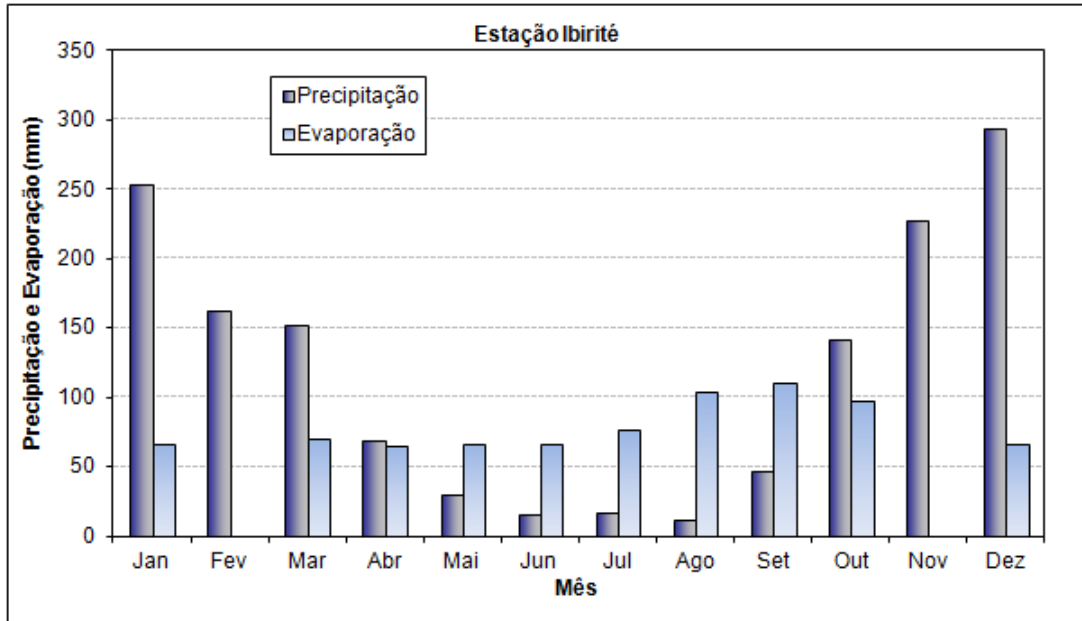


FIGURA 5. VARIAÇÃO MENSAL DA PRECIPITAÇÃO E EVAPORAÇÃO NA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA IBIRITÉ (83632).
FONTE: INMET, 2013.

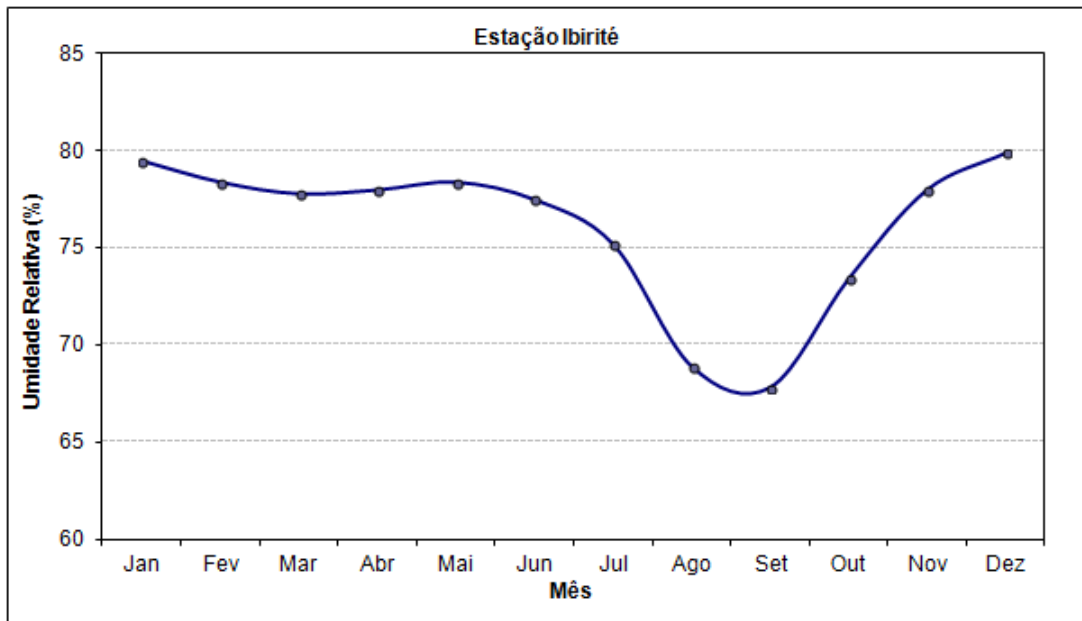


FIGURA 6. VARIAÇÃO MENSAL DA UMIDADE RELATIVA NA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA IBIRITÉ (83632).
FONTE: INMET, 2013.

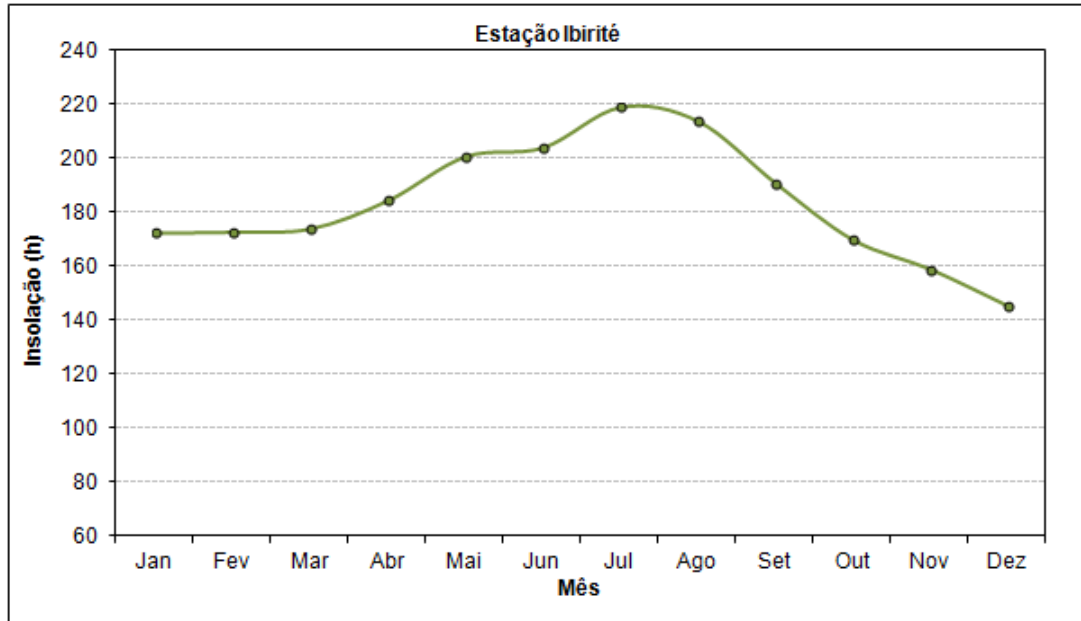


FIGURA 7. VARIAÇÃO MENSAL DA INSOLAÇÃO NA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA IBIRITÉ (83632).
FONTE: INMET, 2013.

7.2.2 Caracterização Pluviométrica

O regime de chuvas de uma dada região tem forte influência sobre o escoamento superficial das bacias hidrográficas nela inseridas. O conhecimento da distribuição das precipitações sobre a área de interesse pode ser obtido por meio de análise regional ou por meio dos registros pluviométricos coletados em estações de monitoramento. Considerando o exposto e tendo em vista a disponibilidade de dados na bacia hidrográfica do rio Itabirito, foram utilizados nos estudos de caracterização da bacia os registros de precipitação da estação pluviométrica Itabirito – Linígrafo (02043060), existente no Inventário de Estações Pluviométricas (ANEEL, 2001) e no banco de dados *HidroWeb* da ANA, disponível em www.hidroweb.ana.gov.br, tendo sido adotada também no Produto 02. A referida estação foi escolhida devido à sua localização, como pode ser observado na Figura 8.

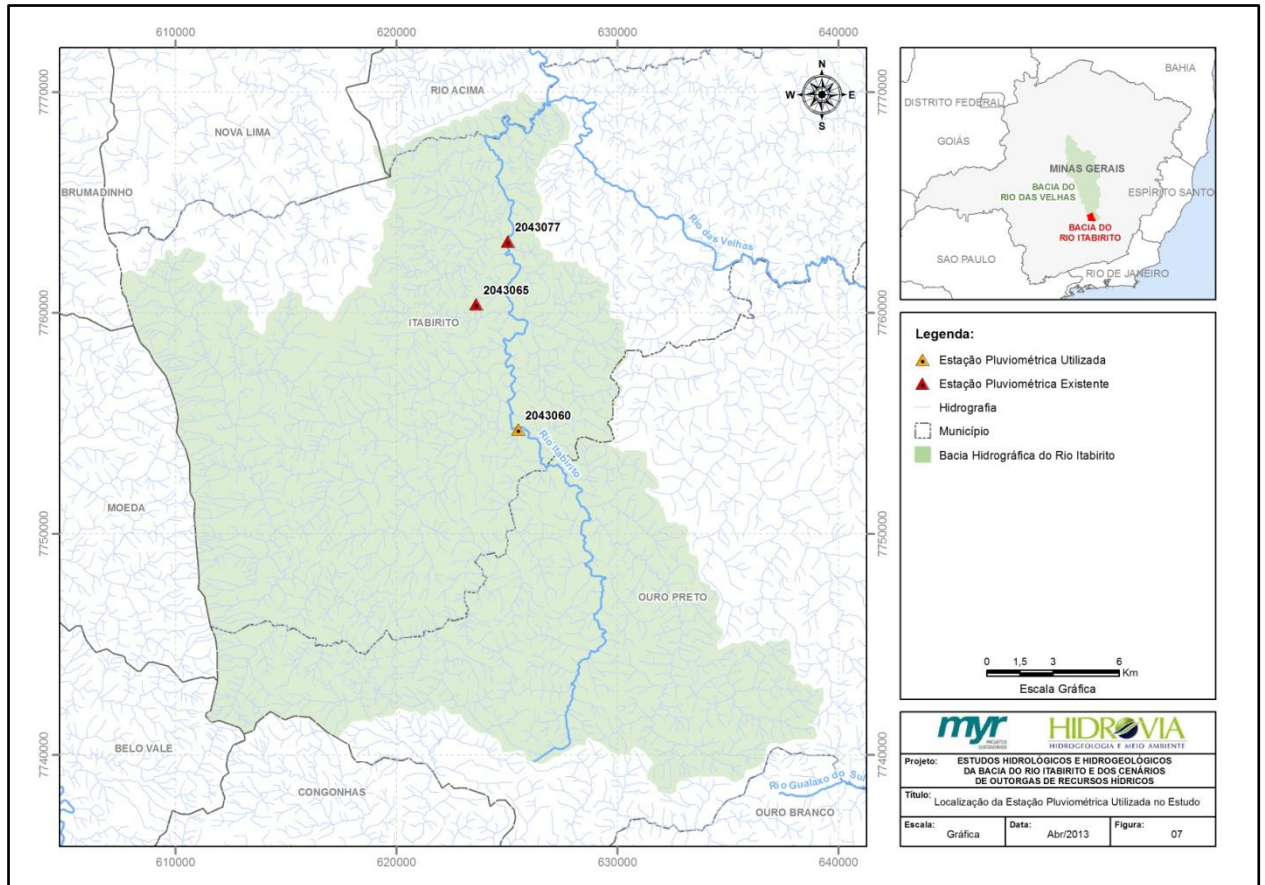


FIGURA 8. LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA ITABIRITO - LINÍGRAFO (02043060). FONTE: ANA, 2013.

A Tabela 7.3 e Figura 9 apresentam os valores médios mensais de precipitação total média, máxima e mínima da estação citada.

TABELA 7.3. CARACTERÍSTICAS MÉDIAS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO TOTAL (MM) E DIAS DE CHUVA DA ESTAÇÃO SELECIONADA.

Estação		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Anual
Itabirito Linígrafo (02043060) 1984 a 2012	Méd	280,4	148,9	174,2	67,6	36,1	13,2	7,5	18,2	52,9	103,0	217,6	320,4	1443,3
	Máx	621,4	360,8	449,4	138,9	92,6	84,1	45,4	97,2	122,0	267,4	350,1	658,5	
	Mín	111,9	9,3	40,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,0	107,4	161,4	
Dias de Chuva		20	13	15	10	8	5	4	3	6	10	16	21	134

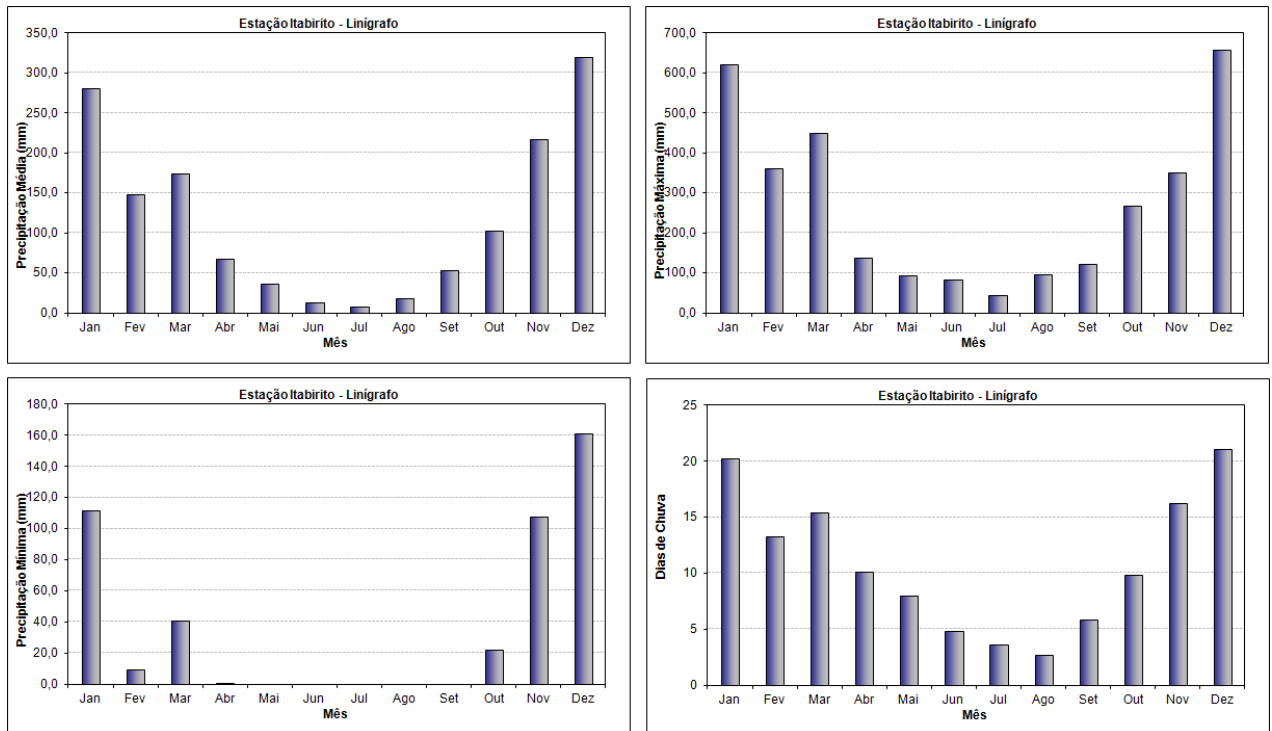


FIGURA 9. CARACTERÍSTICAS MÉDIAS MENSUAIS DE PRECIPITAÇÃO TOTAL (MM) E DIAS DE CHUVA NA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA ITABIRITO - LINÍGRAFO (02043060). FONTE: ANA, 2013.

Analisando-se os dados provenientes da estação selecionada para caracterizar o regime pluviométrico da bacia, pode-se concluir que os meses de novembro a março possuem os maiores valores de precipitação, sendo o mês de dezembro o mais chuvoso, com uma média de 320,4 mm, e o mês de julho o mais seco, representado por uma média de 7,5 mm ao longo dos quase 30 anos de dados disponíveis.

A 10 representa ainda os totais precipitados nos anos de 1985 a 2011. Os extremos da série apresentada, anos 1984 e 2012, contêm falhas em alguns meses de forma que não se procedeu ao cálculo de seus totais anuais.

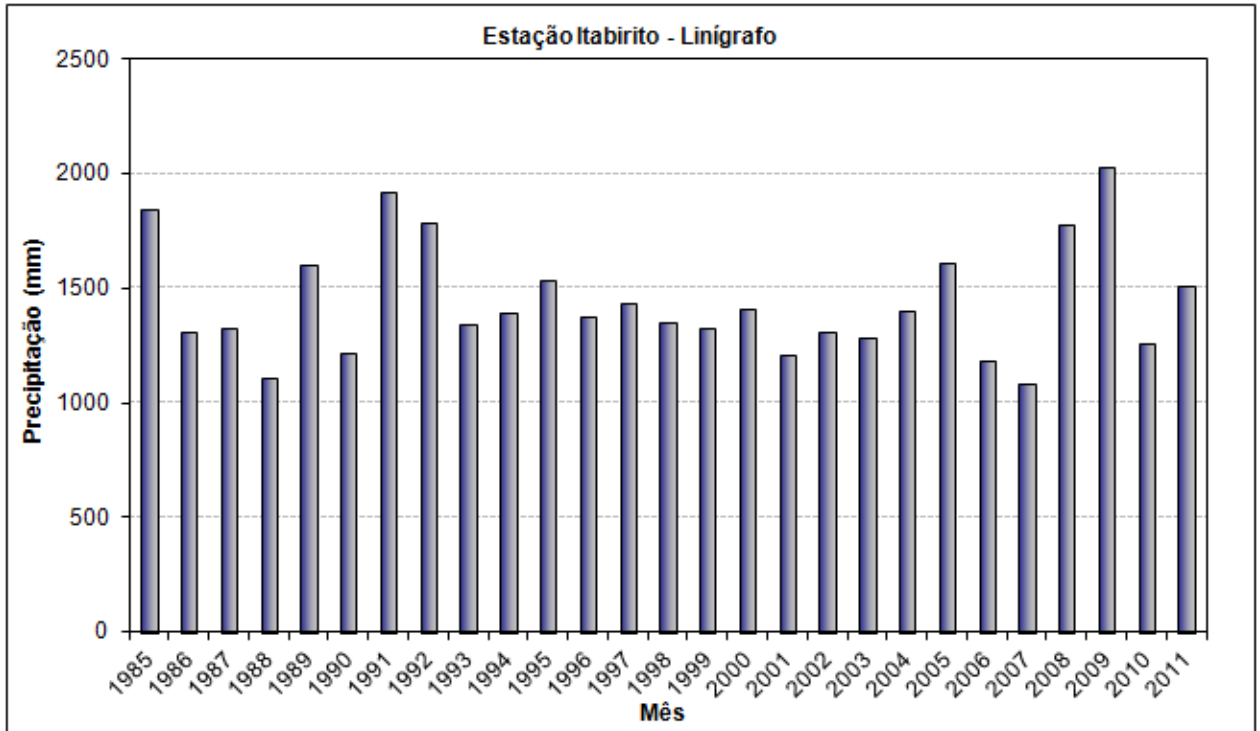


FIGURA 10. CARACTERÍSTICAS DE PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL (MM) NA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA ITABIRITO - LINÍGRAFO (02043060).
FONTE: ANA, 2013.

Pode-se observar que os totais de pluviosidade demonstraram picos nos anos de 1985, 1991 e 2009, atingindo neste ano um máximo de 2028,6 mm.

7.2.3 Caracterização Fluviométrica

Para embasar os estudos hidrológicos referentes à caracterização, transferência de informações e determinação das ofertas e disponibilidades hídricas na bacia hidrográfica de interesse, foi consultado o Inventário de Estações Fluviométricas (ANEEL, 2001) de modo a identificar os pontos de monitoramento hidrométrico existentes na região, com disponibilidade de dados suficientes para análise. Paralelamente, buscou-se no banco de dados *online* da ANA, denominado *HidroWeb* (www.hidroweb.ana.gov.br), a localização geográfica desses postos e os respectivos registros históricos, a fim de se compatibilizá-los com aqueles previstos para estudo no ATO CONVOCATÓRIO Nº 018/2012. Estas estações fluviométricas continham amplo período de dados, abrangendo, inclusive, o primeiro semestre do ano de 2012, e estão listadas na Tabela 7.4.

TABELA 7.4. ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS PARA AVALIAÇÃO DAS OFERTAS HÍDRICAS NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DOS ESTUDOS

Curso d'água	Código	Nome	Área de Drenagem (km ²)	Coordenadas		Disponibilidade de dados
				Latitude Sul	Longitude Oeste	
Rio Itabirito	41180000	Itabirito - Linígrafo	315	20°18'04"	43°47'53"	06/1956 a 06/2012
Rio das Velhas	41151000	Fazenda Água Limpa	175	20°18'19"	43°36'59"	05/1994 a 06/2012
	41199998	Honório Bicalho	1550	20°01'26"	43°49'22"	01/1973 a 07/2012

8 - ESTUDOS GEOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS

8.1 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

A área de interesse definida para a elaboração dos estudos se insere no contexto geológico regional do Quadrilátero Ferrífero. Situado na porção central do Estado de Minas Gerais, sua denominação foi proposta originalmente por GONZAGA CAMPOS (*apud* DORR, 1969) para uma região cuja morfologia é marcada pela ocorrência dos depósitos ferríferos e limitada aproximadamente por linhas que unem as cidades de Itaúna, Mariana, Congonhas do Campo e Itabira.

Como parte integrante do Escudo Atlântico, que corresponde à grande área do leste brasileiro onde o substrato pré-cambriano encontra-se exposto, o Quadrilátero Ferrífero está localizado na zona limítrofe entre duas de suas grandes unidades constitutivas, que são o Cráton São Francisco e o Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental (Figura 10). Localizado predominantemente no segmento sul da Faixa Araçuaí, o Quadrilátero Ferrífero encerra três unidades metassedimentares maiores (Supergrupo Rio das Velhas, Supergrupo Minas e Grupo Itacolomi), além de complexos metamórficos que constituem o seu embasamento cristalino.

As unidades litoestratigráficas que compõem o Quadrilátero Ferrífero são descritas de acordo com o seguinte: 1) rochas infracrustais dos Complexos Metamórficos, com idades de até 3,2 Ga; 2) talco xistos, dolomita-talco xistos, com intercalações de komatiitos e basaltos, pertencentes ao Supergrupo Rio das Velhas, de idade entre 2,8-2,7 Ga; 3) filitos, xistos, quartzitos, dolomitos e itabiritos do Supergrupo Minas, de idades 2,6-2,4 Ga; e, 4) quartzitos brancos e ferruginosos do Grupo Itacolomi; 5) diques máficos que cortam toda a sequência supracrustal; 6) coberturas cenozóicas terciárias, representadas por aluviões e cangas. Na Figura 11 é apresentada a coluna estratigráfica esquemática do Quadrilátero Ferrífero, segundo ALKMIM & MARSHAK (1998), a qual posiciona as unidades citadas acima.

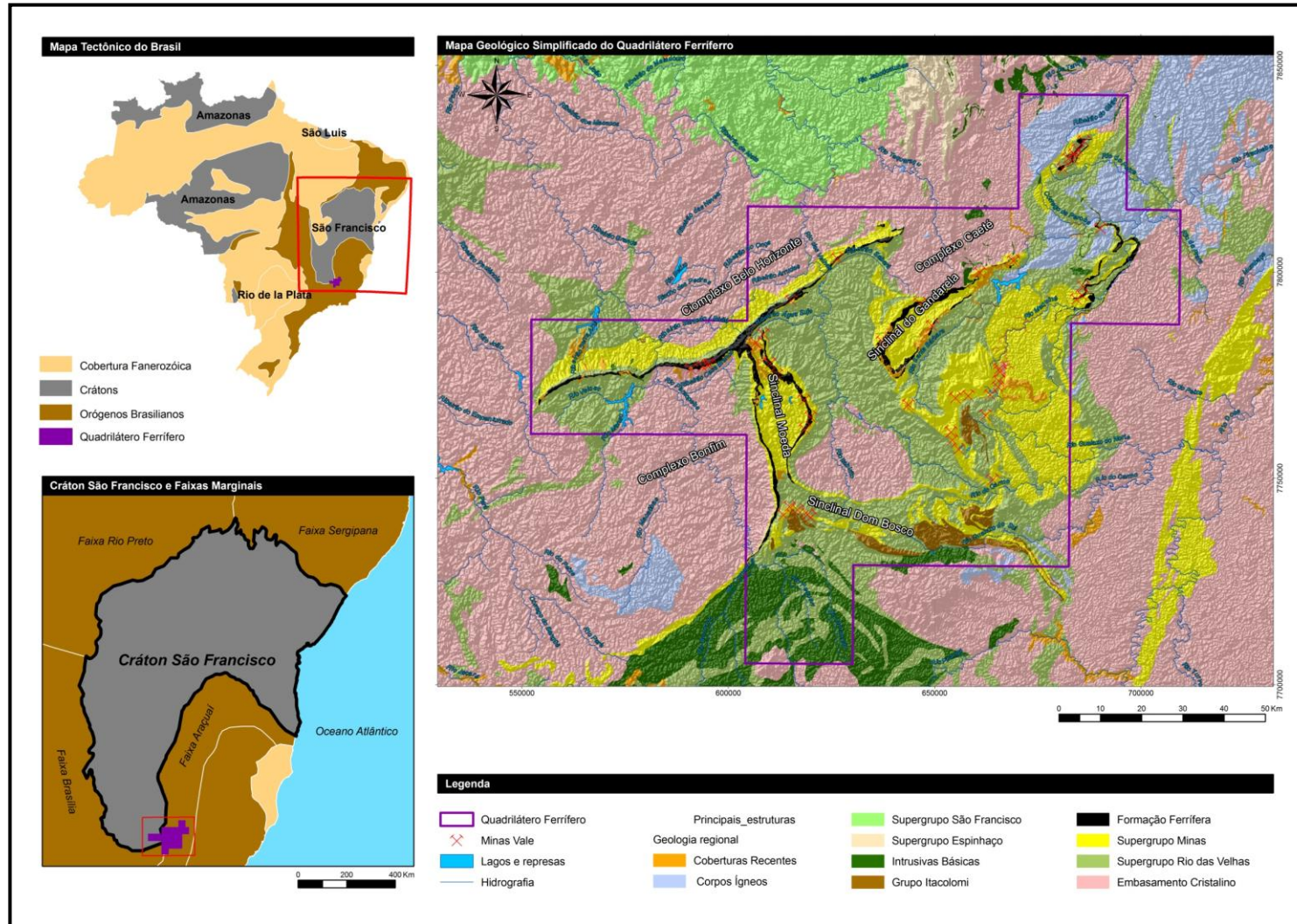


FIGURA 11. MAPA TECTÔNICO DO BRASIL DESTACANDO A LOCALIZAÇÃO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO.

FONTE: ADAPTADO DE DORR (1969) E ROMANO (1989).

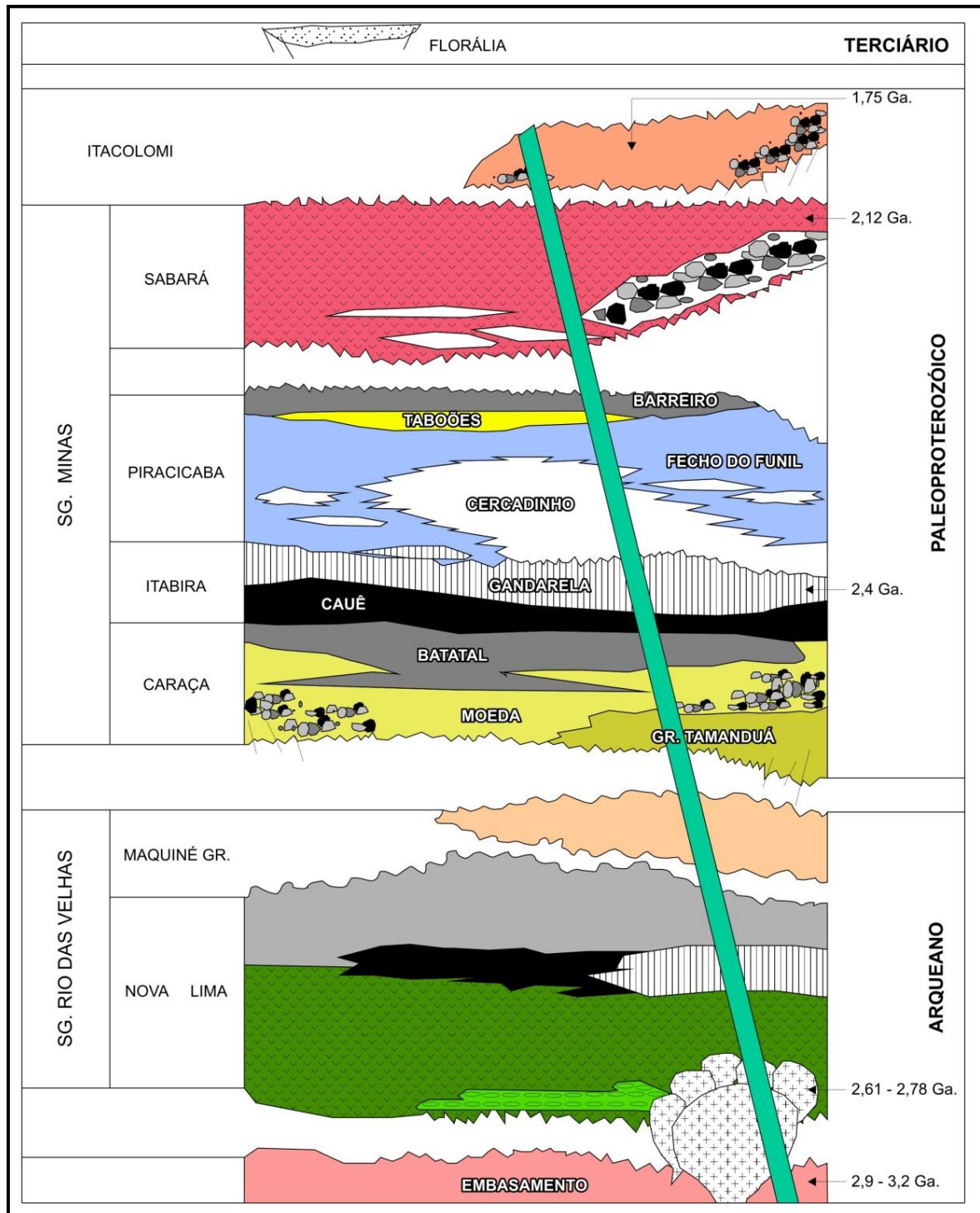


FIGURA 12. COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA ESQUEMÁTICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO.
FONTE: ALKIMIM & MARSHAK (1998).

8.1.1 Litoestratigrafia

A área de interesse local está situada no flanco leste do Sinclinal Moeda, na zona limítrofe entre a Faixa de Dobramentos Araçuaí e o Cráton São Francisco Meridional, onde ocorrem rochas infracrustais do Complexo Bação e, predominantemente, rochas supracrustais associadas ao Grupo Nova Lima (Supergrupo Rio das Velhas) e aos grupos Caraça, Itabira e Piracicaba (Supergrupo Minas), além de rochas do Grupo Itacolomi e de coberturas recentes. O mapa geológico das unidades litológicas é apresentado na Figura 12.

O Complexo Bação é constituído por rochas gnáissicas arqueanas (NOCE, 1995). Intrusivos nestes gnaisses são reconhecidos corpos granitóides e rochas básicas e metabásicas provenientes de diferentes etapas de acreção mantélica ou retrabalhamento crustal (CARNEIRO, 1992; NOCE, 1995).

O Grupo Nova Lima foi originalmente definido por DORR *et al.* (1957). Segundo ZUCCHETTI & BALTAZAR (1998), na área de interesse é representado pelas unidades Catarina Mendes, Fazenda Velha e Córrego da Paina. Estas unidades são constituídas de xistos variados com delgadas intercalações de formação ferrífera, além de metagrauvacas e níveis de metarenitos.

A Formação Moeda, porção basal do Grupo Caraça, possui espessura média de cerca de 500 m e é composta por quartzitos compactos, de granulação média a grossa, intercalados com camadas alternadas de filitos e metapelitos. O contato com a Formação Batatal é transicional, sendo este constituído por filitos sericíticos, com espessura média de aproximadamente 100 m.

A Formação Cauê, com espessura média de 1000 m, é constituída por itabiritos, itabiritos dolomíticos e corpos de hematita, todos se apresentando em diferentes estados de competência devido à atuação do intemperismo. Estes corpos de hematita foram originados ou formados pela percolação de água através dos itabiritos dolomíticos (VIEL *et al.*, 1987). Os itabiritos silicosos, quando alterados,

geram corpos de itabiritos macios facilmente desagregáveis. O contato basal com Formação Batatal é gradacional (POMERENE, 1964).

A Formação Gandarela, segundo DORR *et al.*(1959), é composta de dolomitos, mármore, filitos e itabiritos dolomíticos com intercalações de hematita e zonas manganíferas. Tem espessura máxima de 1000 m. O limite basal entre essa unidade e os itabiritos da Formação Cauê é marcado pelo decréscimo no teor de ferro. Com a Formação Cercadinho do Grupo Piracicaba sobrejacente, o contato é discordante e erosivo.

A Formação Cercadinho é composta de quartzito ferruginoso, quartzito, filito, dolomito e conglomerado. Apresenta espessura média de 100 m (DORR *et al.*, 1959; POMERENE, 1958a) e o contato de topo com a Formação Fecho do Funil é transicional.

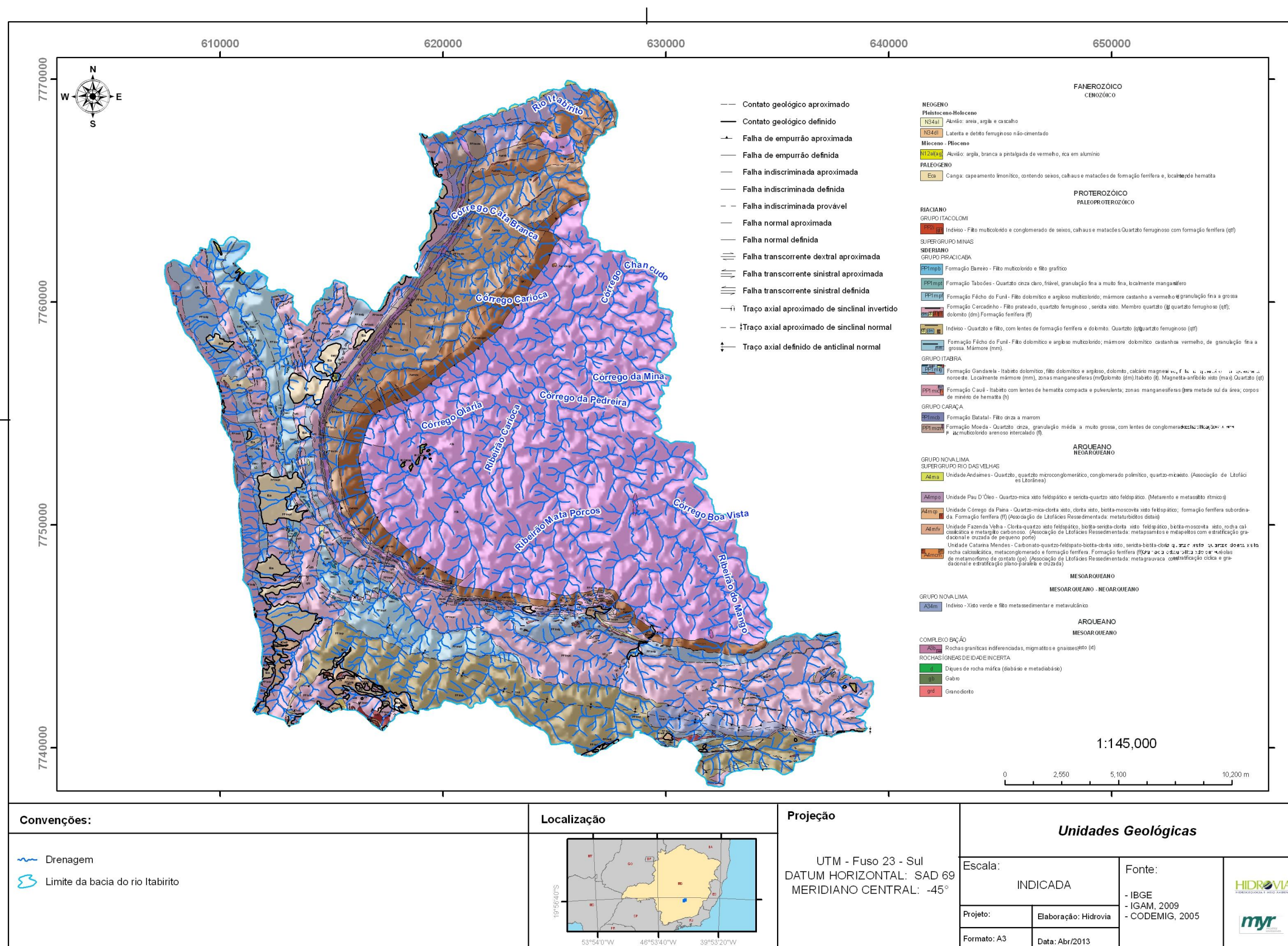


FIGURA 13. MAPA GEOLÓGICO DA BACIA DO RIO ITABIRITO

A Formação Fecho do Funil, por sua vez, é constituída de dolomito e filito dolomítico e por vezes interestratificado com quartzito fino e camadas lenticulares de specularita no dolomito. Os filitos podem ser hematíticos, enquanto os filitos dolomíticos são constituídos de dolomita, quartzo e sericita. São comuns ainda mármore impuros manganésíferos. Passa gradativamente ao quartzito Taboões, superior (DORR *et al.*, 1959).

A Formação Taboões, descrita por POMERENE (1958b), é constituída de quartzito de granulação muito fina. Para DORR *et al.* (1959) a sua espessura média é menor que 100 m, e o contato com a Formação Barreiro, sotoposta, é concordante e de transição brusca.

A Formação Barreiro (POMERENE, 1958c) se constitui de filito e filito grafitoso. De acordo com MAXWELL (1972) as rochas desta formação são muito macias, facilmente intemperizáveis, gerando solos espessos com cobertura arbórea densa.

DORR (1969) considerou a Série Itacolomi como constituída de duas fácies, uma de quartzito e outra com muito filito. Tal autor se refere à fácies quartzítica como tipo-Itacolomi e à filítica fácies Santo Antônio. Neste estudo, a fácies quartzítica é denominada Grupo Itacolomi indiviso e a filítica Formação Santo Antônio. O Grupo Itacolomi indiviso é composto por quartzito com microconglomerado associado e lentes de conglomerado polimítico e filito. A Formação Santo Antônio, por sua vez, é composta por quartzito sericítico com espessas camadas e lentes de conglomerado polimítico e filito. Segundo CODEMIG (2005), as rochas do Grupo Itacolomi na área de interesse são representadas por quartzitos com lentes de filito conglomerático da Formação Santo Antônio.

As coberturas recentes são representadas por cangas e depósitos fluviais. A canga é um produto de alteração que consiste de fragmentos de formação ferrífera, hematita compacta e minoritariamente outros minerais, cimentados por óxido de ferro hidratado. Recobre os topos das serras e as encostas e pode estender-se por vários quilômetros sobre formações não ferruginosas. Segundo POMERENE (1964)

os terraços fluviais, ou depósitos aluviais antigos ocorrem em vários níveis e devem representar sedimentos terciários e quaternários.

Nos domínios das minas do Pico e Sapecado é registrada ainda a presença de diques de rocha máfica, os quais não foram mapeados na escala do mapa apresentado, mas reconhecidos nos domínios de mina em função do mapeamento de detalhe. Estes diques comumente atravessam as sequências supracrustais, desde o Grupo Nova Lima até a Formação Gandarela, estando encaixados em lineamentos estruturais.

8.1.2 Litoestrutural

A área de estudo local tem o seu arcabouço tectônico controlado por um padrão estrutural em forma de domos e quilhas, típico da região do Quadrilátero Ferrífero (MARSHAK & ALKMIM, 1989), com envolvimento de rochas supracrustais e infracrustais. Neste contexto, se estabelece o Sinclinal Moeda, sobreposto por sistemas de falhas, entre o Complexo Bação, a leste, e o Complexo Bonfim, a oeste.

O Sinclinal Moeda engloba praticamente todas as unidades litoestratigráficas do Quadrilátero Ferrífero, estendendo-se por aproximadamente 40 km. Possui um flanco normal, de direção N-S, oeste, e um flanco inverso, leste, de direção NW-SE na porção norte e que contorna o Complexo Metamórfico Bação no domínio sul.

O flanco oeste do Sinclinal Moeda possui caimentos variáveis entre 40° e 50° para leste. É cortado por falhas direcionais NW-SE que possuem deslocamentos dextrais e sinistrais e rejeitos da ordem de centenas de metros. Neste flanco, os metassedimentos do Supergrupo Minas fazem contato com as rochas do Complexo Metamórfico Bonfim por meio de uma zona intensamente cisalhada, a Zona de Cisalhamento Moeda-Bonfim, de natureza dúctil-rúptil e características extensionais. Esta zona de cisalhamento normal é superposta por uma tectônica reversa de polaridade para oeste (ENDO & NALINI 1992; HIPPERTT *et al.* 1992; JORDT-EVANGELISTA *et al.*, 1993; SILVA 1999).

O domínio de interesse para este estudo está situado no flanco leste do Sinclinal Moeda. Nesse domínio registram-se mergulhos de alto ângulo, sempre com caimento no sentido leste, evidenciando a posição invertida das camadas. Neste domínio, um espesso pacote do Supergrupo Rio das Velhas, que acunha para sul, separa o Complexo Bação dos metassedimentos do Supergrupo Minas. Um complexo acervo estrutural, dúctil-rúptil, rúptil-dúctil a rúptil, de características compressivas, predomina neste flanco e aponta para uma deformação com polaridade tectônica de ESE para WNW (SILVA 1999).

O presente trabalho não se aprofunda em considerações sobre esta análise, que se torna complexa em decorrência da partição da deformação ao longo dos sistemas de falhas, condicionadas, notadamente, pelo Complexo Metamórfico Bação.

8.2 CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS E UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Considerando-se o caráter litológico predominante, o comportamento hidrodinâmico e tipos de permeabilidade (primária e secundária), são identificados diferentes aquíferos e aquícludes, que caracterizam unidades hidrogeológicas e que, por sua vez, se agrupam em sistemas hidrogeológicos.

Esta classificação segue os padrões e premissas apresentados por BEATO *et al.* (2005) e MOURÃO (2007) para áreas similares no Quadrilátero Ferrífero. Além disso, se baseia na definição de REBOUÇAS (1994) e SOUZA (1995), que utilizaram a denominação Sistema Aquífero para um conjunto formado por uma ou mais unidades litoestratigráficas que apresentam condutividade hidráulica, características hidrodinâmicas, condições de recarga, circulação e descarga, e de qualidade das águas relativamente semelhantes. SOUZA (*op. cit.*) ainda emprega o termo Unidade Aquífera para caracterizar a ocorrência de um ou mais tipos predominantes de rocha portadora de água, associado a uma unidade geológica específica. Neste estudo é considerado o termo Unidade Hidrogeológica, que se presta tanto para aquíferos como para aquícludes e/ou aquícludes.

Os aquícludes são representados pela ocorrência de rochas pelíticas (aquícludes Batatal, Fecho do Funil e Barreiro) e por rochas intrusivas básicas (aquícludes em Rochas Básicas). Os aquíferos são representados pelas rochas granito-gnáissicas (Complexo Bação), xistos (Nova Lima), rochas quartzíticas (Moeda, Cercadinho, Taboões, Itacolomi), formações ferríferas (Cauê), rochas carbonáticas (Gandarela), e, depósitos de cobertura (aluviões e cangas). Na Tabela 8.1 apresentam-se as espessuras médias e os intervalos dos valores típicos de condutividade hidráulica, K (cm/s), para as unidades hidrogeológicas estabelecidas na área de interesse. A distribuição espacial destas unidades pode ser visualizada na Figura 14.

TABELA 8.1. SISTEMAS E UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS RECONHECIDAS NA ÁREA DE INTERESSE.

Sistema Hidrogeológico	Unidades Hidrogeológicas	Espessuras Médias (m)	Intervalos dos Valores Típicos de Condutividade Hidráulica, K(cm/s)
em Coberturas Sedimentares	Aquífero em Aluviões	~ 50	5,0 x 10 ⁻⁰⁴ a 5,0 x 10 ⁻⁰²
	Aquífero em Cangas	~ 20	
em Rochas Metabásicas	Aquícludes em Metabásicas	~ 5	5,0 x 10 ⁻⁰⁸ a 5,0 x 10 ⁻⁰⁶
em Rochas Metapelíticas	Aquíclude Barreiro	20 a 80	1,0 x 10 ⁻⁰⁸ a 1,0x 10 ⁻⁰⁶
	Aquíclude Fecho do Funil	~ 300	
	Aquíclude Moeda (Filitos)	~ 100	
	Aquíclude Batatal	~ 150	
em Rochas Carbonáticas	Aquífero Gandarela	~800	1,0 x 10 ⁻⁰⁶ a 1,0 x 10 ⁻⁰⁴
em Formações Ferríferas	Aquífero Cauê	750 a 1.750	1,0 x 10 ⁻⁰⁴ a 1,0 x 10 ⁻⁰²
em Rochas Quartzíticas	Aquífero Itacolomi	250 a 400	1,0 x 10 ⁻⁰⁵ a 1,0 x 10 ⁻⁰³
	Aquífero Taboões	~ 75	
	Aquífero Cercadinho	~ 1.200	
	Aquífero Moeda (Quartzitos)	~ 500	
em Rochas Xistosas	Aquífero Nova Lima	~ 4.000	1,0 x 10 ⁻⁰⁸ a 1,0 x 10 ⁻⁰⁶
em Rochas Cristalinas	Aquífero em Rochas Cristalinas	~ 150	5,0 x 10 ⁻⁰⁷ a 5,0 x 10 ⁻⁰³

NOTA: CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO BEATO ET AL. (2005) E MOURÃO (2007)

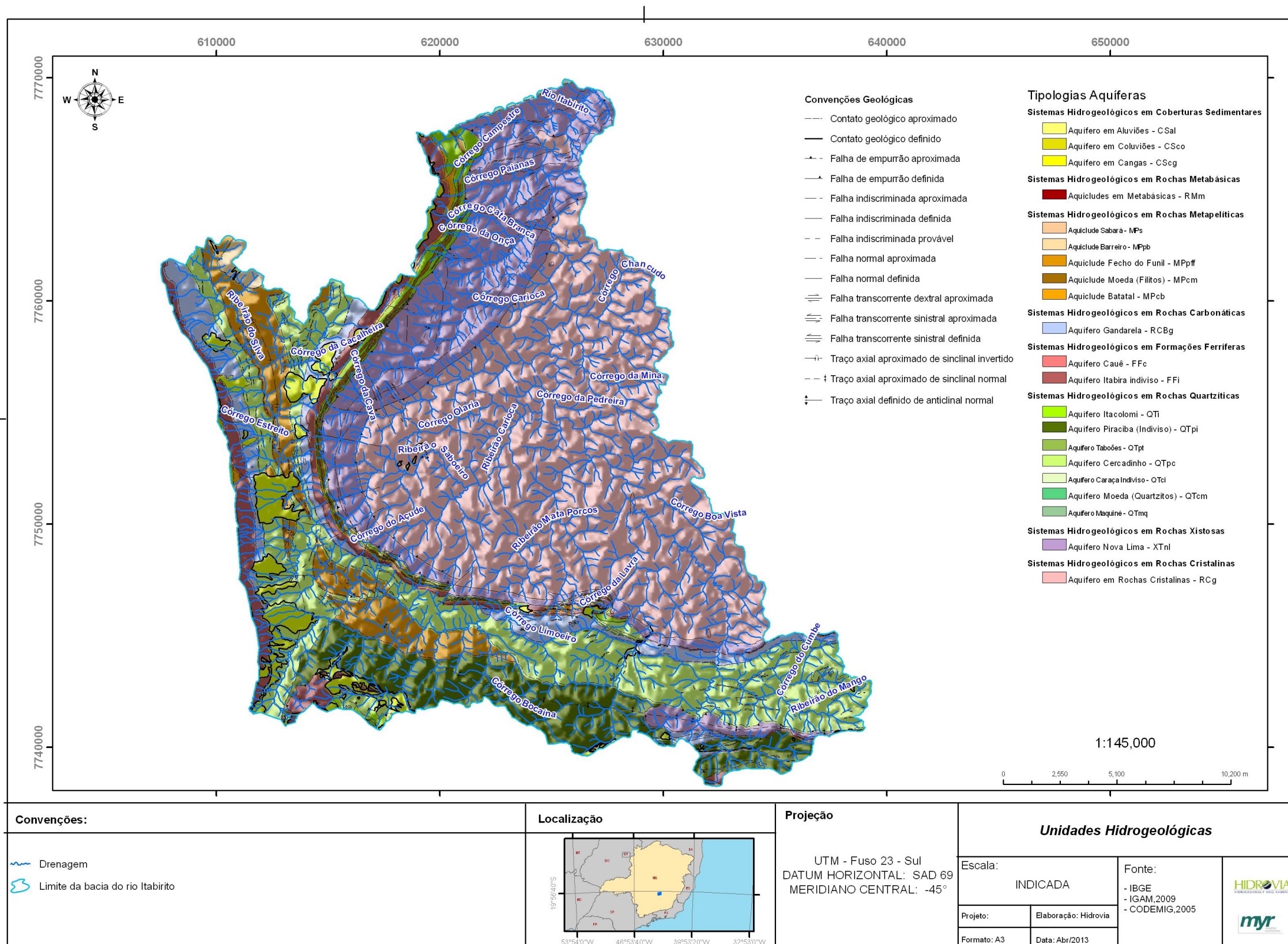


FIGURA 14. SISTEMAS E UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS IDENTIFICADAS NA ÁREA DA BACIA

NOTA: CONFECCIONADO COM BASE NO MAPA GEOLÓGICO DE CODEMIG (2005)

8.2.1 Sistema Hidrogeológico em Rochas Cristalinas

Esse sistema (CCg) compreende o domínio de embasamento cristalino, constituído localmente por rochas granito-gnáissicas do Complexo Bação, recobertas por seu manto de alteração. Em condições de clima tropical úmido, os terrenos cristalinos constituem aquíferos que podem ser divididos em duas porções distintas, superior intergranular e inferior fissural.

No manto de alteração das rochas cristalinas ocorre uma porosidade intergranular, que determina a presença de aquíferos com baixa permeabilidade e capacidade de armazenamento, em espessuras médias inferiores a 50,0 metros, boa continuidade lateral, além de contribuir tanto para a recarga da rocha sã fratura sotoposta, quanto para a restituição hídrica de cursos de água.

A porosidade fissural ocorre na rocha sã, onde se desenvolvem lineamentos de fraturas e de estruturas planares penetrativas. Esta porção do aquífero apresenta, relativamente, uma alta condutividade hidráulica e baixa capacidade de armazenamento, geralmente, em espessuras inferiores a 100 metros. O fluxo de águas subterrâneas é condicionado pela conexão entre estas estruturas, formando uma complexa rede hidráulica. Quanto maior a densidade, a extensão e o grau de comunicação hidráulica entre estas estruturas, maior será a capacidade de armazenamento e de transmissividade de águas subterrâneas no referido meio aquífero.

Segundo BEATO *et al.* (2005) e MOURÃO (2007), de maneira geral, a recarga principal é pela infiltração de águas pluviais nos horizontes alterados de constituição argilo-arenosa, conectados às fraturas da rocha sã. Também pode receber aportes de águas superficiais dos cursos d'água. A infiltração é facilitada pela elevada precipitação e relevo pouco acidentado. A circulação de água subterrânea ocorre nas fraturas da rocha sã e o fluxo tende aos baixos topográficos, onde se encontram os cursos d'água perenes que drenam o sistema. Os exutórios naturais são nascentes pontuais ou difusas ao longo dos vales, apresentando vazões bastante

variáveis. A capacidade de armazenamento é limitada e restrita às zonas de fraturamento.

8.2.2 Sistema Hidrogeológico em Rochas Xistosas

Na área de interesse este sistema é representado pelo Aquífero Nova Lima (XTn) em função da ocorrência predominantemente de xistos em suas distintas unidades geológicas. De maneira geral, este sistema exhibe porosidade fissural e baixo potencial hidrogeológico, evidenciado pela pouca produtividade de poços tubulares e por vazões menos expressivas em nascentes. É extremamente heterogêneo, pois é formado por xistos de composição variada, intercalados com litotipos como metarenitos, metagrauvacas e formações ferríferas.

A recarga principal é pluvial, pela infiltração nas formações superficiais conectadas às fraturas. A circulação se dá nas principais direções de fraturamento e, também, nas direções dos acamamentos. O fluxo tende aos baixos topográficos, onde os cursos d'água perenes drenam o sistema. Os exutórios naturais são nascentes pontuais ou difusas ao longo dos vales com pequenas vazões. A capacidade de armazenamento é baixa, mas suficiente para atender pequenas demandas.

8.2.3 Sistema Hidrogeológico em Rochas Quartzíticas

Este sistema hidrogeológico está presente nas rochas metassedimentares onde predominam quartzitos, ainda que contenham níveis interestratificados de filito ou dolomito. São unidades geológicas de diferentes idades e posições estratigráficas com grandes variações faciológicas que acarretam alterações significativas nas propriedades hidrodinâmicas.

São litologias dos grupos Caraça (Formação Moeda), Piracicaba (Formação Cercadinho e Taboões), pertencentes ao Supergrupo Minas, além de rochas do Grupo Itacolomi (Formação Santo Antônio). Os aquíferos são descontínuos, do tipo fissural, livres a confinados pelos metapelitos interestratificados de baixa

permeabilidade, anisotrópicos e heterogêneos. A porosidade e permeabilidade são secundárias, resultantes dos esforços tectônicos.

Aquífero Moeda (QT_{cm})

Esta unidade se refere a um aquífero fissural desenvolvido em quartzitos da Formação homônima. A matriz rochosa apresenta uma relativa baixa capacidade de armazenamento e baixa permeabilidade, porém, em áreas intensamente fraturadas desenvolvem-se zonas aquíferas localizadas em fissuras. Em determinadas porções se observa um manto de intemperismo de espessura considerável, onde ocorre fluxo em meio poroso. Quando ocorrem camadas de quartzitos intercaladas com camadas de filitos, esse aquífero é do tipo anisotrópico, confinado e localizado.

Aquífero Cercadinho (QT_{pc})

Esta unidade é constituída por quartzitos ferruginosos intercalados com filitos. O seu litotipo principal (quartzitos) se mostra comumente alterado, pouco compacto e fraturado, o que lhe confere uma dupla porosidade (intergranular e fissural), resultando numa boa capacidade de armazenamento e condutividade hidráulica. Os filitos que se intercalam com o quartzito proporcionam ao Aquífero Cercadinho uma forte anisotropia. Isto acarreta, em muitos casos, numa disseminação de seus pontos de descarga, onde ao invés de existir uma nascente pontual de alta vazão, ocorrem várias pequenas nascentes no contato dos quartzitos com as rochas impermeáveis.

A recarga se dá preferencialmente pela infiltração de águas pluviais, através do manto de intemperismo silto-arenoso conectado com as fraturas. Sedimentos alúvio-coluvionares são comuns e podem contribuir para a recarga profunda como, também, os cursos d'água que cortam os quartzitos fraturados.

A estruturação tectônica, com dobras, fraturas e falhas, favorece a conexão hidráulica com outros sistemas aquíferos, influenciando tanto a recarga como a descarga do sistema. A circulação de água subterrânea se faz segundo as direções das principais estruturas de fraturamento e de acamamento.

Aquífero Taboões (QTpt)

As características hidrodinâmicas desta unidade hidrogeológica são pouco conhecidas. Em função do litotipo presente, quartzito fino e friável, lhe é conferida boa capacidade aquífera. No entanto, sua importância é sobrepujada pela pequena espessura existente na área.

Aquífero Itacolomi (QTi)

As rochas do Grupo Itacolomi se constituem, predominantemente, em aquíferos do tipo fissural, porém, suas características hidrodinâmicas são pouco conhecidas. De modo geral, a circulação de águas subterrâneas nesta unidade ocorre nas descontinuidades presentes nos quartzitos, representadas por falhas ou família de juntas e fraturas. Todavia, em função da intercalação com níveis filíticos, é possível a presença de faixas confinantes a semi-confinantes.

8.2.4 Sistema Hidrogeológico em Formações Ferríferas

Este sistema se refere às áreas de ocorrência das formações ferríferas da Unidade Cauê. Trata-se da presença de itabiritos diversos (silicosos, anfibolíticos e carbonáticos) e corpos de hematitas. Tais litotipos ocorrem como rochas friáveis a compactas, constituindo um sistema aquífero misto, com dupla porosidade, intergranular e fissural. A porosidade intergranular nas formações ferríferas é decorrente da gênese do minério de ferro, e apresenta-se mais pronunciada em locais em que a lixiviação dos itabiritos foi mais intensa. De modo geral, os itabiritos friáveis apresentam porosidade efetiva entre 2,00% e 5,00%, e as hematitas fraturadas, entre 10,0% e 15,0%.

Ressalte-se que o comportamento do Aquífero Cauê é fortemente anisotrópico, devendo apresentar valores maiores de condutividade hidráulica ao longo do eixo de maior declive da foliação e valores menores em direção ortogonal a este. Além disso, reconhece-se que os horizontes hematíticos e silicosos apresentam as melhores condições de circulação e armazenamento das águas subterrâneas, principalmente nas zonas mineralizadas submetidas a processos de enriquecimento supergênico.

A recarga se dá pela infiltração de águas pluviais diretamente sobre os espessos horizontes intemperizados, sendo mais eficiente quando recoberto por coberturas lateríticas de elevada porosidade. Localmente, a depender da estruturação tectônica e do grau de carstificação da Unidade Gandarela, pode trocar aportes significativos com o Sistema Carbonático.

Os fluxos subterrâneos têm direções preferenciais segundo as principais direções de fratura, planos de estratificação e ao longo dos contatos com as barreiras impermeáveis como diques (Aquiclude em Metabásicas) e base confinante (Aquiclude Batatal). Nas zonas de contato com os diques são frequentemente encontrados corpos de hematitas friáveis com porosidade granular.

A descarga natural ocorre de forma pontual ou através de um conjunto de nascentes próximas, constituindo zonas de afloramento que não chegam a formar brejos ou lagoas efluentes pelo relevo acidentado. Os exutórios naturais de maior expressão ocorrem como nascentes no contato com rochas pouco permeáveis, geralmente os filitos da Formação Batatal.

De modo geral, o Aquífero Cauê representa o mais importante sistema hidrogeológico sob o ponto de vista regional e local, não só pela sua ampla ocorrência, como também por ser o objeto principal do processo de rebaixamento para atendimento das necessidades ambientais e operacionais das minas de ferro do Quadrilátero Ferrífero.

8.2.5 Sistema Hidrogeológico em Rochas Carbonáticas

Este sistema é representado na área de interesse pela Unidade Gandarela, onde predomina calcário dolomítico (carbonato de magnésio), cuja solubilidade menor em relação à do calcário calcítico (carbonato de cálcio) não favorece a existência de importantes estruturas cársticas que permitam o armazenamento e a circulação de água subterrânea. Estratigraficamente a Unidade Gandarela encontra-se sobreposta à Unidade Cauê, através de contato gradacional, onde a diminuição do teor de ferro

marca a transição. Quartzitos intercalados por filitos da Unidade Cercadinho recobrem a referida unidade.

De modo geral, este sistema é pouco conhecido em termos de suas características hidrodinâmicas. Quando predominantemente representado por rochas dolomíticas, pode apresentar feições cársticas expressivas e constituir bons aquíferos. As rochas dolomíticas formam aquíferos descontínuos, do tipo fissural, condicionados ao desenvolvimento de falhas, fraturas, diáclases e juntas, além de condutos cársticos como resultado da dissolução dos carbonatos nas zonas de fraqueza do dolomito. São aquíferos livres a confinados pelos regolitos argilosos, produtos da alteração da rocha, fortemente anisotrópicos e heterogêneos. A porosidade e permeabilidade são secundárias, condicionadas pelo tectonismo e dissolução do carbonato. A recarga principal é pela infiltração de águas pluviais. Localmente, parte da recarga poderá proceder dos aquíferos Cauê e Cercadinho.

8.2.6 Sistema Hidrogeológico em Rochas Metapelíticas

Unidades geológicas impermeáveis ocorrem por toda a região como formações, níveis interestratificados, depósitos sedimentares Terciários ou Quaternários, ou corpos intrusivos máficos. As principais unidades metassedimentares são as Formações Batatal, Fecho do Funil e Barreiro pertencentes ao Supergrupo Minas, constituindo em aquícludes na área de interesse.

Aquíclude Batatal (MPcb)

A Unidade Batatal é reconhecida pelo seu comportamento como barreira hidráulica. É constituída de filitos sericíticos, filitos grafitosos e, localmente, contém quantidades significativas de clorita e material carbonático. Está presente como faixas estreitas no Sinclinal Moeda. Os contatos com a Unidade Cauê, no topo, e com os quartzitos da Unidade Moeda, na base, são gradacionais relacionados a mudanças no relevo das áreas-fonte e ambiente de deposição.

Embora os argilo-minerais presentes nesta unidade armazenem água, eles não são capazes de transmiti-la. Além disso, os filitos são rochas de permeabilidade

secundária pouco desenvolvida, dada a sua composição mineralógica, propícia à transformação em argilas, e à sua plasticidade que origina o desenvolvimento de fraturas fechadas. Além disso, também exerce um importante papel ao confinar na base o Aquífero Cauê, proporcionando mananciais com expressivas vazões em cotas elevadas.

Aquiclude Moeda Filitos (MPcm)

Segundo BEATO *et al.* (2005), níveis intraformacionais de rochas pouco permeáveis ocorrem nas diversas unidades metassedimentares. Todavia, o mais expressivo está na Formação Moeda, constituído predominantemente de quartzitos e conglomerados de fácies aluvial, mas apresentando filitos e metassiltitos de fácies marinha (SILVA *et al.*, 2005). Essas rochas metapelíticas apresentam características de aquicludes, sendo a sua espessura variável, descontínua e truncada por falhas.

Aquiclude Fecho do Funil (MPpff)

Esta unidade é constituída de filito dolomítico, o qual estabelece barreiras hidráulicas entre os aquíferos vizinhos. Porém, pode se configurar em aquitardo em zonas de fraturas ou de descontinuidades nas camadas.

Aquiclude Barreiro (MPpb)

Esta unidade é constituída de filito grafitoso, facilmente intemperizável. Restringe a drenagem subterrânea entre os aquíferos sobrejacentes e sotopostos, porém, fraturas ou descontinuidades nas camadas podem permitir fluxos localizados.

8.2.7 Sistema Hidrogeológico em Rochas Metabásicas

Os corpos intrusivos de rochas básicas são frequentes e por estarem comumente intemperizados, raramente são reconhecidos em superfície. São identificados nas escavações das minerações e através de testes de aquífero constituem importantes barreiras hidráulicas entre aquíferos do mesmo sistema e estão presentes, principalmente, nas sequências metassedimentares.

Os corpos intrusivos seccionam todos os sistemas aquíferos em diversas direções, compartimentando-os em aquíferos isolados e alterando os fluxos subterrâneos. Este comportamento é comumente identificado no Aquífero Cauê pelas atividades de rebaixamento dos níveis de água, onde são observadas alterações no comportamento dos cones de rebaixamento e diferenças significativas de níveis piezométricos em pontos de observação próximos. Dessa maneira, funcionam como aquícludes.

8.2.8 Sistema Hidrogeológico em Coberturas Sedimentares

Na área em apreço destacam-se coberturas cenozóicas em coberturas aluviais e canga laterítica. Formam aquíferos descontínuos, livres, fortemente heterogêneos e anisotrópicos. As porosidades e permeabilidades são bastante variadas em razão da diversidade dos fatores físico-químicos na formação dos sedimentos e meteorização das rochas. Podem apresentar porosidade e permeabilidade muito boas, como nas coberturas lateríticas onde, praticamente, toda a água precipitada infiltra. Por outro lado, em sedimentos com expressiva quantidade de fração argila a permeabilidade é baixa, dificultando a infiltração e o escoamento subterrâneo.

Aquíferos em Aluviões (CSa)

Os depósitos aluvionares são pouco frequentes na área de interesse. São constituídos por areias e cascalhos, apresentando, no geral, alta permeabilidade e boa capacidade de armazenamento. Contudo, são pouco espessos e constituem aquíferos localizados, descontínuos, livres, anisotrópicos e heterogêneos, com porosidades e permeabilidades primárias maiores nos níveis arenosos e grosseiros.

Aquíferos em Cangas e Lateritas (CScg)

São encontrados em elevados platôs, terraços e flancos de serras, recobrimo a Unidade Cauê. Formam aquíferos descontínuos, livres e, relativamente, isotrópicos e homogêneos. Apresentam porosidade e permeabilidade secundárias, resultantes do processo de laterização. São bastante porosos e praticamente toda a água precipitada infiltra, alimentando os aquíferos subjacentes. Em alguns locais, onde o substrato está impermeabilizado, formam pequenas nascentes de comportamento

sazonal. No geral, são comumente referidos como aquíferos rasos e suas águas caracterizadas como hipodérmicas. Desempenham papel muito importante na recarga dos aquíferos sotopostos, devido a sua alta porosidade e capacidade de transmissão de água, aparentemente pouco evidente.

8.3 ESTUDO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA DA BACIA DO RIO ITABIRITO

A metodologia de quantificação das disponibilidades das águas subterrâneas trabalha com dados de mapeamento geológico como base de informação sobre o potencial hidrogeológico, que é o grande responsável pela manutenção das descargas de base dos cursos d'água de uma região. Assim, os valores atribuídos à capacidade de recarga de certa área são diretamente proporcionais à qualidade da rocha (capacidade aquífera) existente no domínio de abrangência da bacia de interesse ou a montante de uma dada seção fluviométrica e, dessa forma, condicionam os volumes que escoam naquela seção durante os períodos de estiagem (ofertas).

Os procedimentos incluem a análise da tipologia hidrogeológica presente e, suas variações determinam a criação de zonas com maior ou menor potencial hidrogeológico, os quais são normalizados em função de seus parâmetros hidrodinâmicos preponderantes, tais como a sua porosidade efetiva para fluxo ou a capacidade de armazenamento de água.

Isto tudo reflete para a região de interesse, o seu zoneamento em termos de distribuição espacial de áreas com menor ou maior capacidade de transmissão de água do aquífero para o curso d'água e, assim, ao reconhecimento das ofertas hídricas subterrâneas espacialmente mapeadas e quantificadas em termos de seu cômputo frente às demandas também mapeadas na mesma região de interesse, quanto aos usos de água subterrânea conhecidos.

8.3.1 Definição das Tipologias Hidrogeológicas

A disponibilidade hídrica subterrânea da área de estudos foi avaliada a partir do reconhecimento do potencial de produção de águas subterrâneas pelas tipologias hidrogeológicas presentes. Este potencial de produção, geralmente expresso em l/s.km², estabelece qual a vazão de contribuição específica de cada tipologia, em função de sua área de ocorrência, para o fluxo de base de uma determinada bacia.

Em termos gerais, as tipologias hidrogeológicas podem ser agrupadas e definidas de acordo com cenários possíveis quanto ao potencial aquífero das unidades envolvidas, ou seja, quanto à maior, menor ou moderada capacidade de armazenar e transmitir águas subterrâneas.

Dessa maneira, diante do vasto leque composicional atribuído aos inúmeros tipos de rochas existentes, adotou-se uma terminologia similar para distribuir espacialmente os agrupamentos de sistemas e unidades hidrogeológicas que possam representar tais cenários.

Neste contexto, a classificação de tipologias hidrogeológicas pode ser feita da seguinte maneira: 1) Zonas Aquíferas [ZA]; 2) Zonas Não-Aquíferas [ZNA]; e, 3) Zonas de Aquíferos Pobres [ZAP]. Nestas tipologias cabem ainda subcategorias conforme a distribuição de valores de condutividade hidráulica e porosidade efetiva dos meios geológicos considerados.

As Zonas Aquíferas perfazem todos os domínios abrangidos pelos tipos litológicos que, de modo agrupado ou não, sejam representados pelos materiais de maior potencial hidrogeológico, quais sejam: as formações ferríferas e rochas quartzíticas, predominantemente, além de cangas, depósitos aluvionares, coluvionares e de tálus, em geral, expostos superficialmente e incorporando espessuras diversas e extensão lateral considerável. Esses materiais conformam, notadamente, as expressões de maior potencial hidrogeológico, reunindo as propriedades hidráulicas de maior capacidade ao armazenamento e à condução das águas subterrâneas, associadas a fluxos mistos, representados pelo meio fissural e poroso. Em geral, as camadas superiores são caracterizadas por aquíferos porosos originários de

processos de alteração e lixiviação, principalmente dos minerais de sílica. Nas porções inferiores, em domínio de rochas sãs fraturadas, o meio aquífero apresenta-se bastante complexo, sendo as propriedades hidrogeológicas bastante heterogêneas. As condições de fluxo de águas subterrâneas, neste caso, ficam condicionadas à presença de estruturas e descontinuidades das rochas, representadas por foliação, falhas, fraturas ou famílias de juntas que servem como principal meio condutor de água.

As Zonas de Aquíferos Pobres estão relacionadas a materiais representados pelas rochas carbonáticas, xistosas e cristalinas. Em geral, a associação desses materiais com determinados atributos estruturais (tais como: falhas, diáclases e fraturas) e com certo grau de interconectividade entre eles proporciona um acréscimo do potencial hídrico, atuando como porosidade secundária da rocha e aumentando a capacidade de recarga, circulação, armazenamento e descarga da água. A depender da interconectividade entre as estruturas geológicas podem ocorrer porções com comportamento típico de aquíferos.

As Zonas Não-Aquíferas restringem-se aos domínios em que as rochas representadas por filitos, além de diques e corpos básicos, em geral, expressam seu caráter hidrogeológico relativo às baixíssimas condições de armazenabilidade e de condutividade hidráulica, o que os imputa, essencialmente, as características de aquícludes, aquíferos e até aquíferos. Devido às baixas permeabilidades e porosidades efetivas, esses meios comportam-se majoritariamente como faixas impermeáveis ou confinantes, implicando em aproveitamentos muito baixos ou nulos de águas subterrâneas.

A Tabela 8.2 exhibe e sumariza o resultado desta metodologia aplicada à área de interesse dos estudos. Já na Figura 15 é apresentada a distribuição espacial das zonas hidrogeológicas consideradas.

TABELA 8.2. TIPOLOGIAS HIDROGEOLÓGICAS RECONHECIDAS NO DOMÍNIO DE INTERESSE DOS ESTUDOS.

Tipologias Hidrogeológicas	Subcategorias	Sistema Hidrogeológico	Unidades Hidrogeológicas	Intervalos dos Valores Típicos de Porosidade Efetiva %	Intervalos dos Valores Típicos de Condutividade Hidráulica, K (cm/s)	Descrição Geral
Zonas Aquíferas (ZA)	1	em Formações Ferríferas	Aquífero Cauê	4% a 8%*	$1,0 \times 10^{-04}$ a $1,0 \times 10^{-02}$	Os aquíferos em Formações Ferríferas, ou Zona Aquífera Tipo 1 (ZA1), são responsáveis pela maior parcela da descarga de água subterrânea que abastece as principais drenagens. Trata-se da presença de itabiritos diversos (silicosos, anfíbolíticos e carbonáticos) e corpos de hematitas. Tais litotipos ocorrem como rochas friáveis a compactas, constituindo um sistema aquífero misto, com dupla porosidade, intergranular e fissural. Em geral, apresentam valores elevados de porosidade efetiva e condutividade hidráulica. As zonas de recarga relacionam-se às porções com cotas topográficas mais elevadas, sendo as principais zonas de descarga correspondentes às porções de contato com unidades menos permeáveis, marcando cabeceiras de drenagens perenes. O gradiente de fluxo nesse aquífero tende a ser baixo, sendo as direções predominantes paralelas à direção das camadas, uma vez que as formações ferríferas são circundadas por unidades menos permeáveis, e, subordinadamente, em sentido ao gradiente da topografia. Em determinadas porções, estruturas geológicas ortogonais ao acamamento podem condicionar zonas de descarga importantes. Em outras circunstâncias, a presença de diques de rochas básicas compartimenta esta zona aquífera, implicando em condições particulares de ocorrência de águas subterrâneas, como o surgimento de nascentes de elevada vazão.
	2	em Rochas Quartzíticas	Aquífero Itacolomi Aquífero Taboões Aquífero Cercadinho Aquífero Moeda (Quartzitos)	2,0% a 3,5%**	$1,0 \times 10^{-05}$ a $1,0 \times 10^{-03}$	Os aquíferos em quartzitos, ou Zona Aquífera Tipo 2, são vinculados a diferentes unidades geológicas, onde predominam quartzitos, ainda que contenham níveis interestratificados de filito ou dolomito. Os aquíferos são descontínuos, do tipo fissural, livres a confinados pelos metapelitos interestratificados de baixa permeabilidade, anisotrópicos e heterogêneos. A porosidade e permeabilidade são secundárias, resultantes dos esforços tectônicos. São considerados de relativo alto potencial hidrogeológico, devido à elevada porosidade efetiva, condutividade hidráulica e capacidade de armazenamento. Isso se deve ao fato de que a circulação e armazenamento de água nesse aquífero ocorrem, predominantemente, nas descontinuidades estruturais representadas por seus planos de fissuras e fraturas interconectadas, além de falhas presentes em nível local e regional. A recarga ocorre de forma direta, pela infiltração de águas de chuva. As direções de fluxo são predominantemente controladas pelo gradiente da topografia, e, subordinadamente, pela presença de contatos geológicos com unidades menos permeáveis.
	3	em Coberturas Sedimentares	Aquífero em Aluviões Aquífero em Cangas	1,0% a 10,0%*	$5,0 \times 10^{-04}$ a $5,0 \times 10^{-02}$	Os aquíferos em coberturas sedimentares, ou Zona Aquífera Tipo 3, são relacionados aos depósitos aluvionares, coluvionares e de tálus, além de coberturas de cangas lateríticas. Apresentam potencial hidrogeológico associado à espessura e continuidade lateral dos pacotes sedimentares. Em geral, constituem aquíferos localizados, descontínuos, livres, anisotrópicos e heterogêneos, com porosidades e permeabilidades primárias maiores nos níveis arenosos e grosseiros. Em alguns locais, onde o substrato está impermeabilizado, formam pequenas nascentes de comportamento sazonal. No geral, são comumente referidos como aquíferos rasos e suas águas caracterizadas como hipodérmicas. Desempenham papel muito importante na recarga dos aquíferos sotopostos, devido a sua porosidade elevada e extremamente variável.
Zona de Aquíferos Pobres (ZAP)	1	em Rochas Carbonáticas	Aquífero Gandarela	1,5% a 2,5%*	$1,0 \times 10^{-06}$ a $1,0 \times 10^{-04}$	O aquífero carbonático, ou Zona de Aquífero Pobre Tipo 1, é representado pelos domínios de predomínio de rochas calcárias (calcítico e dolomítico). Neste contexto, a solubilidade menor do calcário dolomítico em relação ao calcário calcítico não favorece a existência de importantes estruturas cársticas que permitam o armazenamento e a circulação de água subterrânea. Essa zona é pouco conhecida em termos de suas características hidrodinâmicas. Quando predominantemente representado por rochas calcíticas, pode apresentar feições cársticas expressivas e constituir bons aquíferos. As rochas dolomíticas formam aquíferos descontínuos, do tipo fissural, condicionados ao desenvolvimento de falhas, fraturas, diáclases e juntas, além de condutos cársticos como resultado da dissolução dos carbonatos nas zonas de fraqueza do dolomito. De forma geral, são aquíferos livres a confinados pelos regolitos argilosos, produtos da alteração da rocha dolomítica, fortemente anisotrópicos e heterogêneos. A porosidade e permeabilidade são secundárias, condicionadas pelo tectonismo e dissolução do carbonato. A recarga principal é pela infiltração de águas pluviais.
	2	em Rochas Xistosas	Aquífero Nova Lima	1,0% a 2,5%**	$1,0 \times 10^{-08}$ a $1,0 \times 10^{-06}$	O aquífero em rochas xistosas, ou Zona de Aquífero Pobre Tipo 2, se distribui em função da ocorrência predominantemente de xistos em suas distintas unidades geológicas. De maneira geral, este sistema exibe porosidade fissural e baixo potencial hidrogeológico, evidenciado pela pouca produtividade de poços tubulares e por vazões menos expressivas em nascentes. É extremamente heterogêneo, pois é formado por xistos de composição variada, intercalados com litotipos como metarenitos, metagrauvacas e formações ferríferas. A recarga principal é pluvial, pela infiltração nas formações superficiais conectadas às fraturas. A circulação se dá nas principais direções de fraturamento e, também, nas direções dos acamamentos. O fluxo tende aos baixos topográficos onde os cursos d'água perenes drenam o sistema. Os exutórios naturais são nascentes pontuais ou difusas ao longo dos vales com pequenas vazões. A capacidade de armazenamento é baixa, mas suficiente para regularizar vazões consideráveis em função de sua extensa faixa de ocorrência.
	3	em Rochas Cristalinas	Aquífero em Rochas Cristalinas	0,75% a 2,0%**	$5,0 \times 10^{-07}$ a $5,0 \times 10^{-03}$	Os aquíferos em rochas do embasamento cristalino, ou Zona de Aquífero Pobre Tipo 3, constituem um domínio de fluxo misto (intergranular e fissural) associado ao manto de alteração e a rocha são fraturada, de baixo potencial hidrogeológico. No manto de alteração ocorre porosidade intergranular, que determina a presença de aquíferos com baixa permeabilidade e capacidade de armazenamento, em espessuras médias inferiores a 50 metros, porém, com boa continuidade lateral. A porosidade fissural ocorre na rocha são fraturada, onde se desenvolvem lineamentos de fraturas e de estruturas planares penetrativas. Esta porção do aquífero apresenta relativa alta condutividade hidráulica e baixa capacidade de armazenamento, geralmente, em espessuras inferiores a 100 metros. O fluxo de águas subterrâneas é condicionado pela conexão entre estas estruturas, formando uma complexa rede hidráulica. As condições de recarga estão associadas ao manto de alteração que capeia a porção de rocha são fraturada. Esse manto poroso favorece a infiltração dos aportes meteóricos até atingirem as zonas de porosidade secundária, materializadas pelas fraturas, onde se dá, preferencialmente, o armazenamento e transmissão de água subterrânea.
Zonas Não-Aquíferas (ZNA)	1	em Rochas Metapelíticas	Aquiclude Barreiro Aquiclude Fecho do Funil Aquiclude Moeda (Filitos) Aquiclude Batatal Aquiclude Sabará	0,50 a 0,75%**	$1,0 \times 10^{-08}$ a $1,0 \times 10^{-06}$	Os aquícludes em rochas metapelíticas, ou Zona Não-Aquífera Tipo 1, reúnem as unidades geológicas impermeáveis que ocorrem como filitos, metapelitos, siltitos e argilitos. Estão presentes como faixas estreitas interestratificadas ou intraformacionais com unidades de maior potencial hidrogeológico. Embora os argilo-minerais presentes nesta unidade armazenem água, eles não são capazes de transmiti-la. Sua plasticidade origina fraturas fechadas. Exercem um importante papel ao confinar unidades produtoras de água, proporcionando mananciais com expressivas vazões em contatos de cotas elevadas. Porém, podem se configurar em aquícludes em zonas de fraturas ou de descontinuidades nas camadas.

FONTE: ADAPTADO DE * MOURÃO (2007); ** FETTER (1994), FREEZE & CHERRY (1979)

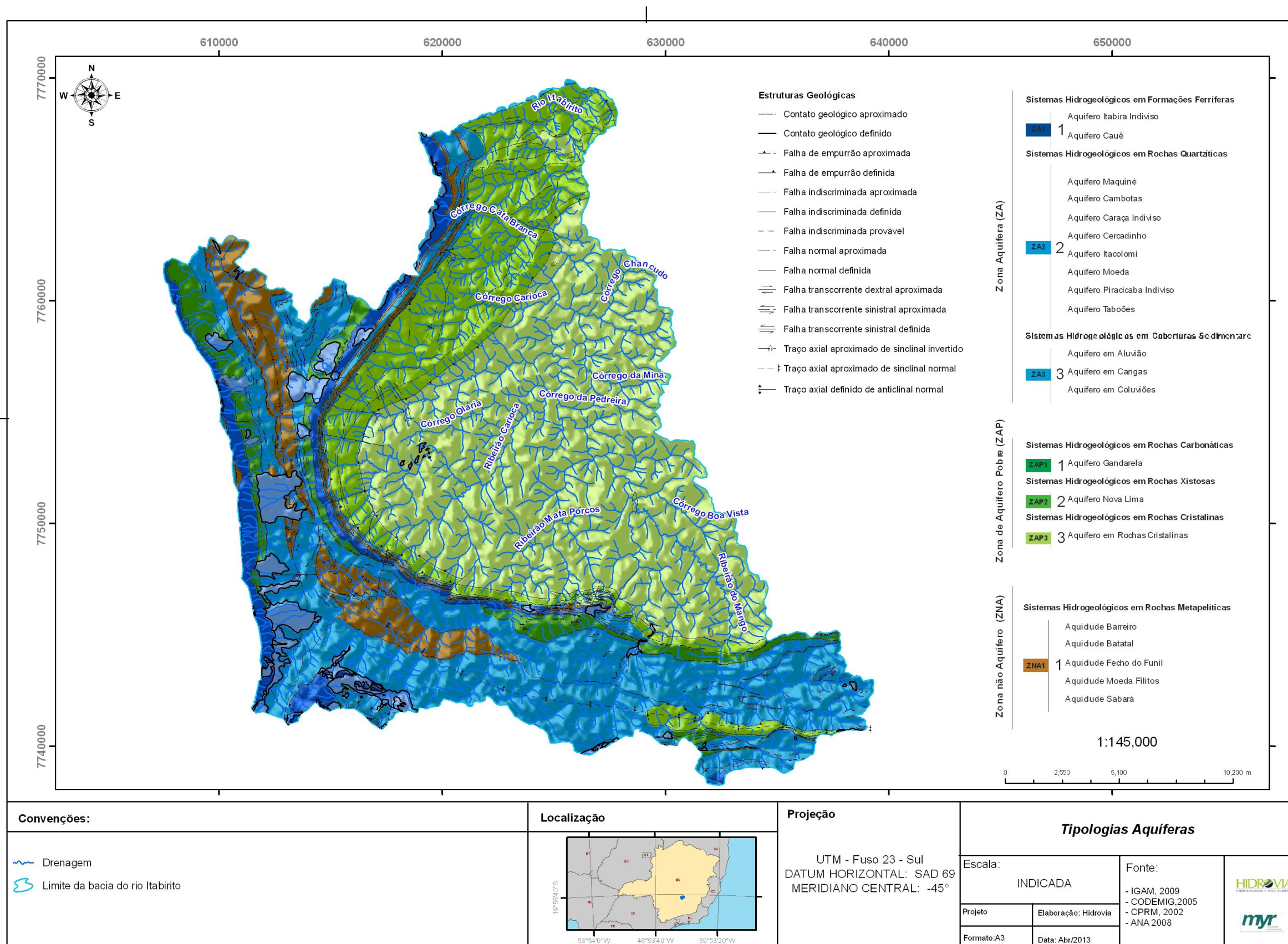


FIGURA 15. DISTRIBUIÇÃO DAS TIPOLOGIAS HIDROGEOLÓGICAS NA ÁREA DE ESTUDOS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

NOTA: CONFECCIONADO COM BASE NO MAPA GEOLÓGICO DE CODEMIG (2005)

8.3.2 Cômputo de Reservas Renováveis e Explotáveis

Para o cálculo das reservas devem ser abordados os seguintes conceitos: 1) reservas reguladoras ou renováveis; 2) reservas permanentes ou geológicas; 3) reservas totais ou naturais; e, 4) reservas explotáveis. Segundo FEITOSA & MANOEL FILHO (1998), estes conceitos são descritos da seguinte maneira:

- As reservas renováveis, ou reguladoras, representam a quantidade de água livre, armazenada no aquífero, que é renovada a cada período anual, correspondendo à recarga do aquífero. Elas são submetidas, assim, ao efeito do ritmo sazonal ou interanual das precipitações;
- As reservas geológicas, ou permanentes, também chamadas seculares ou profundas, constituem as águas acumuladas no aquífero em função da porosidade efetiva e do coeficiente de armazenamento, e cujos valores médios independem da flutuação sazonal da superfície piezométrica;
- As reservas totais, ou naturais, são representadas pelo conjunto das reservas geológicas mais as reservas renováveis, constituindo, assim, a totalidade de água existente em um aquífero ou sistema aquífero;
- As reservas explotáveis, ou recursos, constituem a quantidade máxima de água que poderia ser explotada de um aquífero, sem riscos de causar qualquer tipo de prejuízo ou efeitos indesejáveis ao manancial. Entendem-se como efeitos indesejáveis, os seguintes aspectos:
 - sob o ponto de vista hidrológico: que se exceda a recarga média anual;
 - sob o ponto de vista econômico: que os níveis piezométricos desçam abaixo da profundidade econômica de bombeamento;

- sob o ponto de vista de qualidade: que se permita a entrada de águas de qualidade indesejável;
- sob o ponto de vista legal: que se afete direitos de outros usuários em decorrência do esgotamento ou redução sensível da descarga de base dos rios ou de poços pré-existentes;
- sob o ponto de vista agrícola: que nos aquíferos freáticos, com nível pouco profundo, este desça o suficiente para danificar a vegetação natural, paisagem e cultivos típicos da região; e
- sob o ponto de vista geotécnico: que se produza uma subsidência do terreno com efeitos adversos.

Para o cômputo das reservas renováveis e explotáveis de águas subterrâneas no domínio de interesse, as zonas aquíferas de maior interesse foram avaliadas de forma independente dos sistemas e tipologias hidrogeológicas, de maneira a evidenciar o seu potencial para a produção de águas subterrâneas. Para tanto, foi considerado o fluxo de base em determinadas bacias com o intuito de definir a vazão específica de cada unidade aquífera contribuinte. Assim, as reservas renováveis foram definidas com base na vazão específica e na área de distribuição de cada unidade aquífera.

Destaca-se que os aquíferos representados pelas unidades Cauê, Moeda, Cercadinho, Gandarela e Nova Lima conformam, notadamente, as expressões de maior potencial hidrogeológico na área de interesse, reunindo as propriedades hidráulicas de maior capacidade ao armazenamento e à condução das águas subterrâneas, condicionadas por fluxos mistos, representados pelo meio fissural e poroso. Em geral, a associação dessas rochas com determinados atributos estruturais (tais como: falhas, diáclases e fraturas) proporcionam um acréscimo do potencial hídrico subterrâneo.

Essas unidades são responsáveis pela maior parcela de descarga de água subterrânea nas sub-bacias inseridas na bacia do rio Itabirito. Estas sub-bacias têm suas vazões medidas diariamente a partir da rede de monitoramento instalada na

bacia do rio Itabirito. Esses dados de vazão foram utilizados para determinar o fluxo de base nas bacias de interesse, sendo selecionados dois pontos dentro da bacia que possuíam medidas de vazão. A estação 41190000 – Aguiar Moreira, operada pela ANA, e a estação 41180000 – Itabirito Linígrafo, operada pela CPRM foram utilizadas nos cálculos de vazão mínima média para a bacia do rio Itabirito. Os dados da estação 41180000.

A média das vazões mínimas mensais obtidas foi de 5,274 m³/s (5274 l/s) para a estação 41190000 e de 3,41 m³/s (3410 l/s) para a estação 41180000, conforme se pode observar na Tabela 8.3.

TABELA 8.3. VAZÕES MÍNIMAS MÉDIAS (FLUXO DE BASE) NOS PONTOS DE INTERESSE (m³/s)

Estação Aguiar Moreira		Estação Itabirito Linígrafo									
Data	Média	Data	Média	Data	Média	Data	Média	Data	Média	Data	Média
1926	11,71	1926	5,27	1945	4,56	1964	4,65	1983	7,59	2002	3,11
1927	10,71	1927	4,34	1946	3,40	1965	2,33	1984	4,55	2003	2,72
1928	6,73	1928	3,95	1947	3,35	1966	2,96	1985	6,22	2004	4,31
1929	9,37	1929	4,50	1948	4,97	1967	4,43	1986	5,20	2005	3,84
1930	7,33	1930	4,08	1949	5,35	1968	4,26	1987	5,46	2006	3,97
1931	12,67	1931	4,24	1950	5,00	1969	4,22	1988	5,05	2007	4,81
1935	5,99	1932	6,83	1951	5,64	1970	3,40	1989	4,20	2008	4,53
1936	6,61	1933	7,46	1952	5,42	1971	4,01	1990	3,03	2009	5,05
1937	7,49	1934	6,24	1953	5,15	1972	4,50	1991	4,67	2010	4,43
1938	5,93	1935	5,07	1954	4,65	1973	4,44	1992	5,23	2011	4,80
1939	7,26	1936	3,53	1955	4,59	1974	5,29	1993	5,49	2012	4,93
1940	6,64	1937	3,56	1956	4,16	1975	4,69	1994	4,31		
1941	7,44	1938	3,33	1957	4,28	1976	3,95	1995	4,67		
1942	7,57	1939	3,63	1958	4,31	1977	4,59	1996	3,92		
1943	7,40	1940	3,62	1959	4,08	1978	4,64	1997	3,88		
1944	7,34	1941	3,68	1960	4,20	1979	5,69	1998	4,59		
1945	8,65	1942	3,58	1961	4,03	1980	4,34	1999	4,22		
1946	6,88	1943	3,94	1962	6,01	1981	4,62	2000	3,50		
1947	7,30	1944	3,75	1963	5,20	1982	4,92	2001	3,68		
Média	5,274	Média das mínimas mensais								3,41	

FONTES: HIDROWEB, ANA

A partir da identificação das porosidades efetivas das unidades aquíferas, conforme ensaios de campo realizados por MOURÃO (2007) e dados da literatura especializada (FREEZE & CHERRY, 1979; FETTER, 1994), de suas respectivas áreas de contribuição e dos fluxos de base representativos de cada bacia, foram então calculadas as vazões específicas de cada unidade hidrogeológica nas diferentes bacias de referência. A Tabela 8.4 sintetiza os dados de vazão específica para as unidades hidrogeológicas de interesse e mostra os resultados para cômputo das reservas renováveis.

TABELA 8.4. CÔMPUTO DA RESERVA RENOVÁVEL NO DOMÍNIO DE INTERESSE

Unidades Hidrogeológicas	Vazão Específica média	Área de Contribuição	Reserva Renovável		Percentual de recarga
	l/s.km ²		km ²	(l/s)	
Aquífero Gandarela	9,9	28,24	279,0	1.004,36	21%
Aquífero Cauê	18,3	27,75	507,2	1.825,83	39%
Aquífero Taboões	11,4	0,14	1,6	5,73	25%
Aquífero Cercadinho	12,3	90,24	1.114,4	4.011,77	27%
Aquífero Moeda	13,8	9,44	130,6	470,03	30%
Aquífero Itacolomi	9,9	1,35	13,3	48,01	3%
Aquífero Nova Lima	10,4	85,82	890,2	3.204,83	22%
Aquífero em Rochas Cristalinas	9,9	193,83	1.914,9	6.893,63	21%
Aquífero Piracicaba	9,9	42,29	417,8	1.504,06	21%

NOTA: CALCULADO COM BASE NAS VAZÕES ESPECÍFICAS DE CADA UNIDADE HIDROGEOLÓGICA

No caso das reservas exploráveis, cumpre ressaltar que o seu conceito é relativamente controverso, pois existem inúmeros fatores que atuam para acarretar ou minimizar os efeitos indesejáveis citados anteriormente, tais como: o tipo e distribuição espacial da exploração; as condições específicas de recarga; o retorno das águas usadas; dentre outros. Em algumas regiões os gestores de recursos hídricos consideram que os valores entendidos e adotados como reservas exploráveis não podem exceder os valores efetivos das reservas renováveis. Em outras regiões, consideram que as reservas exploráveis seriam constituídas pelas

reservas renováveis e mais uma parcela das reservas geológicas, o que poderia acarretar na sua depleção contínua.

A determinação das reservas exploráveis de um aquífero deve levar em consideração a sua realidade única, dentro de um contexto não apenas físico, mas também socioeconômico. Assim, a determinação da capacidade máxima de exploração abrange um conjunto de variáveis locais, que devem ser avaliadas caso a caso. Neste estudo, para efeito de cálculo das reservas exploráveis foi levado em consideração o valor adotado pelo Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (CAMARGOS, 2005), que adotou um valor conservador de utilização das reservas renováveis da ordem de 25%, a fim de manter 75% do escoamento de base nos corpos hídricos superficiais na época de estiagem, obtendo assim os valores anuais a serem explorados. Apesar de não existir ainda uma deliberação legal sobre a quantificação das reservas exploráveis, o valor estipulado pelo Plano Diretor da Bacia serve como orientador para determinação das reservas exploráveis dentro da bacia do rio das Velhas.

Utilizando a porcentagem de 25% das reservas renováveis calculadas, os valores de reserva explorável prevalecem como apresentado na Tabela 8.5.

TABELA 8.5. CÔMPUTO DAS RESERVAS RENOVÁVEL E EXPLORÁVEL NA BACIA

Unidades Hidrogeológicas	Reserva Renovável (m ³ /h)	Reserva Explorável (m ³ /h)
Aquífero Gandarela	1.004,36	251,09
Aquífero Cauê	1.825,83	456,46
Aquífero Taboões	5,73	1,43
Aquífero Cercadinho	4.011,77	1.002,94
Aquífero Moeda	470,03	117,51
Aquífero Itacolomi	48,01	12,00
Aquífero Nova Lima	3.204,83	801,21
Aquífero em Rochas Cristalinas	6.893,63	1.723,41
Aquífero Piracicaba	1.504,06	376,01
Total de reservas	18.968,25	4.742,06

NOTA: RESERVA EXPLOTÁVEL EQUIVALENTE A 25% DA RESERVA RENOVÁVEL
Conforme mostrado na tabela acima, a reserva renovável calculada para a área da bacia foi de 18.968,25 m³/h, sendo a reserva explotável da ordem de 4.742,06 m³/h (25%), a qual está prontamente disponível para atendimento de demandas dos usuários na bacia do rio Itabirito.

Podem ser ressaltados alguns aspectos sobre a importância relativa de algumas unidades hidrogeológicas nas sub-bacias de interesse. De modo geral, verifica-se que as rochas cristalinas (manto de alteração e saprólitos) contribuem com grande parte das reservas explotáveis devido à sua maior área de afloramento no domínio de interesse, seguida pela Formação Cercadinho, que apresenta área de exposição maior e vazão específica média.

Considerando-se ambos os aspectos de características hidrodinâmicas e representatividade na área da bacia, pode-se enfatizar a importância da formação ferrífera na sub-bacia do ribeirão Mata-Porcos.

É importante ressaltar que o procedimento de cálculo das reservas renováveis é relativamente simplista, uma vez que considera como áreas de recarga apenas as áreas de afloramento de cada unidade mapeada, não incluindo aí as recargas decorrentes de drenança vertical em camadas sobrejacentes ou áreas semi-confinadas ou confinadas.

Em virtude das características das unidades existentes na bacia, considerou-se que os sistemas hidrogeológicos possuem caráter predominantemente livre, embora também sejam reconhecidos sistemas de circulação profunda. Saliencia-se também que, dentre as unidades hidrogeológicas identificadas, aquelas relativas a coberturas recentes (canga, coberturas sedimentares e conglomerado laterítico) formam sistemas hidrogeológicos rasos e de pouca espessura, e não foram contabilizados como aquíferos potencialmente produtores. Sua importância hidrogeológica é relacionada à sua influência nas taxas de infiltração, porém a sua exploração fica condicionada a poucos metros de profundidade, o que pode limitar a sua utilização para determinados fins que exigem maiores volumes de exploração.

Utilizando os valores de vazões específicas obtidos para cada sistema aquífero, foi possível dimensionar as reservas renováveis disponíveis em cada sub-bacia existente no domínio da bacia do rio Itabirito, considerando somente a distribuição das unidades aquíferas em cada área de sub-bacia. Foi calculado o valor das reservas exploráveis para cada sub-bacia, sendo o valor de 25% das reservas renováveis (Tabela 8.6). Ressalta-se que para uma melhor precisão dos valores de vazões específicas subterrâneas das sub-bacias, devem-se mensurar as contribuições fluviométricas no ponto mais a jusante de cada sub-bacia. Assim os efeitos de recargas localizadas sobre os aquíferos são refletidos com maior precisão no cômputo das vazões específicas.

TABELA 8.6. CÔMPUTO DAS RESERVAS RENOVÁVEL E EXPLOTÁVEL NAS SUB-BACIAS

Sub-bacias do rio Itabirito	Reserva renovável (m ³ /h)	Reserva explorável (m ³ /h)
Bacia ribeirão Sardinha	4.678,4	1.169,62
Bacia córrego Bração	1.166,78	291,69
Bacia córrego Carioca	2.032,45	508,12
Bacia ribeirão Mata Porcos	6.615,41	1.653,85
Baixo Itabirito	4.475,1	1.118,78

9 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

9.1 AVALIAÇÃO DAS OFERTAS HÍDRICAS SUPERFICIAIS

Quando as ofertas hídricas superficiais são de interesse para as captações a fio d'água, são avaliados os limites naturais estabelecidos para a bacia hidrográfica, obtidos a partir da análise de vazões mínimas de referência. Uma vez que o rio Itabirito é de domínio do Estado de Minas Gerais, utiliza-se como vazão mínima de referência aquela estabelecida na legislação do Estado, ou seja, aquela obtida a partir da menor média móvel de sete dias consecutivos, com dez anos de período de retorno, também denominada como vazão $Q_{7,10}$.

Ressalte-se que, para a determinação da oferta hídrica superficial nas sub-bacias selecionadas, foi necessário aplicar técnicas de transferência de variáveis e funções hidrológicas entre as seções fluviais com monitoramento fluviométrico (estações fluviométricas oficiais) para os locais de interesse. O método utilizado foi baseado nos procedimentos desenvolvidos por CHAVES *et al.* (2002), brevemente detalhado nos itens subsequentes.

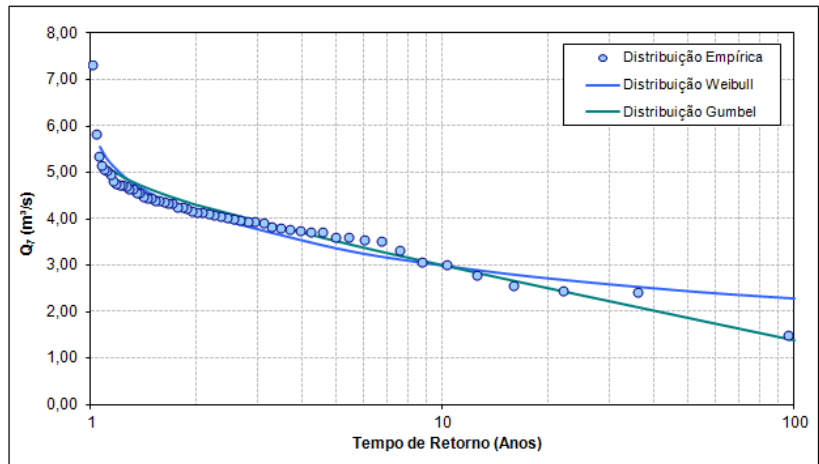
9.2 DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES MÍNIMAS DE REFERÊNCIA

Para a aplicação da metodologia de regionalização de dados hidrológicos para a determinação dos indicadores de ofertas hídricas superficiais, foi realizada verificação da localização das estações fluviométricas disponíveis na bacia hidrográfica do rio Itabirito e seus arredores. De posse dos respectivos dados fluviométricos obtidos das estações selecionadas, procedeu-se à análise de consistência das séries históricas e adequação dos dados para a análise de frequência e ajuste a distribuições de probabilidades teóricas específicas.

Nesse contexto, para a estimativa dos valores de $Q_{7,10}$ para cada uma das estações fluviométricas de interesse, foi empregada análise estatística, ajustando-se as distribuições de probabilidades teórica de Weibull e de Gumbel a cada uma das amostras de mínimos anuais de vazão média com 7 (sete) dias de duração, com

base nas orientações de NAGHETTINI & PINTO (2007). Os resultados referentes aos quantis $Q_{7,10}$ para a curva de Weibull se mostraram mais representativos para as três estações fluviométricas consideradas, tal como se observa nas memórias de cálculo indicadas nas Figura 16 a 18. O resumo dos valores é apresentado na Tabela 9.1.

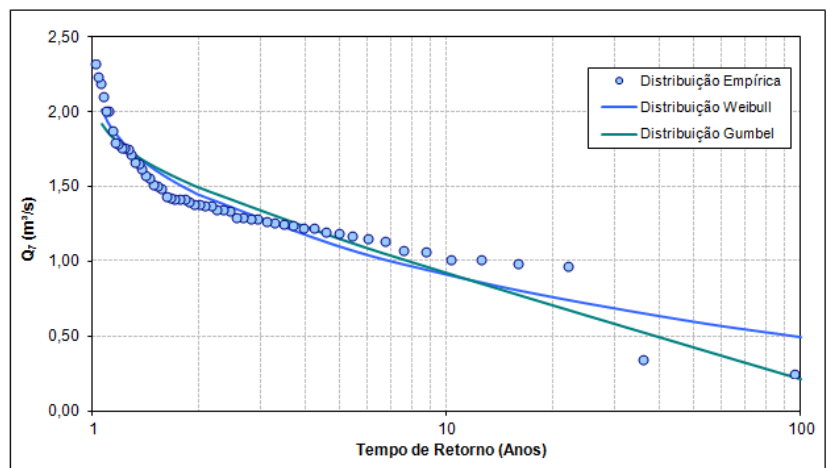
TR (anos)	$Q_{7,10}$ (m ³ /s)	
	WEIBULL	GUMBEL
1,063	5,56	5,26
1,125	5,25	5,09
1,250	4,91	4,87
1,30	4,81	4,81
1,40	4,65	4,70
1,50	4,53	4,61
1,60	4,43	4,53
1,70	4,34	4,46
1,75	4,30	4,43
1,80	4,26	4,40
1,90	4,19	4,35
2	4,13	4,29
5	3,37	3,51
10	3,00	3,00
20	2,72	2,50
50	2,45	1,86
100	2,29	1,38
200	2,16	0,90
500	2,03	0,27



Correlação	95,5%	95,1%
------------	-------	-------

FIGURA 16. AJUSTE DA SÉRIE DE VAZÕES DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA ITABIRITO – LINÍGRAFO (41180000) PARA AS DISTRIBUIÇÕES DE WEIBULL E GUMBEL. FONTE: POTAMOS, 2013.

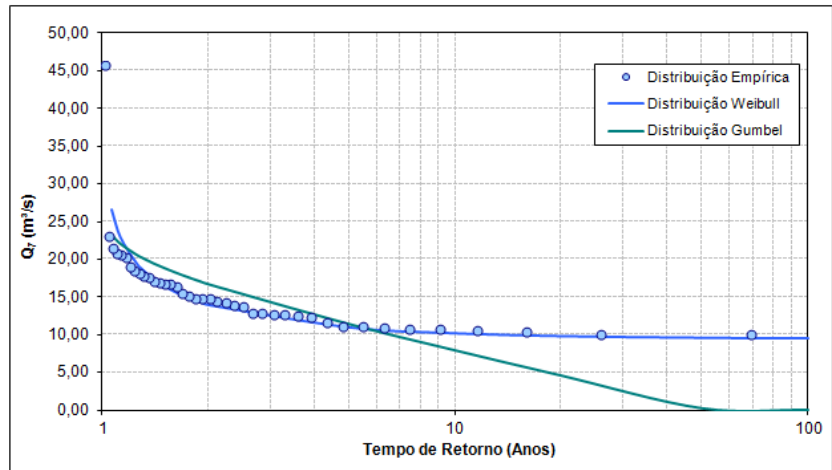
TR (anos)	$Q_{7,10}$ (m ³ /s)	
	WEIBULL	GUMBEL
1,063	2,01	1,92
1,125	1,90	1,84
1,250	1,76	1,75
1,30	1,73	1,72
1,40	1,66	1,67
1,50	1,61	1,63
1,60	1,57	1,60
1,70	1,53	1,57
1,75	1,52	1,55
1,80	1,50	1,54
1,90	1,47	1,52
2	1,44	1,49
5	1,10	1,15
10	0,91	0,92
20	0,76	0,71
50	0,60	0,42
100	0,49	0,21
200	0,41	0,00
500	0,31	0,00



Correlação	96,7%	95,3%
------------	-------	-------

FIGURA 17. AJUSTE DA SÉRIE DE VAZÕES DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA FAZENDA ÁGUA LIMPA (41151000) PARA AS DISTRIBUIÇÕES DE WEIBULL E GUMBEL. FONTE: POTAMOS, 2013.

TR (anos)	Q _{7,10} (m ³ /s)	
	WEIBULL	GUMBEL
1,063	26,57	23,16
1,125	22,89	21,98
1,250	19,43	20,54
1,30	18,58	20,10
1,40	17,31	19,37
1,50	16,38	18,76
1,60	15,66	18,24
1,70	15,09	17,77
1,75	14,85	17,56
1,80	14,62	17,36
1,90	14,23	16,98
2	13,90	16,63
5	10,91	11,37
10	10,12	7,88
20	9,75	4,54
50	9,52	0,22
100	9,44	0,00
200	9,40	0,00
500	9,38	0,00



Correlação	92,0%	72,9%
------------	-------	-------

FIGURA 18. AJUSTE DA SÉRIE DE VAZÕES DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA HONÓRIO BICALHO (41199998) PARA AS DISTRIBUIÇÕES DE WEIBULL E GUMBEL.
FONTE: POTAMOS, 2013.

TABELA 9.1. VAZÕES MÍNIMAS Q_{7,10} NAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS.

Curso d'água	Código	Nome	Q _{7,10} (m ³ /s)
Rio Itabirito	41180000	Itabirito - Linígrafo	3,00
Rio das Velhas	41151000	Fazenda Água Limpa	0,91
	41199998	Honório Bicalho	10,1

Conforme já mencionado, para determinação da oferta hídrica superficial no exutório das sub-bacias selecionadas, fez-se necessária a aplicação de técnicas de transferência de variáveis e funções hidrológicas adotando-se o método desenvolvido por CHAVES *et al.* (2002). A referida metodologia de regionalização classifica as seções de referência das bacias de acordo com a sua localização em relação à rede hidrométrica existente na região. Os casos possíveis de aplicação da referida metodologia são listados na Tabela 9.2.

TABELA 9.2. DESCRIÇÃO DOS CASOS DEFINIDOS POR CHAVES *ET AL.* (2002) PARA REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES MÍNIMAS.

Classificação	Descrição
Caso 1	Ponto de interesse localizado a montante de um ponto com vazão conhecida
Caso 2	Ponto de interesse localizado entre dois pontos de vazão conhecida
Caso 3	Ponto de interesse localizado a jusante de um ponto com vazão conhecida
Caso 4	Ponto de interesse situado em um canal afluente cuja foz está entre dois postos fluviométricos de um canal de ordem superior

Considerando as classificações descritas, bem como as respectivas localizações das seções em estudo, previamente georreferenciadas, determinaram-se os respectivos casos para os quais cada uma das sub-bacias se enquadra. Sendo assim, as sub-bacias do ribeirão Mata Porcos e ribeirão Sardinha foram inseridas no Caso 1, estando suas seções de referência localizadas a montante da estação fluviométrica Itabirito – Linígrafo (41180000).

As sub-bacias do córrego Carioca, córrego do Braço e, como um todo, a bacia do rio Itabirito se enquadram no Caso 3, cujas localizações se encontram a jusante da estação fluviométrica 41180000.

As Figuras 19 a 21 apresentam os esquemas que representam os diferentes casos para a aplicação da metodologia de regionalização adotada, associados à localização das respectivas seções de interesse, inclusive considerando-se a bacia do rio Itabirito como um todo.

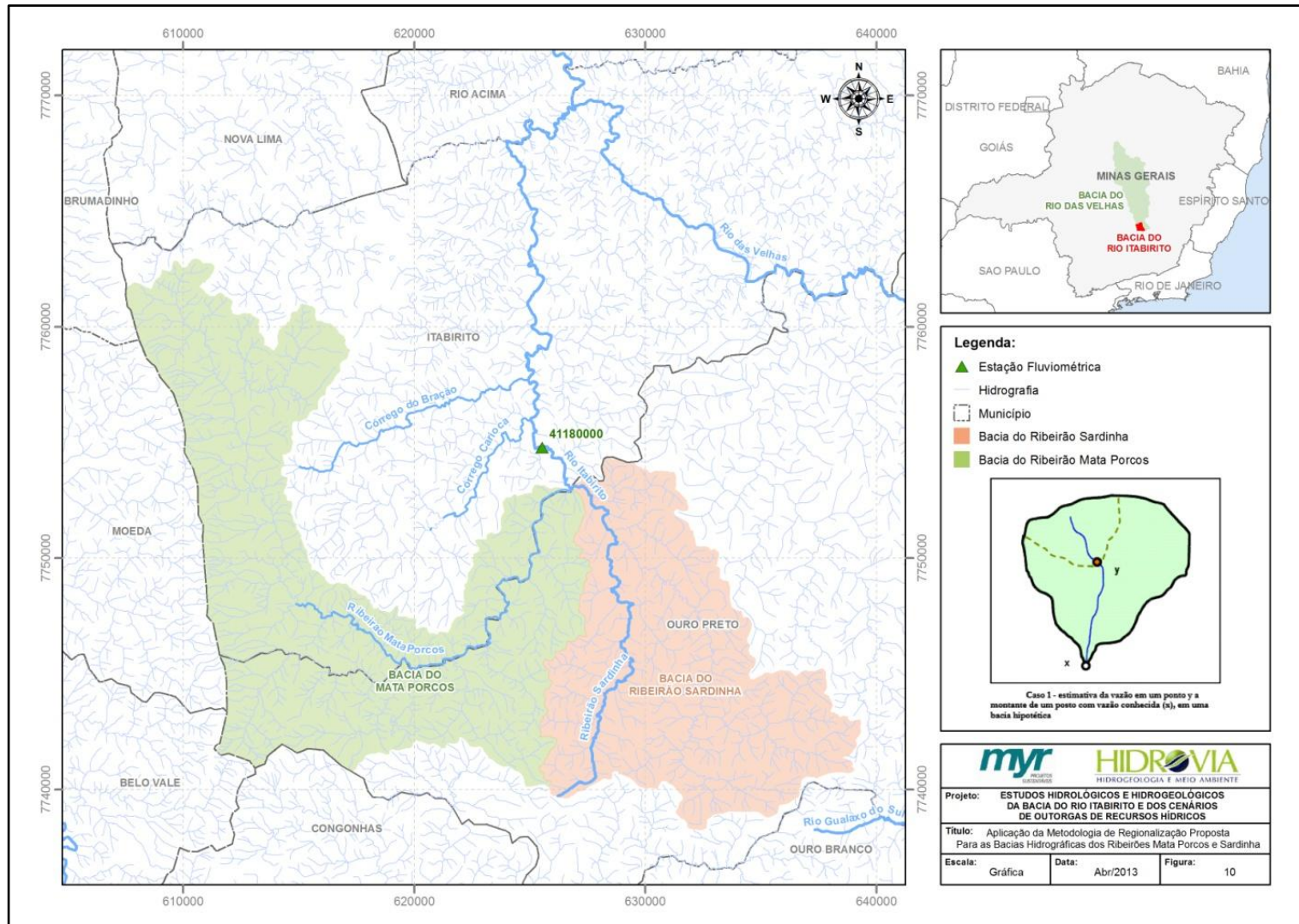


FIGURA 19. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE REGIONALIZAÇÃO PROPOSTA POR CHAVES ET AL. (2002) PARA AS SUB-BACIAS DO RIBEIRÃO MATA-PORCOS E RIBEIRÃO SARDINHA.

FONTE: POTAMOS, 2013.

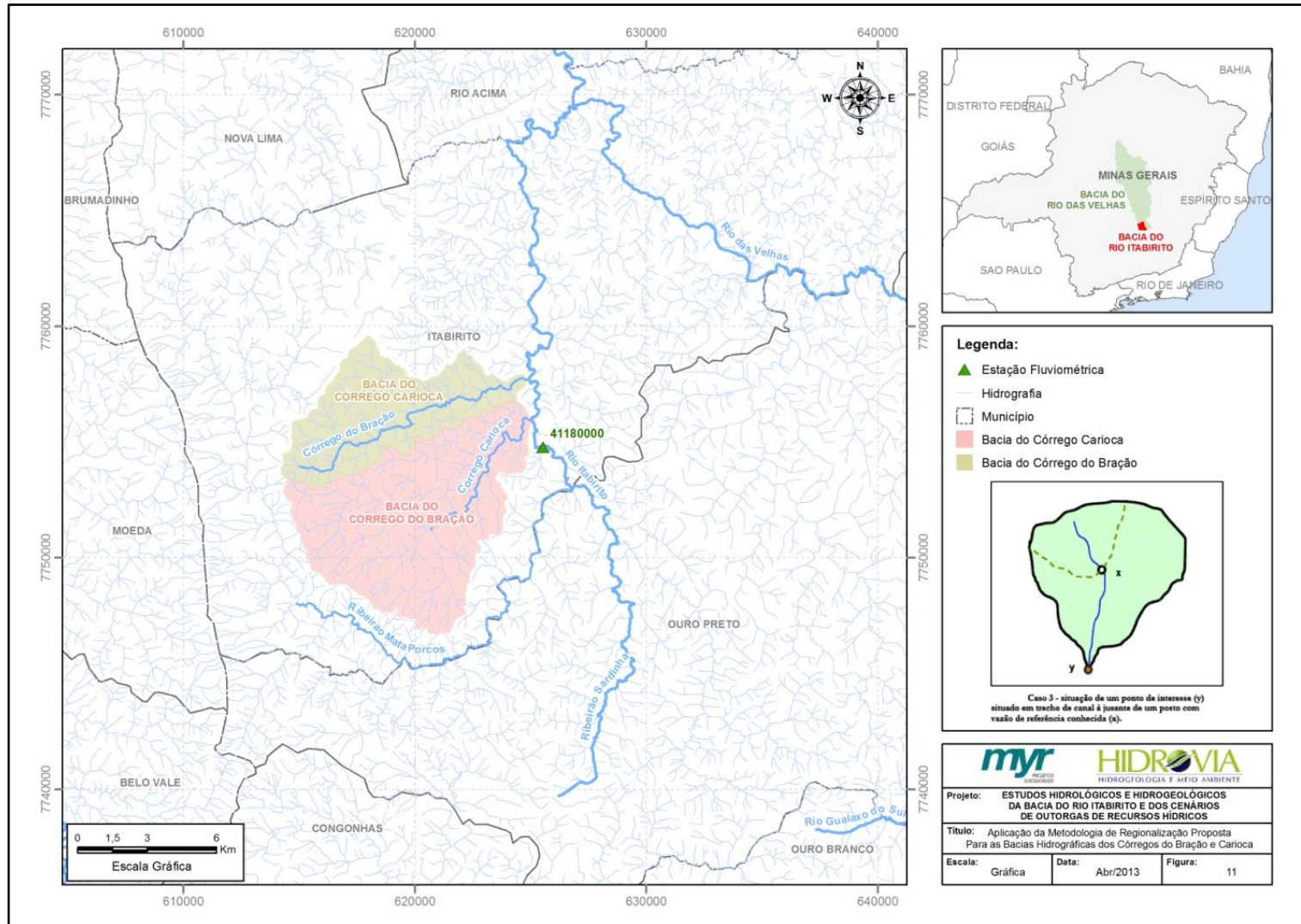


FIGURA 20. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE REGIONALIZAÇÃO PROPOSTA POR CHAVES ET AL. (2002) PARA AS SUB-BACIAS DO CÓRREGO CARIOCA E CÓRREGO DO BRAÇO.

FONTE: POTAMOS, 2013.

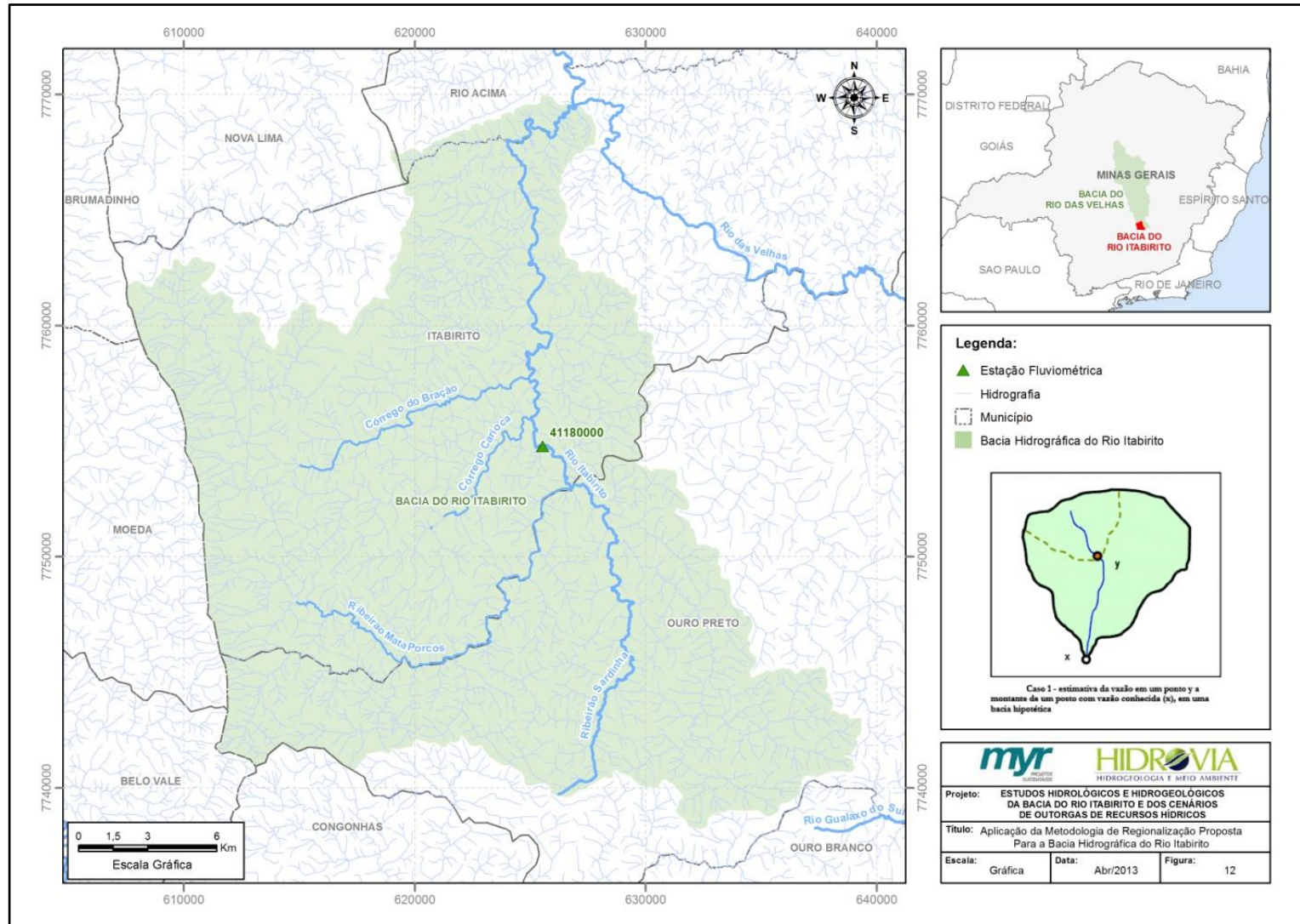


FIGURA 21. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE REGIONALIZAÇÃO PROPOSTA POR CHAVES *ET AL.* (2002) PARA A BACIA DO RIO ITABIRITO. FONTE: POTAMOS, 2013.

Em caráter comparativo, para avaliar a ordem de grandeza dos valores obtidos, aplicaram-se também os estudos de regionalização apresentados na publicação “Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais (COPASA-MG/HIDROSYSTEMAS, 1993)”, considerando que essa metodologia é usualmente empregada em avaliações de oferta e disponibilidade hídrica. Os resultados obtidos, possibilitou validar a aplicação dos cálculos propostos por CHAVES *et al.* (2002), com ordens de grandezas muito semelhantes entre si. A comparação entre os resultados das vazões de referência correspondentes aos quantis $Q_{7,10}$ e às vazões específicas $q_{7,10}$, calculados para ambos os métodos de transferência de dados hidrológicos, podem ser observados na Tabela 9.3.

TABELA 9.3. VAZÕES MÍNIMAS $Q_{7,10}$ REGIONALIZADAS PARA AS BACIAS HIDROGRÁFICAS SELECIONADAS.

Bacia	Classificação CHAVES <i>et al.</i> (2002)	$Q_{7,10}$ (m ³ /s) CHAVES <i>et al.</i> (2002)	$q_{7,10}$ (L/s.km ²) CHAVES <i>et al.</i> (2002)	$Q_{7,10}$ (m ³ /s) Deflúvios Superficiais	$q_{7,10}$ (L/s.km ²) Deflúvios Superficiais
Ribeirão Mata Porcos	Caso 1	1,80	9,53	1,72	9,05
Ribeirão Sardinha		1,15		1,09	
Córrego Carioca	Caso 3	0,55		0,52	
Córrego do Braço		0,31		0,29	
Rio Itabirito		4,95		4,71	

De toda forma, considerando-se a análise de consistência realizada para as estações fluviométricas com dados históricos atualizados, foram aplicados no contexto do presente estudo os resultados obtidos pela metodologia proposta por CHAVES *et al.* (2002).

9.3 VARIAÇÃO TEMPORAL DAS VAZÕES NA BACIA DO RIO ITABIRITO

No intuito de se analisar a variação temporal das vazões médias na bacia do rio Itabirito, avaliaram-se os dados fluviométricos coletados nos últimos dez anos de

medições de descargas nas estações inseridas no contexto da área de drenagem da referida bacia.

Priorizou-se a escolha de estações base que apresentavam dados disponíveis para períodos superiores a trinta anos para homogeneização das séries. O procedimento de homogeneização envolveu o preenchimento de falhas e extensão dos períodos de observação e foi realizado através de correlações entre as vazões médias mensais correspondentes ao período comum de dados entre as estações. Foram priorizadas as correlações estabelecidas entre estações situadas mais próximas entre si, adotando-se para tal aquelas que mantêm relação entre áreas de drenagem de 1:4. As estações utilizadas para o referido procedimento estão apresentadas na Tabela 9.4 e localizadas na Figura 22.

TABELA 9.4. ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS PARA PREENCHIMENTO DE FALHAS E EXTENSÃO DOS PERÍODOS DE OBSERVAÇÃO DAS TRÊS ESTAÇÕES PROPOSTAS.

Código	Nome	Área de Drenagem (km ²)	Coordenadas		Disponibilidade de dados
			Latitude Sul	Longitude Oeste	
41230000	Sabará	1970	19°56'00"	43°49'00"	02/1938 a 12/1965
41220000	Siderurgica	102	19°52'00"	43°46'00"	10/1941 a 12/1965
41199998 *	Honório Bicalho	1550	20°01'26"	43°49'22"	01/1973 a 07/2012
41195000	Rio Acima	1420	20°06'00"	43°48'00"	01/1926 a 12/1945
41180000 *	Itabirito - Linígrafo	315	20°18'04"	43°47'53"	06/1956 a 06/2012
41165000	Benfica	41	20°06'00"	43°48'00"	01/1938 a 12/1944
41162000	Mascata	138	20°15'00"	43°43'00"	01/1945 a 06/1954
41160000	Gulpiara	307	20°12'00"	43°42'00"	05/1930 a 12/1965
41151000 *	Fazenda Água Limpa	175	20°18'19"	43°36'59"	05/1994 a 06/2012

*ESTAÇÕES PROPOSTAS NO ATO CONVOCATÓRIO Nº 018/2012.

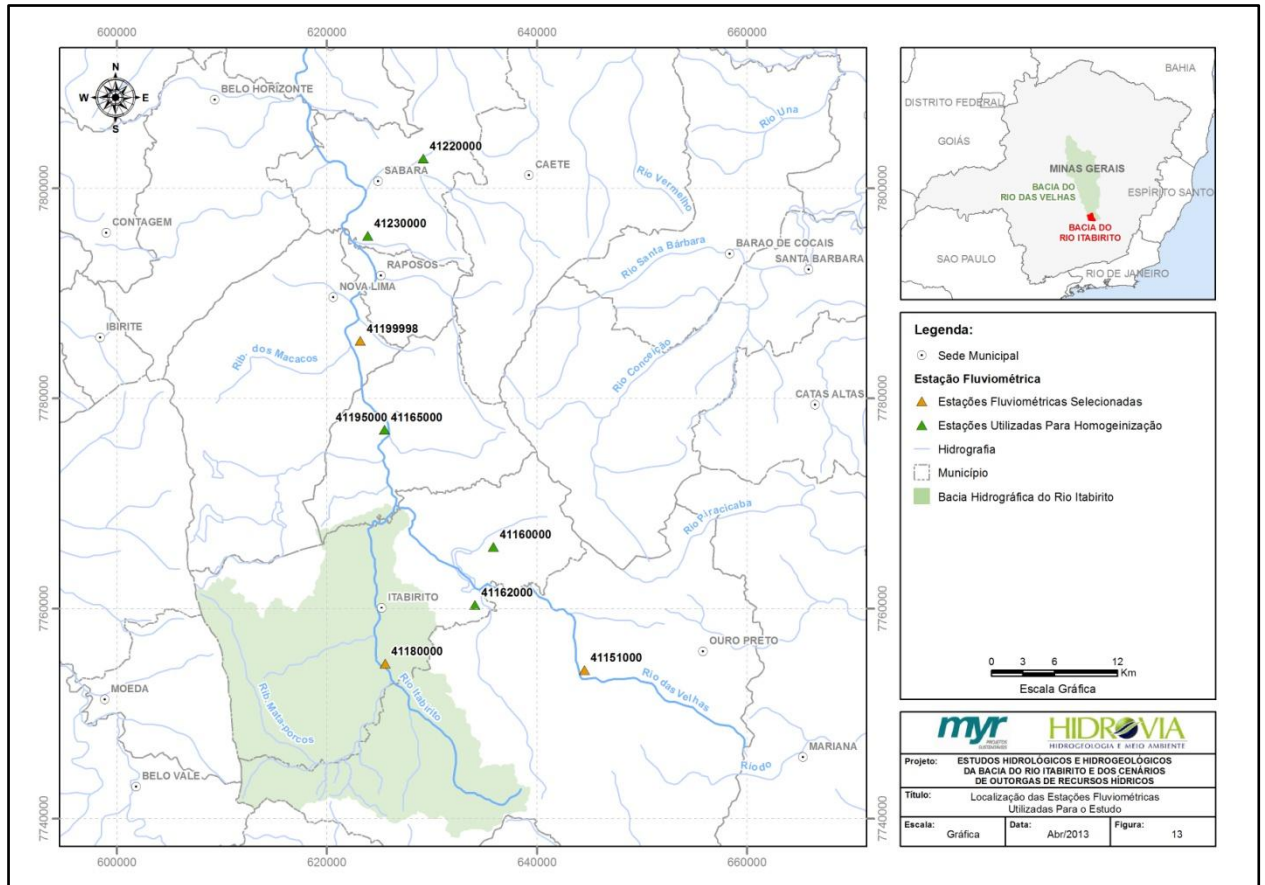


FIGURA 22. LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS PARA HOMOGENEIZAÇÃO.
FONTE: ANA, 2013.

Foram, por conseguinte, calculadas as vazões médias mensais, agrupadas a cada dois anos para as estações fluviométricas de **Honório Bicalho** (código 41199998), **Fazenda Água Limpa** (41151000), **Itabirito – Linígrafo** (41180000), sendo esta última localizada efetivamente no interior da bacia do rio Itabirito (Figura 22).

A partir dos dados de vazão média mensal obtidos, calcularam-se as médias anuais para as séries disponíveis (Q_{MLT}) referente aos últimos dez anos para efeito comparativo. Tornou-se, assim, possível a observação da variação temporal da vazão a cada dois anos como observado nas Figuras 23 a 25.

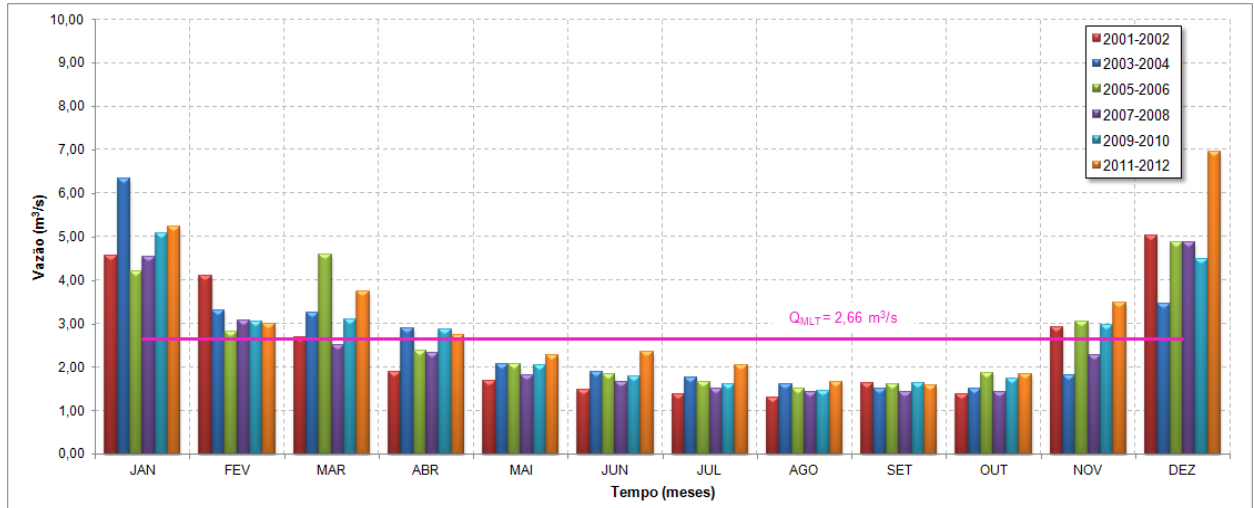


FIGURA 23. EVOLUÇÃO DA VAZÃO A CADA DOIS ANOS NA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA FAZENDA ÁGUA LIMPA – JUSANTE (41151000).
FONTE: POTAMOS, 2013.

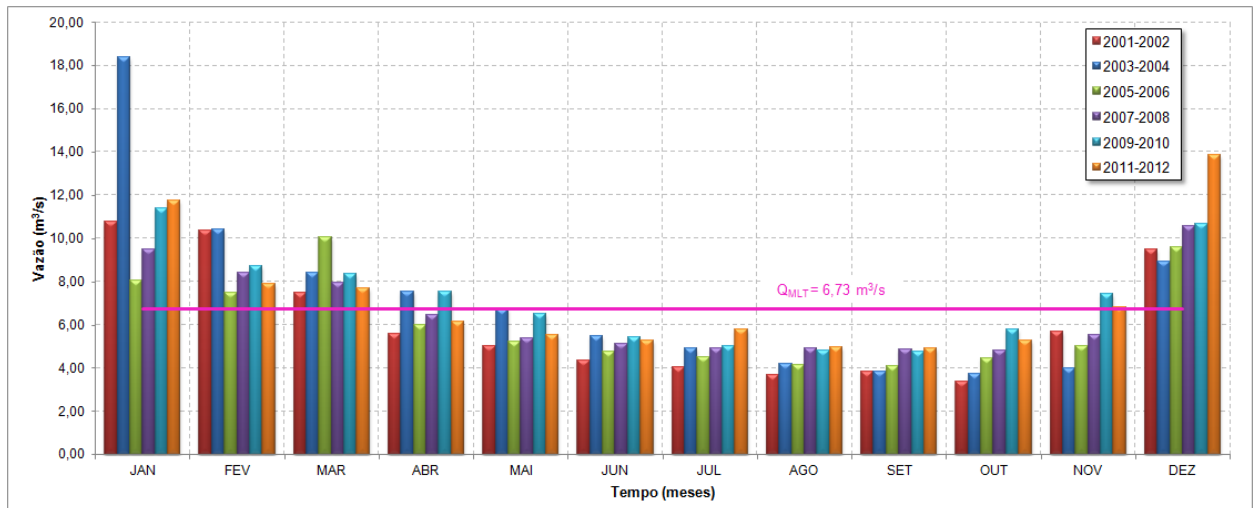


FIGURA 24. EVOLUÇÃO DA VAZÃO A CADA DOIS ANOS NA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA ITABIRITO – LINÍGRAFO (41180000).
FONTE: POTAMOS, 2013.

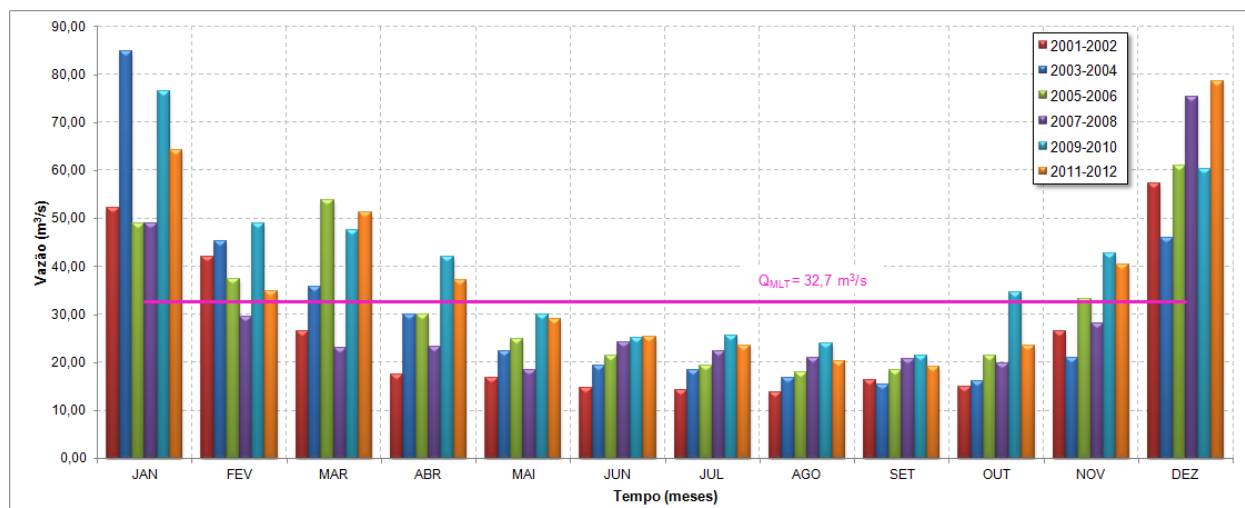


FIGURA 25. EVOLUÇÃO DA VAZÃO A CADA DOIS ANOS NA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA HONÓRIO BICALHO (41199998).
FONTE: POTAMOS, 2013.

Observando-se o histograma gerado para o posto Honório Bicalho, nota-se aparente aumento das vazões médias mensais ao longo da última década, sobretudo ao longo do período de estiagem. Comportamento semelhante se observa no posto Itabirito - Linígrafo, efetivamente localizada no interior da bacia hidrográfica do rio Itabirito, porém de forma menos pronunciada. No posto Fazenda Água Limpa as variações são menos perceptíveis e podem estar associadas à variabilidade natural do clima e sua interferência sobre o regime de vazões no rio das Velhas.

A identificação das possíveis causas para as variações observadas nas estações Honório Bicalho e Itabirito - Linígrafo deve ser embasada na integração dos estudos ambientais (Produto 7 - Relatório final consolidado) em desenvolvimento que considere o conhecimento holístico de variáveis interferentes sobre o regime de vazões registrado nessas estações, como geologia e relevo, tipologias de uso do solo e de cobertura vegetal, bem como distribuição temporal e espacial de precipitações, derivações para usos diversos e implantação de reservatórios. De toda forma, devem ser considerados também outros aspectos, tais como os procedimentos de rebaixamento de níveis de água em atividades de mineração com desaguamento nas respectivas bacias, ademais, o incremento dos processos de recirculação de água nas atividades com redução de captação de água nova.

10 - ESTUDO DE DEMANDAS DE RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO ITABIRITO

10.1 DEMANDAS HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS

No estudo das demandas hídricas subterrâneas na bacia do Itabirito, foram considerados dados de diversas fontes de consulta, no intuito de relacionar os tipos de captações existentes com as vazões de exploração praticadas. Foram utilizados os dados oficiais de outorga para usos consuntivos e insignificantes do IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) dentro da bacia, atualizados até dezembro de 2012.

Sabe-se que os dados de outorgas oficiais não representam a totalidade dos pontos existentes de captação de água subterrânea no estado de Minas Gerais, e para complementação desse estudo, foram buscadas informações de cadastramentos de águas subterrâneas existentes na bacia do rio Itabirito, no intuito de dimensionar melhor as demandas atuais existentes. Dessa forma, foram levantados dados obtidos do CNARH (Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos) da Agência Nacional de Águas levantadas até 2010, e informações do Banco de dados do SIAGAS (Sistema de Informação de Águas Subterrâneas), atualizados até 2013.

10.1.1 Usos consuntivos e insignificantes do cadastro do IGAM

De maneira geral, as demandas de usos consuntivos para as águas subterrâneas na bacia são relacionadas a pontos com baixas e altas vazões, de vários tipos de captações. Neste contexto, são consideradas na quantificação da demanda atual de água subterrânea para terceiros as captações por poço, cisternas e/ou nascente que possuem outorga ativa ou cadastro de uso insignificante pelo IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas).

Esta demanda corresponde à vazão captada ou outorgada de água subterrânea destinada a atender os diversos usos consuntivos. Os dados obtidos e atualizados para contabilização dos usos e vazões exploradas na bacia do rio Itabirito foram

obtidos do banco de dados do SIAM (Sistema de informações ambientais do IGAM) atualizados até agosto de 2012, e complementados com os dados das portarias emitidas pelo IGAM até dezembro de 2012, cujos dados são apresentados na Tabela 10.1.

Assim, foram levantados ao todo 62 pontos de captação de águas subterrâneas cadastrados pelo IGAM, sendo 29 usos insignificantes e 33 outorgas deferidas. Dentre as outorgas deferidas, 11 se encontram com prazo de validade vencido.

As vazões outorgadas para uso insignificante somam vazões de 29,02 m³/h, e para as outorgas deferidas, um somatório de 1.304,30 m³/h. As outorgas vencidas somam 76,80 m³/h, resultando numa vazão total outorgada na bacia de 1.227,51 m³/h.

Desses usos, a finalidade principal é para consumo humano, equivalendo a 27 pontos de captação. As outorgas para pesquisa hidrogeológica e para rebaixamento de nível d'água somam 16 pontos na bacia, sendo 8 para cada. A maior vazão outorgada é para a finalidade de rebaixamento de nível d'água, chegando à casa dos 900 m³/h. O segundo maior consumo na bacia de água subterrânea equivale ao consumo humano com vazão total de 178,53 m³/h. Na Figura 26 é observada as finalidades do uso e vazões de água subterrânea captadas na bacia do rio Itabirito.

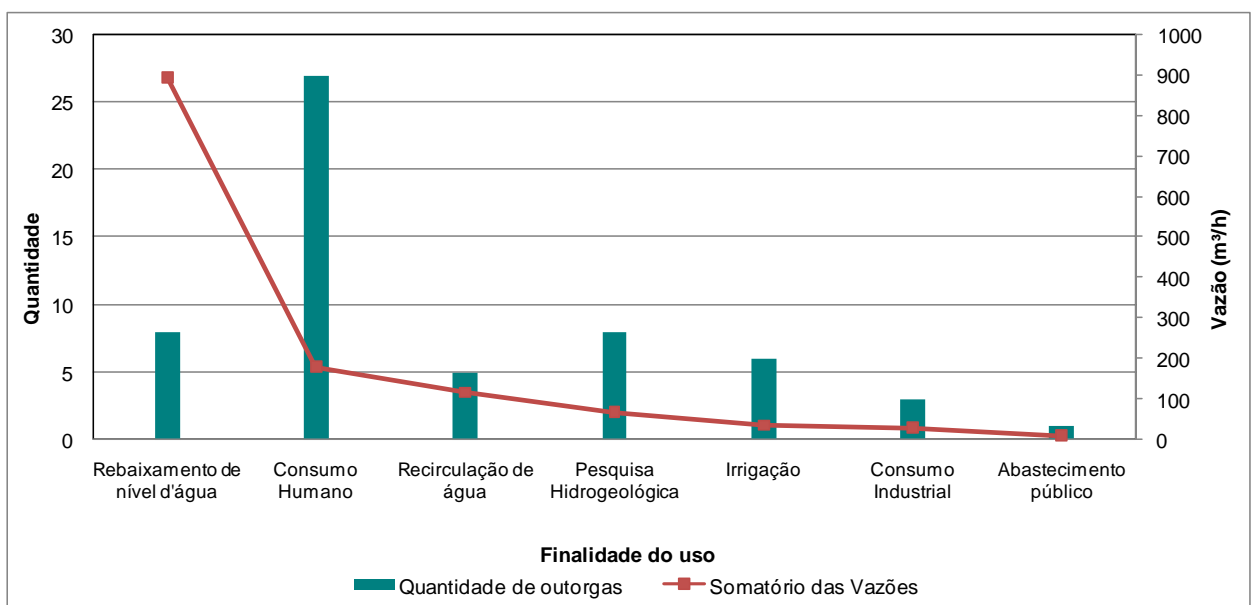


FIGURA 26. FINALIDADES DE USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO

As captações de água subterrânea na bacia são feitas por três tipos: poço tubular, poço manual (cisterna) e captação de nascente (surgência). A Figura 27 mostra os tipos de captação e as vazões praticadas por cada modo.

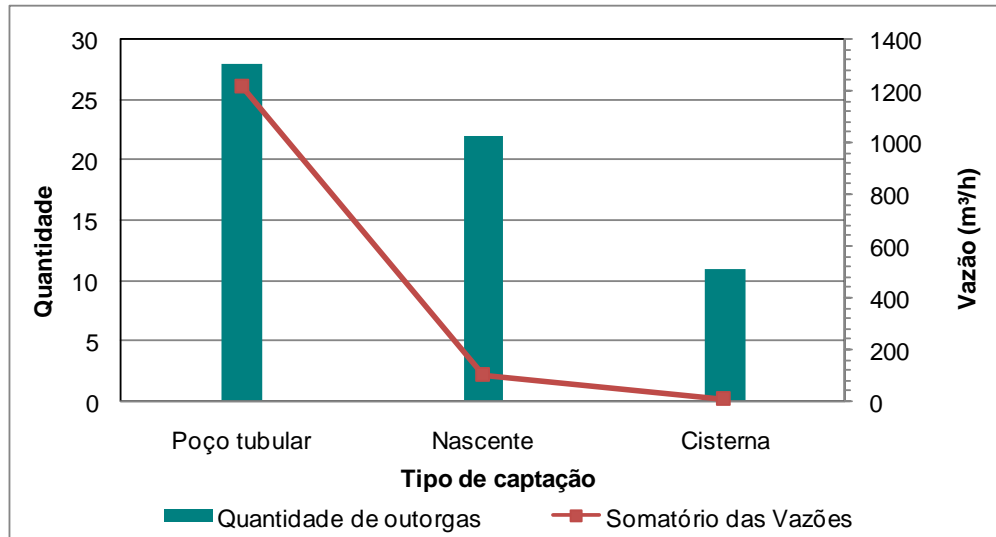


FIGURA 27. TIPOS DE CAPTAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO

(Cont.)

Empreendimento	Município	Processo	Ano processo	Portaria	Ano portaria	Data de Vencimento	Finalidade	Modo de Uso	UTM_X	UTM_Y	Vazão m³/h	Hora de bombeamento /dia	Vazão Outorgada m³/dia	Situação
GERDAU AÇOMINAS S/A - MINA DE VARZEA DO LOPES	ITABIRITO	2841	2011	57	2012	10/12/2015	Rebaixamento de nível d'água	REBAIXAMENTO DE NÍVEL DE ÁGUA	610450.2	7756135	624.00	4	2496	OUTORGA DEFERIDA
PCH RIO DE PEDRAS	ITABIRITO	12672	2008	3241	2010	16/12/2015	Consumo humano	POÇO TUBULAR JÁ EXISTENTE	629735.0	7755193	1.20	8	9.6	OUTORGA DEFERIDA
FAZENDA DO CAQUENDE	ITABIRITO	7292	2009	2499	2011	26/08/2016	Consumo Humano	POÇO TUBULAR JÁ EXISTENTE	629371.0	7760892	7.20	14	100.8	OUTORGA DEFERIDA
FUNCHAL LTDA / FAZENDINHA E RETIRO DAS FLORES	ITABIRITO	9490	2009	2962	2011	07/10/2016	Pesquisa Hidrogeológica	SURGÊNCIA (NASCENTE)	608421.2	7761005	8.35	24	200.4	OUTORGA DEFERIDA
V.D.L. SIDERURGIA LTDA	ITABIRITO	10692	2009	97	2012	12/01/2017	Consumo Humano	POÇO TUBULAR JÁ EXISTENTE	624862.2	7763385	4.00	24	96	OUTORGA DEFERIDA
RAL ADMINISTRAÇÃO E EMPREENDIMENTOS LTDA	ITABIRITO	7556	2010	693	2012	07/03/2017	Irrigação	POÇO TUBULAR JÁ EXISTENTE	629556.9	7758584	10.00	24	240	OUTORGA DEFERIDA
FAZENDA RIBEIRÃO	OURO PRETO	10529	2010	779	2012	14/03/2017	Consumo Humano	POÇO TUBULAR JÁ EXISTENTE	629636.5	7749882	5.60	3	16.8	OUTORGA DEFERIDA
ASSOCIAÇÃO RESIDENCIAL VILLA BELLA	ITABIRITO	13587	2010	2787	2012	22/08/2017	Consumo Humano	POÇO TUBULAR JÁ EXISTENTE	610349.5	7758533	0.00	24	0	OUTORGA DEFERIDA
ASSOCIAÇÃO DO RESIDENCIAL VILLABELLA	ITABIRITO	14654	2010	3167	2012	24/10/2017	Consumo humano	POÇO TUBULAR JÁ EXISTENTE	610320.9	7758526	4.00	12	48	OUTORGA DEFERIDA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - SAAE	ITABIRITO	1211	2001	141	2002	09/02/2022	Consumo Humano	POÇO TUBULAR JÁ EXISTENTE	627162.4	7760447	9.00	14	126	OUTORGA DEFERIDA
SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE ITABIRITO SAAE	ITABIRITO	1211	2001	141	2002	02/09/2022	Abastecimento público	POÇO TUBULAR JÁ EXISTENTE	627162.8	7760439	9.00	24	216	OUTORGA DEFERIDA
SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE ITABIRITO - SAAE	ITABIRITO	6069	2006	1719	2006	15/12/2026	Consumo Humano	POÇO TUBULAR JÁ EXISTENTE	621104.0	7750097	0.00	16	0	OUTORGA DEFERIDA
SAAE - SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE ITABIRITO	ITABIRITO	6070	2006	1720	2006	15/12/2026	Consumo Humano	POÇO TUBULAR JÁ EXISTENTE	622488.0	7750622	0.00	0.3	0	OUTORGA DEFERIDA
MINA DE VARZEA DO LOPES	ITABIRITO	8439	2007	1250	2010	08/05/2011	Consumo humano e industrial	PESQUISA HIDROGEOLÓGICA	610363.4	7756097	40.00	24	960	OUTORGA DEFERIDA
VALE S.A.	OURO PRETO	10081	2008	2279	2010	31/08/2015	Consumo humano. Consumo industrial	SURGÊNCIA (NASCENTE)	618327.4	7741501	60.00	24	1440	OUTORGA DEFERIDA
RIO BRANCO ALIMENTOS SA	ITABIRITO	1334	2007	1205	2010	05/05/2015	Consumo Humano	POÇO TUBULAR JÁ EXISTENTE	628886.8	7758221	9.30	14.3	132.99	OUTORGA RETIFICADA

10.1.2 Usos do Cadastro Nacional de Usuários - CNARH

Foi levantado o cadastramento de pontos de captação de águas subterrâneas armazenado pelo sistema do CNARH para uma melhor visualização de todos os usos não outorgados na bacia. Foram levantados 54 pontos cadastrados até 2010, e desses pontos, 42 são captações existentes na bacia que não possuem outorga ou cadastro de uso insignificante. O somatório das vazões dos pontos levantados pelo CNARH é de 196,54 m³/h.

Dos 42 pontos de captação de água subterrânea levantados, 6 possuem finalidade de uso para indústria, 3 para abastecimento público, 3 para reservatórios, 2 para criação animal, 2 para irrigação, 1 para mineração, 1 para aquicultura, e 24 com outros usos. Os pontos de captação levantados são mostrados na Tabela 10.2.

TABELA 10.2. DADOS DE CADASTRAMENTO DO CNARH ATÉ O ANO DE 2010, NA BACIA DO RIO ITABIRITO

Código CNARH	Empreendedor	Data cadastramento	Nome do ponto	Município	UF	Tipo de captação	Vazão m³/ano	Vazão m³/h	Uso	UTM E	UTM N
94906	ADÃO BRAGA	25/03/2010	PONTO 1	Itabirito	MG	Poço profundo	134,40	0,70	Outro	626072	7753268
77644	ANEX MINERAÇÃO LTDA,	05/03/2010	00052/2007	Itabirito	MG	Nascente	104156,40	11,89	Reservatório	620546	7765698
77644	ANEX MINERAÇÃO LTDA,	05/03/2010	00053/2007	Itabirito	MG	Nascente	31711,20	3,62	Criação Animal	620587	7765723
94746	ANTONIO CARLOS BERTACHINI	23/03/2010	PONTO 2	Ouro Preto	MG	Nascente	3650,00	1,00	Outro	631968	7750186
94746	ANTONIO CARLOS BERTACHINI	23/03/2010	PONTO 1	Ouro Preto	MG	Poço profundo	288,00	2,00	Outro	631305	7749982
105660	ASSOCIAÇÃO COMERCIAL EMPRESARIAL DE ITABIRITO	30/08/2010	PONTO 1	Itabirito	MG	Poço profundo	729,82	9,30	Outro	625220	7762246
99067	ASSOCIAÇÃO DO RESIDENCIAL VILLABELLA	06/11/2010	PONTO 1	Itabirito	MG	Poço profundo	3993,60	2,60	Outro	609488	7758550
99067	ASSOCIAÇÃO DO RESIDENCIAL VILLABELLA	06/11/2010	1484/2005	Itabirito	MG	Poço profundo	24090,00	3,30	Outro	609359	7758667
90588	CENTRO DE AVENTURA NOVO DESTINO	15/01/2010	PONTO 1	Itabirito	MG	Poço raso	908,85	1,66	Outro	625154	7754372
90588	CENTRO DE AVENTURA NOVO DESTINO	15/01/2010	PONTO 2	Itabirito	MG	Poço raso	39,60	10,00	Reservatório	625076	7754394
77942	COMPANHIA ITABIRITO IND, FIAÇÃO E TECELAGEM DE ALGODÃO	12/09/2009	835/2005	Itabirito	MG	Poço profundo	114975,00	30,00	Indústria	626402	7759523
90577	DÊNIS SILVA CARVALHO	14/01/2010	PONTO 1	Itabirito	MG	Nascente	1460,00	0,40	Outro	620721	7760424
90193	DIRCEU RODRIGUES DE SOUZA	25/08/2010	PONTO 1	Itabirito	MG	Nascente	4380,00	0,50	Indústria	620816	7753736
89793	EMPRESA MINEIRA DE EMPREENDIMENTOS LTDA	01/06/2010	PONTO 1	Itabirito	MG	Nascente	0,00	0,00	Irrigação	619964	7750907
105657	ESPÓLIO DE JOSÉ PATRUS	30/08/2010	654/2004	Itabirito	MG	Nascente	10037,50	5,50	Outro	609432	7758842
96817	ESTÂNCIA HIDROMINERAL DE ITABIRITO LTDA,	28/04/2010	PONTO 1	Itabirito	MG	Poço profundo	0,00	0,00	Mineração	612771	7757363
90512	FERNANDO CELSO GONÇALVES	13/01/2010	PONTO 1	Ouro Preto	MG	Nascente	2628,00	0,30	Outro	634368	7746321
105733	GERDAU AÇOMINAS S/A	30/08/2010	1250/2010	Itabirito	MG	Poço profundo	350400,00	40,00	Outro	610448	7756130
90203	HOTEL FAZENDA DOS OLIVEIRA	13/01/2010	PONTO 1	Itabirito	MG	Nascente	2890,80	0,33	Outro	613377	7748031
78048	ITATEXIL IND, TEXTIL LTDA,	05/03/2010	00090/2006	Itabirito	MG	Poço profundo	5475,00	5,00	Indústria	625358	7759592
78048	ITATEXIL IND, TEXTIL LTDA,	05/03/2010	PONTO 2	Itabirito	MG	Poço profundo	144,00	3,00	Indústria	625390	7759656
90456	JOSÉ ALBERTO DA SILVEIRA	01/11/2010	PONTO 1	Itabirito	MG	Nascente	5475,00	1,25	Outro	615532	7756865
92899	JOSÉ GERALDO DE LIMA	30/04/2010	PONTO 1	Itabirito	MG	Nascente	3409,92	0,74	Aquicultura	622890	7767250
77591	LATICÍNIOS ITA INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE ALIMENTOS LTDA	27/07/2010	00914/2007	Itabirito	MG	Poço profundo	23725,00	10,00	Indústria	629570	7757919
77591	LATICÍNIOS ITA INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE ALIMENTOS LTDA	27/07/2010	00915/2007	Itabirito	MG	Poço profundo	23725,00	10,00	Indústria	629501	7757990
77709	MPC INDÚSTRIA E COMERCIO LTDA,	25/08/2010	910/2007	Itabirito	MG	Nascente	2890,80	0,33	Outro	613568	7747163
102504	NELSON ABRAS	28/07/2010	012/2005	Itabirito	MG	Nascente	0,00	0,00	Criação Animal	617537	7753098
90979	POUSADA BONINAS LTDA	14/01/2010	PONTO 2	Itabirito	MG	Nascente	60,48	0,21	Outro	618983	7753792
90979	POUSADA BONINAS LTDA	14/01/2010	PONTO 1	Itabirito	MG	Poço profundo	1350,00	1,50	Outro	619296	7753676
78019	PREFEITURA MUNICIPAL DE ITABIRITO	03/02/2010	PONTO 1	Itabirito	MG	Poço profundo	365,00	1,00	Outro	625051	7761377
96289	SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto - Itabirito/MG	20/04/2010	710/2004	Itabirito	MG	Poço profundo	0,00	0,00	Outro	625672	7758913
96289	SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto - Itabirito/MG	20/04/2010	711/2004	Itabirito	MG	Poço profundo	0,00	0,00	Outro	625180	7759101
106208	SEMAE - Ouro Preto (MG)	09/08/2010	SANTO ANTÔNIO DO LEITE	Ouro Preto	MG	Nascente	183960,00	21,00	Abastecimento Público	632773	7749955
106208	SEMAE - Ouro Preto (MG)	09/08/2010	ENGENHEIRO CORREIA 2	Ouro Preto	MG	Poço profundo	36441,60	4,16	Abastecimento Público	628328	7749402
106208	SEMAE - Ouro Preto (MG)	09/08/2010	PONTO 20	Ouro Preto	MG	Poço profundo	26280,00	3,00	Reservatório	628369	7749445
106208	SEMAE - Ouro Preto (MG)	09/08/2010	ENGENHEIRO CORREIA 1	Ouro Preto	MG	Poço profundo	10041,15	3,93	Abastecimento Público	628459	7749745
90272	SENEM FILHOS TRANSPORTES	15/01/2010	PONTO 1	Itabirito	MG	Poço raso	902,40	0,47	Outro	624057	7759958
94749	SERGIO JOSÉ BAMBIRRA	23/03/2010	PONTO 1	Ouro Preto	MG	Poço profundo	600,00	5,00	Outro	629425	7751392
103322	SV TRANSPORTES LTDA	18/12/2009	PONTO 1	Itabirito	MG	Poço profundo	2555,00	0,88	Outro	626645	7759401
96970	VALE S.A,	29/04/2010	PONTO 1	Itabirito	MG	Nascente	5475,00	0,63	Outro	620661	7767641
90582	VERDE PERTO JARDINAGEM	15/01/2010	PONTO 1	Itabirito	MG	Poço raso	730,00	1,00	Irrigação	625057	7761319
90574	VILLE REAL HOTEL LTDA,	13/01/2010	PONTO 1	Ouro Preto	MG	Nascente	3066,00	0,35	Outro	633389	7748730

FONTE: CNARH – ANA (2010),

10.1.3 Usos cadastrados pelo SIAGAS

Em complementação, foram pesquisados dados de cadastramento na bacia, por meio de consulta ao SIAGAS (Sistema de Informação de Águas Subterrâneas) realizado pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil). Dos pontos levantados na bacia em estudo, foram identificados 26 captações de águas subterrâneas, sendo 6 pontos equivalentes a pontos já outorgados, resultando assim em 20 pontos extras cadastrados pelo SIAGAS (Tabela 10.3). As vazões totais desses 20 pontos somam 48,00 m³/h.

No entanto, foram levantados 11 poços tubulares no entorno do limite hidrográfico da bacia. Essas captações fazem parte do sistema de rebaixamento e abastecimento da Mina do Pico (VALE) localizada no divisor de águas da bacia do rio Itabirito com a bacia do ribeirão Congonhas. Desses poços, 5 se encontram a menos de 200 m do limite hidrográfico, e os demais entre 200 e 600 m do divisor hidrográfico. Essa distância de 200 m é considerada pelo IGAM como raio de influência de um poço tubular profundo, podendo provocar interferências a captações existentes dentro desse raio.

A vazão captada pelos 11 poços existentes no limite hidrográfico das bacias do ribeirão Congonhas e rio Itabirito somam 779,53 m³/h, sendo 219,75 m³/h para os 5 poços mais próximos do divisor hidrográfico, e 559,78 m³/h para os poços a até 600 m.

Dessa forma, para a contabilização das demandas totais foram computados 3 cenários: somente com as captações dentro da bacia; com captações até 200 m do limite hidrográfico; e com as captações até 600 m do divisor hidrográfico. Esses cenários serão apresentados no capítulo de Avaliação da disponibilidade hídrica subterrânea.

TABELA 10.3. DADOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA CADASTRADOS PELO SIAGAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO

Identificação do ponto	Estado	Local	Tipo de captação	NE	ND	Vazão m³/h
3100005578	MG	SAO GONÇALO DO BAÇAO	Poço tubular			
3100005579	MG	SAO GONÇALO DO BAÇAO	Poço tubular	2,94	67,12	2,48
3100005580	MG	BAIRRO PADRE ADELMO	Poço tubular	7,5	65,22	4,78
3100016187	MG	PAU DE ÓLEO / FAZENDA BOA VISTA	Poço escavado (cacimba/cisterna)			
3100016319	MG	MINA DO PICO / CÓRREGO SECO / CAPTAÇÃO DO SAAE	Nascente			
3100016320	MG	BR-356, KM 46	Nascente			
3100016321	MG	MINA DO PICO / CÓRREGO SECO-TRIBUTÁRIO 2 / SAAE	Nascente			
3100016322	MG	BR-356, KM 46 / MINERAÇÃO ANSA	Nascente			
3100016323	MG	MONTEIRO / SÍTIO MONTEIRO	Nascente			
3100016333	MG	MINA DO PICO / CATA BRANCA	Poço tubular			
3100016341	MG	MINA DO PICO / ESTRADA DE ACESSO PARA CATA BRANCA	Poço tubular			
3100016452	MG	MARZAGÃO / ESTRADA REAL ITABIRITO-RIO ACIMA	Poço escavado (cacimba/cisterna)			
3100016465	MG	MINA DO PICO / CAVA	Poço tubular	65,51	89,51	89,3
3100016466	MG	MINA DO PICO	Poço tubular			6,7
3100016467	MG	MINA DO PICO / CAVA	Poço tubular	54,7	60,07	28
3100016468	MG	MINA DO PICO	Poço tubular			
3100016469	MG	MARZAGÃO / ESTRADA REAL ITABIRITO-RIO ACIMA	Poço tubular	2,12	28	20
3100016470	MG	SÃO JOSÉ / BURACO DA MAMONA	Poço tubular			
3100016473	MG	BAIRRO LIBERDADE - RUA H, 15	Poço tubular	3	35	7,3
3100019756	MG	QUINTAS DO RIO MANGO, DISTR. STO. ANTÔNIO DO LEITE	Poço tubular	3,4	24,44	6,9
Pontos de captação a 200 mts do limite da bacia hidrográfica do rio Itabirito						
3100016460	MG	MINA DO PICO*	Poço tubular	12,85	42,45	56,57
3100016461	MG	MINA DO PICO*	Poço tubular	26,1	132,54	25,74
3100016462	MG	MINA DO PICO*	Poço tubular	16,4	42,95	100,61

3100016463	MG	MINA DO PICO / CAVA*	Poço tubular	6,7	89,17	36,7
3100016464	MG	MINA DO PICO / CAVA*	Poço tubular	23,45	47,48	0,13
Pontos fora da bacia do rio Itabirito a mais de 200 mts						
3100016454	MG	MINA DO PICO	Poço tubular	5.2	48.62	190.8
3100016455	MG	MINA DO PICO	Poço tubular	63.7	88.46	146
3100016456	MG	MINA DO PICO / CAVA	Poço tubular			
3100016457	MG	MINA DO PICO / CAVA	Poço tubular	49.4	101.1	37.71
3100016458	MG	MINA DO PICO	Poço tubular	3.7	9.45	56.57
3100016459	MG	MINA DO PICO	Poço tubular	22.7	31.13	128.7

FONTE: SIAGAS (CPRM, atualizado em 24/03/2013)

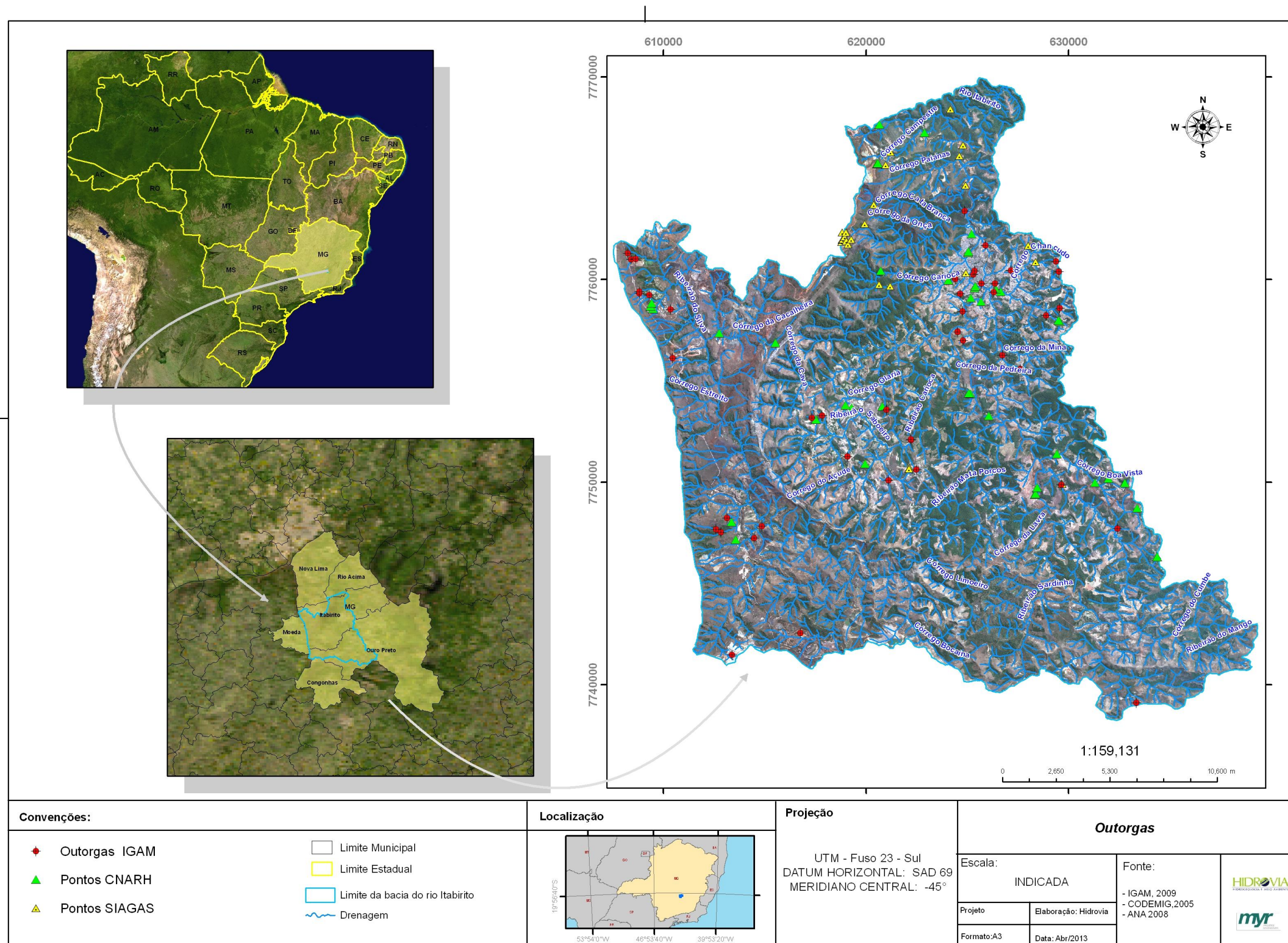


FIGURA 28. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

10.1.4 Definição das Demandas Atuais

Considerando todos os dados existentes até o presente momento sobre a espacialização e quantificação dos recursos hídricos subterrâneos utilizados na bacia do rio Itabirito, pode-se afirmar que as demandas dos usos consuntivos, usos insignificantes e usos não-outorgados somam 1.695,28 m³/h. Ao considerar os tempos de bombeamento cadastrados para as outorgas e para os dados do CNARH, o volume total anual explorado na bacia contabiliza 6.798.841,08 m³. Os dados apresentados pelo SIAGAS não forneceram o tempo de bombeamento, portanto, foi considerado o tempo de 24h/dia (Tabela 10.4). Na Figura 29 é observada a distribuição espacial dos tipos de captação e vazões praticadas.

TABELA 10.4. DADOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRANEAS DISPONÍVEIS

Demandas	Pontos de captação	Vazão (m³/h)	Vazão (m³/ano)
Outorgados e usos insignificantes	62	1.333,28	4.356.266,97
Cadastro CNARH	42	196,54	993.144,52
Cadastro SIAGAS*	20	165,46	1.449.429,60
Total	124	1.695,28	6.798.841,08

* Vazão bombeada 24 h/dia

Os usos consuntivos e insignificantes, outorgados pelo IGAM representam 80% das vazões exploradas, pois se considera as grandes vazões representadas pelos usos na mineração (rebaixamento de nível d'água e pesquisa hidrogeológica) que necessariamente devem ser outorgadas para fins de licenciamento ambiental. As demais captações individualmente representam pequenas vazões, sendo a maioria para consumo humano, irrigação e dessedentação de animais. Esses usos são mais numerosos, porém as vazões praticadas são mais modestas.

Os dados dos cadastros do CNARH e SIAGAS representaram, respectivamente, 10 e 20% das vazões exploradas, fato esse que poder ser indicador da importância da água subterrânea na bacia. 30% das captações de água subterrânea não são outorgados, o que pode indicar uma maior utilização dos recursos hídricos

superficiais da bacia em detrimento das subterrâneas. Na região do semi-árido mineiro é observada que menos de 30% dos poços tubulares existentes foram outorgados, indicando que quanto maior a necessidade de água subterrânea, maior é a quantidade de poços perfurados, e, em consequência, menor regularização dos mesmos.

Para a bacia do rio Itabirito, se considerar que a porcentagem de 20% das captações de água subterrânea sem outorgas é inferior a observada na realidade, então a demanda de recursos hídricos subterrâneos é superior ao valor mensurado. Considerando que a bacia apresenta uma disponibilidade hídrica superficial constante, capaz de manter cursos d'águas perenes ao longo do ano, diferente do que acontece em regiões de clima semi-árido, pode-se imaginar que 50% das captações existentes na bacia não possuam cadastro de usos consuntivos e insignificantes, resultando assim numa estimativa de demanda hídrica subterrânea da ordem de 2.550,00 m³/h.

Nas sub-bacias pertencentes ao domínio da bacia do rio Itabirito, as demandas também foram contabilizadas, levando em consideração os usos dos recursos hídricos subterrâneos dos cadastros existentes (Tabela 10.5).

TABELA 10.5. DADOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRANEAS NAS SUB-BACIAS DO RIO ITABIRITO

Sub-bacias do rio Itabirito	Demandas hídricas subterrâneas (m ³ /h)	Pontos de captação existentes
Bacia ribeirão Sardinha	351,54	13
Bacia ribeirão Bração	2,00	2
Bacia ribeirão Carioca	6,69	15
Bacia ribeirão Mata Porcos	992,82	22
Baixo Itabirito	561,98	72
Total	1.915,02	117

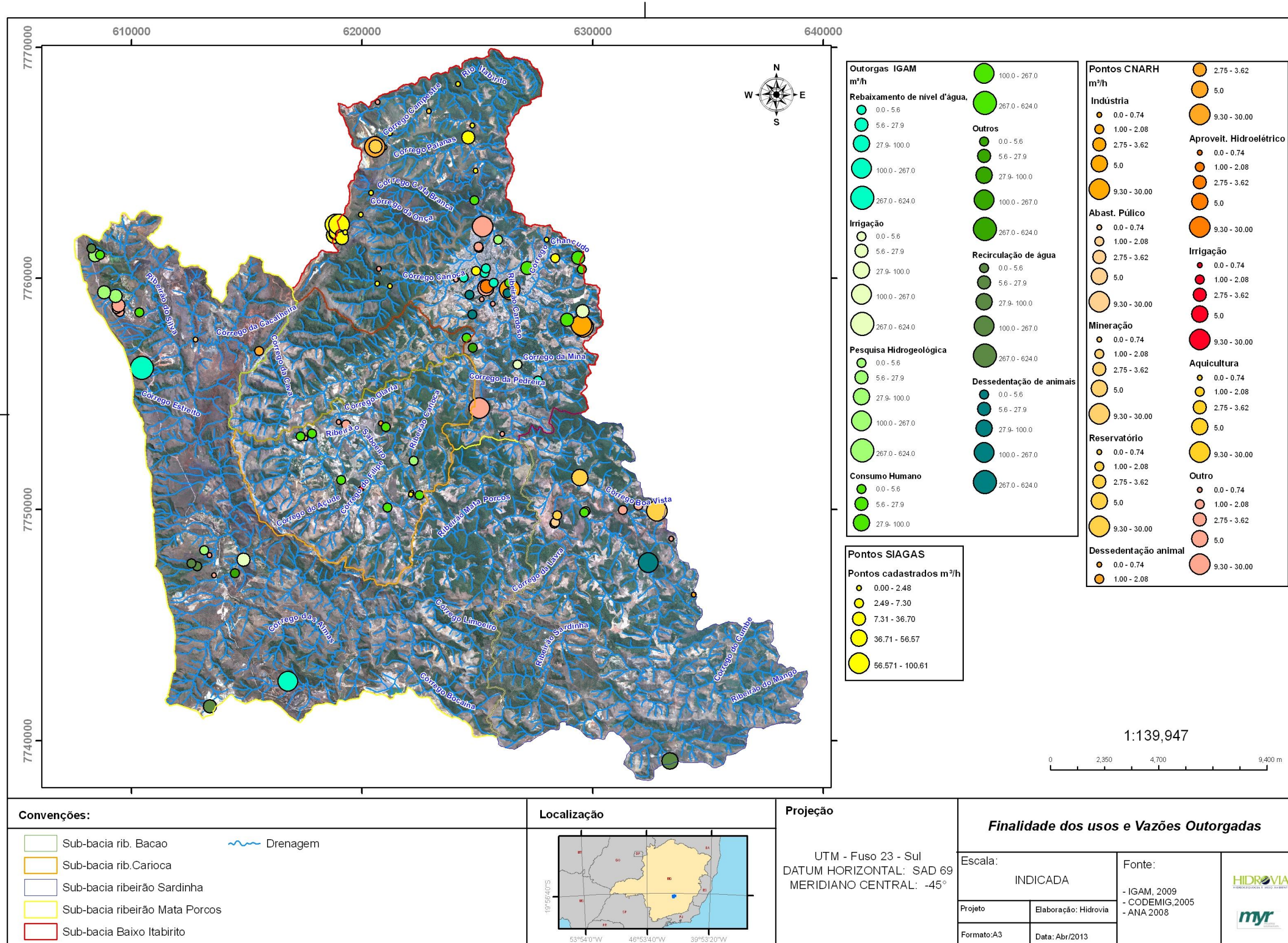


FIGURA 29. MAPA DE FINALIDADES DOS USOS E VAZÕES CAPTADAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO

10.1.5 Avaliação da Disponibilidade Hídrica Subterrânea

As disponibilidades hídricas de uma região são representadas pela capacidade de exploração dos mananciais de águas superficiais e subterrâneas, combinando-se aos limites de renovação dos estoques no ciclo hidrológico com as imposições das legislações pertinentes. Para os mananciais de água subterrânea, os limites de exploração são definidos a partir da capacidade de recarga dos aquíferos, que representa o potencial de reserva renovável dos sistemas hidrogeológicos. As ofertas subterrâneas são caracterizadas então em função de um percentual da reserva renovável, entendido como reserva explorável.

A avaliação da disponibilidade hídrica subterrânea se baseou no valor de reserva explorável calculada a partir de um percentual relativo de 25% das reservas renováveis dos sistemas hidrogeológicos de maior potencial. Assim, o valor de reserva explorável pode ser entendido como a oferta hídrica subterrânea prontamente disponível para utilização de todos os usuários inseridos no domínio de interesse considerado. Cumpre ressaltar que este é apenas um valor de referência e que não existe ainda regulamentação aplicável sobre a forma de utilização das reservas subterrâneas. Segundo Rebouças (1994), as águas subterrâneas desempenham um papel primordial de suprimento dos fluxos de águas doces dos continentes, sendo responsáveis pela regularização entre 30-40% das descargas dos rios no mundo.

Considerando os valores de demandas atuais foi possível calcular a disponibilidade hídrica subterrânea existente no domínio da bacia do rio Itabirito. A Tabela 10.6 reúne os valores calculados, em termos de ofertas e demandas, traduzindo as disponibilidades hídricas subterrâneas com base no método de vazões específicas.

TABELA 10.6. OFERTAS E DEMANDAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO

Variável	Cenário Atual (m ³ /h)	Cenário Atual (m ³ /anual)
Oferta	4.742,06	41.540.445,60
Demanda	1.695,28	6.798.841,09
Disponibilidade	3.046,78	34.741.604,51

Considerando outros dois cenários de demandas na bacia, as captações existentes próximas ao limite hidrográfico da bacia do rio Itabirito com o ribeirão Congonhas podem influenciar as demandas totais de águas subterrâneas naquela região, pois os limites da bacia hidrogeológica, em alguns casos, transpõem os limites hidrográficos da bacia.

Sendo assim, os dois cenários avaliados, já mencionados anteriormente, levou em conta dados do cadastramento do SIAGAS, que relaciona os poços tubulares na mina do Pico, próximo a cidade de Itabirito. As disponibilidades referentes aos dois cenários são mostradas nas Tabelas 10.7 e 10.8.

TABELA 10.7. OFERTAS E DEMANDAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO CONSIDERANDO POÇOS A MENOS DE 200 M DO DIVISOR HIDROGRÁFICO

Variável	Cenário Atual (m³/h)	Cenário Atual (m³/anual)
Oferta	4.742,06	41.540.445,60
Demanda considerando poços a 200 m do limite hidrográfico	1.915,03	8.723.851,09
Disponibilidade	2.827,03	32.816.594,51

TABELA 10.8. OFERTAS E DEMANDAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO CONSIDERANDO POÇOS ENTRE 200-600 M DO DIVISOR HIDROGRÁFICO

Variável	Cenário Atual (m³/h)	Cenário Atual (m³/anual)
Oferta	4.742,06	41.540.445,60
Demanda considerando poços entre 200 - 600 m do limite hidrográfico	2.474,81	13.627.523,89
Disponibilidade	2.267,25	27.912.921,71

Observa-se que para os três cenários apontados, as ofertas superam as demandas, resultando em um saldo de disponibilidade positivo para a bacia. Ressalta-se, porém que esses dados de disponibilidade hídrica subterrânea foram regionalizados com base em duas estações fluviométricas dentro da área de contribuição da bacia, e que fatores locais dependentes da geometria, grau de confinamento e taxas de recarga dos

aquíferos podem aumentar ou diminuir a disponibilidade hídrica subterrânea localmente.

10.2 DEMANDAS HÍDRICAS SUPERFICIAIS ATUAIS

A premissa adotada para a quantificação das demandas nas áreas de abrangência dos estudos foi a de que as outorgas vigentes são representativas dos usos atuais para a avaliação das disponibilidades hídricas no contexto do presente trabalho. Dessa forma, foi realizada uma consulta ao banco de dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM, vigentes até 19/02/2013 para a obtenção de tais informações. A seguir, procedeu-se a uma pré-triagem dos dados disponíveis, selecionando-se todas as outorgas concedidas e válidas no âmbito das sub-bacias hidrográficas de interesse: ribeirão Mata Porcos, córrego do Braço, córrego Carioca, ribeirão Sardinha e rio Itabirito.

Após a compilação dos dados de outorga, foram levantados os valores totais de vazões captadas nas referidas sub-bacias para o cálculo da disponibilidade hídrica, ademais para avaliar a proporção das demandas de cada uso no contexto da bacia do rio Itabirito. Dessa forma, as outorgas vigentes foram agrupadas segundo as seguintes categorias, a saber, identificados no âmbito da bacia do rio Itabirito: abastecimento público e consumo humano, aquicultura, irrigação e dessedentação de animais, siderurgia, indústria têxtil, mineração e extração mineral. Os percentuais relativos a cada finalidade de usos identificados para as respectivas outorgas existentes na bacia do rio Itabirito podem ser observados através da Figura 30.

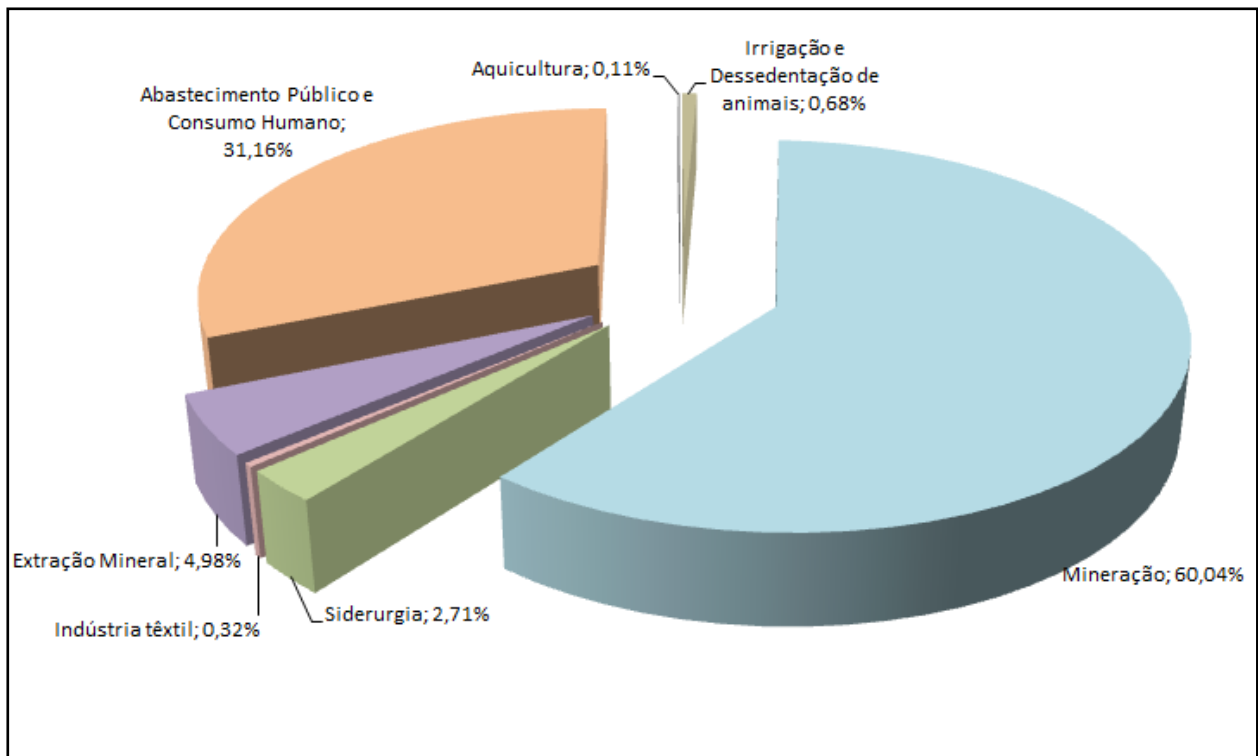


FIGURA 30. DISTRIBUIÇÃO DAS OUTORGAS VIGENTES ATUALMENTE NA BACIA DO RIO ITABIRITO, FONTE: POTAMOS, 2013,

Como observado na Figura 30, o uso majoritário na bacia se refere àquele destinado à mineração, seguido do abastecimento público e consumo humano. Vale destacar que a extração mineral, representada pelos procedimentos de dragagem em leito de curso de água, principal uso observado dentre aqueles definidos como não-consuntivos, representa parcela equivalente a 5% da utilização das águas outorgadas.

No que se refere à irrigação e dessedentação de animais, somados à aquicultura, o percentual é equivalente a apenas 0,80%, o que poderia remeter a existência de potenciais e relevantes usos insignificantes de águas superficiais ou captação de águas subterrâneas. Considera-se inclusive, como relatado no Produto 2, que a atividade agropecuária se encontra espalhada por grande parte da bacia, principalmente na porção centro-leste.

Os usos gerais outorgados em toda a bacia do rio Itabirito somam o total de vazão de 0.944 m³/s.

Em termos de usos não-consuntivos identificados, destacam-se as Portarias de outorgas referentes às seguintes finalidades:

- Extração mineral, realizada por dragagem em curso d'água;
- Travessia em rodovia, representada pela implantação de pontes e bueiros;
- Geração de energia, através de aproveitamento de potencial hidrelétrico.

Deve ser destacado que, embora haja valores de captação contabilizados para a outorga de extração mineral, esta é considerada uso não consuntivo devido ao fato da água captada retornar rapidamente ao manancial de origem. As outorgas referentes a travessias e geração de energia são consideradas estritamente não consuntivas. De toda forma, os referidos modos de uso não consuntivos não foram utilizados para o cômputo da disponibilidade hídrica da bacia, descrito em item subsequente.

Neste contexto, apresenta-se a seguir a Tabela 15, que contempla os dados referentes a todas as outorgas superficiais identificadas nas sub-bacias de interesse. Os usos definidos como não-consuntivos estão assinalados para diferenciá-los dos demais, caracterizados como usos consuntivos de água. Ressalta-se que não foram levados em conta os cadastros para uso insignificante.

TABELA 10.9. OUTORGAS DE USO DE ÁGUA SUPERFICIAL IDENTIFICADAS NAS SUB-BACIAS DO RIO ITABIRITO

Bacia	Sub-bacia	Sub-bacias afluentes	Nº da Portaria	Ano da Portaria	Requerente	Curso d'água	Coordenadas UTM 23		Vazão (m³/s)	Finalidade	Validade (anos)
							X	Y			
Rio das Velhas	Rio Itabirito	Ribeirão Mata Porcos	804/2008	2008	Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes - DNIT	Diversos bueiros entre os trechos: Curvelo ao acesso norte de Sete Lagoas	609955,11	7757256,03	-	Travessia em rodovia – pontes e bueiros	20
			482/2010	2010	Associação Residencial Villabella	Ribeirão do Silva	611117,81	7758828,23	0,007	Consumo Humano	5
			1346/2010	2010	MSM - Extração de Minérios Serra da Moeda Ltda,	Afluente do Córrego do Eixo pela margem direita	612923,76	7747526,73	0,021	Consumo Humano, Industrial e Aspersão de vias	5
			1486/2010	2010	DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes	Afluente do Córrego das Almas	614055,72	7745084,17	0,004	Irrigação	5
			2098/2010	2010	Ferrous Resources do Brasil S,A,	Ribeirão do Silva	614922,44	7748103,80	0,007	Pesquisa Mineral	5
			3367/2010	2010	Vale S,A,	Ribeirão Mata Porcos	619276,10	7745380,74	0,167	Consumo industrial	5
			299/2011	2011	Vale S,A,	Ribeirão da Prata	618421,99	7742607,18	0,050	Contenção de sedimentos e Recirculação de água	5
			537/2011	2011	SAFM Mineração Ltda,	Ribeirão Aredes	615923,71	7759018,01	0,001	Consumo Humano	3,5
			1294/2011	2011	SAFM Mineração Ltda,	Ribeirão Aredes	614560,05	7758141,64	0,012	Extração Mineral	3,5
			2962/2011	2011	Funchal Ltda,	Surgência	608415,49	7760948,35	0,002	Consumo Humano e Irrigação	5
			00110/2012	2012	Mineração Conemp Ltda,	Ribeirão do Silva	610764,22	7759798,43	0,014	Consumo industrial	5
		03012/2012	2012	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Itabirito	Ribeirão do Silva	612108,45	7756792,63	0,110	Abastecimento Público	20	
		Córrego do Bração	333/1997	1997	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Itabirito - SAAE	Córrego Bração	621682,34	7756865,61	0,123	Abastecimento Público	20
			2113/2008	2008	Sipuí e Cipiú Ltda,	Córrego do Bração	620968,48	7756533,58	0,001	Aquicultura	5
		Córrego Carioca	02443/2012	2012	Catraia Comércio de Areia Ltda,	Ribeirão Carioca	622156,34	7752220,69	0,006	Extração Mineral	4
			03570/2012	2012	Alex Mineração Ltda, - ME	Córrego do Saboeiro	619351,22	7753230,74	0,040	Extração Mineral	4
		Ribeirão Sardinha	3238/2004	2004	GERDAU Açominas S/A	Córrego Lagoa dos Porcos	626677,55	7739981,33	0,0009	Consumo Humano e Industrial	5
			334/2010	2010	GERDAU Açominas S/A	Córrego dos Alemães	630412,90	7741314,81	0,006	Consumo industrial	5
		Rio Itabirito	385/1997	1997	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Itabirito - SAAE	Córrego Carioca	620629,39	7759793,88	0,047	Abastecimento Público	20
			644/2004	2004	José Ferreira Leite	Afluente do Ribeirão Mata Porcos - MD	626756,33	7754585,70	0,0003	Dessedentação de animais	5
			653/2008	2008	VDL Siderurgia Ltda,	Afluente do Rio Itabirito - ME	624150,13	7767333,75	-	Geração de energia	5
			1040/2009	2009	Cia Industrial Itabira do Campo	Córrego Seco	621465,60	7759865,43	0,003	Consumo industrial	5
			1825/2010	2010	V,D,L, Siderurgia Ltda,	Córrego da Onça	624019,49	7763167,91	0,020	Consumo industrial	5
			02265/2012	2012	Vale S,A,	Rio Itabirito	623978,82	7767734,68	0,302	Consumo industrial	5

10.2.1 Evolução das outorgas de recursos hídricos superficiais na Bacia do Rio Itabirito

Para a caracterização da evolução temporal das vazões e volumes outorgados na bacia do rio Itabirito, foram avaliados os históricos de renovação de cada uma das Portarias das outorgas listadas na Tabela 10.9, ao longo dos últimos dez anos. As Figuras 31 a 36 ilustram a referida evolução, em intervalos de dois anos em dois anos. A Tabela 10.10 apresenta ainda os volumes totais demandados para cada período considerado.

Na Tabela 10.10, da mesma forma, é apresentada a evolução temporal das outorgas vigentes a cada dois anos na bacia do rio Itabirito para os últimos dez anos. Adicionalmente, são mostrados os volumes totais anuais captados. As outorgas assinaladas em rosa correspondem àquelas que em algum momento foram modificadas, seja em caráter de renovação, retificação ou cancelamento. Para as outorgas que não apresentam dados de vazão em algum período, em função da impossibilidade de obtenção de dados confiáveis, não foram assumidos valores correspondentes às portarias antigas ou atuais.

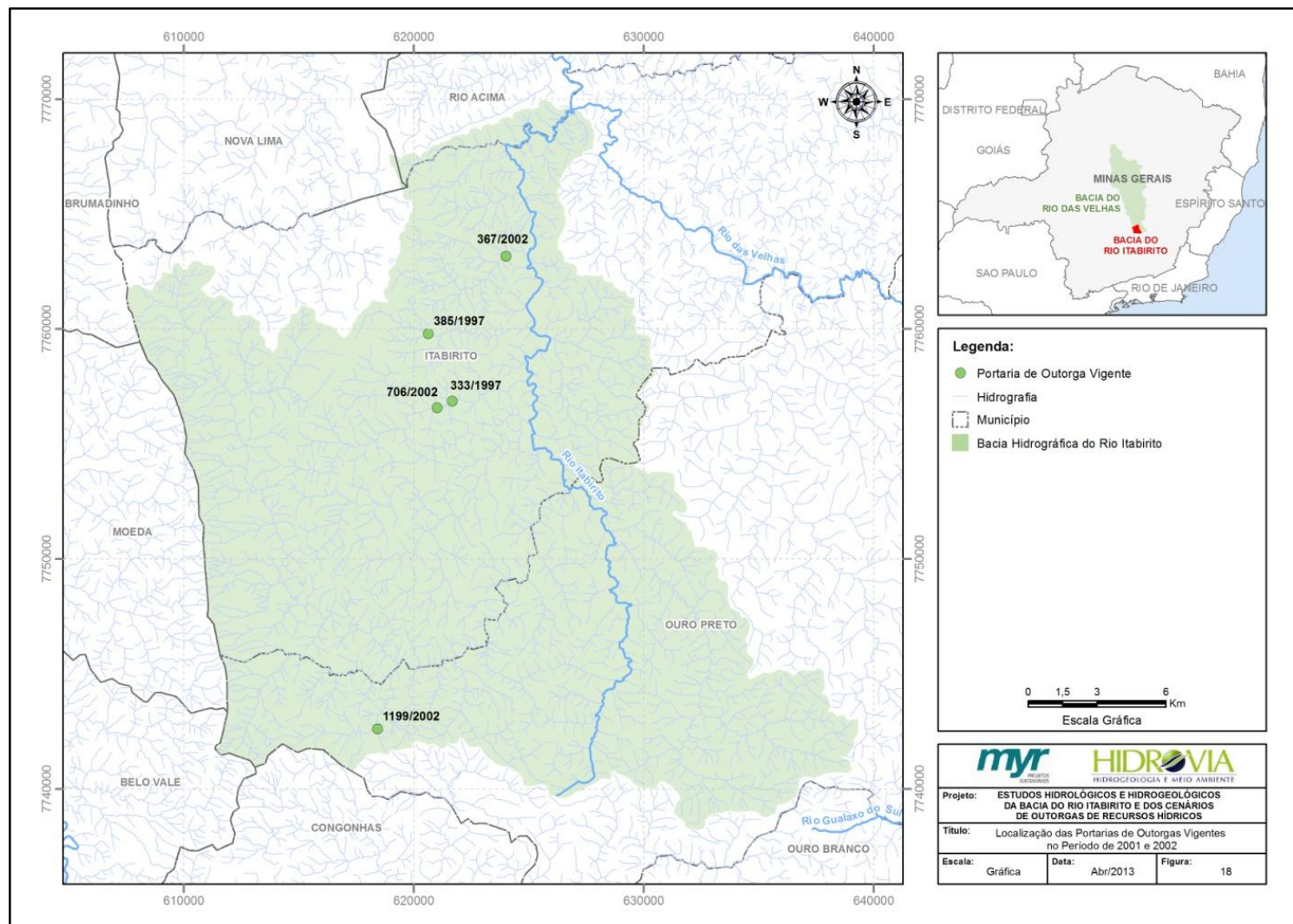


FIGURA 31. LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO LEGAL DAS OUTORGAS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO ITABIRITO, NO PERÍODO DE 2001 E 2002,
FONTE: POTAMOS, 2013,

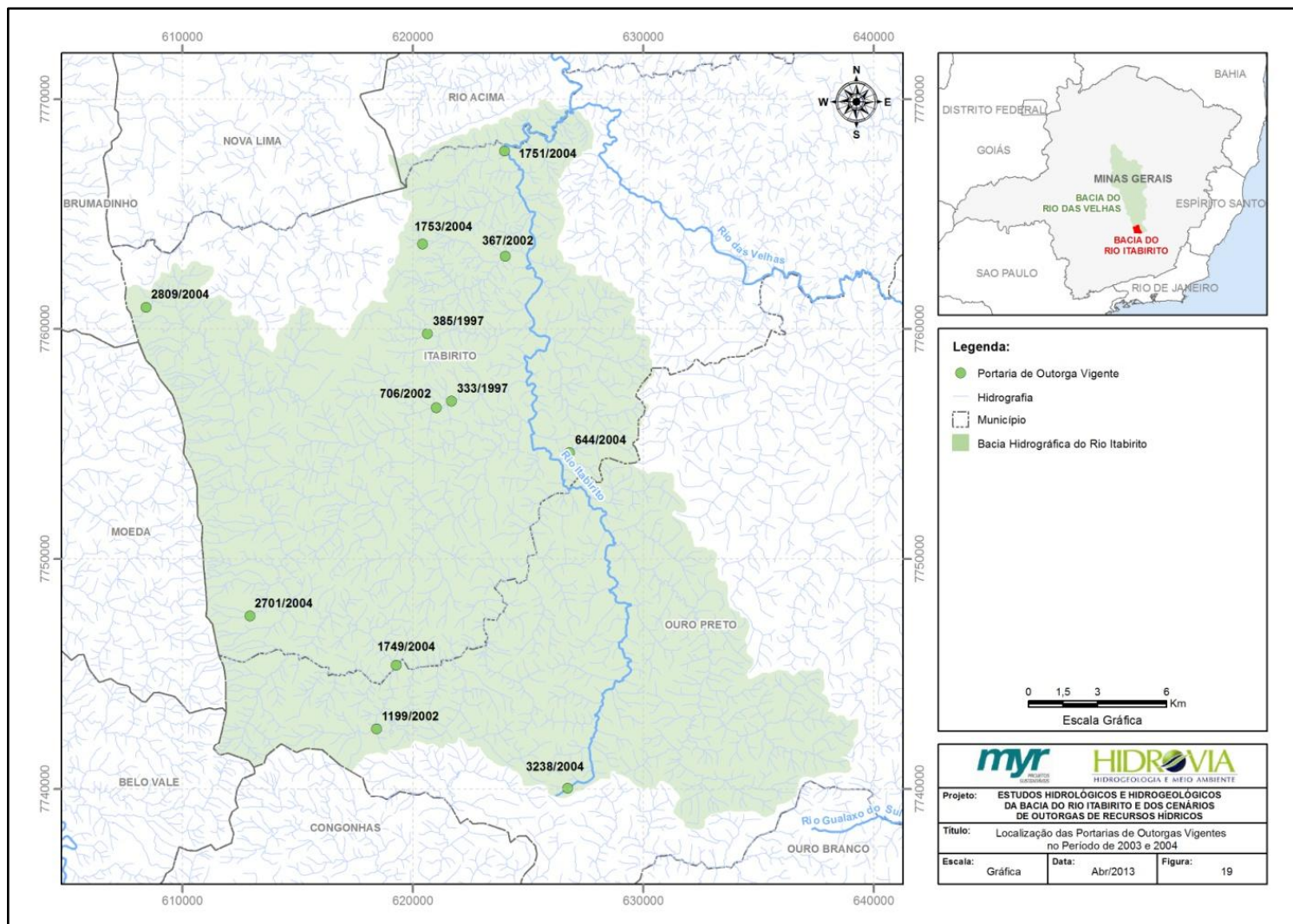


FIGURA 32. LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO LEGAL DAS OUTORGAS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO ITABIRITO, NO PERÍODO DE 2003 E 2004.

FONTE: POTAMOS, 2013.

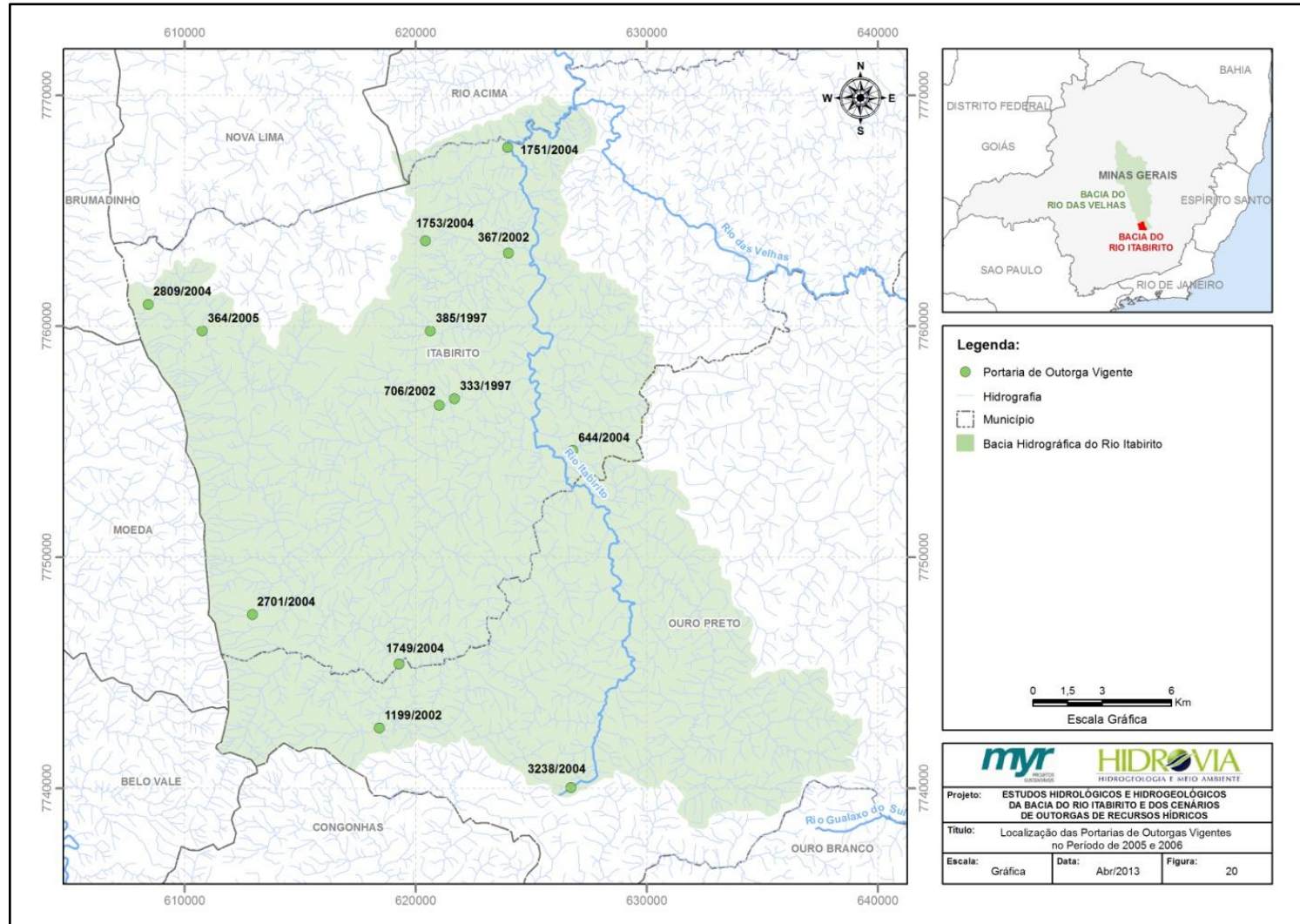


FIGURA 33. LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO LEGAL DAS OUTORGAS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO ITABIRITO, NO PERÍODO DE 2005 E 2006.

FONTE: POTAMOS, 2013.

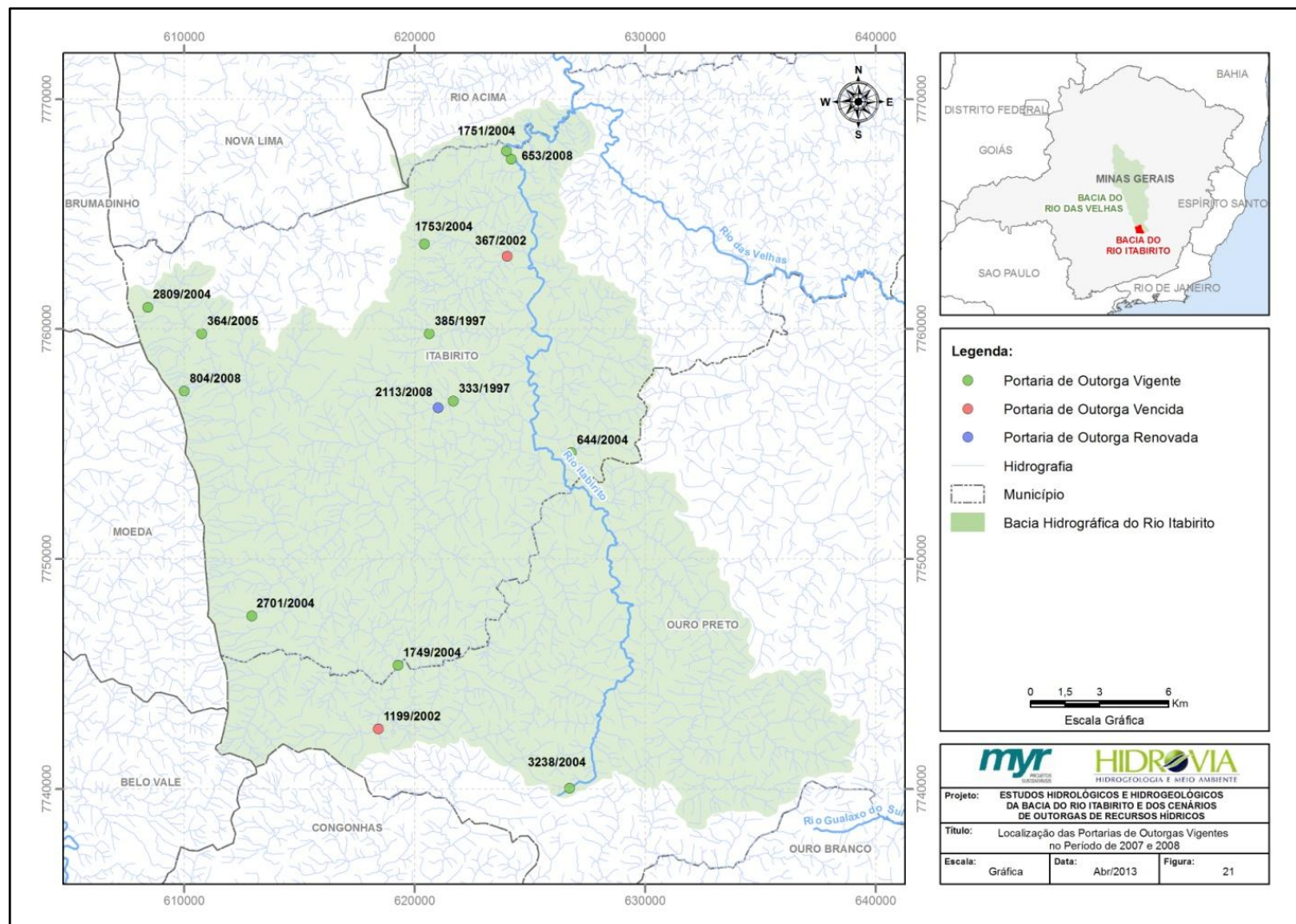


FIGURA 34. LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO LEGAL DAS OUTORGAS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO ITABIRITO, NO PERÍODO DE 2007 E 2008.

FONTE: POTAMOS, 2013.

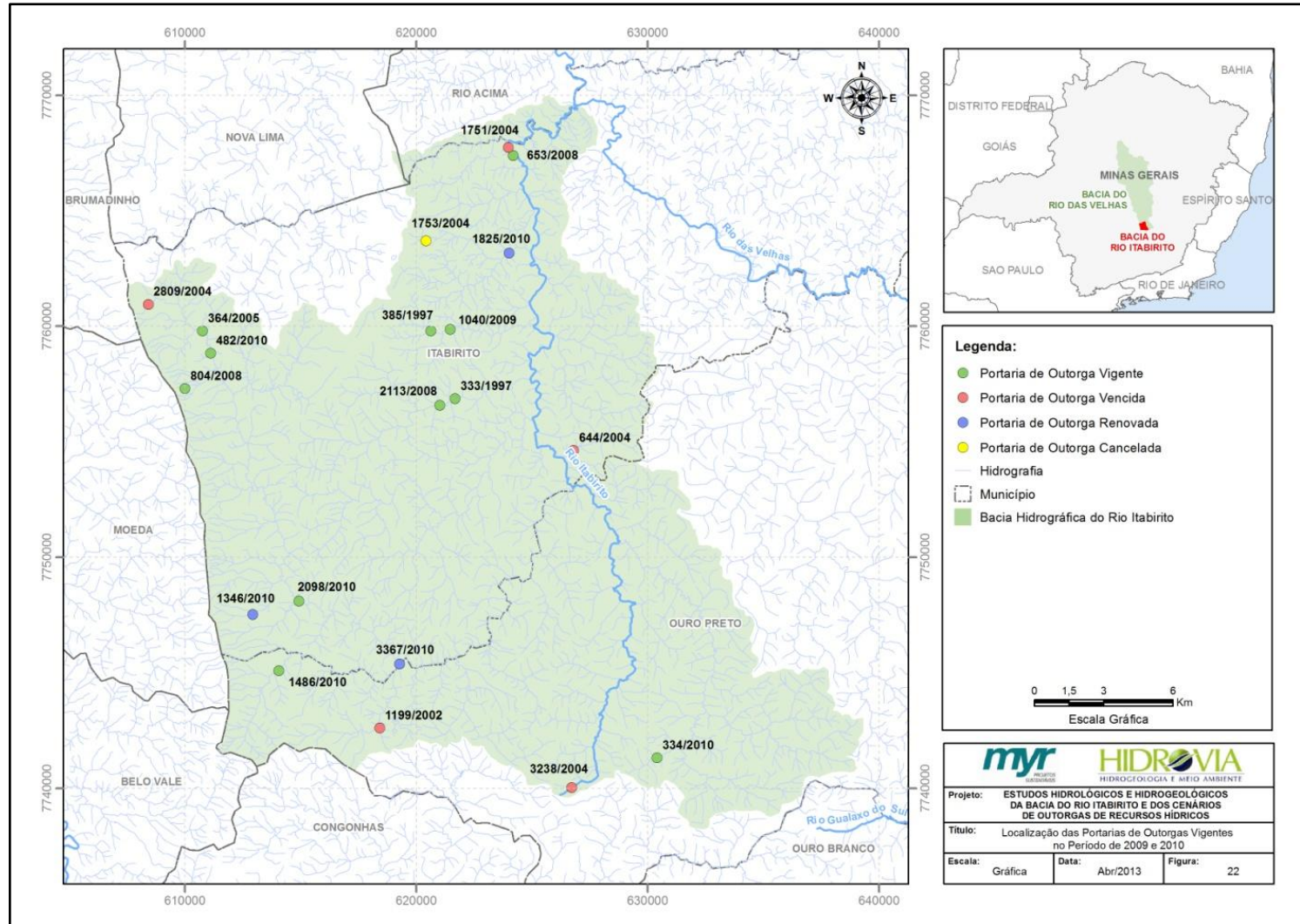


FIGURA 35. LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO LEGAL DAS OUTORGAS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO ITABIRITO, NO PERÍODO DE 2009 E 2010.

FONTE: POTAMOS, 2013.

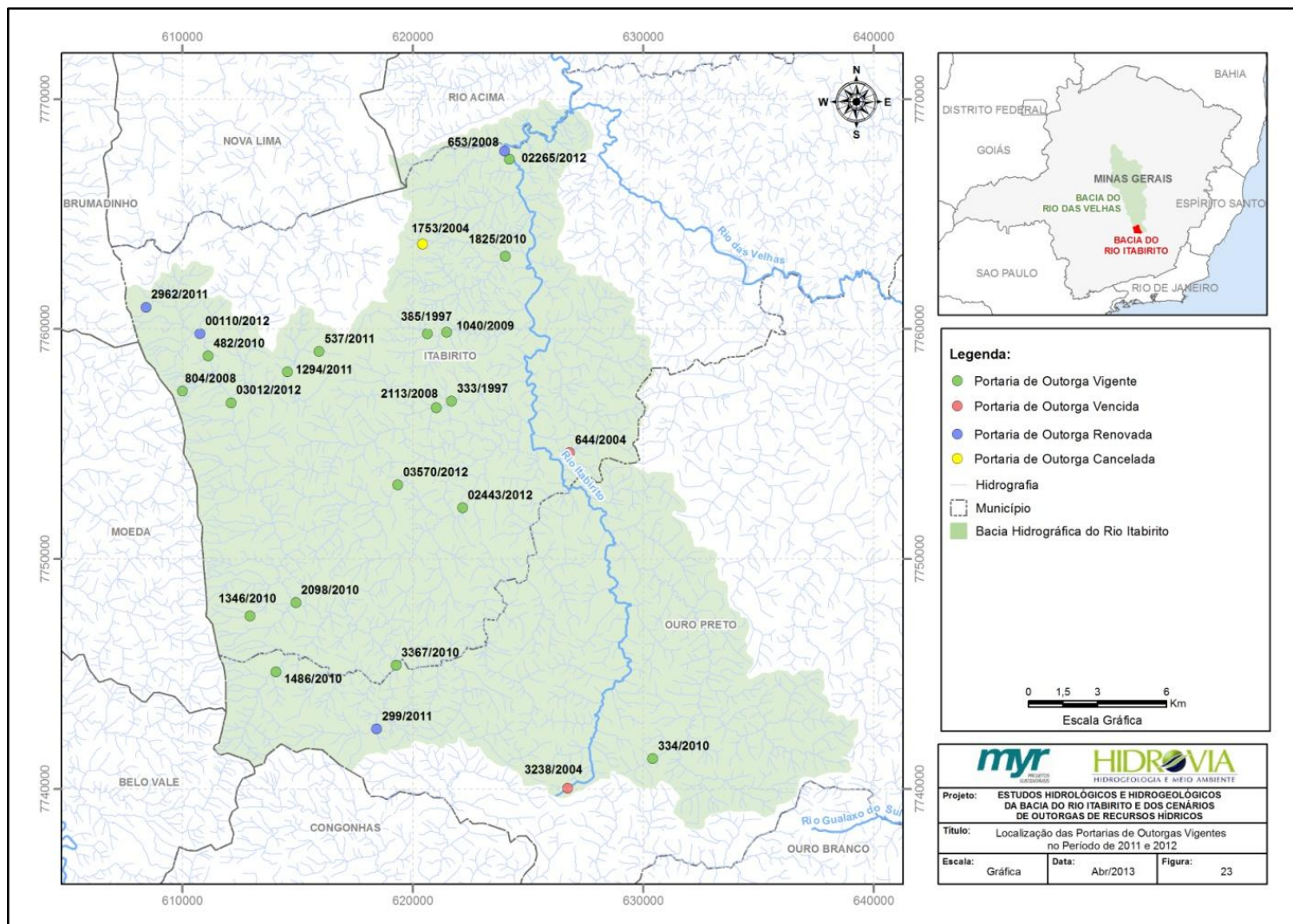


FIGURA 36. LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO LEGAL DAS OUTORGAS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO ITABIRITO, NO PERÍODO DE 2011 E 2012.

FONTE: POTAMOS, 2013.

TABELA 10.10. EVOLUÇÃO DAS OUTORGAS DE USO DE ÁGUA SUPERFICIAL PARA A BACIA DO RIO ITABIRITO E OS VOLUMES TOTAIS ANUAIS ASSOCIADOS.

Anterior a 2000			2001 - 2002			2003 - 2004			2005 - 2006			2007 - 2008			2009 - 2010			2011 - 2012			
Portaria	Processo	Vazão outorgada (m³/s)	Portaria	Processo	Vazão outorgada (m³/s)	Portaria	Processo	Vazão outorgada (m³/s)	Portaria	Processo	Vazão outorgada (m³/s)	Portaria	Processo	Vazão outorgada (m³/s)	Portaria	Processo	Vazão outorgada (m³/s)	Portaria	Processo	Vazão outorgada (m³/s)	
333/1997	12243/1997	0,123	333/1997	12243/1997	0,123	333/1997	12243/1997	0,123	333/1997	12243/1997	0,123	333/1997	12243/1997	0,123	333/1997	12243/1997	0,123	333/1997	12243/1997	0,123	
385/1997	467/1997	0,047	385/1997	467/1997	0,047	385/1997	467/1997	0,047	385/1997	467/1997	0,047	385/1997	467/1997	0,047	385/1997	467/1997	0,047	385/1997	467/1997	0,047	
VOLUME (x10³ m³)		5288	367/2002	1340/2001	0,020	367/2002	1340/2001	0,020	367/2002	1340/2001	0,020	367/2002	1340/2001	0,020	1825/2010	400/2007	0,020	1825/2010	400/2007	0,020	
			706/2002	404/2002	0,001	706/2002	404/2002	0,001	706/2002	404/2002	0,001	2113/2008	5181/2007	0,001	2113/2008	5181/2007	0,001	2113/2008	5181/2007	0,001	
			1199/2002	1040/2002		1199/2002	1040/2002		1199/2002	1040/2002		1199/2002	1040/2002		1199/2002	1040/2002		299/2011	7137/2009	0,050	
			VOLUME (x10³ m³)		5941	644/2004	3888/2003	0,0003	644/2004	3888/2003	0,0003	644/2004	3888/2003	0,0003	644/2004	3888/2003	0,0003				
						1749/2004	549/2002	0,167	1749/2004	549/2002	0,167	1749/2004	549/2002	0,167	3367/2010	7137/2009	0,167	3367/2010	7137/2009	0,167	
						1751/2004	1351/2002	0,168	1751/2004	1351/2002	0,168	1751/2004	1351/2002	0,168	1751/2004	1351/2002	0,168	02265/2012	7091/2009	0,302	
						1753/2004	1594/2002	0,004	1753/2004	1594/2002	0,004	1753/2004	1594/2002	0,004	Cancelada			Cancelada			
						2701/2004	1091/2004	0,021	2701/2004	1091/2004	0,021	2701/2004	1091/2004	0,021	1346/2010	12617/2009	0,021	1346/2010	12617/2009	0,021	
						2809/2004	1401/2004	0,002	2809/2004	1401/2004	0,002	2809/2004	1401/2004	0,002	2809/2004	1401/2004	0,002	2962/2011	9490/2009	0,002	
						3238/2004	1786/2004	0,0009	3238/2004	1786/2004	0,0009	3238/2004	1786/2004	0,0009	3238/2004	1786/2004	0,0009				
			VOLUME (x10³ m³)		17238	364/2005	230/2005	0,014	364/2005	230/2005	0,014	364/2005	230/2005	0,014	364/2005	230/2005	0,014	00110/2012	14932/2009	0,014	
						VOLUME (x10³ m³)		17673	653/2008	1046/2007	0,000	653/2008	1046/2007	0,000	653/2008	1046/2007	0,000	653/2008	1046/2007	0,000	
									804/2008	4438/2007	0,000	804/2008	4438/2007	0,000	804/2008	4438/2007	0,000	804/2008	4438/2007	0,000	
						VOLUME (x10³ m³)		17673	VOLUME (x10³ m³)			17673	1040/2009	11953/2008	0,003	1040/2009	11953/2008	0,003	1040/2009	11953/2008	0,003
															334/2010	10196/2008	0,006	334/2010	10196/2008	0,006	
															482/2010	8212/2007	0,007	482/2010	8212/2007	0,007	
															1486/2010	6361/2009	0,004	1486/2010	6361/2009	0,004	
															2098/2010	3479/2010	0,007	2098/2010	3479/2010	0,007	
						VOLUME (x10³ m³)		18367	VOLUME (x10³ m³)			18367	537/2011	3495/2010	0,001	537/2011	3495/2010	0,001	537/2011	3495/2010	0,001
															1294/2011	16470/2010	0,012	1294/2011	16470/2010	0,012	
															02443/2012	6475/2010	0,006	02443/2012	6475/2010	0,006	
															03012/2012	2447/2012	0,110	03012/2012	2447/2012	0,110	
															03570/2012	15378/2010	0,040	03570/2012	15378/2010	0,040	
			VOLUME (x10³ m³)		29309	VOLUME (x10³ m³)		29309	VOLUME (x10³ m³)			29309	VOLUME (x10³ m³)			29309	VOLUME (x10³ m³)			29309	

10.2.2 Disponibilidades Hídricas Superficiais

A avaliação da disponibilidade hídrica superficial da bacia do rio Itabirito foi calculada considerando-se a modalidade de extração de água por captações a fio d'água.

Sendo assim, foram definidas as ofertas hídricas superficiais legais nas sub-bacias de interesse, e levantadas as respectivas outorgas dos usos consuntivos existentes nas mesmas. Dessa forma, foi possível obter o balanço hídrico correspondente às disponibilidades hídricas associadas aos recursos hídricos superficiais nas seções em estudo.

Para captações a fio d'água, a disponibilidade é calculada pela equação:

$$Q_{\text{disponível}} = 0,30 \cdot Q_{7,10} - \sum Q_{\text{captada, fio d'água}},$$

sendo essa última parcela definida pelo somatório de todas as captações a fio d'água na bacia considerada, mais os valores equivalentes a 30% da $Q_{7,10}$ nos locais onde eventualmente existam barragens de regularização, correspondentes ao limite máximo passível de ser captado, caso não houvesse propriamente a regularização.

É importante ressaltar que, no âmbito do diagnóstico da disponibilidade hídrica superficial, considerou-se a hipótese conservadora de que a demanda corresponde a 100% dos totais captados, ou seja, que não há retorno da água extraída das bacias, que se dá geralmente sob a forma de esgotos domésticos e industriais e da água de irrigação infiltrada e não absorvida pelas plantações.

Os estudos de diagnóstico da disponibilidade hídrica superficial foram finalizados com o cálculo do IUD, ou Índice de Utilização da Disponibilidade, que corresponde à razão entre a demanda e a oferta legal, e da relação Disponibilidade/Usos, a qual indica quantas vezes a disponibilidade supera a demanda atual. Ambos os parâmetros foram obtidos em termos da oferta hídrica para captações a fio d'água, considerando a vazão mínima de referência regionalizada previamente para as

seções de interesse. As seções fluviais consideradas foram todas aquelas de interesse hidrológico, correspondentes às sub-bacias ribeirão Mata Porcos, córrego do Bração, córrego Carioca e ribeirão Sardinha. Da mesma forma, os indicadores foram calculados para a bacia do rio Itabirito como um todo para demonstrar a situação geral de disponibilidade da bacia.

Para as captações a fio d'água, o IUD foi calculado pela seguinte equação:

$$IUD = \frac{\text{demanda}}{\text{oferta}} = \frac{\sum Q_{\text{captada, fio d'água}}}{0,30 \cdot Q_{7,10}},$$

sendo o numerador, como já destacado, definido pelo somatório de todas as captações a fio d'água na bacia considerada, mais os valores correspondentes a 30% da $Q_{7,10}$ nos locais de barragens de regularização, que equivalem ao limite máximo passível de ser captado caso não houvesse a regularização.

Já a relação Disponibilidade/Usos foi obtida por meio da seguinte equação:

$$\frac{\text{Disponibilidade}}{\text{Usos}} = \frac{0,30 \cdot Q_{7,10} - \sum Q_{\text{captada, fio d'água}}}{\sum Q_{\text{captada, fio d'água}}},$$

tendo sido aplicada a mesma regra de cálculo usada para o IUD no que concerne à parcela $\sum Q_{\text{captada, fio d'água}}$.

Quanto à classificação das sub-bacias em relação ao IUD, adotou-se a seguinte escala:

- $IUD \leq 0,25$: taxa de uso insignificante;
- $0,25 < IUD \leq 0,50$: taxa de baixa utilização;
- $0,50 < IUD \leq 0,75$: taxa de moderada utilização;
- $IUD > 0,75$: utilização crítica.

Por sua vez, valores menores do que 1,00 na relação Disponibilidade/Usos representam que a demanda atual supera a disponibilidade hídrica superficial, ou seja, que resta pouco da oferta hídrica legal a ser explorada na modalidade considerada. Valores maiores do que a unidade mostram a situação na qual a disponibilidade ultrapassa a demanda atual. Quando essa relação é negativa, considera-se que os usos existentes na bacia são maiores do que a oferta legal.

Na Tabela 10.11 são sintetizados as variáveis utilizadas no cômputo da disponibilidade, e os resultados obtidos para os indicadores associados.

TABELA 10.11. DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL NAS SUB-BACIAS DE INTERESSE DO RIO ITABIRITO E OS RESPECTIVOS RESULTADOS DOS INDICADORES NA MODALIDADE DE CAPTAÇÃO A FIO D'ÁGUA.

Bacia Hidrográfica	Seção Referênci a	Área de Dren. (km ²)	Q _{min} de Referência (m ³ /h)	30% Q _{7,10} (m ³ /h)	Usos Existentes (m ³ /h)	Disp. hídrica (m ³ /h)	IUD	Relação Disponibilid ade-Usos
Rio Itabirito	Ribeirão Mata Porcos	190	6516	1955	1314	641	0,59	0,49
	Córrego do Bração	33	1116	335	446	-112	1,33	-0,25
	Córrego Carioca	58	1980	594	0,00	594	0,00	-
	Ribeirão Sardinha	121	4140	1242	18,1	1224	0,01	67,45
	Rio Itabirito	521	17856	5357	3119	2238	0,58	0,72

O IUD aponta utilização em nível crítico na sub-bacia do córrego do Bração, para captação a fio d'água, apresentando valor superior a 1,00, ou seja, os usos existentes ultrapassam as ofertas legais. Tal evidência é corroborada com o resultado obtido para a relação Disponibilidade/Usos, que se mostra negativo. Deve ser destacada a presença de uma captação para abastecimento público, relativamente expressiva, considerando a disponibilidade da bacia, mas que, no entanto, configura uso prioritário.

Na sub-bacia do ribeirão Mata Porcos, a situação apresenta-se moderada, enquanto as demais sub-bacias refletem taxas de uso pouco expressivas, atingindo o valor nulo na sub-bacia do córrego Carioca, onde não foi identificado nenhum uso consuntivo para água superficial, o que conduziu a uma taxa de uso insignificante. A

mesma tendência foi observada para a sub-bacia do ribeirão Sardinha, para a qual os indicadores apontam taxa de utilização insignificante ou elevada disponibilidade legal.

Considerando a bacia do rio Itabirito como um todo, o panorama atual de uso da água indica que a demanda é moderada, mas tende ao limite da oferta legal, situação refletida pela Relação Disponibilidade-Usos equivalente a 0,72.

A Figura 37 mostra o panorama referente aos resultados para o Índice de Uso da Disponibilidade (IUD) para a bacia do rio Itabirito e suas respectivas sub-bacias, considerando a modalidade de captação a fio d'água.

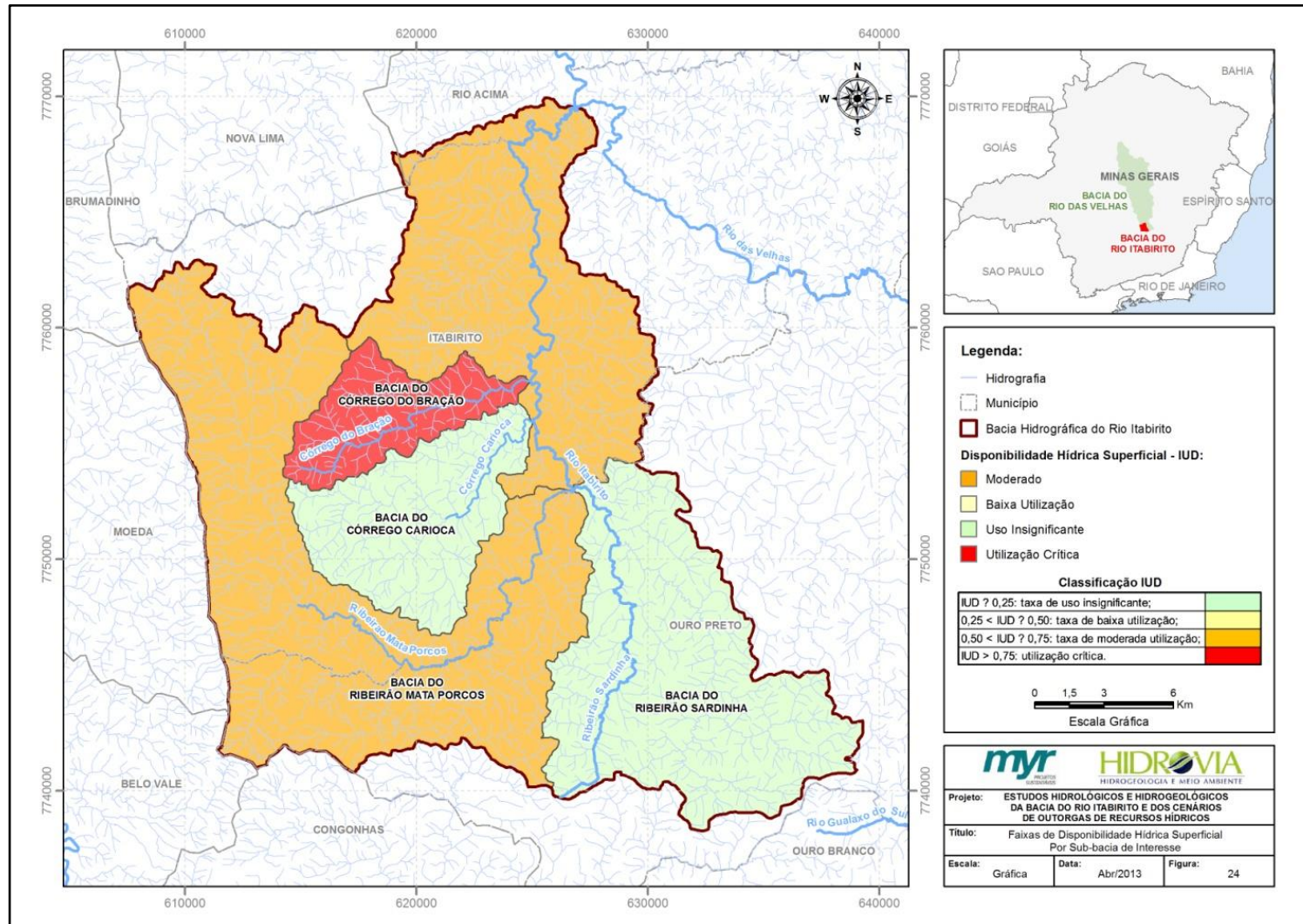


FIGURA 37. PANORAMA DO IUD PARA A DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL NA BACIA DO RIO ITABIRITO PARA CAPTAÇÃO A FIO D'ÁGUA

FONTE: POTAMOS, 2013.

11 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo se pautou na análise de disponibilidade hídrica superficial da bacia do rio Itabirito e suas respectivas sub-bacias: ribeirão Mata Porcos, córrego do Bração, córrego Carioca e ribeirão Sardinha. Para tal, foram selecionadas estações fluviométricas que se apresentaram representativas para prover dados que favorecessem os procedimentos de transferência de vazões para as seções de interesse. Obtendo-se, assim, as ofertas hídricas legais, baseadas nas vazões mínimas de referência ($Q_{7,10}$) calculadas por regionalização, procedeu-se ao levantamento dos usos múltiplos da bacia, a partir de banco de dados oficial do órgão gestor de recursos hídricos. A disponibilidade hídrica foi obtida, então, considerando-se o balanço entre oferta e demandas, estas referentes aos usos efetivamente consuntivos. Complementarmente, foram confeccionados indicadores de disponibilidade hídrica, os quais permitem, de forma visual e didática, espacializar as distintas condições de uso nas bacias de interesse.

Verificou-se em caráter geral que a bacia do rio Itabirito, considerada como um todo apresenta utilização moderada dos recursos hídricos superficiais, levando-se em conta os usos consuntivos outorgados. Para as sub-bacias, com exceção da sub-bacia do córrego Bração, cujos indicadores apontam uso crítico da água, as demais apontam classificações que apontam taxas insignificantes de uso (córrego Carioca e ribeirão Sardinha) e moderadas taxas de utilização (ribeirão Mata-Porcos). De qualquer forma, vale destacar que as sub-bacias do córrego Carioca e ribeirão Sardinha, segundo diagnóstico apresentado no Produto 2, notadamente apresentam grande parte de suas áreas com vocação para uso agropecuário. Tal fato poderia indicar a existência de potenciais e relevantes usos insignificantes de águas superficiais ou captação de águas subterrâneas para o atendimento às demandas de tais atividades, situação que deve ser mais bem investigada.

O estudo da disponibilidade hídrica subterrânea para a bacia do rio Itabirito demonstrou que a relação entre demandas atuais e disponibilidade ainda não apresenta conflitos de usos. O estudo de baseou em dados regionais de medições

fluviométricas e na obtenção de vazões específicas para a bacia. As unidades hidrogeológicas presentes conferem ao escoamento subterrâneo uma parcela dessa vazão específica, relacionada diretamente com as variáveis de porosidade efetiva das unidades e a sua distribuição em área da bacia. A partir de dados de pluviometria média da bacia e das vazões mínimas médias mensais do rio Itabirito, determinou-se a vazão específica de cada unidade hidrogeológica, suas respectivas recargas, e os volumes disponíveis em água subterrânea nos aquíferos presentes.

Foram levantados todos os dados disponíveis a consulta aberta sobre captações de águas subterrâneas na bacia do rio Itabirito, e foram consistidas as informações de forma a evitar dados duplicados. Assim, levantou-se 124 pontos de captação na bacia. As disponibilidades hídricas foram comparadas em três cenários, considerando possíveis influências de poços tubulares de grande vazão próximos ao limite hidrográfico da bacia do rio Itabirito. Como resultado, observou-se que as disponibilidades hídricas subterrâneas foram positivas nos cenários considerados.

Deve-se, porém, manter esse estudo com ressalvas, pois apesar dos estudos de disponibilidade hídrica subterrânea utilizar dados de vazões específicas de cada aquífero a partir do cálculo do escoamento de base da seção fluvial a jusante, fatores locais como pluviometria, geometria e confinamento do aquífero podem influenciar nas disponibilidades aquíferas localmente.

Como recomendações aos estudos hidrogeológicos, sugere-se um estudo sistemático das geometrias aquíferas, considerando taxas de recarga e espessuras saturadas nos pontos em que os aquíferos apresentem maiores explorações e/ou contribuições para a drenagem superficial.

Outra recomendação de mesma importância é o monitoramento contínuo das vazões de seções fluviométricas ao longo dos trechos de drenagem das sub-bacias, no intuito de determinar as vazões locais e correlacionar os fatores locais aos resultados de disponibilidade aquífera. No âmbito das captações, os dados de vazões grandes (por exemplo, acima de 50 m³/h) por empreendimentos instalados na bacia deverão ser monitorados sistematicamente e os dados repassados ao

Comitê de Bacias para mensuração das vazões praticadas, assim como a vazão dessas águas quando não utilizadas. Esse valor é indicado, podendo ser orientado um valor diferente.

Por último, reforça-se a importância do cadastramento anual de usuários de águas subterrâneas na bacia do rio Itabirito, junto às comunidades existentes, e também junto aos perfuradores de poços que atuam na região, de forma a se obter dados de vazões, perfis litológicos, teste de bombeamento, entre outros.

12 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALKMIM. F. F. & MARSHAK. S. Transamazonian orogeny in the Southern São Francisco Craton region. Minas Gerais. Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*. Amsterdam. n.90. p.29-58. 1998.
- ANA – Agência Nacional de Águas. Sistema de Informações Hidrológicas - Séries Históricas. HIDROWEB. Disponível em: www.hidroweb.ana.gov.br. Acessado em março de 2013.
- BEATO. D. A. C.; MONSORES. A. L. M.; BERTACHINI. A. C. Hidrogeologia. *In: Projeto APA Sul RMBH. Estudos do Meio Físico: área de proteção ambiental da região metropolitana de Belo Horizonte*. Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG. 2005.v.9. Parte A.
- CAMARGOS. LUÍZA DE MARILLAC MOREIRA. Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio das Velhas: resumo executivo dezembro 2004/ Luíza de Marillac Moreira Camargos (coord.). - Belo Horizonte : Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. 2005. 226p.
- CARNEIRO. M. A. O complexo metamórfico Bonfim setentrional (Quadrilátero Ferrífero). Minas Gerais: litoestratigrafia e evolução geológica de um segmento de crosta continental do Arqueano. 1992. 233 p. Tese. (Doutorado) – Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 1992.
- CHAVES. H. M. L.; ROSA. J. W. C; VADAS. R. G; OLIVEIRA. R. V. T. Regionalização de vazões mínimas em bacias através de interpolação em sistemas de informação geográfica. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 7(3). pp. 43-51. 2002.
- CHOW. V. T.; MAIDMENT. D. R.; MAYS. L. W. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill International Editions. 1988.
- CODEMIG. Mapa Geológico Itabirito. Folha: SF.23-X-A-III-1. Escala 1: 50.000. Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG 2005.

- DORR. J. V. N. GAIR. J. E.; POMERENE. J.B.; REYNEARSON. G. A. Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero. Rio de Janeiro. DNPM. 1957. p. 7-58. (DFPM. Avulso. 81). Trad. A. L. M. Barbosa.
- DORR. J. V. N.; HERZ. N.; BARBOSA. A. L. M.; SIMMONS. G. C. Esboço geológico do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais. Brasil. Rio de Janeiro. DNPM. 1959. 120p. (DFPM. Publicação Especial. 1).
- DORR. J. V. N. Physiographic. stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero. Minas Gerais. Brazil. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1969. 110p. (Professional Paper. 641A).
- ENDO. I. & NALINI Jr.. H. A. Geometria e cinemática das estruturas extensionais e compressionais na borda oeste do sinclinal Moeda. QF. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS. 6. 1992. Revista da Escola de Minas. v.45. n..1/2. p.15-17. 1992.
- FETTER. C. W..Applied Hydrogeology. 3ª ed. Oshokosh: University of Winsconsin. 1994. 389p.
- FEITOSA. F. A. C.; FILHO. J. M. 1998. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 2ed. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 1998. 391p.
- FREEZE. R. A. & CHERRY. J. A. 1979.Groundwater. Prentice Hall. Inc. Engewood Cliffs.
- GUIANET. Mapa Climático do Brasil. Disponível em:www.guanet.com.br.
- HIDROSISTEMAS/COPASA. Deflúvios Superficiais do Estado de Minas Gerais. 1993.
- HIPPERTT. J. F.; BORBA. R. D.; NALINI Jr.. H. A. 1992.O contato formação Moeda – complexo Bonfim: uma zona de cisalhamento normal na borda oeste do Quadrilátero Ferrífero. MG. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS. 6. 1992. Ouro Preto. Revista da Escola de Minas. v.45. n.1/2. p.32-34. 1992.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas. Ministério da Agricultura. Brasília-DF. 1986.
- JORDT-EVANGELISTA. H.. ALKMIM. F. F. & MARSHAK. S.. Metamorfismo progressivo e a ocorrência dos 3 polimorfos $Al_2O_3SiO_5$ (cianita. andaluzita e sillimanita) na Formação Sabará em Ibirité. Quadrilátero Ferrífero. MG. Revista da Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. Brazil.45(1/2):157-160. 1993.

- LIMA. A.A e NAGHETTINI. M.C. ALEA - Análise de Freqüência Local de Eventos Anuais. Disponível em: www.ehr.ufmg.br/downloads.php.
- MARSHAK. S.. & ALKMIM. F. F. Proterozoic contraction/extension tectonics of the southern São Francisco region. Minas Gerais. Brazil. Tectonics. v. 8. n. 3. p.555-571. 1989.
- MAXWELL C. H. Geology and Ore Deposits of the Alegria District. MG. Brazil.DNPM/USGS. Washington. Prof. Paper 341-J. p. 72. Mapas e perfis geológicos. 1972.
- MOURÃO. M. A. A. Caracterização Hidrogeológica do Aquífero Cauê. Quadrilátero Ferrífero. MG. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. 2007. 297 p.
- NAGHETTINI. M.. PINTO. E J. A. Hidrologia Estatística. Belo Horizonte: CPRM. 2007. 561 p.
- NIMER. E..Climatologia do Brasil. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro-RJ. 1979.
- NOCE. C. M. Geocronologia dos eventos magmáticos. sedimentares e metamórficos da região do Quadrilátero Ferrífero. Minas Gerais. 1995. Tese. (Doutorado) – Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo/USP. 1995.
- PINHEIRO. M.C. Diretrizes para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamentos hidráulicos em obras de mineração. ABRH. 2011.
- POMERENE. J. B. Geology and ore deposits of the Belo Horizonte. Ibirité and Macacos Quadrangles. Minas Gerais. Brazil.: U. S. Geol. Survey Prof. Paper 341D. 1964. 83p.
- POMERENE. J. B.. The Taboões Quartzite. Boletim da Soc. Brasileira Geologia. São Paulo. v.7. n. 2. p. 66-7. 1958b.
- POMERENE. J. B. The Barreiro Formation. Boletim da Soc. Brasileira Geologia. São Paulo.v.7. n. 2. p. 67-8. 1958c.
- PONCE. V. M.. Engineering Hydrology – Principles and Practices. Prentice Hall. 1994.
- REBOUÇAS. A. C. Sistema Aquífero Botucatu no Brasil. *In*: CONG. BRAS. de AGUAS SUBTERRÂNEAS. 8. Recife. 1984. Anais... Recife. ABAS/DNPM/CPRM. 1994. p. 500-509.

- REBOUÇAS. A. C. Gestão Sustentável dos Grandes Aquíferos. Rev. Águas Subterrâneas, São Paulo, Brasil: 1994. p.131-138.
- ROMANO. A. W. Évolution tectonique de la région nord-ouest du Quadrilatère Ferrifère - Minas Gerais - Brésil (Géochronologie du socle - Aspects géochimiques et pétrographiques des Supergroupes Rio das Velhas e Minas). (Tese de doutorado. Univ. Nancy I). 1989. 259 p.
- SALAS. J. P.. DELLEUER. V. YEVJEVICH. V. L. Applied modeling of hydrologic time series. 4^o Ed. Littleton. Colorado: Water Resources Publications. 1997. 484 p.
- SILVA. R. G. Análise Estrutural e Modelagem Tectônica da Região Centro-Sul do Sinclinal da Moeda. Quadrilátero Ferrífero. Minas Gerais. 1999. Dissertação de Mestrado. UFOP. 1999. 154 p.
- SILVA. S. L.; MONTEIRO. E. A.; BALTAZAR. O. F. Geologia. *In*: Projeto APA Sul RMBH. Estudos do Meio Físico: área de proteção ambiental da região metropolitana de Belo Horizonte. Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG. 2005. v.1.
- SOUZA. S. M. T. Disponibilidades hídricas subterrâneas no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: HIDROSISTEMAS/COPASA. 1995. 525p.
- TUCCI. C. E. M. (org.) Hidrologia: Conceitos e Aplicação. 1^o Ed. Porto Alegre. RS: Ed. Da Universidade. 1997. 952 p.
- TUCCI. C. E. M. Regionalização de Vazões. Coleção ABRH de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Editora da Universidade. Porto Alegre-RS. 2002.
- VIEL. R. S.. MOREIRA. P.C.H. & ALKMIM. F. F. Faciologia da Formação Cauê e Gênese do Minério Friável da Mina de Águas Claras. Serra do Curral. Minas Gerais. Simpósio sobre Sistemas Depositionais no Pré - Cambriano Brasileiro. SBG. Ouro Preto. Proceedings.... p. 137 – 153. 1987.
- ZUCCHETTI. M.; & BALTAZAR. O. F. Projeto Rio das Velhas: texto explicativo do mapa geológico integrado. escala 1:100.000. 2ed. Belo Horizonte. Brazil: DNPM/CPRM. 1998. 121 p.