

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA BACIA DO RIO FARTURA:
ABRANGENDO OS MUNICÍPIOS DE SÃO JOSÉ DO RIO PARDO-SP, SÃO
SEBASTIÃO DA GRAMA-SP, VARGEM GRANDE DO SUL-SP E ÁGUAS DA
PRATA-SP, NA ESCALA 1:50.000.**

VOLUME I

CÁSSIA DE ÁVILA RIBEIRO JUNQUEIRA FALEIROS

São Carlos

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA BACIA DO RIO FARTURA:
ABRANGENDO OS MUNICÍPIOS DE SÃO JOSÉ DO RIO PARDO-SP, SÃO
SEBASTIÃO DA GRAMA-SP, VARGEM GRANDE DO SUL-SP E ÁGUAS DA
PRATA-SP, NA ESCALA 1:50.000.**

VOLUME I

CÁSSIA DE ÁVILA RIBEIRO JUNQUEIRA FALEIROS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Reinaldo Lorandi

São Carlos

2012

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

'F187zg

Faleiros, Cássia de Ávila Ribeiro Junqueira.

Zoneamento geoambiental da bacia do rio Fartura : abrangendo os municípios de São José do Rio Pardo-SP, São Sebastião da Gramma-SP, Vargem Grande do Sul-SP e Águas da Prata-SP, na escala 1:50.000 / Cássia de Ávila Ribeiro Junqueira Faleiros. -- São Carlos : UFSCar, 2012. 194 f. - (2 v.).

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

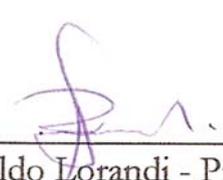
1. Planejamento físico-ambiental. 2. Zoneamento ambiental. 3. Bacias hidrográficas. 4. Sistemas de informação geográfica. I. Título.

CDD: 711.42 (20^a)

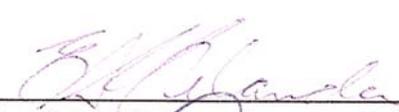
FOLHA DE APROVAÇÃO

CÁSSIA DE ÁVILA RIBEIRO JUNQUEIRA FALEIROS

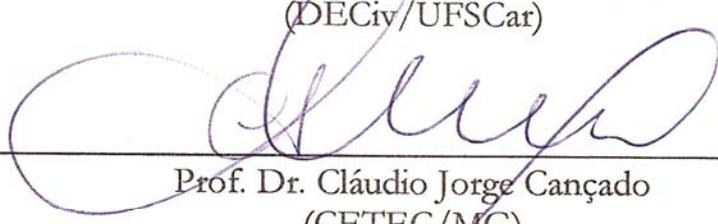
Tese defendida e aprovada em 23/03/2012
pela Comissão Julgadora



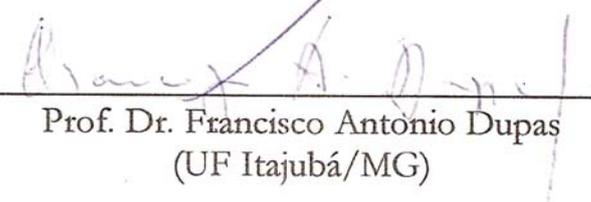
Prof. Dr. Reinaldo Lorandi - Presidente
Orientador (DECiv/UFSCar)



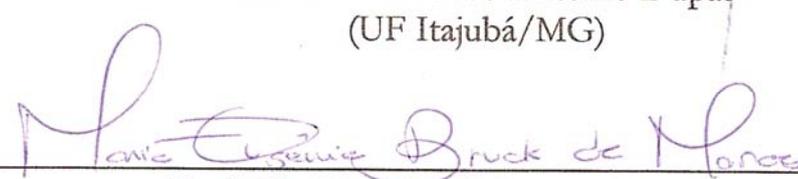
Prof. Dr. Edson Augusto Melanda
(DECiv/UFSCar)



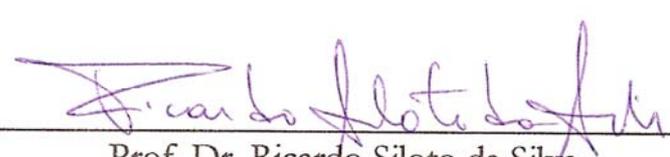
Prof. Dr. Cláudio Jorge Cançado
(CETEC/MG)



Prof. Dr. Francisco Antonio Dupas
(UF Itajubá/MG)



Profª Tit. Maria Eugênia Bruck de Moraes
(UESC/BA)



Prof. Dr. Ricardo Siloto da Silva
Presidente da CPGEU

AGRADECIMENTOS

A Deus por guiar meus caminhos nos momentos mais difíceis.

Ao Professor Reinaldo Lorandi, pelos seus conhecimentos transmitidos, auxílio nas incursões a campo, apoio, confiança e orientação dispensados durante a elaboração deste trabalho.

Aos professores Sérgio Antonio Röhm, José Augusto de Lollo, Maria Eugênia Bruck de Moraes, Edson Augusto Melanda, Cláudio Jorge Cançado e Francisco Antonio Dupas pela disponibilidade e sugestões valiosas.

Ao técnico do laboratório de mecânica dos solos Sidnei Muzetti, pelo auxílio nos ensaios de laboratório e ensinamentos práticos.

À Universidade Federal de São Carlos, pela oportunidade de desenvolver a presente pesquisa.

À CAPES, pela bolsa de estudo fornecida.

Ao meu marido José Herbet, meu maior companheiro, pelos incentivos, confiança e auxílios em todos os processos desta tese. E principalmente na ajuda nos trabalhos de campo e laboratório.

Aos meus pais pelo incentivo aos estudos, além do apoio em todos os momentos difíceis por que passei. Ao meu pai muito obrigada pelos conhecimentos práticos das incursões à campo. À minha mãe muito obrigada por acolher tão bem em casa na chegada do campo com cafezinhos e sempre uma palavra amiga de incentivo, além da grandiosa ajuda nas correções do português.

Aos meus irmãos, Rogério e Thadeu e às minhas cunhadas Michele e Daniela pelo apoio nas dificuldades.

Aos meus padrinhos Carmen, Sérgio, Marisa e Zinha pela força e confiança

À D. Arlete, Vanessa e Andressa pelo incentivo nesta jornada final.

À minha amiga Bruna Felicio pela grande força em todos os momentos desta jornada, fazendo acreditar sempre que tudo ia dar certo.

Aos amigos Flávia e Daniel pelos momentos de confraternização distraindo um pouco a cabeça do doutorado.

E à minha cachorrinha Debby que sempre me olhou com carinho nos momentos de desespero.

RESUMO

ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA BACIA DO RIO FARTURA: ABRANGENDO OS MUNICÍPIOS DE SÃO JOSÉ DO RIO PARDO-SP, SÃO SEBASTIÃO DA GRAMA-SP, VARGEM GRANDE DO SUL-SP E ÁGUAS DA PRATA-SP, NA ESCALA 1:50.000.

O presente trabalho traz subsídios para que se discuta a gestão ambiental a partir dos resultados oriundos da elaboração de um zoneamento geoambiental, observando os preceitos estabelecidos pelo desenvolvimento sustentável e conjugando a procura do desenvolvimento econômico às limitações impostas pelo meio ambiente. Toma-se como área de estudo a bacia hidrográfica do rio Fartura com área de 227 km² que abrange os municípios de São José do Rio Pardo-SP, São Sebastião da Gramma-SP, Vargem Grande do Sul-SP e Águas da Prata-SP. Busca-se estudar uma forma de organizar as atividades que forem surgindo à medida que a população cresce, propiciando uma ocupação harmônica ao meio ambiente envolvido, amparado na legislação e nas diretrizes urbanísticas onde se insere. Nesse contexto, tratou-se a questão do zoneamento geoambiental, utilizando-se das tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Por meio de um conjunto de produtos cartográficos, trabalho de campo e ensaios laboratoriais, apresentou-se um diagnóstico ambiental com informações relevantes ao planejamento ambiental da bacia em questão. No prognóstico foram desenvolvidos cenários de ocupação da bacia nos períodos de 1987, 2000 e 2010 evidenciando a dinâmica da expansão urbana nestas cidades, das atividades econômicas de uso do solo e o modo de preservação da vegetação nativa da região resultando, por fim, em cenários tendenciais da ocupação na bacia hidrográfica do rio Fartura e diretrizes do ordenamento territorial. Como resultado verificou-se que o substrato rochoso da bacia apresentou-se bastante homogêneo com 70% inserido no Complexo Varginha. Ao verificar a textura do solo na bacia percebeu-se que 47% da bacia possui solo arenoso e que 86% da bacia possui acima de 50% de composição de areia em sua textura. Ao constatar a declividade nesta verificou-se que a maioria encontra-se na faixa de 5 a 20%, entretanto 14% da região possui declividade superior a 30%. Este fator combinado à textura encontrada na bacia aponta o grande potencial para o desenvolvimento de processos erosivos. Além disto, o uso inadequado nas APPs, combinado ao tipo de solo arenoso pode levar a processos erosivos e assoreamentos na região; já em locais com solos mais argilosos podem vir a ocorrer alagamentos. Pôde-se averiguar ainda que 35% da área possui ocupação induzida e 24% com ocupação restrita. As demais áreas devem ser ocupadas de maneira controlada mediante condições específicas e que o uso da agricultura deve ser mesclado à pecuária tanto para rotatividade como também pela fertilidade do solo; nas regiões planas podem ser aproveitadas com agricultura mecanizada e técnicas de manejo e conservação do solo devem ser efetuadas. Quanto ao crescimento das cidades, notou-se um aumento gradativo da ocupação urbana (1,19%).

ABSTRACT

GEO-ENVIRONMENTAL ZONING OF FARTURA RIVER BASIN, ENCOMPASSING THE MUNICIPALITIES OF SÃO JOSÉ DO RIO PARDO, SEBASTIÃO DA GRAMA, VARGEM GRANDE DO SUL, AND ÁGUAS DA PRATA, IN SÃO PAULO STATE, BRAZIL, AT 1:50,000 SCALE

Grounded on geo-environmental zoning, this study seeks to contribute to the discussion about environmental management in light of sustainable development, thus bringing together economic development and environmental constraints. The 227km² study area – the Fartura river basin – comprises the municipalities of São José Do Rio Pardo, Sebastião da Grama, Vargem Grande do Sul, and Águas da Prata, in the State of São Paulo, Brazil. The purpose of this study is to propose ways to organize activities as the populations of these municipalities increase, thereby promoting sustainable occupation of the physical environment in accordance with existing urban planning guidelines and legislation. To this end, geo-environmental zoning of this river basin was conducted by means of remote sensing and geo-processing (GIS) technologies. From cartographic documentation and field/lab work results, an environmental diagnosis was produced, including information relevant to environmental planning of the watershed in question. During prognosis, several occupation scenarios for the Fartura river basin were worked out for the 1987, 2000, and 2010 periods. They shed light on the urban expansion dynamics, land use/economic activities, and native vegetation conservation patterns of these municipalities. This prognosis ultimately indicated emerging occupation trends for this river basin and brought about guidelines for land-use planning. Moreover, it was possible to verify that its bedrock is quite homogeneous, 70% of which pertaining to the Varginha Complex. With regard to its soil texture, it was found that 47% of the Fartura river basin soil is sandy and that 86% of the soil composition of the total watershed area is over 50% sand. As to its declivity, it was shown that although 14% of the water basin area displays declivities higher than 30%, most of which falls within the 5%-20% declivity range. This factor, along with its soil texture, suggests a high likelihood of erosion processes happening in this water basin. In addition, inappropriate land use in APPs (Permanent Conservation Areas) can lead to erosion and silting in sections of the watershed area where sandy soil prevails and to flooding where more clayey soils occur. It was also attested that 35% of the area has induced occupation and 24% restricted occupation. The remaining sections should be occupied in a controlled manner under specific conditions and their use should combine farming with cattle-raising, with a view to both land rotation and soil fertility. Level sections of the Fartura river basin area may profit from mechanized farming, to which soil management/conservation techniques must be applied. As to urban occupation, the area under study showed a gradual increase (1.19%).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura de gerenciamento do SIGRH.....	24
Figura 2: Abordagens distintas dos estudos de natureza geoambiental.....	33
Figura 3: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Fartura nas UGRHIs no Estado de São Paulo.....	38
Figura 4: Localização dos municípios inseridos na BHRF.....	39
Figura 5: Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.....	40
Figura 6: Principais Unidades Aquíferas do Estado de São Paulo.....	42
Figura 7: Indicador de potabilidade das águas subterrâneas por aquíferos de 2007 a 2009.....	43
Figura 8: Fluxograma de desenvolvimento do banco de dados geográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Fartura (BHRF) na escala 1:50.000, com atributos do meio físico considerados essenciais e necessários à elaboração do Zoneamento Geoambiental	54
Figura 9: Fluxograma para o desenvolvimento de diretrizes para o ordenamento territorial perante os conflitos da ocupação urbana e a capacidade de suporte do meio ambiente	56
Figura 10: MNT da bacia do rio Fartura.....	59
Figura 11: Regiões Hidrológicas.....	64
Figura 12: Regiões Semelhantes quanto ao parâmetro C	67
Figura 13: Equipe de campo. Da esquerda para a direita (José Herbet Faleiros Junior, Cássia Á. R. Junqueira Faleiros e Luiz Antonio Junqueira).....	71
Figura 14: Equipe de campo: Reinaldo Lorandi (orientador) e Cássia Á. R. Junqueira Faleiros (orientada)	71
Figura 15: Delimitação das UBCs	80
Figura 16: Carta de Declividade medida em Graus	85
Figura 17: Distribuição das classes de declividade na bacia do rio Fartura.....	86
Figura 18: Vista de São Sebastião da Grama na bacia do rio Fartura em 3 dimensões.....	87
Figura 19: Vista do distrito de São Roque da Fartura na bacia do rio Fartura em 3 dimensões	87
Figura 20: Proporção das áreas das sub-bacias e áreas de contribuição	89
Figura 21: Polígonos de Thiessen na bacia hidrográfica do rio Fartura.....	91
Figura 22: Distribuição dos grupos geológicos na BHRF.....	99
Figura 23: Detalhamento do substrato rochoso no Complexo Varginha e Complexo Pinhal	99
Figura 24: Foto 03 (Amostra 1).....	100
Figura 25: Foto 05 (Amostras 2, 3 E 4).....	100

Figura 26: Foto 06 (Amostras 5 E 6)	100
Figura 27: Foto 08 (Amostras 7 E 8)	100
Figura 28: Foto 10 (Amostras 9 E 10)	100
Figura 29: Foto 21 (Amostras 11 E 12)	100
Figura 30: Foto 24 (Amostras 13 e 14)	101
Figura 31: Foto 43 (Amostras 15 e 16)	101
Figura 32: Foto 52 (Amostras 17 e 18)	101
Figura 33: Foto 54 (Amostras 19 a 21)	101
Figura 34: Foto 56 (Amostras 22 e 23)	102
Figura 35: foto 57 amostra 24	102
Figura 36: foto 58 amostra 25	102
Figura 37: foto 59 amostra 26	102
Figura 38: foto 60 amostra 27	103
Figura 39: foto 62 amostra 28	103
Figura 40: foto 63 amostra 29	103
Figura 41: foto 66 amostra 30	103
Figura 42: foto 67 amostras 31 e 32	104
Figura 43: foto 68 amostra 33	104
Figura 44: foto 69 amostras 34 e 35	104
Figura 45: foto 70 amostra 36	104
Figura 46: foto 72 amostra 37	105
Figura 47: foto 77 amostra 38	105
Figura 48: foto 78 amostra 39	105
Figura 49: foto 81 amostra 40	105
Figura 50: foto 85 amostra 41	106
Figura 51: foto 86 amostra 42	106
Figura 52: Composição das fotos 87 a 92, local de coleta das amostras 41 e 42	106
Figura 53: Grupo textural I: areno-argiloso	111
Figura 54: Grupo textural II: areno-siltoso	112

Figura 55: Grupo textural III: arenoso	112
Figura 56: Grupo textural IV: argilo-arenoso.....	113
Figura 57: Grupo textural V: argiloso	113
Figura 58: Quantificação do tipo textural na BHRF	119
Figura 59: Quantificação das áreas das UBCs (km ²)	127
Figura 60: Tipos de substâncias retiradas nos processos minerários.....	128
Figura 61: Quantificação do Potencial de Escoamento na Bacia Hidrográfica do Rio Fartura	129
Figura 62: Análise de agrupamentos em cada UBC pelas variáveis: Potencial de Escoamento; Disponibilidade Hídrica; Declividade; Litologia; Origem, Textura, Espessura e Permeabilidade do Material Inconsolidado e Pluviometria	130
Figura 63: Análise de agrupamentos em cada UBC pelas variáveis: Potencial de Escoamento; Disponibilidade Hídrica; Declividade; Litologia; Origem, Textura, Espessura e Permeabilidade do Material Inconsolidado e Pluviometria onde a distância euclidiana máxima atingida é 100%.....	133
Figura 64: Análise dos 57 agrupamentos realizados a partir das 66 classes de UBCs	134
Figura 65: Quantificação das áreas das unidades geoambientais na BHRF.	136
Figura 66: Aterro sanitário da zona geoambiental 40 - vista 1.....	154
Figura 67: Aterro sanitário da zona geoambiental 40 - vista 2.....	154
Figura 68: Evolução dos usos na bacia hidrográfica do rio Fartura	163
Figura 69: Quantificação do ordenamento territorial na BHRF.....	170

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Cenário atual das imagens de satélites comerciais	32
Quadro 2: Metodologias geoambientais	36
Quadro 3: Temperatura do ar e precipitação nos municípios da BHRF	41
Quadro 4: Porcentagem de culturas permanentes nos municípios da BHRF	44
Quadro 5: Porcentagem de culturas temporárias nos municípios da BHRF	45
Quadro 6: Relação dos municípios da BHRF com indicação das áreas de vegetação remanescente e respectiva condição de fragmentação	45
Quadro 7: Dados de território e população dos municípios que abrangem a BHRF	46
Quadro 8: Estatísticas vitais e de saúde da população dos municípios que abrangem a BHRF	46
Quadro 9: Grupos de IPRS	47
Quadro 10: Parâmetros para a classificação dos municípios, por dimensões do IPRS, segundo categorias	48
Quadro 11: Condições de vida dos municípios da BHRF	49
Quadro 12: Economia da BHRF	49
Quadro 13: Dados sobre o sistema público de abastecimento de água nos municípios	50
Quadro 14: Captações e tratamento da água nos municípios	51
Quadro 15: Condições do esgotamento sanitário nos municípios que abrangem a BHRF	51
Quadro 16: Condições dos resíduos sólidos domiciliares nos municípios que abrangem a BHRF	52
Quadro 17: Metodologia para a elaboração do Zoneamento Geoambiental	53
Quadro 18: Critérios adotados para a confecção da carta de legislação ambiental	61
Quadro 19: Parâmetros da Regionalização de Vazão	65
Quadro 20: Cadastro de poços do SIAGAS (Córrego Alegre, UTM 23s)	68
Quadro 21: Cadastro de poços DAEE (Córrego Alegre, UTM 23s)	68
Quadro 22: Metodologia da criticidade das sub-bacias	69
Quadro 23: Metodologia da Carta de Potencial de Escoamento Superficial	81
Quadro 24: Sub-bacias e áreas de contribuição do rio Fartura	88
Quadro 25: Quantificação das APPs na bacia do rio Fartura	89
Quadro 26: Postos pluviométricos na região da bacia hidrográfica do rio Fartura (SAD 69)	90

Quadro 27: Precipitação média por posto pluviométrico	92
Quadro 28: Precipitação Média Anual por sub-bacia e área de contribuição.....	93
Quadro 29: Disponibilidade hídrica por sub-bacia	94
Quadro 30: Balanço hídrico nas sub-bacias do rio Fartura.....	95
Quadro 31: Massa Específica, Granulometria Conjunta, Permeabilidade, Espessura e Origem.....	107
Quadro 32: Mini-MCV e Mini-CBR.....	108
Quadro 33: Delimitação das Unidades Básicas de Compartimentação	120
Quadro 34: Uso e Cobertura do Solo em 1987, 2000 e 2011 na bacia hidrográfica do rio Fartura (m ²)	162
Quadro 35: Modificação do Uso e Cobertura do Solo no tempo	163
Quadro 36: Usos nas áreas com restrições à ocupação	164
Quadro 37: Pontos cadastrais na bacia do rio fartura (WGS 84).....	190
Quadro 38: Pontos de controle na bacia do rio fartura (WGS 84)	190
Quadro 39: Amostras coletadas na bacia do rio fartura (WGS 84)	192
Quadro 40: Processos Minerários do DNPM na bacia hidrográfica do rio Fartura	194

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	1
RESUMO	2
ABSTRACT	3
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE QUADROS	7
SUMÁRIO	9
1. INTRODUÇÃO	14
1.1. HIPÓTESE	16
1.2. JUSTIFICATIVA	16
1.3. OBJETIVO.....	17
2. BASE CONCEITUAL	19
2.1. O ZONEAMENTO COMO UM INSTRUMENTO NORTEADOR PARA O PLANEJAMENTO E A OCUPAÇÃO DO SOLO.....	19
2.2. A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO	23
2.3. O USO DO GEOPROCESSAMENTO EM ESTUDOS AMBIENTAIS.....	25
2.3.1. <i>Álgebra de Mapas e Sensoriamento Remoto</i>	29
2.4. ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL E SUAS APLICAÇÕES	33
2.4.1. <i>Histórico</i>	33
2.4.2. <i>Métodos empregados</i>	35
3. OBJETO DE ESTUDO	38
3.1. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL.....	40
3.2. CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA	45
4. METODOLOGIA	53
4.1. COLETA DE DADOS, TRATAMENTO E MAPEAMENTO DOS ATRIBUTOS.....	57
4.1.1. <i>Mapa Cadastral</i>	57
4.1.2. <i>Modelo numérico de terreno</i>	57
4.1.3. <i>Mapa Hipsométrico</i>	60
4.1.4. <i>Carta das classes de declividades</i>	60
4.1.5. <i>Mapa das sub-bacias hidrográficas e áreas de contribuições</i>	60
4.1.6. <i>Mapa de Restrições à Ocupação</i>	61
4.1.7. <i>Mapa pluviométrico</i>	62
4.1.8. <i>Carta de disponibilidade hídrica</i>	63
4.1.9. <i>Mapa de substrato rochoso</i>	69
4.1.10. <i>Mapa de materiais inconsolidados</i>	70
4.1.11. <i>Mapa de unidades básicas de compartimentação</i>	77
4.1.12. <i>Mapa com a localização das fontes poluidoras</i>	80
4.1.13. <i>Carta de Potencial de Escoamento Superficial</i>	81
4.1.14. <i>Carta de Zoneamento Geoambiental</i>	82
4.1.15. <i>Mapa de Uso e Cobertura do Solo</i>	83
5. RESULTADOS	84

5.1.	MAPA CADASTRAL.....	84
5.2.	MAPA HIPSOMÉTRICO.....	84
5.3.	CARTA DAS CLASSES DE DECLIVIDADES.....	84
5.4.	MODELO EM 3 DIMENSÕES DA BACIA DO RIO FARTURA.....	86
5.5.	MAPA DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS E ÁREAS DE CONTRIBUIÇÕES.....	88
5.6.	MAPA DE RESTRIÇÕES À OCUPAÇÃO.....	89
5.7.	MAPA PLUVIOMÉTRICO.....	90
5.8.	DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	94
5.8.1.	<i>Balanço Hídrico.....</i>	95
5.9.	MAPA DE SUBSTRATO ROCHOSO.....	96
5.10.	MATERIAIS INCONSOLIDADOS.....	99
5.11.	MAPA DE UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO.....	120
5.12.	MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DAS FONTES POLUIDORAS.....	128
5.13.	CARTA DE POTENCIAL DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	128
5.14.	ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL.....	129
5.14.1.	<i>Caracterização das Unidades Geoambientais.....</i>	137
5.15.	CENÁRIOS DA OCUPAÇÃO ESPONTÂNEA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FARTURA.....	162
5.16.	CENÁRIOS TENDENCIAIS NAS UNIDADES GEOAMBIENTAIS ENTRE 1987 E 2011.....	164
5.16.1.	<i>Tendência da ocupação urbana em São José do Rio Pardo.....</i>	165
5.16.2.	<i>Tendência da ocupação urbana em São Sebastião da Gramma.....</i>	166
5.16.3.	<i>Tendência da ocupação urbana no distrito de São Roque da Fartura.....</i>	168
5.16.4.	<i>Tendência da ocupação rural na bacia hidrográfica do rio fartura.....</i>	168
5.17.	DIRETRIZES PARA O ORDENAMENTO TERRITORIAL.....	169
6.	CONCLUSÃO.....	171
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	175
	ANEXO 01: PONTOS DE AMOSTRAGEM DO SOLO: CADASTRO, CONTROLE E AMOSTRA.....	190
	ANEXO 02: PROCESSOS MINERÁRIOS DO DNPM NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FARTURA.....	194

1. INTRODUÇÃO

A água, um dos elementos naturais, é um recurso fundamental para a sobrevivência dos homens. A sua disponibilidade para o consumo sempre foi um fator determinante na escolha dos locais de fixação de comunidades humanas.

A apropriação das áreas de fundos de vale para fins urbanos no início das civilizações era feita devido à existência de fonte de água potável, por ser um local de: fornecimento de alimentos (peixes ou cultivos agrícolas pela irrigação), transporte às embarcações e de recreação. Entretanto, as cidades foram crescendo e a demanda por água foi aumentando, tornando-se um produto escasso devido à densidade populacional, ao adensamento urbano e à forma com que estas áreas foram ocupadas, observando-se um conflito de usos com o espaço natural e em particular com o convívio das águas.

Para enfrentar esses problemas de conflitos de uso da água e poluição em geral, foi preciso reconhecer a bacia hidrográfica como um sistema ecológico, a qual abrange todos os organismos que funcionam em conjunto numa dada área e entender como os recursos naturais estão interligados e são dependentes. Ou seja, quando o curso de um rio é alterado para levar esgotos para longe de uma determinada área, acaba por poluir outra. Da mesma forma, a impermeabilização do solo em uma região provoca o escoamento de águas para outra, que passa a sofrer com enchentes.

Diante de exemplos como esses, tornou-se necessário reconhecer na dinâmica das águas que os limites geográficos para trabalhar o equilíbrio ecológico têm que ser o da bacia hidrográfica, ou seja, o espaço territorial determinado e definido pelo escoamento, drenagem e influência da água e não aquelas divisões políticas e administrativas definidas pela sociedade como municípios, estados e países, que não comportam a dinâmica da natureza.

Com a Política Nacional de Meio Ambiente, surgiu o instrumento zoneamento ambiental (art. 9º, inciso II da Lei 6938/81 alterada pela Lei 7804/89), com o objetivo de auxiliar na tomada de decisão e subsidiar o planejamento ambiental, que por sua vez, deve direcionar as propostas de manejo e educação ambiental, garantindo dessa maneira a sustentabilidade dos ecossistemas. Este enumera, entre os princípios que regem essa política, a racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar, o planejamento e

fiscalização do uso dos recursos ambientais, a proteção dos ecossistemas com a preservação de áreas representativas, o controle das atividades potencial ou efetivamente poluidoras, a recuperação de áreas degradadas e a proteção de áreas ameaçadas.

Segundo Griffith *et al* (1995), o zoneamento ambiental é definido como a divisão de uma área geográfica em setores, em que determinadas atividades de uso e ocupação desses setores, são permitidas ou não, de modo que as alterações dos recursos naturais decorrentes das necessidades antrópicas se harmonizem, na medida do possível, com a conservação do meio ambiente. Assim, o zoneamento consiste na ordenação do território de acordo com suas características bióticas e abióticas, a partir do agrupamento de áreas homogêneas, quanto às suas restrições e seus potenciais, facilitando a análise integrada da paisagem (SILVA *et al.*, 2000).

Apesar de ter sido criado há mais de 20 anos, a regulamentação da legislação sobre o zoneamento ambiental e sua implementação prática (especialmente em termos da estrutura necessária para a sua implementação) ainda não avançaram substancialmente. Há uma grande distância entre a teoria e a prática, pois a melhoria do meio ambiente tornou-se “marketing” atualmente, e a prática dos ideais só são postos em execução quando for viável economicamente.

No escopo do presente trabalho, o entendimento atribuído ao termo zoneamento geoambiental não deve ser restrito ao processo de parcelamento de um determinado espaço com o intuito de estabelecer os usos permitidos em sua ocupação, mas sim, a partir de uma política de desenvolvimento que se deseja implementar ou manter em um dado território.

Este instrumento é visto como uma divisão de áreas geográficas com base nas características do geoambiente, suas inter-relações e suas relações com o meio biológico e com as atividades antrópicas, evidenciando as suas potencialidades ou restrições de uso. A delimitação das unidades de estudo em zonas e subzonas variam de acordo com a finalidade pretendida, unidades litológicas, unidades geomorfológicas, bacias hidrográficas, limites municipais, etc.

O Zoneamento Geoambiental também auxilia o monitoramento de espaços degradados para o apoio a programas de monitoramento permanente permitindo o acompanhamento sistemático dos resultados da conservação do solo e controle da

degradação ambiental associado às alterações gradativas das condições geoambientais em relação a solos e vegetação (FONTES, 2004). Ainda segundo a autora op. cit., em geral, nas regiões tropicais e subtropicais, a ocorrência dos problemas geoambientais está relacionada aos processos de erosão, escorregamentos e processos correlatos, assoreamentos, inundações, contaminação de aquíferos e impermeabilizações da superfície, associados à ação antrópica.

Jiménez-Rueda *et al.* (1993) utilizaram a análise morfoestrutural para definir o uso e manejo adequado do solo para fins urbano e rural em razão do condicionamento que as estruturas exercem sobre os aspectos pedológicos, pedogeoquímicos e fisiográficos. Concluíram que as características destes blocos de combinações mostram a importância de uma forma de uso e manejo diferenciado de cada porção do espaço geográfico, o que torna necessário o planejamento geoambiental.

Dessa maneira, a caracterização de áreas homogêneas de zoneamento geoambiental permite a implementação de políticas públicas de incentivo ao melhor aproveitamento do ordenamento do espaço rural, a partir da verificação das condições geotécnicas e da dinâmica do uso do solo, possibilitando o desenvolvimento econômico-social das populações envolvidas, aliado à conservação do meio ambiente.

1.1. HIPÓTESE

O Zoneamento Geoambiental é um instrumento eficaz para o disciplinamento do uso do solo em bacias hidrográficas e auxilia na tomada de decisão entre os conflitos da expansão urbana e a conservação ambiental, visando à capacidade de suporte do meio ambiente.

1.2. JUSTIFICATIVA

O zoneamento de bacias hidrográficas é um instrumento bem utilizado para políticas públicas. Cabe salientar que a adoção da bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento justifica-se pelo gerenciamento de forma sistêmica da região, abordando áreas ecologicamente semelhantes.

As unidades geoambientais delimitadas pela integração de aspectos físicos, definidas principalmente por limites litológicos e as formas de relevo, permite estabelecer os

condicionantes dos processos endógenos e exógenos da dinâmica da paisagem, permitindo assim, inferir sobre a capacidade de suporte do meio.

A escolha da bacia do rio Fartura para a realização desta pesquisa está fundamentada nos seguintes fatores:

- Esta região é uma lacuna em termos de mapeamento ambiental em escala 1:50.000, havendo vários trabalhos em áreas vizinhas;
- Esta bacia contém 3 áreas urbanas: São José do Rio Pardo (parcialmente), São Sebastião da Gramma (totalmente) e o Distrito de São Roque da Fartura em Águas da Prata (totalmente), e o disciplinamento do solo para expansão destas cidades proporcionará um crescimento ordenado prevenindo conflitos e problemas oriundos da ocupação espontânea;
- O rio Fartura é um manancial de abastecimento em São Sebastião da Gramma e a preservação da qualidade de suas águas é de suma importância;
- Os municípios da região estão passando por um processo de mudança no uso e cobertura do solo, em que os tipos de cultivos estão mudando devido à economia do Brasil, com a invasão da cana-de-açúcar no estado de São Paulo.

1.3. OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é comprovar a hipótese da eficácia do zoneamento geoambiental para o disciplinamento do uso do solo em bacias hidrográficas e gerar deste estudo diretrizes para o ordenamento territorial a partir de cenários de ocupação, analisando o meio físico: geologia, fisiografia, morfoestrutura, estrutura, pedologia e suas relações com o meio antrópico, visando à capacidade de suporte do meio ambiente.

Como objetivos específicos:

- Desenvolvimento de um banco de dados geográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Fartura (BHRF) na escala 1:50.000, no sistema Córrego Alegre, UTM, 23s, diagnosticando o meio físico;
 - Produzir o Mapa Cadastral;
 - Produzir o Mapa Hipsométrico;
 - Produzir a Carta de Classes de Declividades;
 - Produzir o Mapa das sub-bacias e áreas de contribuição do rio Fartura;
 - Produzir o Mapa de Restrições à Ocupação;
 - Produzir o Mapa Pluviométrico;

- Produzir a Carta de Disponibilidade Hídrica;
 - Produzir o Mapa de Substrato Rochoso;
 - Produzir o Mapa de Materiais Inconsolidados;
 - Produzir o Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação;
 - Produzir o Mapa com a Localização das Fontes Poluidoras;
 - Produzir a Carta de Potencial de Escoamento Superficial;
 - Produzir o Mapa de Uso e Cobertura do Solo;
- Obter diretrizes para o ordenamento territorial perante os conflitos da ocupação urbana e a capacidade de suporte do meio ambiente;
 - Produção da Carta de Zoneamento Geoambiental;
 - Produção da Carta-Síntese de Ordenamento Territorial;
 - Desenvolvimento de cenários de ocupação entre 1987 e 2011;
 - Analisar as vocações para a expansão urbana e o potencial agrícola na bacia mediante as características geoambientais da área.

2. BASE CONCEITUAL

2.1. O ZONEAMENTO COMO UM INSTRUMENTO NORTEADOR PARA O PLANEJAMENTO E A OCUPAÇÃO DO SOLO

A criação de novos núcleos urbanos e o adensamento demográfico, nesta fase de explosão do processo de urbanização, fez com que houvesse uma expansão do espaço físico de forma desordenada deteriorando o meio ambiente e modificando a paisagem urbana.

Segundo Braga & Carvalho (2004), com o crescimento da cidade, os usos tendem a se tornar conflitantes entre si e a saturar a capacidade de suporte da infraestrutura urbana e do meio ambiente. Os usos se agregam para compartilhar benefícios – como o agrupamento do comércio, oficinas mecânicas e indústrias - mas também para enfrentar impactos negativos. Essas afinidades e conflitos de atividades urbanas são os motivos principais para a realização do zoneamento.

Zoneamento, segundo Santos (2004), é a compartimentação de uma região em porções territoriais, obtida pela avaliação dos atributos mais relevantes e suas dinâmicas. Cada compartimento é apresentado como uma “área homogênea”, ou seja, uma zona (ou unidade de zoneamento) delimitada pelo espaço, com estrutura e funcionamento uniforme. Cada unidade tem, assim, alto grau de associação entre si, com variáveis solidamente ligadas, mas com significativa diferença entre ela e os outros compartimentos.

Este conceito, ainda segundo Santos (2004), exprime de forma muito clara que, para promover um zoneamento, o planejador deve reconhecer, suficientemente, a organização do espaço e a sua totalidade, e as similaridades dos elementos componentes de um grupo. Ao mesmo tempo, deve perceber claras distinções entre os grupos vizinhos, fazendo uso de uma análise múltipla e integradora. É através desse exercício de agrupar e dividir que se obtém a integração das informações e o diagnóstico da região planejada.

O zoneamento possui dois grandes enfoques: o analítico e o sistêmico. O enfoque analítico refere-se à definição da regionalização, de inventários e diagnósticos temáticos de atributos, enquanto que o enfoque sistêmico diz respeito à estrutura proposta para a integração de diagnósticos, prognósticos e sínteses para cada conjunto de informações.

Segundo Figueiredo (2003), “a falta de um Plano de Zoneamento em áreas de risco ou potencialmente perigosa permite o adensamento populacional desordenado das áreas vulneráveis que ficam sujeitas à ocorrência de acidentes com perdas materiais e humanas”. Desta maneira, consideram-se áreas de risco como locais sujeitos à ocorrência de fenômenos da natureza geológico-geotécnica e hidráulica que impliquem a possibilidade de perdas de vidas ou danos materiais.

Para que não haja este tipo de ocorrência, o planejamento deve ter caráter integrador, tratar dos problemas humanos atuais e potenciais com visão de conjunto, e ter espírito intersetorial, incorporando critérios de racionalidade ao desenvolvimento, e possuir enfoque sistêmico.

Dentro desta perspectiva existem diversos tipos de zoneamento, alguns estão especificados na legislação brasileira e outros foram adaptados de acordo com as necessidades características de cada estudo.

Conforme Rempel (2009), a lei 6.938 de 31/08/81 e o decreto nº 4.297, de 10/07/2002 tratam do zoneamento e enfocam a preservação, reabilitação e recuperação da qualidade ambiental, trazendo como meta o desenvolvimento socioeconômico condicionado à manutenção em longo prazo, dos recursos naturais e melhoria das condições da vida do homem. O Zoneamento ecológico econômico trabalha, essencialmente, com indicadores ambientais que destacam potencialidades, vocações e fragilidades do meio natural.

Estes auxiliam na tomada de decisão e subsidiam o planejamento ambiental que, por sua vez, deve direcionar as propostas de manejo e educação ambiental, garantindo dessa maneira a sustentabilidade dos ecossistemas.

Para Acselrad (2000), o ZEE é visto correntemente como um instrumento ao mesmo tempo técnico e político. Mas os diferentes discursos sobre as metodologias do ZEE carregam ambigüidades internas, expressivas de sua pretensa duplicidade de caráter. O ZEE poderá significar, ao mesmo tempo, um meio de identificação técnica de “fatos ambientais”, vistos separadamente das chamadas “características antrópicas” da ocupação ou, alternativamente, “um diagnóstico de situações ecossociais em transformação”. Poderá ser entendido ora como instrumento da identificação das “vocações naturais das células espaciais”, ora como meio “de caracterização de zonas equiprobemáticas para processos de negociação e regulação jurídico-política”.

A elaboração de um zoneamento ambiental para o território de uma região requer, num primeiro momento, a definição clara do que se pretende alcançar. Conforme Silva & Santos (2004), “Zoneamento ambiental” é a identificação e a delimitação de unidades ambientais em um determinado espaço físico, segundo suas vocações e fragilidades, acertos e conflitos, determinadas a partir dos elementos que compõem o meio planejado. Seu resultado é a apresentação de um conjunto de unidades, cada qual sujeita às normas específicas para o desenvolvimento de atividades e para a conservação do meio.

O *zoneamento urbano*, definido na legislação de uso e ocupação do solo urbano de cada município, normaliza as formas de uso e tipos de construções da área urbana, determinando o que pode ou não ser feito em cada zona. Geralmente as áreas urbanas são divididas em zona residencial, zona comercial, zona industrial, zona central, zona de proteção, zona de expansão e zona especial. Este zoneamento deve dar suporte ao plano diretor da cidade, onde são definidas as grandes diretrizes urbanísticas.

Visando responder quais culturas plantar, quando e onde, o *zoneamento agrícola* determina zonas aptas para implantar determinadas culturas, considerando as exigências bioclimáticas da planta e baseado nas características pedológicas, geomorfológicas e nas condições climáticas, tais como disponibilidade de água, temperatura adequada, etc.

No zoneamento agropedoclimático, Chagas *et al.* (2001) enfatizam a abordagem integrada entre as variáveis climáticas e pedológicas, considerando-se áreas importantes do ponto de vista ecológico e paisagístico para manutenção da biodiversidade. Esse zoneamento vem sendo conduzido considerando as épocas de semeadura das culturas, dependente das variáveis climáticas e de aptidão dos solos.

Verifica-se, ainda, o zoneamento climático que identifica zonas em função de aspectos climáticos; o zoneamento edafoclimático por culturas, que identifica zonas para plantar determinadas culturas; e o zoneamento para locação de empreendimentos, utilizado para verificar a viabilidade técnica, econômica e ambiental de empreendimentos tais como, redes, gasoduto, aterro sanitário, indústrias, entre outros (GRIFFITH, 1989; SOUZA, 1990; RANIERI, 2000).

Outro adjetivo dado para o zoneamento é o “geoambiental”, o qual é o foco desta pesquisa, caracterizado por um exame sistemático de uma região com a finalidade de

obter informação sobre as variáveis litológicas, morfoestruturais, microclimáticas, fisiográficas e de coberturas/unidades de alteração intempérica, definindo com isto, as zonas geoambientais que apresentam as potencialidades de suporte do meio físico, de acordo com os condicionadores naturais e em função dos modificadores sócio-econômicos.

Estas informações permitem a adequação das necessidades sócio-econômicas às possibilidades físicas e ecológicas da região, resultando na ocupação ordenada e sustentável do território.

De acordo com Brasil (1984), o zoneamento geoambiental é a setorização do espaço geográfico, de acordo com as suas potencialidades, restrições e problemas, estimando-se os limites máximos para a sua exploração racional, tendo em vista a conservação do meio ambiente. Baseia-se na teoria de sistemas, onde os componentes físicos e biológicos do meio natural formam uma cadeia de inter-relações, buscando constantemente sua estabilidade dinâmica.

O zoneamento geoambiental deve ter como meta, o fornecimento de subsídios técnicos para orientar e elucidar a tomada de decisões na implementação de alternativas de desenvolvimento regional compatíveis com a sustentabilidade e vulnerabilidade dos sistemas ambientais (OHARA *et al.*, 2003).

Conforme Shimbo *et al.* (2007), o zoneamento geoambiental pode ser considerado um instrumento inter e multidisciplinar de planejamento de uma área, município ou região, cuja finalidade é fornecer subsídios a projetos de políticas públicas. Por meio da tecnologia do sensoriamento remoto, caracterização do meio físico, bioclimático e socioeconômico, pode-se elaborar este zoneamento, sendo fundamental uma análise geodinâmica da paisagem para definir suas potencialidades e planejar as diversas formas de usos mais adequados para cada área.

A identificação e a delimitação de zonas podem estar diretamente ligadas às concepções sobre a paisagem ou espaço geográfico. De acordo com Metzger (2001), a abordagem geográfica se preocupa com o estudo das paisagens modificadas pelo homem e o planejamento da ocupação territorial, em função do conhecimento dos limites (fragilidades) e das potencialidades (vocações) de cada “unidade de paisagem” – um espaço de terreno com características comuns. Essa abordagem aplica-se mais a macroescalas. De outra forma, a abordagem ecológica tem aplicação em uma ampla gama de escalas e

ênfatiza as unidades da paisagem como cada unidade componente da paisagem, como um ecossistema, por exemplo.

Outra alternativa conceitual e metodol3gica de “zona” 3 dada por Pablo (2000), por meio de premissas de cartografia ecol3gica e de planejamento. Para esse autor, 3 importante reconhecer que existem zonas dentro do territ3rio que s3o homog4neas, determinadas pelas intera33es entre seus elementos. Essas zonas s3o denominadas, por ele, de “unidades ambientais”, possuindo extens3o, delimita33o e composi33o uniformes, sendo poss3vel reconhec4-las em diferentes escalas espaciais e dispostas segundo uma hierarquia de diferentes extens3es e homogeneidade interna. As caracter3sticas ecol3gicas do territ3rio s3o estabelecidas dentro de uma hierarquia de “setores” e “subsetores” territoriais com 3rea e homogeneidade interna diferentes.

No Brasil, j3 foram desenvolvidos trabalhos que utilizam o conceito de zoneamento ou identifica33o de zonas, sob as mais diferentes perspectivas. Ali3s, talvez em virtude das semelhan3as conceituais entre algumas delas, observam-se algumas deturpa33es nas aplica33es metodol3gicas.

2.2. A BACIA HIDROGR3FICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO

O objeto de estudo desta pesquisa 3 uma bacia hidrogr3fica, sendo o objetivo desta delimita33o adequar melhor as caracter3sticas f3sicas do estudo.

A bacia hidrogr3fica pode ser definida como uma 3rea topogr3fica, drenada por um curso de 3gua ou sistema conectado de cursos de 3gua de forma que toda vaz3o afluente seja descarregada atrav3s de uma simples sa3da. (Polette *et al.*, 2000).

Para Costa *et al.* (2009), sub-bacias s3o compartimentos indicados para o gerenciamento ambiental, possibilitando o monitoramento hidrol3gico, a conserva33o do solo e o disciplinamento do uso da terra para: a produ33o de 3gua em qualidade e quantidade, a prote33o da biodiversidade e a produ33o sustent3vel.

Os componentes de uma bacia hidrogr3fica podem ser as encostas, topos e fundos de vales, canais, corpos d’3gua, 3guas subterr3neas, sistemas de drenagem urbana e 3reas irrigadas, entre outras unidades espaciais, estando interligados como componentes das bacias de drenagem.

A gestão ambiental caminha progressivamente para adotar as bacias hidrográficas como unidades de planejamento e para que a gestão dos recursos hídricos no país ocorra de forma descentralizada, integrada e participativa, de acordo com a Política Nacional instituída a partir de Lei 9.433/97, foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH). A Figura 1 mostra a forma de gerenciamento dos recursos hídricos.

Sistema de Gestão de Recursos Hídricos



Figura 1: Estrutura de gerenciamento do SNGRH

fonte: <http://www.rededasaguas.org.br>

Os comitês de bacias hidrográficas foram criados pela lei que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos (lei estadual 7.663/91) para gerenciar a água de forma descentralizada, integrada e com a participação da sociedade. São colegiados compostos por representantes de municípios, de órgãos estaduais e de entidades representativas da

sociedade civil (ONGs, universidades, associações) em quantidade igualitária. A composição tripartite visa garantir a todos os integrantes do colegiado os mesmos direitos e o poder de deliberar na tomada de decisões que irão influenciar na melhoria da qualidade de vida da região e no desenvolvimento sustentado da bacia.

Antes de sua criação, o gerenciamento da água era feito de forma isolada por municípios e Estado. As informações estavam dispersas em órgãos técnicos ligados ao assunto e os dados não eram compatíveis. Era muito difícil obter acesso a informações concretas. Isso dificultava o planejamento sobre captação, abastecimento, distribuição, despejo e tratamento da água que consumimos e acarretava a realização de megaobras, concebidas de forma isolada, muitas vezes com desperdício de dinheiro público. A falta de políticas públicas integradas e eficientes para manejo dos recursos naturais provocou a degradação de muitos rios.

Com a criação dos comitês, o estado de São Paulo foi dividido em 22 unidades de gerenciamento, de acordo com as bacias hidrográficas e afinidades geopolíticas. Cada uma dessas partes passou a se chamar Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI). A função principal desta organização é possibilitar a implementação da Política Nacional e das Políticas Estaduais de Recursos Hídricos.

Para Salati (1996), o planejamento regional de bacias hidrográficas também almeja alcançar um desenvolvimento espacialmente equilibrado, de maneira a criar ligações efetivas entre as áreas urbanas e rurais.

2.3. O USO DO GEOPROCESSAMENTO EM ESTUDOS AMBIENTAIS

Conforme Câmara, Monteiro & Davis (2009), geoprocessamento é uma tecnologia interdisciplinar, a qual permite a convergência de diferentes disciplinas científicas para o estudo de fenômenos ambientais e urbanos. Deste modo pode-se entender que “o espaço é uma linguagem comum” para as diferentes disciplinas do conhecimento. Desta forma, o geoprocessamento vem influenciando de maneira crescente a área de planejamento urbano e regional.

De uma maneira mais específica, Câmara *et al.* (1996) definiu o geoprocessamento como um ambiente tecnológico e abrangente, sendo o conjunto de técnicas relacionadas com coleta, armazenamento e tratamento de definições espaciais e

georreferenciadas para serem utilizadas em sistemas específicos a cada aplicação que, de alguma forma, utiliza-se do espaço físico geográfico.

Conforme Veiga (2002), o geoprocessamento muda a forma de coletar, utilizar e disseminar a informação, possibilitando o acompanhamento e o monitoramento do desenvolvimento ou da implementação de planos e projetos de desenvolvimento, desde imagens de satélites até mapas interativos que permitem medir a espacialização da extensão dos efeitos das políticas e ações de desenvolvimento, em tempo real.

O autor *op cit* ainda conclui que a possibilidade de processar geograficamente uma informação confiável, precisa e rapidamente acessível para a elaboração de planos e estratégias de gestão, compatíveis com as características particulares de cada sociedade e do espaço por ela ocupado ou produzido, é a maior contribuição do geoprocessamento.

As ferramentas computacionais para o geoprocessamento são comumente chamadas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e permitem realizar análises complexas, ao integrar dados do mundo real, obtidos de diversas fontes em diversos formatos, criando um banco de dados georreferenciado (MEDEIROS, 1999). Casanova *et al.* (2005) utilizaram o termo SIG aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos.

Conforme Silva & Santos (2004), os SIGs são conjuntos de programas computacionais utilizados para armazenar, analisar, manipular e gerenciar dados geográficos, com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies. Burrough *et al.* (1996) acrescenta que é um poderoso elenco de ferramentas para colecionar, armazenar, recuperar, transformar e exibir dados espaciais referenciados ao mundo real.

Segundo Câmara *et al.* (1996), as características principais dos SIGs se resumem nas seguintes:

- Integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- Combinar as várias informações, por meio de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados e;
- Consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo de base de dados geocodificados e georreferenciados.

Dentro desta conceituação de SIG, é evidente que podem ser atribuídas diversas funções nestes e serem utilizados conforme os objetivos dos usuários. No ambiente SIG, existem duas grandes formas de organização de um ambiente de trabalho:

- Organização baseada num banco de dados geográficos (“à la dBASE”);
- Organização baseada em projetos (“à la AutoCAD”).

No primeiro caso, o usuário define inicialmente o esquema conceitual associado às entidades do banco de dados geográficos, indicando para cada tipo de dados seus atributos não-espaciais e as representações geométricas associadas. Procedese da mesma forma que num banco de dados tradicional (como o dBASE ou o ACCESS), onde a definição da estrutura do banco precede a entrada dos dados. O SPRING é um exemplo de sistema organizado como banco de dados geográficos.

No segundo caso, o usuário define inicialmente um referencial geográfico (que delimita uma região de trabalho) e a seguir, define as entidades geográficas que compõem o projeto. O Arcgis é um exemplo desta classe de sistemas.

Nota-se que um banco de dados geográficos pode ser particionado em projetos, sendo que as definições do esquema conceitual valem para todos os projetos do banco, mesmo que não haja continuidade espacial entre estes projetos.

É importante ressaltar que a utilização dos SIGs não garante a certeza e a segurança de que o produto final corresponda às alternativas de soluções corretas. Se por acaso, não houver um controle da qualidade do banco de dados, isto é, se este for impreciso e com erros, o resultado final será um mapa que na prática não terá significado e será impróprio para uso.

Os SIGs são bastante utilizados, atualmente, no que se refere a estudos integrados sobre o meio ambiente. Diversas aplicações são encontradas em Coulson *et al.* (1991), sendo este último referente a dois compêndios sobre o uso de SIGs. Em Rodriguez-Bachiller (2000a, 2000b), encontra-se uma revisão extensa com exemplos do potencial de SIGs associados a Sistemas Especialistas e Sistemas de Suporte à Decisão.

Segundo Câmara *et al.* (1996), dentro de um SIG, os fenômenos relacionados ao mundo real podem ser descritos de três maneiras: espacial, temporal e temática. Espacial quando a variação muda de lugar para lugar (declividade, altitude, profundidade do solo); temporal quando a variação muda com o tempo (densidade demográfica, ocupação do solo)

e temática quando as variações são detectadas através de mudanças de características (geologia, cobertura vegetal). Essas três maneiras de observar os fenômenos que ocorrem na superfície da terra são coletivamente chamadas de dados espaciais.

Para Jorgensen (1994) os modelos ambientais podem ser classificados em função dos objetivos e/ou das características dos processos a serem modelados. Os modelos podem ser categorizados de acordo com seu realismo na relação entre o modelo hipotético e o sistema real. A capacidade de inferência constitui a habilidade numérica de fazer previsão e a sua generalidade é demonstrada pela amplitude de utilização do modelo. O processo de modelagem ambiental é caracterizado pelas seguintes sequências:

- Definir hipóteses a serem testadas;
- Avaliar a coleção de dados e informações disponíveis;
- Compreender sistemas, limites, condições iniciais e idéias correlatas;
- Definir o modelo conceitual;
- Verificar as interações entre os compartimentos;
- Analisar a sensibilidade e calibração dos parâmetros;
- Validar o modelo através de série de dados.

No Brasil, há diversos estudos integrados, com a utilização de SIGs, abrangendo diferentes tamanhos de áreas geográficas e distintos objetivos. Basicamente, podem-se identificar dois tipos de estudos: uniobjetivos e multiobjetivos.

Os estudos uniobjetivos seriam aqueles direcionados para produtos ou temas, tais como zoneamento climático ou zoneamento agrícola, ou ainda, aqueles estudos voltados para a análise da viabilidade ambiental de um determinado empreendimento, com o objetivo de otimizar o custo-benefício (econômico, social e ambiental) da sua implantação.

Os estudos multiobjetivos referem-se àqueles que procuram identificar unidades homogêneas no ecossistema sem a preocupação, a priori, de um empreendimento ou atividade a ser instalada. Porém, em função da vulnerabilidade e da aptidão do meio ambiente, buscam determinar uma série de indicações de uso e a construção de cenários alternativos. Exemplos desses estudos podem ser encontrados em Mato Grosso do Sul (1989, 1990), Kurkdjian *et al.* (1992), São Paulo (1996), Brasil (1997) e Silva (2000).

Para Silva *et al.* (2008), os processos decisórios pretendem satisfazer um ou múltiplos objetivos e são desenvolvidos com base na avaliação de um ou vários critérios. Portanto, no contexto de um processo de decisão é frequente que diversos critérios tenham

de ser avaliados e combinados, e os procedimentos para fazê-lo consistem o que se designa por Avaliação Multicritério.

A forma de combinar os critérios, a consideração de todos ou parte deles, a forma como uns critérios podem compensar outros são aspectos de grande importância nas decisões. Entre as atitudes mais extremas de risco na avaliação – pessimista (conservador) e otimista (arriscado) – pode haver lugar para cenários de avaliação que sejam mais compatíveis com as condições que contextualizam a decisão.

Os sistemas ambientais são sistemas complexos, isto se deve à dificuldade na identificação dos elementos funcionais mais importantes no tempo e no espaço, sua natureza alojada (um dentro do outro) temporoespacialmente, à existência de limites do sistema, à existência de uma retroalimentação criando respostas complexas às forças externas, além de características desconhecidas dos inputs de energia externa e o impacto da intervenção e gerenciamento humano.

A tentativa de manter qualquer um desses fatores fixos, enquanto os demais se modificam, somente é possível hipoteticamente, onde se resolvem os problemas de controle dos resultados, ou então, quando uma mudança da situação ocorre durante o monitoramento de campo.

Olhando a partir de um ponto de vista ambiental, a questão chave na elaboração de um banco de dados ambiental é classificar o mundo de forma a permitir que dados importantes sejam associados a modelos de elementos ambientais.

2.3.1. ÁLGEBRA DE MAPAS E SENSORIAMENTO REMOTO

Conforme Cordeiro *et al.* (2007), o tema "álgebra de mapas" foi popularizado a partir do livro "Geographic Information System and Cartographic Modeling", esta foi a primeira abordagem em que se buscou explorar de uma maneira formal as propriedades dos dados representados em SIG, usualmente representados por mapas.

Para selecionar os valores associados a locais envolvidos na caracterização de cada local de uma área de estudo, devem-se utilizar as operações de álgebra de mapas, as quais podem ser classificadas em: locais, de vizinhança e zonais (TOMLIN, 1990). Nos estudos de natureza ambiental, um fator muito importante é o tipo de operação empregada, pelos sistemas de informações geográficas, no tratamento dos atributos analisados.

- Operações locais: são campos cujos valores locais são função dos valores associados ao mesmo local por uma ou mais representações de outros campos. Como exemplo deste tipo de operação tem-se o fatiamento, que subdivide uma grade numérica de altimetria, agrupando locais pertencentes a faixas específicas de altitude, podendo gerar faixas hipsométricas, obtendo um campo temático a partir de um campo numérico. Outras formas deste tipo de operação são a ponderação e a reclassificação ou agrupamento.
- Operações de vizinhança em que se define o campo de saída com base na dimensão e forma de vizinhança em torno de cada local. Como exemplos desta operação, têm-se cálculos estatísticos como mínimo, máximo, média para uma vizinhança em torno de um ponto; filtros para processamento de imagens, cartas de declividade e outros.
- Operações zonais definidas sobre regiões específicas de um campo de entrada, onde as restrições são fornecidas por zonas definidas envolvendo outros campos, ou de polígonos, linhas e pontos, associados a Objetos através de mapas Cadastrais. Os operadores zonais incluem as estatísticas simples tais como: média, máximo e mínimo, diversidade, desvio padrão etc, envolvendo valores associados a locais de regiões específicas, dadas por alguma forma de restrição.

Cordeiro *et al.* (2007) ainda explana que operadores zonais permitem materializar num SIG conceitos, tais como o de unidade da paisagem (BERTRAND, 1971; TRICART, 1977; TRICART e KIEWIETDEJONGE, 1992) e área unidade (HARSHORNE, 1978) que permitem a ligação entre dados físico-bióticos e socioeconômicos, essencial para estudos de ordenação do território. Desta forma, uma operação de MediaZonal pode ser conveniente na determinação da vulnerabilidade natural à erosão (CREPANI *et al.*, 1996) ou da fragilidade das "unidades de paisagem", das "unidades básicas de compartimentação" ou das "unidades geoambientais" mapeadas a partir de imagens de satélite (Ross, 1993).

Conforme Câmara, Monteiro & Davis (2009), a integração de Geoprocessamento com Sensoriamento Remoto depende do processo de inserção de imagens de satélite ou aéreas na base de dados do SIG. Esta inserção ocorre por meio de procedimentos de correção geométrica de imagens, às vezes chamados de georreferenciamento ou geocodificação, outras vezes excessivamente simplificados e reduzidos ao registro de imagens.

Para Moreira (2001) sensoriamento remoto é um conjunto de atividades utilizadas para obter informações a respeito dos recursos naturais, renováveis e não

renováveis do planeta terra, através da utilização de dispositivos sensores colocados em aviões, satélites ou, até mesmo, na superfície.

Estes sensores podem ser classificados em função da fonte de energia ou do tipo de produto que ele produz (PERES, 2006):

- Quanto à fonte de energia:
 - Passivos: não possuem uma fonte própria de radiação e medem a radiação solar refletida ou radiação emitida pelos alvos, como por exemplo, os sistemas Fotográficos;
 - Ativos: possuem sua própria fonte de radiação eletromagnética, trabalhando em faixas restritas do espectro.

- Quanto ao tipo de produto:
 - Não-imageadores: não fornecem uma imagem da superfície sensoriada, como por exemplo, os radiômetros (saída em: dígitos ou gráficos) e os espectrorradiômetros (assinatura espectral). Ambos são essenciais para a aquisição de informações minuciosas sobre o comportamento espectral dos objetos da superfície terrestre;
 - Imageadores quando são obtidos como resultado uma imagem da superfície observada, fornecendo informações sobre a variação espacial da resposta espectral da superfície observada.

Estes sensores caracterizam-se por serem capazes de transformar alguma fonte de energia em um sinal passível de ser convertido em informação sobre o ambiente. Através destas e de outras mais tecnologias de áreas afins, como o geoprocessamento, é possível a elaboração de variados e diferentes produtos que tenham como enfoque a representação espacial para diversos e diferentes objetivos.

Segundo Rosa (2003) os satélites para estudos dos recursos terrestres que são mais utilizados no Brasil são: LANDSAT, SPOT, CBERS, IKONOS, QUICK BIRD, TERRA e AQUA, destinados ao levantamento, mapeamento e monitoramento dos continentes e oceanos. O Quadro 1 demonstra o cenário das imagens de satélites comerciais atuais:

Quadro 1: Cenário atual das imagens de satélites comerciais

Satélite	País/instituição	Resolução espacial nas bandas (RGB)	Resolução espacial na banda pancromática	Resolução temporal	Níveis de quantização	Data de lançamento
CBERS 2	Brasil & China	20 m	-	26 dias	8 bits	10/2003
LANDSAT 7	EUA/NASA	30 m	15 m	16 dias	8 bits	04/1999
LANDSAT 5	EUA/NASA	30 m	-	18 dias	8 bits	03/1984
Ikonos 2	Space Imaging	4 m	1 m	3 dias	11 bits	09/1999
Quickbird 2	DigitalGlobe	2,44 m	0,61m	1 a 3,5 dias	11 bits	11/2001
SPOT 5	França	10 m	2,5; 5 e 10 m	26 dias	8 bits	05/2002
IRS	Índia	23,5 m	5 m	-	7 bits	09/1997
Terra/Aster	EUA/Japão	15 m	15 m	16 dias	8 bits	12/1999

fonte: PERES (2006)

A política de facilitar e disseminar a aquisição de imagens de satélite e Fotografias aéreas por parte de instituições governamentais e, até mesmo, por empresas privadas neste segmento tem sido de grande valia para o desenvolvimento de pesquisas pela comunidade acadêmico-científica brasileira.

Segundo Silva (2005), o alto custo financeiro para aquisição de imagens de satélite sempre consistiu num empecilho para muitos estudantes dos cursos de graduação que passaram a desconsiderar o uso deste produto em sua vida profissional.

Nesta pesquisa, a imagem de satélite utilizada é a CBERS – 2B, pois sua câmara HRC, produz imagens pancromáticas de 2,5 m de resolução espacial e é distribuída gratuitamente pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) no site: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>, além desta também será feita a composição colorida da CBERS 2B, com a câmara CCD.

Conforme INPE (2012), o Programa CBERS contemplou num primeiro momento apenas dois satélites de sensoriamento remoto, CBERS-1 e 2. O sucesso do lançamento pelo foguete chinês Longa Marcha 4B e o perfeito funcionamento do CBERS-1 e CBERS-2 produziram efeitos imediatos. Ambos os governos decidiram expandir o acordo e incluir outros três satélites da mesma categoria, os satélites CBERS-2B, com operações encerradas em 11/05/2010 e os CBERS-3 e 4, como uma segunda etapa da parceria sino-brasileira ainda em processo para operações.

Estas imagens auxiliaram nas incursões campo e na confecção do mapa de unidades básicas de compartimentação.

2.4. ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL E SUAS APLICAÇÕES

2.4.1. HISTÓRICO

As leis e políticas ambientais visam assegurar o desenvolvimento econômico-social compatível com a conservação do meio ambiente, com a utilização dos recursos naturais, de maneira mais equilibrada e adequada. A criação da lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 alterada pela Lei nº 7.803/89 – estabelecem o código florestal, mostrando uma preocupação inicial no Brasil com os recursos naturais já na década de 60.

Na década de 70, Cendrero (1975) já ressaltava a importância dos estudos geoambientais, salientando que o planejamento, de acordo com a capacidade das unidades ambientais, permite o máximo uso dos recursos naturais de uma área com um mínimo de dano ambiental. Com o desenvolvimento da Política Nacional do Meio Ambiente (lei nº 6938/81) e com todo o movimento da sustentabilidade, o conhecimento acerca dos processos ambientais foi se acirrando.

A partir da elaboração da Política Nacional de Recursos Hídricos (lei 9433/97), os estudos da área priorizaram a delimitação de projetos regionais em bacias hidrográficas, devido às características ambientais.

A cartografia geoambiental, enfatizada por Grecchi (1998), é um importante instrumento de planejamento, seja de enfoque local ou regional, e pode suprir as solicitações ambientais dentro dos processos de planejamento e ordenamento territorial. Sobreira (1995) enfoca três vertentes para os estudos de natureza ambiental: o planejamento e o ordenamento territorial, a análise de riscos e os estudos de impacto ambiental, os quais podem ser tratados de maneira integrada conforme a Figura 2.

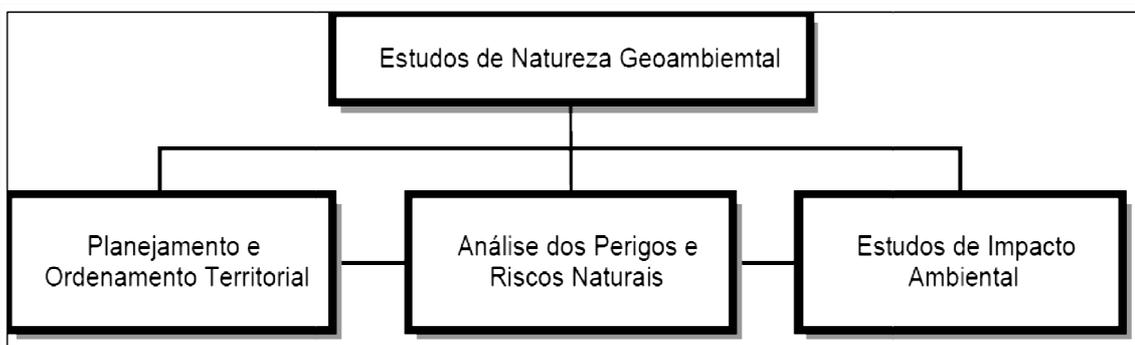


Figura 2: Abordagens distintas dos estudos de natureza geoambiental.

Fonte: Sobreira (1995)

Para Montaño (2002), nos últimos anos, o zoneamento ambiental tem se destacado como instrumento estratégico do planejamento regional, estando fortemente vinculado ao parcelamento do solo e definição de usos específicos.

Já Jacinto (2003) vê o ordenamento territorial como um importante instrumento de gestão ambiental o qual deve ser aplicado dentro dos princípios do desenvolvimento sustentável.

Segundo a COMISSÃO TÉCNICA DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL - CTCG (2004), em um Diagnóstico Preliminar da Cartografia Geotécnica e Geoambiental no Brasil, verificou-se que a Cartografia Geoambiental, de desenvolvimento mais recente no Brasil, começava a ganhar importância e seu desenvolvimento metodológico vem se aprimorando, com várias instituições produzindo documentos de zoneamento geoambiental. Estes trabalhos passaram a usar predominantemente as bacias hidrográficas como unidade de mapeamento e têm tido aplicação intensa nos estudos ambientais de caráter mais amplo.

A análise realizada neste diagnóstico mostra que a Cartografia Geotécnica no Brasil apresenta-se consolidada, com várias instituições produzindo informações há mais de dez anos. No entanto, observa-se ainda uma variedade de metodologias e enfoques que necessitam ser melhor discutidos e analisados. Constata-se também que nos últimos anos, as aplicações dos trabalhos de cartografia geotécnica e geoambiental, vêm apresentando um incremento tanto em quantidade como em diversidade de enfoques.

Após o diagnóstico Preliminar da Cartografia Geotécnica e Geoambiental em 2004 pela COMISSÃO TÉCNICA DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, continuaram-se os trabalhos de zoneamento geoambiental em diferentes aspectos metodológicos e abordagens. Ranieri *et al.* (2005) e Souza (2009) comentam que, ao observar os produtos de zoneamentos ambientais ou com denominações variantes (zoneamento ecológicoeconômico, somente ecológico, geoambiental, entre outros) realizados no Brasil nas últimas décadas, de acordo com os profissionais ou instituições envolvidos em sua elaboração, são encontradas distinções quanto aos recortes territoriais considerados, às escalas, legendas, métodos, objetivos, entre outros fatores. O ponto comum identificado para estes trabalhos é de buscarem incorporar aspectos ambientais na divisão do território em zonas.

Desta forma, Andersson, *et al.* (2009) propõem analisar a paisagem urbana, na região metropolitana de Estocolmo, como um sistema socioecológico complexo utilizando 21 variáveis, incluindo variáveis demográficas, físicas e métricas de paisagem, medidas em quatro escalas diferentes.

Por sua vez, Kurucu e Chiristina (2007) destacam a importância dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e técnicas de Sensoriamento Remoto na articulação e análise desses dados, de caracterização dos recursos naturais e dos aspectos socioeconômicos, facilitando a definição de estratégias de planejamento sustentável da terra.

Já Camolezi e Volkmer (2011), enfocam em estudos geográficos referentes às potencialidades de uso do solo, aos mapeamentos de zonas de risco aplicadas ao deslizamento de solos, aos riscos de queimada, e à fragilidade ambiental, com a finalidade de se reduzir os impactos provocados pelo homem. Além disso, uma gama de produtos cartográficos e análises integradas estão sendo realizadas para reduzir impactos ao meio. Os autores veem o zoneamento geoambiental como um ponto de partida para um planejamento, o qual visa o aproveitamento racional dos recursos naturais, adequado pelas suas potencialidades e pelo equilíbrio ambiental.

2.4.2. MÉTODOS EMPREGADOS

Há uma grande diversidade de metodologias empregadas em trabalhos que visam o zoneamento geoambiental. Segundo Cendrero (1990), estas se diferenciam em função das características geológicas e climáticas, do nível de ocupação humana e das atividades predominantes em cada região onde são aplicadas.

Dentre as metodologias que utilizam as características geológicas como base para obtenção de aptidões do terreno merecem destaque as propostas de Cendrero (1975), Cendrero (1983), Francés *et al* (1990), Lopes (2000), Vedovello (2000), Amorim (2003), Ohara *et al.* (2003), Zuquette & Gandolfi (2004) e Fontes (2004), descritos no Quadro 2.

Quadro 2: Metodologias geoambientais

	Objetivo	Parâmetros
Cendrero (1975)	Elaborar o zoneamento geoambiental a partir de comparações de feições geológicas ambientais com a capacidade de reuso e uso atual da terra e da água, obtendo desta forma um mapa de geologia ambiental	Landforms, propriedades físicas do substrato rochoso e depósitos superficiais, assembléias biológicas e feições antrópicas
Cendrero (1983)	Elaborar um mapeamento geocientífico como ferramenta na avaliação e planejamento do meio ambiente. Para a preparação de mapas temáticos descritivos, mapas derivados ou de qualidades significantes e mapas de conflito de uso recomendado do solo.	Mapa de depósito superficiais e substrato rochoso, vegetação, feições estruturais, declividade, orientação, dados climáticos, landforms e processos e uso do solo
Francés et al (1990)	Elaborar uma ferramenta no diagnóstico de unidades territoriais, na fase de planejamento e gestão do uso da terra. Enfocando nas diferentes escalas de análise como Diretrizes de Ordenamento Territorial – DTO (escala regional); Plano de gestão e Uso dos Espaços Naturais (implantação de parques naturais) e Plano de ordenamento urbano do Município (escala de detalhe).	
Lopes (2000)	Elaborar o zoneamento para bacias hidrográficas como unidades de planejamento	Geologia, pedologia, materiais inconsolidados, menor extensão do percurso de águas superficiais, entre outros. Sendo as unidades de análise os landforms, e determina as características de potencial a infiltração, potencial agrícola e susceptibilidade a erosão do meio.
Vedovello (2000)	Elaborar o zoneamento geoambiental a partir de uma abordagem fisiográfica, em que os elementos são analisados integradamente. Sua metodologia consiste em três etapas: <ul style="list-style-type: none"> • Compartimentação do terreno: identificação de zonas com características e propriedades geológico-geotécnicas homogêneas; • Caracterização geotécnica: determinação das características e propriedades geotécnicas das áreas delimitadas; • Cartografia temática final ou de síntese: onde as unidades definidas nas etapas anteriores são analisadas e classificadas em termos de fragilidades e potencialidades do terreno. 	
AMORIM (2003)	Elaborar o zoneamento geoambiental com fins ao planejamento territorial, baseado nas condições brasileiras e nos procedimentos e produtos da cartografia geotécnica. A definição do zoneamento geoambiental foi feita a partir de procedimentos de geoprocessamento, envolvendo de análises por agrupamentos (cluster). Esta análise estatística permitiu verificar a adequação do uso dos landforms como unidade de compartimentação para análise dos atributos.	Geomorfológicos, geológicos, o comportamento geotécnico dos solos e a aptidão agrícola

	Objetivo	Parâmetros
OHARA ET AL. (2003)	Elaborar o zoneamento geoambiental a partir da análise climática, geomorfológica e pedoestratigráfica	São considerados principalmente os aspectos: geológicos (limites litológicos e aloestratigráficos); morfotectônicos (falhas, juntas e fraturas); morfoestruturais (alto e baixos estruturais); climáticos; de alteração intempérica (alterações físicas ou químicas na estrutura das rochas); fisiográficos; pedoestratigráficos, ecológicos e/ou aspectos antigos e atuais da paisagem
Fontes (2004)	Elaborar o zoneamento geoambiental a partir da adoção de unidades de Ottobacias como regiões base para compartimentação e análise do meio físico, segundo um nível de homogeneidade	Substrato rochoso, materiais inconsolidados, declividade, drenagem e landforms
ZUQUETTE & GANDOLFI (2004)	<p>Elaborar uma carta de zoneamento geoambiental com análise de documentos cartográficos preliminares, os quais são divididos em quatro grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Documentos Fundamentais Básicos – mapa de substrato rochoso, mapa de qualidade das águas, mapa das feições de terreno (landforms), mapa dos materiais inconsolidados, carta de declividade, mapa de bacias hidrográficas, mapa de profundidade do nível de água, mapa das áreas úmidas, mapa de geologia estrutural, mapa de feições resultantes dos processos geológicos, mapa das feições do tecnógeno, mapa das condições hidrogeológicas, mapa de documentação e mapa climático; • Cartas Fundamentais de Síntese – carta de zoneamento geotécnico geral, mapa de condições geológico-geotécnicas e carta de restrições; • Cartas Derivadas ou Interpretativas – carta para fundações, carta das condições de drenabilidade, carta para escavabilidade, carta para erosividade e erodibilidade, carta de potencial ao escoamento superficial e infiltração, carta de potencial agrícola, carta para irrigação, carta das zonas de recarga, carta para disposição de rejeitos e resíduos, carta de potencial e corrosividade, carta para exploração das águas, carta de potencial para estocagem subterrânea, carta para estradas, carta de potencial para minerais e materiais para construção civil; • Cartas Analíticas Básicas – carta de probabilidade de ocorrência de eventos naturais, carta das áreas degradadas, carta de diagnósticos das zonas degradadas, carta de possibilidade de ocorrer eventos perigosos, carta de passivos ambientais (meio físico), carta de potencial de erosão, carta das áreas sujeitas a eventos perigosos (tipo x áreas), cartas para gestão ambiental. 	São selecionados atributos de acordo com a finalidade da carta e peculiaridades do local de estudo

3. OBJETO DE ESTUDO

A Área de Estudo (AE) da presente pesquisa corresponde à bacia hidrográfica do rio Fartura (BHRF), um afluente do rio Pardo, integrante da UGRHI-4, gerenciada pelo CBH-PARDO - Comitê da Bacia Hidrográfica do Pardo (Figura 3). Esta possui 227 Km² e engloba parte dos municípios de São José do Rio Pardo, São Sebastião da Gramma, Vargem Grande do Sul e Águas da Prata (SP), conforme Figura 4.

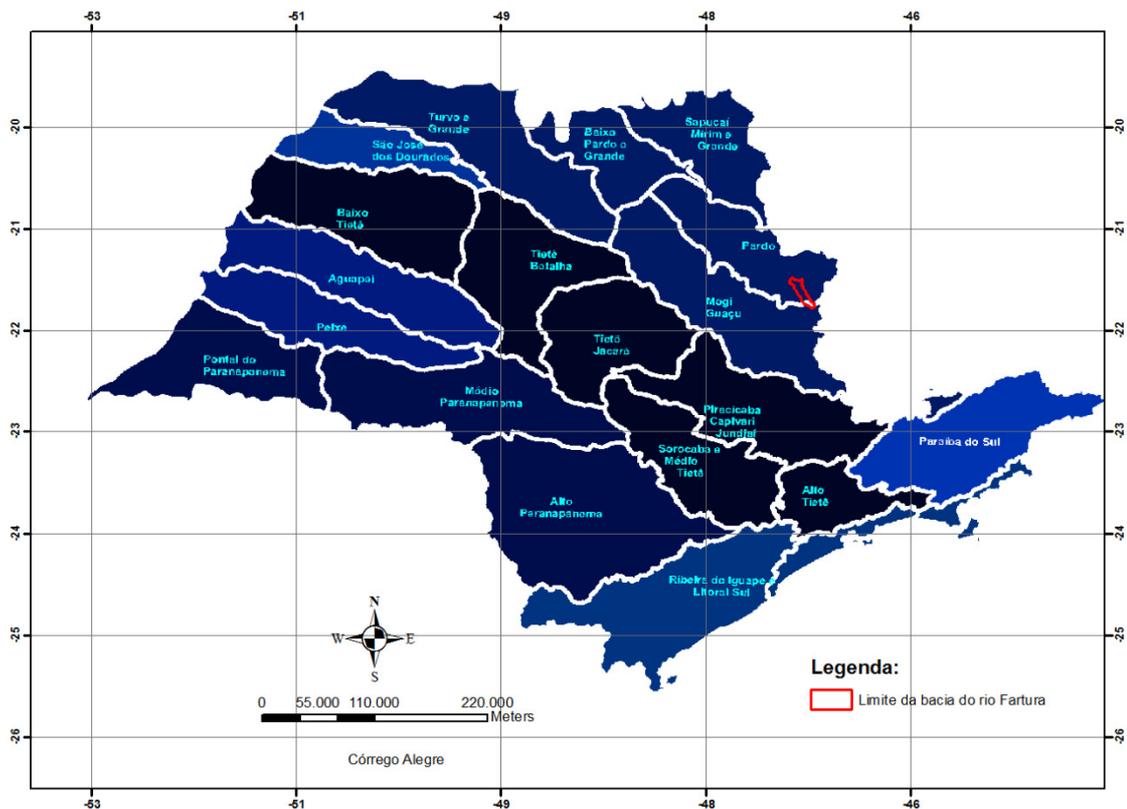


Figura 3: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Fartura nas UGRHIs no Estado de São Paulo

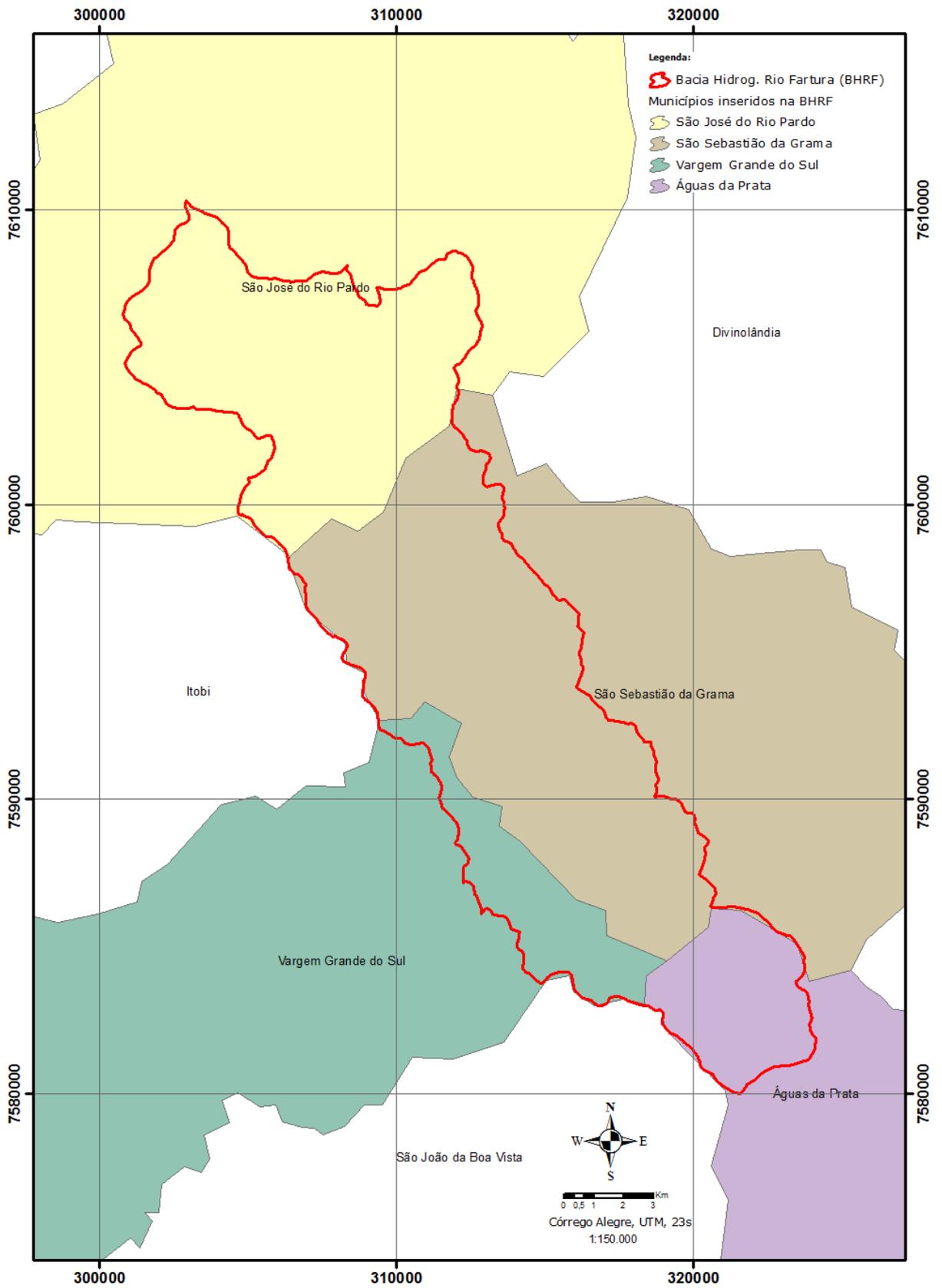


Figura 4: Localização dos municípios inseridos na BHRF

3.1. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

A BHRF está inserida no Planalto Atlântico, como mostra a Figura 5, tendo como Unidade Morfoestrutural o Cinturão Orogênico do Atlântico, Unidade Morfoescultural o Planalto Atlântico e com o Nível Morfológico Planalto do Alto Rio Grande. A drenagem manifesta, em seu traçado, as características fundamentais comuns a toda a morfoescultura do Planalto Atlântico, tendo um padrão dendrítico com adaptações às direções estruturais. Por ser uma unidade de formas muito dissecadas, com vales entalhados e alta densidade de drenagem, esta área apresenta um nível de fragilidade potencial alto, estando, portanto, sujeita aos processos erosivos com possibilidade de ocorrência de movimentos de massas nos setores de vertentes mais inclinadas (ROSS & MOROZ 1997).

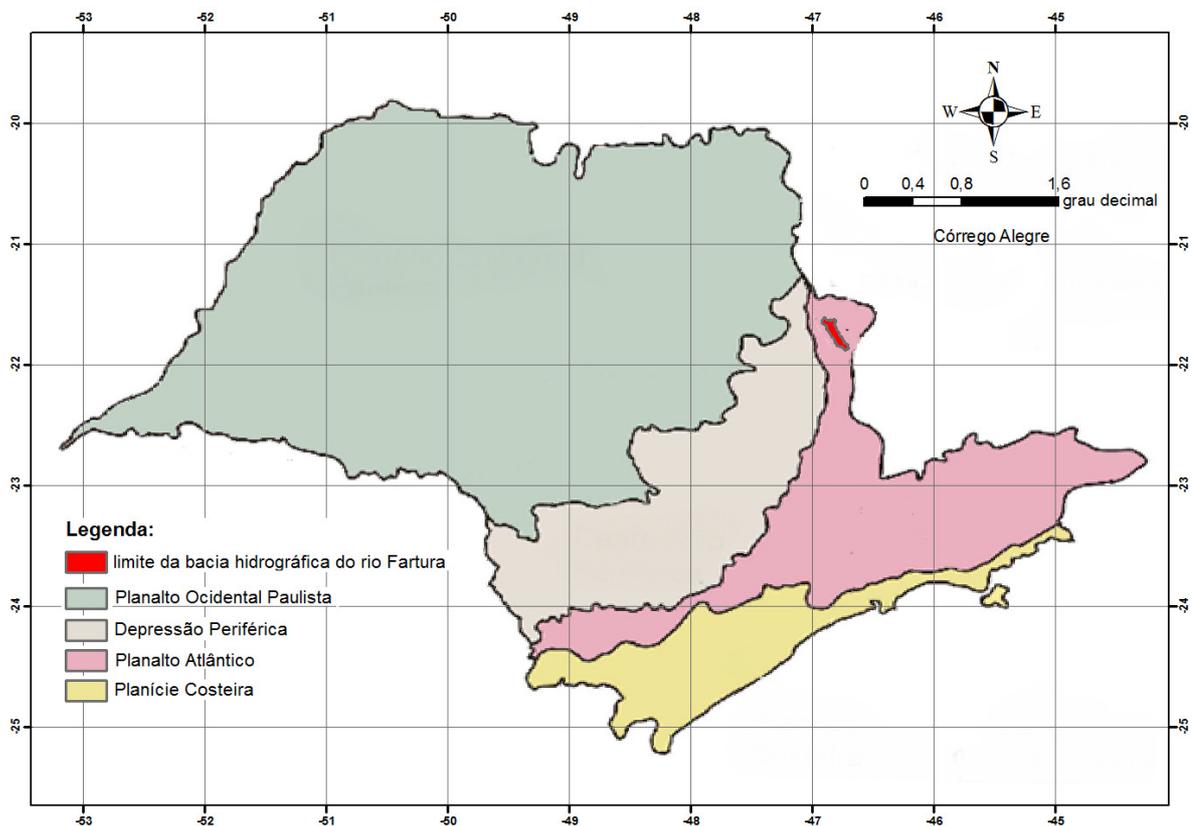


Figura 5: Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo

Fonte: Modificado de ROSS e MOROZ, 1997

A compartimentação das formas de relevo da região se dá ao longo de 2 eixos principais: à noroeste-sudeste, está essencialmente sobre os terrenos granito-migmáticos echarquíticos do Complexo Pinhal e à sudeste-nordeste, abrange também os terrenos paragnáissicos do Complexo Itapira (NETO & FIGUEIREDO, 1985).

As variações altimétricas da região são intensas chegando a um desnível de 820 m, pois em sua foz na confluência com o rio Pardo possui uma altitude da ordem de 700 m, mas em suas nascentes a altitude chega a 1520 m e a densidade de drenagem é alta, além do farto volume das águas.

O clima na região da BHRF predominante é o Cwa, havendo também o Aw, segundo a classificação KOEPPEN. Sendo que, o município de São José do Rio Pardo pertence ao tipo Aw, tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C. O mês mais seco tem precipitação inferior a 60mm e com período chuvoso que se atrasa para o outono. Já nos demais municípios da região o clima é do tipo Cwa, isto é, clima de inverno seco e verão chuvoso, com a temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e a do mês mais quente superior a 22°C.

Quadro 3: Temperatura do ar e precipitação nos municípios da BHRF

MÊS	São José do Rio Pardo			São Sebastião da Gramma			Águas da Prata			Vargem Grande do Sul		
	TEMPERATURA DO AR (C)		CHUVA (mm)	TEMPERATURA DO AR (C)		CHUVA (mm)	TEMPERATURA DO AR (C)		CHUVA (mm)	TEMPERATURA DO AR (C)		CHUVA (mm)
	mínima média	máxima média	mínima média	mínima média	máxima média	mínima média	mínima média	máxima média	mínima média	mínima média	máxima média	mínima média
JAN	18,2	29,3	257,1	16,8	27,5	258,3	17,3	28,2	262,5	18,1	29,1	260,5
FEV	18,4	29,4	204,4	17	27,4	200,5	17,5	28,2	225,4	18,3	29,2	190,3
MAR	17,7	29,2	156,7	16,3	27,3	192,8	16,8	28	195,9	17,5	28,9	161,1
ABR	15,2	27,9	70	13,8	26	89,4	14,3	26,6	89,4	15	27,6	73,2
MAI	12,5	26,1	56,5	11,1	24,3	76,6	11,6	24,8	71,8	12,3	25,8	52,7
JUN	11,2	25,1	32,5	9,7	23,4	43,9	10,2	23,8	39,5	10,9	24,7	28,3
JUL	10,7	25,4	22,5	9,2	23,6	32,9	9,7	24	27,4	10,4	25	24,9
AGO	12,1	27,7	23	10,6	25,7	32,6	11	26,2	31,4	11,8	27,2	21,5
SET	14,2	28,9	58,2	12,6	27,1	69,8	13,1	27,5	63,4	13,9	28,4	69,2
OUT	15,9	29,1	126,4	14,5	27,2	128,3	14,9	27,7	148,8	15,6	28,7	138,3
NOV	16,6	29,1	170	15,2	27,1	179	15,6	27,8	164,6	16,4	28,8	176,8
DEZ	17,7	28,9	253,4	16,2	27	263	16,8	27,6	263,3	17,5	28,6	254,4
Ano	15	28	1430,7	13,6	26,1	1567,1	14,1	26,7	1583,4	14,8	27,7	1451,2

Fonte: CEPAGRI - http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_558.html

Segundo Ladeira & Marques (2001), a região pode ser considerada, do ponto de vista geológico, uma região estável, as rochas que hoje afloram na superfície são evidências de que a região foi palco de uma história geológica complexa e muito antiga.

Segundo Iritani & Ezaki (2008), a porção leste do Estado de São Paulo (Figura 6) é constituída por rochas mais antigas, formadas há mais de 550 milhões de anos. A este conjunto de rochas denominamos Embasamento Cristalino, que constitui o Aquífero Cristalino, composto principalmente por rochas de origem ígnea, como os granitos, e metamórfica, como gnaisses, quartzitos, calcários etc. O Aquífero Cristalino localiza-se abaixo da Bacia Sedimentar do Paraná, a grandes profundidades, o que impossibilita sua utilização.

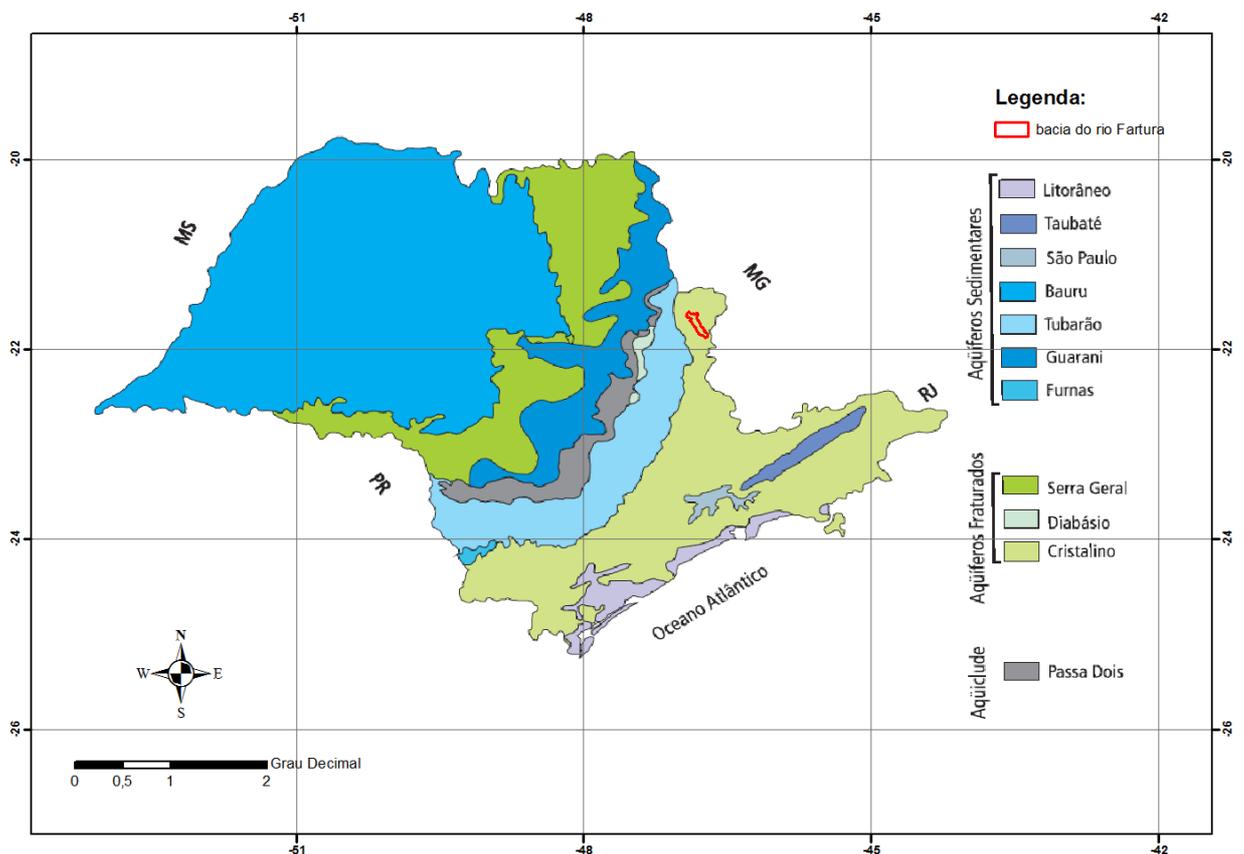


Figura 6: Principais Unidades Aquíferas do Estado de São Paulo

Fonte: adaptado de Iritani e Ezaki (2008)

De acordo com o tipo de porosidade fissural que se desenvolve nas rochas, o Cristalino é dividido em duas unidades: o Aquífero Pré-Cambriano e Pré Cambriano Cáustico. Na bacia do rio Fartura encontra-se o aquífero pré-cambriano, sua produtividade é baixa e bastante variável, estando condicionada à presença de fraturas abertas. A vazão média dos

poços é em torno de 5 m³/h (equivalente a 5.000 litros por hora), mas é comum encontrar poços próximos com vazões muito diferentes devido à variação no número, tipo, abertura e conexão das fraturas.

Segundo SÃO PAULO (2011), foi instituído o Indicador de Potabilidade das Águas Subterrâneas (IPAS), que representa o percentual das amostras de águas subterrâneas coletadas em conformidade com os padrões de potabilidade e de aceitação ao consumo humano da Portaria do Ministério da Saúde nº 518/04.

Quanto aos aquíferos, os menores valores do IPAS foram registrados nos aquíferos Pré-Cambriano (Cristalino), São Paulo, Taubaté e Bauru. As águas dos Aquífero Pré-Cambriano e Taubaté apresentaram qualidade regular em dois, dos três anos monitorados (Figura 7).

Aquíferos	2007		2008		2009	
	IPAS (%)	Parâmetros Desconformes	IPAS (%)	Parâmetros Desconformes	IPAS (%)	Parâmetros Desconformes
Bauru	76,7	alumínio, bário, crômio, ferro, nitrato, coliformes totais	80,0	bário, crômio, ferro, nitrato, coliformes totais, bactérias heterotróficas	77,6	bário, crômio, nitrato, bactérias heteotróficas, coliformes totais, Escherichia coli
Serra Geral	91,7	alumínio, coliformes totais	92,0	bactérias heterotróficas	89,3	bactérias heterotróficas
Guarani	92,3	alumínio, manganês, bactérias heterotróficas	91,9	alumínio, nitrogênio amoniacal, bactérias heterotróficas	90,2	alumínio, ferro, manganês, nitrato, bactérias heterotróficas
Tubarão	67,9	alumínio, fluoreto, manganês, sódio, coliformes totais	85,2	manganês, sódio, nitrogênio amoniacal, coliformes totais	82,1	fluoreto, manganês, sódio
Pré-Cambriano	60,0	alumínio, arsênio, chumbo, ferro, fluoreto, manganês, nitrato, bactérias heterotróficas, coliformes totais	56,9	alumínio, arsênio, chumbo, ferro, fluoreto, manganês, nitrato, bactérias heterotróficas, coliformes totais	67,8	arsênio, ferro, fluoreto, manganês, nitrato, bactérias heterotróficas, coliformes totais, Escherichia coli
Taubaté	66,7	bário, ferro	90,9	ferro	66,7	ferro, coliformes totais, bactérias heterotróficas
São Paulo	75,0	ferro, manganês	28,6	ferro, manganês, bactérias heterotróficas	87,5	alumínio, ferro, manganês, coliformes totais, bactérias heterotróficas
ESTADO DE SÃO PAULO		77,7		79,7		80,1

Figura 7: Indicador de potabilidade das águas subterrâneas por aquíferos de 2007 a 2009

Fonte: SÃO PAULO (2011)

Segundo Ladeira & Marques (2001) as rochas na região sofreram processos metamórficos formando uma grande variedade de tipos litológicos (gnaisses diversos,

migmatitos, charnoquitos, kinzigitos, e subordinadamente quartzitos, cálcio-silicáticas e mármore). Predominam na região o complexo Pinhal e o Complexo Varginha.

O Complexo Pinhal é composto de migmatito granítico, gnaiss e intercalação de rochas metassedimentares, intrusões graníticas, granodioríticas e charnoquíticas com intercalações de xistos e gnaisses.

Conforme levantamento do RADAM BRASIL o Complexo Varginha possui litologias fáceis granulíticas existentes no Maciço de Guaxupé, com rochas de arranjo complexo associados a migmatitos, podendo exibir variações laterais de fáceis desde granulito até anfibolito alto. Há predomínio de granitos profiróides ricos em megacristais róseos microclíneo, com matriz granodiorítica à fonalítica e migmatitos de estruturas diversas separadas por dreas na bacia do rio Fartura dentro deste Complexo.

Os solos podzólicos vermelho-amarelos (PVA) predominam na região e são caracterizados pelo grande aumento de argila em profundidade. A velocidade de infiltração da água é muito rápida na superfície e lenta em subsuperfície, ocasionando erosão severa. Conforme Oliveira et al 1999, são solos eutróficos composto por argissolos vermelhos, com horizonte A moderado e textura média argilosa e argilosa, situando-se em relevo montanhoso e fortemente ondulado. Localizam-se principalmente nos municípios de José do Rio Pardo, São Sebastião da Gama e São Roque da Fartura.

Em Vargem Grande do Sul há predomínio de terras brunas estruturadas, com solos distróficos, horizonte A proeminente, textura argilosa e relevo montanhoso.

Quanto ao uso do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Fartura, a caracterização da agricultura nos municípios que abrangem a região ocorre da seguinte maneira:

Quadro 4: Porcentagem de culturas permanentes nos municípios da BHRF

Nome do Município	município (ha)	culturas permanentes (área plantada em 2010)							
		café (ha)	café (%)	laranja (ha)	laranja (%)	Maracujá (ha)	Maracujá (%)	Limão (ha)	Limão (%)
São Sebastião da Gramma	25238	6240	24,72%		0,00%		0,00%		0,00%
São José do Rio Pardo	41.918,60	2130	5,08%	13	0,03%	20	0,05%		0,00%
Vargem Grande do Sul	26723,2	502	1,88%	525	1,96%		0,00%	26	0,10%
Águas da Prata	14296,1	1000	6,99%		0,00%		0,00%		0,00%

Fonte: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>

Quadro 5: Porcentagem de culturas temporárias nos municípios da BHRF

Nome do Município	município (ha)	culturas temporárias (área plantada em 2010)													
		batata		cana		cebola		feijão		tomate		milho		soja	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
São Sebastião da Grama	25238	150	0,59%	740	2,93%		0,00%		0,00%		0,00%	300	1,19%		0,00%
São José do Rio Pardo	41.918,60		0,00%	3703	8,83%	1360	3,24%		0,00%	70	0,17%	200	4,77%		0,00%
Vargem Grande do Sul	26723,2	1700	6,36%	7000	26,19%		0,00%	1500	5,61%		0,00%	240	8,98%	200	0,75%
Águas da Prata	14296,1	120	0,84%	70	0,49%		0,00%	70	0,49%		0,00%	600	4,20%		0,00%

Fonte: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>

O levantamento da cobertura vegetal do Instituto Florestal mostra que a maioria dos fragmentos vegetais da região abrange pequenas áreas. Apenas em São Sebastião da Grama existe uma área superior a 200 hectares e proporcionalmente é o município que possui uma maior cobertura de vegetação nativa.

Quadro 6: Relação dos municípios da BHRF com indicação das áreas de vegetação remanescente e respectiva condição de fragmentação

MUNICÍPIO	ÁREA (ha)	VEG.NAT. (ha)	%	U.C. (ha) *	%	NÚMERO DE FRAGMENTOS POR CLASSE DE SUPERFÍCIE						TOTAL
						<10 ha	10-20	20-50	50-100	100-200	>200	
S.José do Rio Pardo	40.700	3.579	8,8			159	39	41	5	5		249
São Sebastião da Grama	23.500	2.577	11,0			99	18	11	9	3	1	141
Vargem Gde.do Sul	26.700	1.615	6,0			131	17	18	4	1		171

Fonte: Instituto Florestal. Disponível em: <http://www.iflorestal.sp.gov.br/sifesp/tabelas/tabelas.html>

3.2. CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA

Para a caracterização sócio-econômica da região foram utilizados dados do SEADE, Plano da bacia hidrográfica do Pardo de 2008 a 2011 (CBH-PARDO, 2008), o relatório de águas do interior da CETESB de 2010 (CETESB, 2010a) e o Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares CETESB (2010b). Apesar da bacia não ocupar os municípios inteiramente, os dados a seguir caracterizam a região de estudo como um todo.

O quadro seguir mostra que são cidades com baixo índice populacional e alto grau de envelhecimento. A cidade de Vargem Grande do Sul destaca-se por ter uma maior densidade populacional e São Sebastião da Grama é a única a ter uma taxa negativa no crescimento populacional.

Quadro 7: Dados de território e população dos municípios que abrangem a BHRF

Território e População	Ano	Águas da Prata	São José do Rio Pardo	São Sebastião da Grama	Vargem Grande do Sul	Reg. Gov.	Estado
Área (Em km2)	2012	142,59	419,02	252,18	266,53	6.198,50	248.209,43
População	2011	7.627	52.075	12.068	39.553	473.641	41.692.668
Densidade Demográfica (Habitantes/km2)	2011	53,49	124,28	47,85	148,40	76,41	167,97
Taxa Geométrica de Crescimento Anual da População - 2000/2010 (Em % a.a.)	2010	0,62	0,37	-0,28	0,80	0,49	1,09
Grau de Urbanização (Em %)	2010	89,27	88,55	65,88	94,93	88,81	95,94
Índice de Envelhecimento (Em %)	2011	103,06	76,13	61,56	58,58	67,89	53,79
População com Menos de 15 Anos (Em %)	2011	17,98	19,12	21,58	21,88	20,37	21,48
População com 60 Anos e Mais (Em %)	2011	18,53	14,56	13,28	12,82	13,83	11,55

Fonte: Fundação SEADE – Perfil dos municípios

Quanto às condições vitais da população nota-se que a taxa de natalidade nos municípios é bem inferior à do Estado, entretanto São José do Rio Pardo e Vargem Grande do Sul possuem uma taxa superior à Região de Governo. Cabe destacar também a taxa de mortalidade da população entre 15 e 34 anos em São Sebastião da Grama e Vargem Grande do Sul que estão bem abaixo na mesma em comparação à Região de Governo e ao Estado (Quadro 8).

Quadro 8: Estatísticas vitais e de saúde da população dos municípios que abrangem a BHRF

Estatísticas Vitais e Saúde	Ano	Águas da Prata	São José do Rio Pardo	São Sebastião da Grama	Vargem Grande do Sul	Reg. Gov.	Estado
Taxa de Natalidade (Por mil habitantes)	2010	9,37	12,41	11,57	13,84	12,31	14,59
Taxa de Fecundidade Geral (Por mil mulheres entre 15 e 49 anos)	2010	37,00	45,63	44,16	50,92	45,92	51,12
Taxa de Mortalidade Infantil (Por mil nascidos vivos)	2010	-	13,98	-	5,52	12,41	11,86
Taxa de Mortalidade da População entre 15 e 34 Anos (Por cem mil habitantes nessa faixa etária)	2010	269,91	121,80	75,38	93,01	102,24	117,98

Estatísticas Vitais e Saúde	Ano	Águas da Prata	São José do Rio Pardo	São Sebastião da Gramma	Vargem Grande do Sul	Reg. Gov.	Estado
Taxa de Mortalidade da População de 60 Anos e Mais (Por cem mil habitantes nessa faixa etária)	2010	3.276,35	3.547,32	3.731,34	4.771,37	4.072,90	3.638,16

Fonte: Fundação SEADE – Perfil dos municípios

Os indicadores do IPRS sintetizam a situação de cada município no que diz respeito a riqueza, escolaridade e longevidade, e quando combinados geram uma tipologia que classifica os municípios do Estado de São Paulo em cinco grupos, conforme as características descritas no quadro a seguir.

Quadro 9: Grupos de IPRS

Grupos	Crítérios	Descrição
Grupo 1	Alta riqueza, média longevidade e média escolaridade	Municípios que se caracterizam por um nível elevado de riqueza com bons níveis nos indicadores sociais
	Alta riqueza, média longevidade e alta escolaridade	
	Alta riqueza, alta longevidade e média escolaridade	
	Alta riqueza, alta longevidade e alta escolaridade	
Grupo 2	Alta riqueza, baixa longevidade e baixa escolaridade	Municípios que, embora com níveis de riqueza elevados, não são capazes de atingir bons indicadores sociais
	Alta riqueza, baixa longevidade e média escolaridade	
	Alta riqueza, baixa longevidade e alta escolaridade	
	Alta riqueza, média longevidade e baixa escolaridade	
	Alta riqueza, alta longevidade e baixa escolaridade	
Grupo 3	Baixa riqueza, média longevidade e média escolaridade	Municípios com nível de riqueza baixo, mas com bons indicadores sociais
	Baixa riqueza, média longevidade e alta escolaridade	
	Baixa riqueza, alta longevidade e média escolaridade	
	Baixa riqueza, alta longevidade e alta escolaridade	
Grupo 4	Baixa riqueza, baixa longevidade e média escolaridade	Municípios que apresentam baixos níveis de riqueza e níveis intermediários de longevidade e/ou escolaridade
	Baixa riqueza, baixa longevidade e alta escolaridade	
	Baixa riqueza, média longevidade e baixa escolaridade	

Grupos	Critérios	Descrição
	Baixa riqueza, alta longevidade e baixa escolaridade	
Grupo 5	Baixa riqueza, baixa longevidade e baixa escolaridade	Municípios mais desfavorecidos do Estado, tanto em riqueza como nos indicadores sociais

Fonte: Fundação Seade. Índice Paulista de Responsabilidade Social - IPRS

O Quadro 10 dimensiona as categorias de IPRS.

Quadro 10: Parâmetros para a classificação dos municípios, por dimensões do IPRS, segundo categorias

Categorias	Ano	Dimensões do IPRS		
		Riqueza	Longevidade	Escolaridade
Baixa	2000	Até 49	Até 64	Até 40
	2002	Até 40	Até 66	Até 50
	2004	Até 42	Até 68	Até 53
	2006	Até 45	Até 70	Até 64
	2008	Até 48	Até 71	Até 67
Média	2000	-	65 a 71	41 a 46
	2002	-	67 a 72	51 a 55
	2004	-	69 a 72	54 a 57
	2006	-	71 a 73	65 a 67
	2008	-	72 a 73	68 a 70
Alta	2000	50 e mais	72 e mais	47 e mais
	2002	41 e mais	73 e mais	56 e mais
	2004	43 e mais	73 e mais	58 e mais
	2006	46 e mais	74 e mais	68 e mais
	2008	49 e mais	74 e mais	71 e mais

Fonte: Fundação Seade. Índice Paulista de Responsabilidade Social – IPRS

Tanto em 2006 como em 2008 os municípios de Águas da Prata, São José do Rio Pardo e Vargem Grande do Sul enquadraram-se no grupo 4, já o município de São Sebastião da Grama enquadrou-se no grupo 5 (Quadro 11).

Quadro 11: Condições de vida dos municípios da BHRF

Condições de Vida	Ano	Águas da Prata	São José do Rio Pardo	São Sebastião da Grama	Vargem Grande do Sul	Reg. Gov.	Estado
Índice Paulista de Responsabilidade Social - IPRS - Dimensão Riqueza	2006	37 baixa	44 baixa	38 baixa	39 baixa	42 baixa	55 alta
	2008	40 baixa	47 baixa	39 baixa	41 baixa	44 baixa	58 alta
Índice Paulista de Responsabilidade Social - IPRS - Dimensão Longevidade	2006	77 alta	69 baixa	60 baixa	71 média	68 baixa	72 média
	2008	78 alta	77 alta	58 baixa	76 alta	69 baixa	73 média
Índice Paulista de Responsabilidade Social - IPRS - Dimensão Escolaridade	2006	63 baixa	66 média	56 baixa	59 baixa	63 baixa	65 média
	2008	64 baixa	66 baixa	61 baixa	62 baixa	65 baixa	68 média
Índice de Desenvolvimento Humano - IDH	2000	0,81	0,815	0,778	0,802	...	0,814

Fonte: Fundação SEADE – Perfil dos municípios

Quanto à economia São Sebastião da Grama destaca-se na agropecuária e São José do Rio Pardo no setor industrial, o setor de serviços trás um grande rendimento aos municípios vê-se aí um destaque à Vargem Grande do Sul. Ao analisar o PIB per capta, o município de São José do Rio Pardo possui melhores índices, se posicionado acima da média da região de governo (Quadro 12).

Quadro 12: Economia da BHRF

Economia	Ano	Águas da Prata	São José do Rio Pardo	São Sebastião da Grama	Vargem Grande do Sul	Reg. Gov.	Estado
Participação nas Exportações do Estado (Em %)	2010	-	0,047713	0,020635	0,000437	0,670969	100
Participação da Agropecuária no Total do Valor Adicionado (Em %)	2009	2,96	6,39	14,73	9,13	11,21	1,62
Participação da Indústria no Total do Valor Adicionado (Em %)	2009	17,82	35,52	12,87	13,20	24,46	29,04

Economia	Ano	Águas da Prata	São José do Rio Pardo	São Sebastião da Grama	Vargem Grande do Sul	Reg. Gov.	Estado
Participação dos Serviços no Total do Valor Adicionado (Em %)	2009	79,22	58,09	72,40	77,68	64,33	69,34
PIB (Em milhões de reais correntes)	2009	192,79	1.017,56	152,93	435,66	6.591,62	902.784,27
PIB per Capita (Em reais correntes)	2009	24.927,38	19.097,96	11.772,84	11.125,10	14.335,05	22.667,25
Participação no PIB do Estado (Em %)	2009	0,017779	0,093840	0,014103	0,040177	0,730143	100

Fonte: Fundação SEADE – Perfil dos municípios

Segundo CBH-PARDO (2008), o sistema de abastecimento público da região (Quadro 13) mostra-se com 100% de atendimento, sendo em sua maioria superficial. São José do Rio Pardo e Vargem Grande do Sul possuem um alto volume de captação, entretanto não há dados quanto a consumo e perdas. Em São Sebastião da Grama há um alto consumo per capita e uma grande quantidade de perdas, necessitando de uma otimização do sistema. Com exceção do Distrito de São Roque da Fartura os demais municípios possuem concessão municipal.

Quadro 13: Dados sobre o sistema público de abastecimento de água nos municípios

Município	Pop. (hab)	Atend. (%)	Manancial	Operação	nº ligações	Volume Captado (m³/mês)	Volume Micro-medido (m³/mês)	Consumo per capita (l/hab.dia)	Ext. da rede (Km)	Perdas (%)
Distrito São Roque da Fartura e Areias (Água da Prata**)	1.500 (***)	100	Superf.	Sabesp	200	3348	2652	203	29,2	20,8
São José do Rio Pardo	5.758	100	Superf.	Prefeitura	15456	712800	(*)	(*)	280	(*)
São Sebastião da Grama	50.036	100	Superf.	Prefeitura	2528	90000	45000	375	40	50,0
Vargem Grande do Sul	12.921	100	subt. / superf.	Prefeitura	11876	456364	(*)	(*)	226	(*)

Fonte: Plano de Bacia 2008-2011 (CBH-PARDO, 2008)

(*) não constam informações;

(**) Considerados somente dados referentes à parte do município inserida na UGRHI 4;

(***) Informado pelo próprio município

O quadro a seguir mostra que Águas da Prata, São José do Rio Pardo e São Sebastião da Grama possuem captações que não são outorgadas.

Quadro 14: Captações e tratamento da água nos municípios

Município	nº de poços em operação	nº de poços desativados	nº de poços outorgados DAEE	nº de captações superficiais	nº de captações superficiais outorgados DAEE	Nome do manancial	Tipo de estação de tratamento
Águas da Prata**	0	0	0	1	0	Ribeirão da Fartura	Filtro Gravitacional Descendente
São José do Rio Pardo	0	0	0	4	0	Rio Pardo e Rio Fartura	ETA convencional
São Sebastião da Grama	0	0	0	1	0	Córrego Anhumas	ETA convencional
Vargem Grande do Sul	1	0	1	1	1	Rio Verde	ETA convencional

Fonte: Plano de Bacia 2008-2011 (CBH-PARDO 2008)

(**) Considerados somente dados referentes à parte do município inserida na UGRHI 4

Conforme CETESB (2010a), o sistema de tratamento do esgotamento sanitário na região mostra-se precário. O Quadro 15 mostra que o corpo receptor de esgoto em São Sebastião da Grama é o rio Fartura e que apenas 30% do esgoto é tratado com uma eficiência de 94%.

Quadro 15: Condições do esgotamento sanitário nos municípios que abrangem a BHRF

Município	Concessão	População IBGE 2010		Atendimento (%)		Eficiência (%)	Carga Poluidora (kg DBO/dia)		ICTEM	Corpo Receptor
		Total	Urbana	Coleta	Tratam.		Potencial	Remanesc.		
São José do Rio Pardo	SAE	51.910	45.974	92	4	55,7	2.483	2.432	1,6	rio Pardo
São Sebastião da Grama	DAE	12.100	7.970	98	30	94,0	430	311	3,9	córrego da Fartura
Vargem Grande do Sul	DAE	39.266	37.274	100	98	93,0	2.013	178	9,8	rios Verde

Fonte: Relatório das águas do interior CETESB (2010a)

Segundo CETESB (2010b), o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos – IQR baseia-se em critérios que consideram a vida útil dos aterros, características do solo, proximidade de núcleos habitacionais e de corpos d'água, presença de catadores e de animais, cercamento da área e outras, são conferidos pontos aos municípios. Os que alcançam de zero a 6 pontos, são enquadrados no IQR como inadequados (I), de 6 a 8 como controlados (C) e mais de 8 como adequados (A).

Em 2007, São Sebastião da Grama e Vargem Grande do Sul constavam inadequadas, entretanto Vargem Grande do Sul já possuía um termo de ajustamento de conduta. Em São José do Rio Pardo o aterro já possuía licença de instalação, mas não a licença de operação. E São Roque da Fartura possuía um aterro operante e controlado.

Quadro 16: Condições dos resíduos sólidos domiciliares nos municípios que abrangem a BHRF

MUNICÍPIO	AGÊNCIA CETESB	Lixo (t/dia)	INVENTÁRIO									Enquadramento	TAC	LI	LO
			1997	1999	2001	2003	2005	2007	2008	2009	2010				
			IQR	IQR	IQR	IQR	IQR	IQR	IQR	IQR	IQR				
SÃO JOSÉ DO RIO PARDO	S J Rio Pardo	18,4	7,2	8,5	7,1	4,4	6,2	8,4	8,0	6,3	8,1	A	Não	Sim	Sim
SÃO SEBASTIÃO DA GRAMA	S J Rio Pardo	3,2	4,4	3,5	4,4	7,0	4,2	3,6	6,2	6,6	5,3	I	Não	Não	Não
VARGEM GRANDE DO SUL	S J Boa Vista	14,9	3,1	5,5	2,5	2,6	2,2	1,6	1,8	1,8	2,6	I	Não	Não	Não

Fonte: Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares CETESB (2010b)

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do zoneamento geoambiental e o disciplinamento do uso do solo em bacias hidrográficas com diretrizes para o ordenamento territorial a partir de cenários de ocupação foi baseada na análise do meio físico e suas relações com o meio antrópico, visando a capacidade de suporte do meio ambiente.

Para isto, primeiramente foi desenvolvido um banco de dados geográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Fartura (BHRF) na escala 1:50.000, no sistema Córrego Alegre, UTM, 23s, com atributos do meio físico considerados essenciais e necessários à elaboração do Zoneamento Geoambiental a partir da adaptação do método de Zuquette & Gandolfi (2004). O Quadro 17 apresenta alguns dos atributos e análise dos documentos cartográficos.

Quadro 17: Metodologia para a elaboração do Zoneamento Geoambiental

Componente do Meio Físico	Tipo	Atributo
Águas	Superficiais	Escoamento Superficial
		Bacias Hidrográficas
		Carta de Disponibilidade Hídrica
Geomorfologia	Morfometria	Declividade
		Amplitude de Relevo (hipsométrico)
	Morfologia	Unidades Básicas de Compartimentação
Geologia	Substrato Rochoso	Litologia
	Materiais Inconsolidados (gerais)	Origem (residual/retrabalhado)
		Textura
		Variação em profundidade (perfis de alteração)
		Condutividade Hidráulica
		Condições de Compactação
Feições do Tecnógeno	Localização das fontes poluidoras (aterros, cemitérios, indústrias, mineração)	
Biológico	Restrições à ocupação	APPs e Unidades de conservação
Climático	Pluviosidade	Mapa Pluviométrico
Sócio-econômico	Infraestrutura	Mapa com Captações e Lançamentos

Fonte: adaptado de Zuquette & Gandolfi (2004).

A Figura 8 mostra o procedimento para obtenção destes atributos.

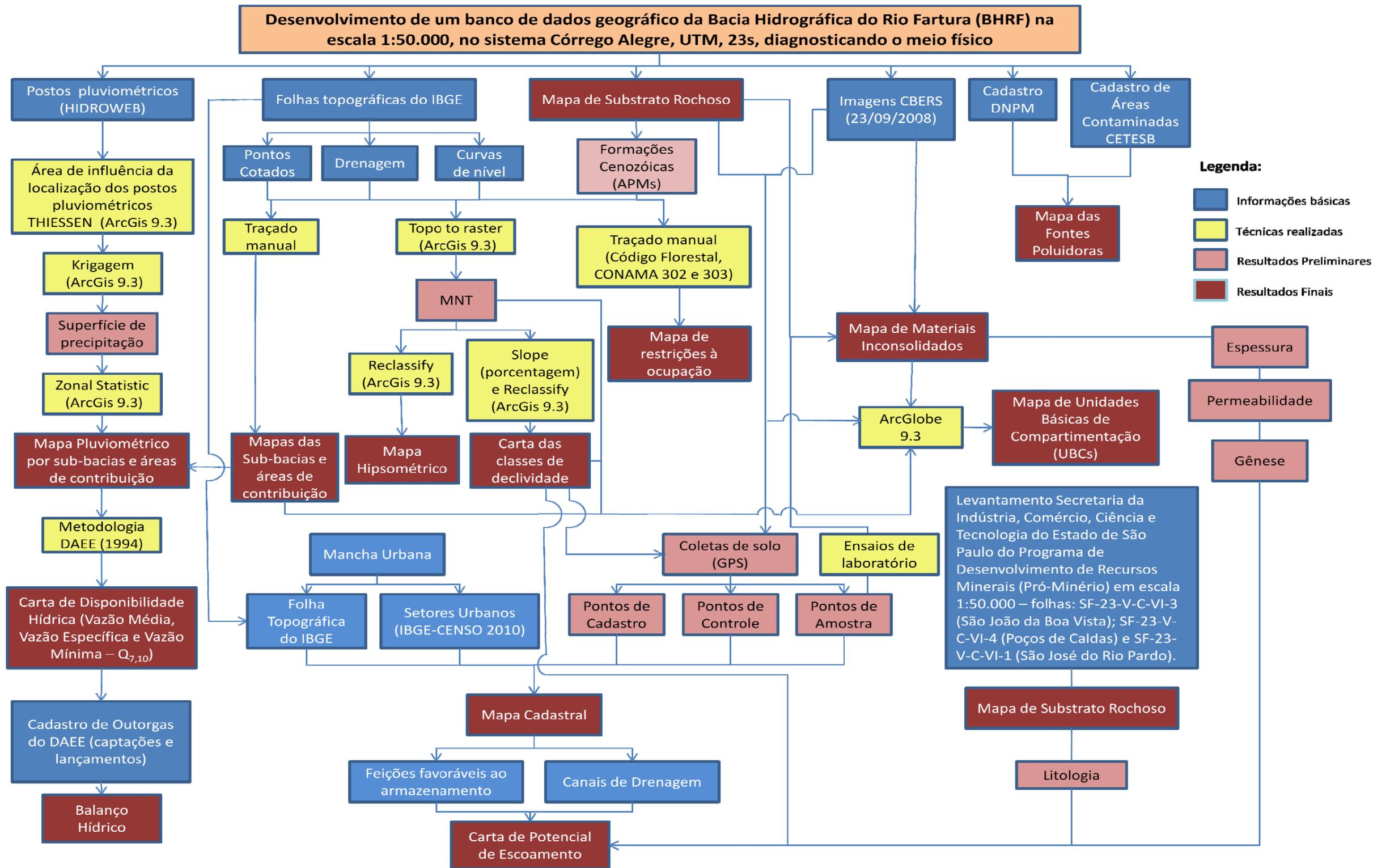


Figura 8: Fluxograma de desenvolvimento do banco de dados geográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Fartura (BHRF) na escala 1:50.000, com atributos do meio físico considerados essenciais e necessários à elaboração do Zoneamento Geoambiental

Fonte: Adaptado de Zuquette & Gandolfi (2004)

Para obter as diretrizes para o ordenamento territorial perante os conflitos da ocupação urbana e a capacidade de suporte do meio ambiente, foram analisados o potencial de expansão urbana de São José do Rio Pardo, São Sebastião da Gramma e o distrito de São Roque da Fartura em Águas da Prata e o potencial para o uso agrícola na Bacia Hidrográfica do Rio Fartura em diferentes cenários de ocupação. O fluxograma a seguir mostra os procedimentos executados (Figura 9).

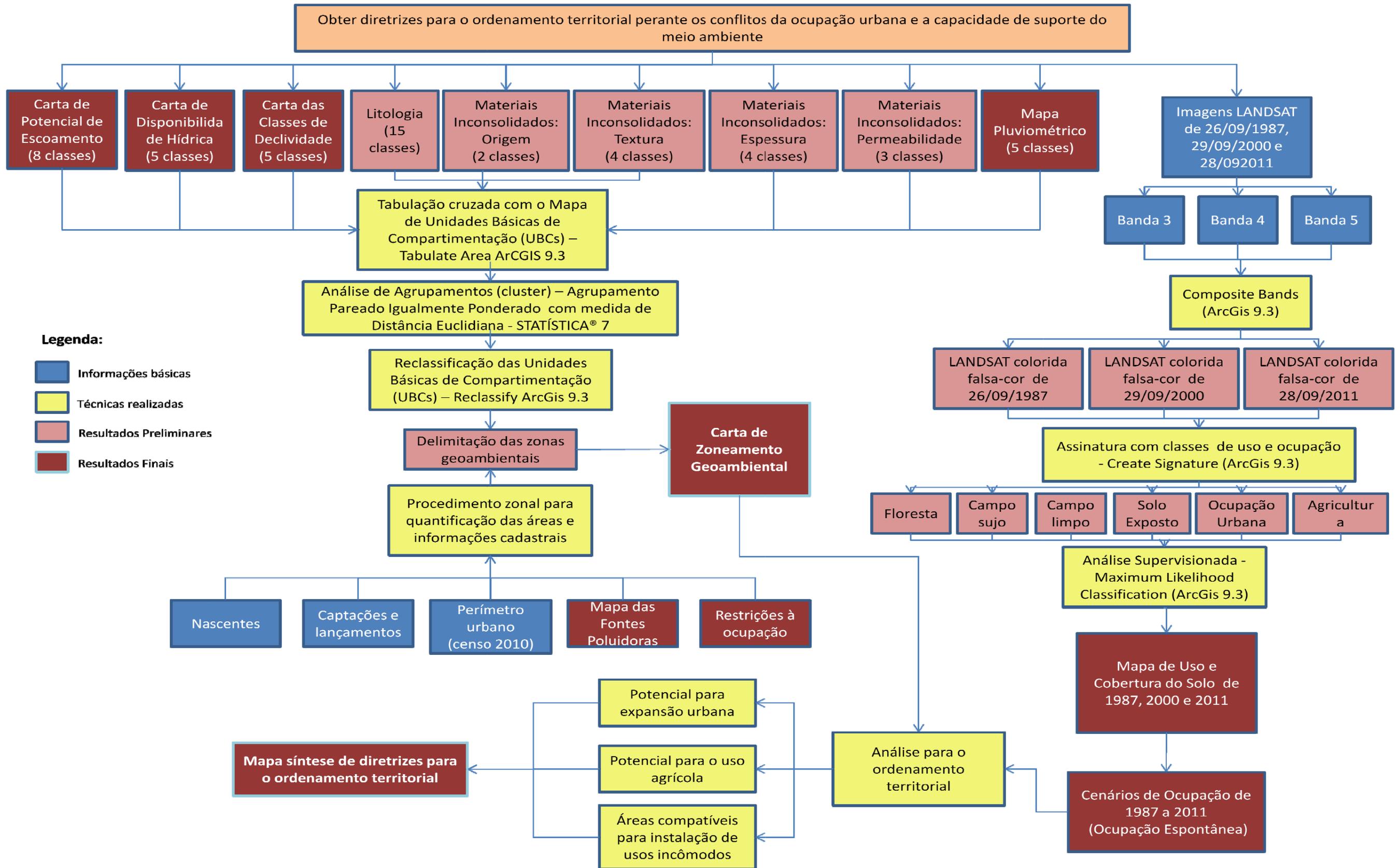


Figura 9: Fluxograma para o desenvolvimento de diretrizes para o ordenamento territorial perante os conflitos da ocupação urbana e a capacidade de suporte do meio ambiente

4.1. COLETA DE DADOS, TRATAMENTO E MAPEAMENTO DOS ATRIBUTOS

O princípio da coleta de dados para o mapeamento dos atributos baseou-se na elaboração de um banco de dados em Sistema de Informações Geográficas, formado inicialmente com dados e informações básicas, transformadas em atributos do meio físico para o mapeamento dos atributos e finalmente a Carta de Zoneamento Geoambiental. A seguir serão demonstradas as formas de obtenção dos mapas inerentes deste processo.

4.1.1. MAPA CADASTRAL

O mapa cadastral foi elaborado a partir das folhas topográficas do IBGE, na escala 1:50.000, que cobrem a região (São José do Rio Pardo → SF-23-V-C-VI-1, São João da Boa Vista → SF-23-V-C-VI-3 e Poços de Caldas → SF-23-V-C-VI-4). O Sistema de projeção utilizado foi o Universal Transverso de Mercator – UTM, sendo adotado o elipsóide Córrego Alegre com meridiano central 45º WGr, seguindo as projeções das folhas topográficas.

Encontram-se indicados neste documento os pontos de amostragem de solo, identificados como pontos de amostra, controle e cadastro. Os pontos puderam ser inseridos pela obtenção das coordenadas com auxílio de receptor GPS (WGS 84), durante o procedimento de amostragem. Ao transpor estes dados para o mapa foi realizado o procedimento de conversão de WGS 84 para Córrego Alegre, UTM 23s.

O planejamento dos pontos de amostragem foi efetuado sobre este mapa, com auxílio das folhas topográficas, mapa de sub-bacias, carta de declividade e o mapa de substrato rochoso. Todos os pontos foram transformados para o sistema de projeção Universal Transverso de Mercator – UTM, elipsóide Córrego Alegre, com meridiano central 45º WGr para compatibilização com as demais informações do mapa.

Este documento apresenta ainda as principais vias rurais, a área urbanizada e os corpos d'água, elementos estes de grande auxílio na obtenção de pontos de controle e para o georreferenciamento das imagens de sensoriamento remoto.

4.1.2. MODELO NUMÉRICO DE TERRENO

O termo Modelo Numérico do Terreno (ou MNT) é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Comumente associados à altimetria, também podem ser utilizados para modelar grandezas

geoquímicas, como o teor de minerais, ou propriedades do solo, como o teor de matéria orgânica, a acidez ou a condutividade elétrica. Pode ser definido como um modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos (x, y) , em um referencial qualquer, com atributos denotados de z , que descrevem a variação contínua da superfície. (CÂMARA, 1996).

O procedimento de interpolação utilizado foi o *Topo to Raster* do *software* ArcGis 9.3, o qual utiliza a informação inerente aos contornos para construir um modelo de drenagem generalizada. Ao identificar áreas de curvatura máxima local em cada contorno, as áreas de inclinação mais acentuadas são identificadas, e uma rede de fluxos e cristas é criada (HUTCHINSON, 1988). Esta informação é usada para assegurar propriedades geomorfológicas adequadas da saída do MNT e pode também ser utilizado para verificar a precisão da saída do MNT.

Este método utiliza uma técnica iterativa de interpolação de diferenças finitas. Ele é otimizado para ter a eficiência computacional dos métodos de interpolação locais, tais como a interpolação da distância inversa ponderada (IDW), sem perder a continuidade da superfície de métodos de interpolação globais, como a Krigagem e Spline.

Para a produção do MNT foram utilizados: curvas de nível, pontos cotados e hidrografia das folhas topográficas do IBGE na escala 1:50.000, estas informações foram digitalizadas ultrapassando 2km da abrangência do limite da bacia em toda a sua extensão, para que não houvessem erros ocasionados pela relação de contorno. Após gerar a superfície do MNT foi utilizado o *Extract by Mask* do *software* ArcGis 9.3, para delimitação do MNT no limite da bacia hidrográfica do rio Fartura, conforme Figura 10.

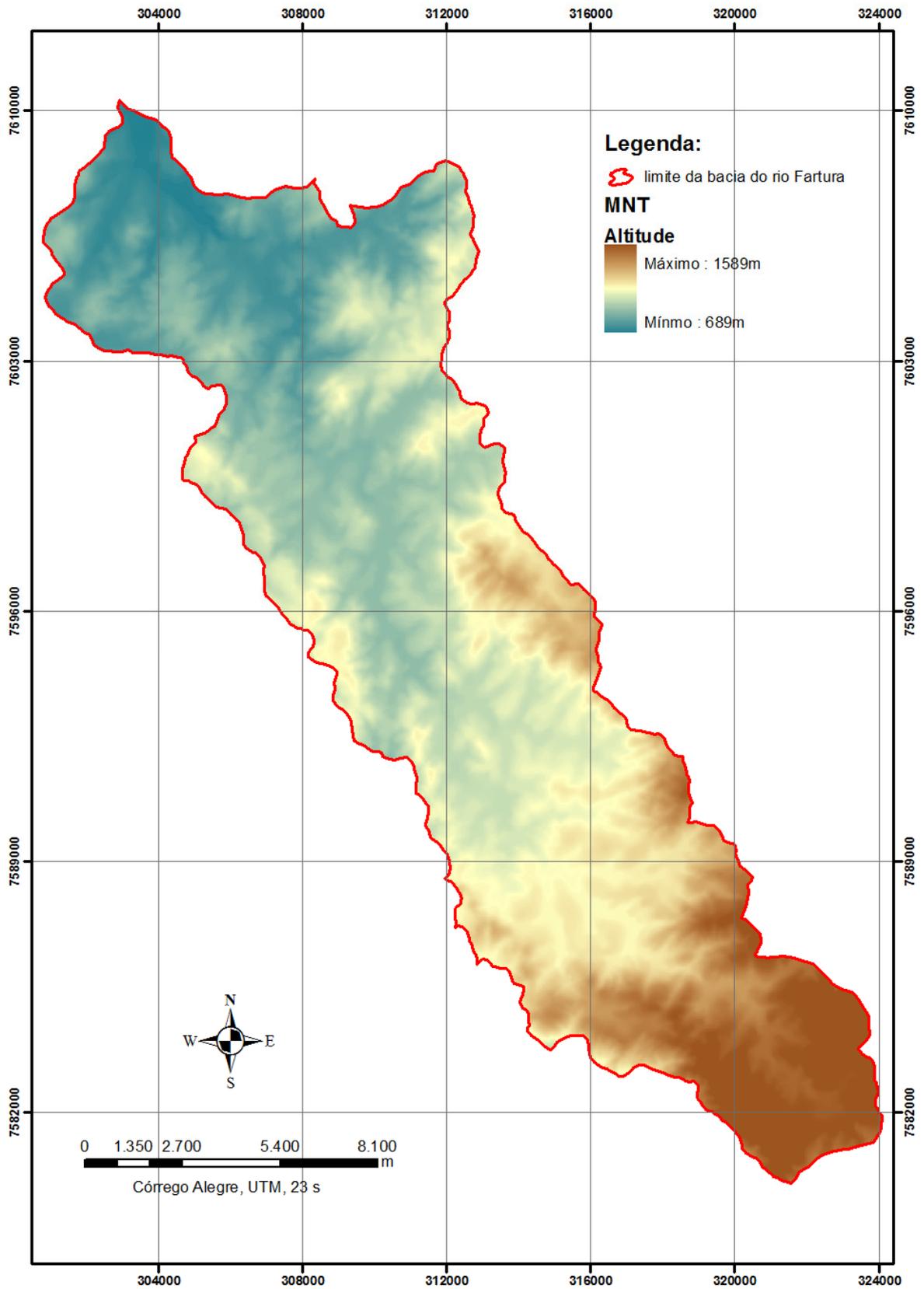


Figura 10: MNT da bacia do rio Fartura

A partir deste MNT foram gerados o mapa hipsométrico, a carta de declividades e um modelo em 3 dimensões da área de estudo.

4.1.3. MAPA HIPSOMÉTRICO

Esta carta foi gerada, a partir do Modelo Numérico do Terreno, agrupando a altimetria em faixas de 100 em 100 metros, a partir do comando *Reclassify* do *software* ArcGis 9.3, de modo que as variações de altitude pudessem ser visualizadas de uma forma mais sintética e abrangente.

4.1.4. CARTA DAS CLASSES DE DECLIVIDADES

A carta das classes de declividades representa as variações topográficas da superfície do terreno, agrupadas em faixas de inclinação do terreno, classificadas dentro dos intervalos de interesse para análise da ocupação pretendida.

Esta carta foi desenvolvida a partir do MNT e o comando *Slope* do *software* ArcGis 9.3, o qual calcula a taxa máxima de alteração no valor a partir dessa célula aos seus vizinhos. Basicamente, a alteração máxima na elevação ao longo da distância entre a célula e seus oito vizinhos identifica a descida mais íngreme declive a partir da célula.

O valor da inclinação deste plano é calculada utilizando a técnica de média máxima. O raster inclinação de saída pode ser calculada em dois tipos de unidades: graus ou porcentagem.

A superfície de declividade foi gerada em graus para a verificação de áreas restritivas à ocupação e fatiada (comando *Reclassify* do ArcGis 9.3) nos seguintes intervalos de declividade: 0 - 17°, 17 - 25°, 25 - 45° e acima de 45°, em função de sua aplicabilidade na análise da efetividade da legislação ambiental para a proteção dos recursos naturais da bacia.

Para que se tenha uma melhor visão do relevo da região, foi gerada também uma superfície em porcentagens %, a qual foi fatiada (comando *Reclassify* do ArcGis 9.3) nas classes: 0 – 5%; 5 a 20%; 20 – 30%; 30 – 45% e >45%.

4.1.5. MAPA DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS E ÁREAS DE CONTRIBUIÇÕES

O traçado das bacias foi realizado a partir das curvas de nível, hidrografia e pontos cotados das folhas topográficas do IBGE. A subdivisão destas foi feita por afluentes

que continham sua foz no rio da Fartura, quando o córrego não possuía nome na folha do IBGE foi traçada uma área de contribuição. A delimitação das sub-bacias e áreas de contribuição foi feita a partir da margem esquerda e direita do rio Fartura sendo assim:

- Margem direita:
 - Área de contribuição da margem direita do rio Fartura (1 a 11);
 - Córrego Biazão;
 - Córrego do Veado;
 - Córrego da Anhuma;
 - Córrego da Forquilha;
 - Córrego São João;
 - Córrego do Cigano;
 - Córrego do Leme.
- Margem Esquerda:
 - Área de contribuição da margem esquerda do rio Fartura (1 a 10);
 - Córrego do Açude ou de Manuel de Andrade;
 - Córrego Ibimbaé;
 - Córrego do Batista
 - Córrego São Luís.

4.1.6. MAPA DE RESTRIÇÕES À OCUPAÇÃO

Para a delimitação espacial das áreas restritivas à ocupação foram atualizadas sob as imagens de satélite CBERS-2B (HRC): os rios, lagoas, reservatórios e nascentes e adotados os critérios mais rígidos quanto ao nível de preservação apresentados pelo Código Florestal e pelas Resoluções CONAMA 302/02 e 303/02.

Os limites foram determinados a partir do comando *Buffer* do *software* ArcGis 9.3 para delimitação das faixas dos rios, lagoas, reservatórios e nascentes. Já a delimitação dos topos de morros foi realizada manualmente, baseado nas curvas de nível das folhas topográficas do IBGE na escala 1:50.000 e as APMs (áreas com potencialidade de recarga de aquífero profundo) foram delimitadas com base nas informações do Mapa de Substrato Rochoso em escala 1:50.000 (Quadro 18).

Quadro 18: Critérios adotados para a confecção da carta de legislação ambiental

ÁREAS PROTEGIDAS	REFERÊNCIA	CRITÉRIO
Áreas marginais aos rios com largura até 10m	Código Florestal	Faixa de 30m
Áreas marginais às lagoas	Resolução CONAMA	Faixa de 50m

ÁREAS PROTEGIDAS	REFERÊNCIA	CRITÉRIO
Áreas marginais aos reservatórios	Resolução CONAMA	Faixa de 15m
Áreas marginais às nascentes	Resolução CONAMA	Faixa de 50m
Áreas de topo	Código Florestal	Topo de morros
Áreas com potencialidade de recarga de aquífero profundo (APMs)	Decreto Estadual	Área de Proteção Máxima

Cabe ressaltar que em 25 de maio de 2012 foi instituído o Novo Código Florestal (LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012) que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências e na mesma data também foi lançada a MEDIDA PROVISÓRIA Nº 571, DE 25 DE MAIO DE 2012 que altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Desta forma a reaplicação desta metodologia para o desenvolvimento do mapa de restrições à ocupação deve ser baseada nestas legislações ou noutras novas alterações que surgirem.

4.1.7. MAPA PLUVIOMÉTRICO

Para a obtenção da superfície de precipitação foram selecionados postos pluviométricos que formam um polígono que abrange a área de drenagem da bacia do rio Fartura como um todo. Para verificação da abrangência dos poços foram traçados os polígonos de Thiessen com o comando *Create Thiessen Polygons* no software ArcGis 9.3.

Em posse dos dados de precipitação média anual por posto pluviométrico obtido por meio das séries históricas dos postos selecionados para o presente estudo definiu-se, por meio de geoestatística com a técnica da krigagem (*Kriging* do ArcGis 9.3) utilizando o método ordinário linear, a superfície de precipitação gerando o mapa pluviométrico.

A Krigagem é baseada na teoria regionalizada variável que assume a variação espacial no fenômeno representado por Z-valores e é estatisticamente homogênea em toda a superfície. Esta hipótese de homogeneidade espacial é fundamental para a teoria regionalizada variável. A Krigagem ordinária é representada por semivariogramas: esféricos, circulares, exponenciais, Gaussianos e linear. Com essas opções, a Krigagem usa a função matemática específica para o ajuste da linha ou curva aos dados. Para este estudo foram

analisadas todas as possibilidades, constatando o melhor resultado na krigagem ordinária linear.

Ao sobrepor as sub-bacias com a superfície de precipitação com o procedimento zonal pode-se definir a precipitação média anual por sub-bacia.

4.1.8. CARTA DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Em posse da precipitação média anual das sub-bacias calculou-se, pelo método de regionalização hidrológica, a disponibilidade hídrica (DAEE, 1994). Para o cálculo da vazão específica foram utilizados a precipitação média anual e os parâmetros regionais a e b :

$$Q_{\text{esp}} = a + b.P$$

Em que:

Q_{esp} = descarga específica média (L/s/km²)

a e b = parâmetros regionais,

P = precipitação média anual (mm/ano)

A bacia hidrográfica do rio Fartura está inserida na região hidrológica O, conforme Figura 11. Desta forma pode-se verificar que os valores dos parâmetros a e b , são - 26,23 e 0,0278 respectivamente, conforme apresenta o Quadro 19.

Quadro 19: Parâmetros da Regionalização de Vazão

Região	Média Plu. (Q.long)		Valores de X_T						Val. de A e B		Curvas de Permanência q_p															
			Período de Retorno T								Frequência Acumulada ($P[X>x]$) em percentagem															
	a	b	10	15	20	25	50	100	A	B	5%	10%	15%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
A	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,3532	0,0398	2,608	2,045	1,618	1,325	1,165	1,093	0,950	0,810	0,693	0,590	0,535	0,498	0,443	0,393	0,348	0,260
B	-29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4174	0,0426	2,150	1,734	1,505	1,366	1,250	1,153	0,994	0,846	0,745	0,640	0,588	0,545	0,498	0,430	0,371	0,165
C	-29,47	0,0315	0,748	0,723	0,708	0,698	0,673	0,656	0,4174	0,0426	2,150	1,734	1,505	1,366	1,250	1,153	0,994	0,846	0,745	0,640	0,588	0,545	0,498	0,430	0,371	0,165
D	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,5734	0,0329	1,947	1,597	1,394	1,271	1,193	1,111	0,996	0,897	0,820	0,727	0,687	0,646	0,607	0,560	0,510	0,423
E	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4775	0,0330	2,142	1,676	1,496	1,372	1,278	1,160	0,960	0,834	0,744	0,664	0,626	0,580	0,546	0,504	0,440	0,358
F	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,061	0,581	0,6434	0,0252	1,797	1,533	1,400	1,297	1,232	1,165	1,003	0,905	0,822	0,743	0,715	0,672	0,643	0,598	0,558	0,465
G	-26,23	0,0278	0,632	0,588	0,561	0,543	0,496	0,461	0,4089	0,0332	2,396	1,983	1,664	1,442	1,255	1,121	0,923	0,789	0,679	0,592	0,547	0,506	0,469	0,420	0,363	0,223
H	-29,47	0,0315	0,748	0,723	0,708	0,698	0,673	0,656	0,4951	0,0279	2,089	1,788	1,579	1,389	1,239	1,118	0,957	0,845	0,750	0,664	0,627	0,590	0,538	0,490	0,434	0,324
I	-29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,6276	0,0283	1,913	1,538	1,365	1,270	1,173	1,103	0,923	0,789	0,679	0,592	0,547	0,506	0,469	0,420	0,363	0,223
J	-29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4741	0,0342	2,272	1,792	1,526	1,366	1,231	1,125	0,948	0,807	0,715	0,628	0,596	0,566	0,523	0,462	0,414	0,288
K	-26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,4951	0,0279	2,089	1,788	1,579	1,389	1,239	1,118	0,957	0,845	0,750	0,664	0,627	0,590	0,538	0,490	0,434	0,324
L	-26,23	0,0278	0,759	0,733	0,717	0,706	0,677	0,654	0,6537	0,0267	1,770	1,517	1,390	1,310	1,225	1,158	1,012	0,915	0,827	0,748	0,717	0,667	0,628	0,583	0,527	0,420
M	-4,62	0,0098	0,759	0,733	0,717	0,706	0,677	0,654	0,6141	0,0257	1,970	1,666	1,468	1,294	1,181	1,096	0,961	0,874	0,790	0,714	0,679	0,646	0,604	0,570	0,516	0,429
N	-26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,4119	0,0295	2,396	1,983	1,664	1,442	1,255	1,121	0,923	0,789	0,679	0,592	0,547	0,506	0,469	0,420	0,363	0,223
O	-26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,3599	0,0312	2,408	2,010	1,750	1,538	1,346	1,179	0,935	0,775	0,645	0,547	0,505	0,462	0,418	0,374	0,316	0,170
P	-26,23	0,0278	0,619	0,577	0,552	0,535	0,426	0,459	0,3599	0,0312	2,408	2,010	1,750	1,538	1,346	1,179	0,935	0,775	0,645	0,547	0,505	0,462	0,418	0,374	0,316	0,170
Q	-4,62	0,0098	0,633	0,572	0,533	0,504	0,426	0,358	0,6537	0,0267	1,770	1,517	1,390	1,310	1,225	1,158	1,012	0,915	0,827	0,748	0,717	0,667	0,628	0,583	0,527	0,420
R	-4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,6141	0,0257	1,940	1,640	1,453	1,320	1,203	1,113	0,967	0,873	0,803	0,713	0,670	0,627	0,577	0,527	0,463	0,340
S	-4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,5218	0,0284	2,325	1,823	1,588	1,352	1,188	1,097	0,925	0,810	0,708	0,633	0,598	0,563	0,525	0,488	0,420	0,293
T	-4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,4119	0,0295	2,471	2,156	1,751	1,468	1,324	1,109	0,880	0,781	0,674	0,581	0,517	0,481	0,429	0,380	0,316	0,240
U	-4,62	0,0098	0,594	0,518	0,469	0,433	0,330	0,240	0,4119	0,0295	2,471	2,156	1,751	1,468	1,324	1,109	0,880	0,781	0,674	0,581	0,517	0,481	0,429	0,380	0,319	0,241

Par. C	
X	0,75
Y	0,80
Z	0,85

Fonte: DAEE (1994)

A vazão média de longo período é calculada por meio da seguinte relação:

$$Q_{\text{média}} = Q_{\text{esp}} \cdot \text{Área}$$

Em que:

$Q_{\text{média}}$ = descarga média de longo período (L/s)

Q_{esp} = vazão específica média plurianual (L/s/km²), e

Área = áreas das sub-bacias e áreas de contribuição (km²)

Para o cálculo da vazão mínima de 7 dias para o tempo de retorno de 10 dias utiliza-se a seguinte expressão:

$$Q_{7,10} = C \cdot X_{10} \cdot (A+B) \cdot Q_{\text{média}}$$

Em que:

$Q_{7,10}$ = vazão mínima de 7 dias para 10 anos de retorno (L/s);

C, A e B = parâmetros regionais;

X_{10} = valor relativo à probabilidade de sucesso para 10 anos;

$Q_{\text{média}}$ = vazão média de longo período (L/s).

Os parâmetros A e B foram adotados pelo Quadro 19, sendo $A = 0,3599$; $B = 0,0312$ e $X_{10} = 2,010$. Para identificação do parâmetro regional C, foi necessário verificar na Figura 12 o enquadramento da bacia hidrográfica do rio Fartura nas regiões semelhantes. Deste modo, nota-se que a bacia está inserida na região Y (0,80), conforme Quadro 19.

4.1.8.1. CAPTAÇÕES E LANÇAMENTOS

As captações e lançamentos da área de estudo foram identificados pelo cadastro de outorgas do DAEE e pelo cadastro do SIAGAS. Os quadros a seguir relacionam os poços com os tipos de usos e finalidade destes, além das respectivas vazões.

Quadro 20: Cadastro de poços do SIAGAS (Córrego Alegre, UTM 23s)

Código	Y	X	Uso da Água	Localidade	Município	Vazão após estabilização (m ³ /h)
3500029039	7584100	320870	Outros	Sítio Córrego do Leme,S/N	Águas da Prata	7,2
3500003260	7608250	304300	Abastecimento industrial	Av Candido Portinari, 359	São José do Rio Pardo	4,86
3500003263	7607750	304600	Abastecimento urbano	Bairro Fartura	São José do Rio Pardo	0,9
3500025641	7608750	304120	Abastecimento industrial	Av. Brasil, 853 - Vila Brasil	São José do Rio Pardo	3,53

Quadro 21: Cadastro de poços DAEE (Córrego Alegre, UTM 23s)

Autos	Município	Usuário	Usos	Finalidade de uso	Vazão (m ³ /h)	y	x
9303296	São José do Rio Pardo	irrigante	captação superficial	irrigação	70	7603610	307740
9303465	São José do Rio Pardo	irrigante	captação superficial	irrigação	80	7603890	307150
9301912	São José do Rio Pardo	irrigante	captação superficial	irrigação	80	7608350	303220
9303316	São José do Rio Pardo	irrigante	captação superficial	irrigação	150	7603750	307450
9300384	São José do Rio Pardo	aquicultor	captação superficial	aquicultura	3	7608500	302750
9302196	São José do Rio Pardo	irrigante	captação superficial	irrigação	20	7604120	305850
9302284	São José do Rio Pardo	irrigante	captação superficial	irrigação	27	7605320	302620
27937	Águas da Prata	publico	captação superficial	sanitário	16	7582780	319700
9303284	São Sebastião da Grama	irrigante	captação superficial	irrigação	9	7585140	318650
9301674	São Sebastião da Grama	irrigante	captação superficial	irrigação	33	7595540	311430
9301471	Vargem Grande do Sul	irrigante	captação superficial	irrigação	60	7592100	311950
9300987	Vargem Grande do Sul	irrigante	captação superficial	irrigação	120	7589510	313590
9302825	São José do Rio Pardo	publico	lançamento superficial		0	7610040	302990

Autos	Município	Usuário	Usos	Finalidade de uso	Vazão (m³/h)	y	x
9300384	São José do Rio Pardo	aquicultor	lançamento superficial	aquicultura	3	7608700	302900
27937	Águas da Prata	publico	lançamento superficial	sanitário	5	7584500	319320
9304332	São Sebastião da Grama	publico	lançamento superficial		47	7597400	310350

4.1.8.2. *BALANÇO HÍDRICO*

Ao fazer o balanço hídrico nas sub-bacias e área de contribuição verificou-se a quantidade de água disponível, a quantidade de água captada e lançada no corpo d'água, da seguinte forma:

$$\text{Balanço Hídrico} = \text{Vazão disponível} + \text{Vazão lançada} - \text{Vazão Captada}$$

Logo após, verificou-se a possibilidade de alguma sub-bacia crítica quanto à quantidade de água disponível, conforme metodologia adotada por São Paulo (2010), disponível no Quadro 22:

Quadro 22: Metodologia da criticidade das sub-bacias

	Demanda total x Qmedio	Demanda total x Q7,10
Bom	< 10%	< 30%
Atenção	entre 10% e 20%	entre 30% e 50%
Crítico	> 20%	> 50%

Fonte: São Paulo (2010)

4.1.9. **MAPA DE SUBSTRATO ROCHOSO**

O mapa de substrato rochoso foi elaborado baseando-se no levantamento Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo do Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais (Pró-Minério), no projeto: "Carta Geológica do Estado de São Paulo em escala 1:50.000. As folhas que cobrem a Bacia do rio Fartura são: SF-23-V-C-VI-3 (São João da Boa Vista); SF-23-V-C-VI-4 (Poços de Caldas) e SF-23-V-C-VI-1 (São José do Rio Pardo). Sendo que o levantamento da folha de São José do Rio Pardo foi elaborado no Instituto

de Geociências da Universidade de São Paulo (USP) em 1984 e as demais no Instituto de Geociências da UNESP de Rio Claro em 1983.

Estas folhas foram digitalizadas, georreferenciadas e vetorizados os limites das unidades estratigráficas e outras feições geológicas como falhas e contatos gradacionais na região da área de estudo.

4.1.10. MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS

O Mapa de materiais inconsolidados é um mapa básico fundamental, deve apresentar todos os materiais que estão sobre o substrato rochoso são ou pouco alterados. Estes materiais devem ser diferenciados quanto à textura, à origem, à rocha mãe, à espessura (profundidade do substrato) e outras características.

Este mapa foi produzido através de: Fotointerpretação associada a um trabalho qualitativo de campo, concomitante à análise de cortes e/ou afloramentos.

O material utilizado para estas incursões foram: notebook, máquina fotográfica digital, GPS, além dos mapas de: substrato rochoso, declividade, unidades básicas de compartimentação e cadastral plotados em formato A2, caderneta de campo, enxada (comprimento 1,61m), saco plástico, barbante e caneta para marcação no plástico.

Nestas incursões estavam presentes:

- Cássia Á. R. Junqueira Faleiros (engenheira civil e doutoranda);
- Reinaldo Lorandi (geólogo e orientador);
- Luiz Antonio Junqueira (engenheiro agrônomo);
- José Herbet Faleiros Junior (engenheiro civil).



Figura 13: Equipe de campo. Da esquerda para a direita (José Herbet Faleiros Junior, Cássia Á. R. Junqueira Faleiros e Luiz Antonio Junqueira)



Figura 14: Equipe de campo: Reinaldo Lorandi (orientador) e Cássia Á. R. Junqueira Faleiros (orientada)

4.1.10.1. *ENSAIOS DE LABORATÓRIO*

A caracterização dos materiais inconsolidados envolveu os seguintes ensaios laboratoriais: Granulometria Conjunta, Massa Específica dos Sólidos, Densidade Natural pelo Método da Parafina, Mini-MCV, Perda de Massa por Imersão e Mini CBR, resultando em um levantamento de dados já existentes.

4.1.10.1.1. *ANÁLISE GRANULOMÉTRICA CONJUNTA:*

É a classificação dos solos de acordo com sua composição textural representando-se, em porcentagem, a distribuição granulométrica a partir de ensaio de peneiramento para a fração mais grossa e sedimentação para a fração mais fina, conforme demonstrado na NBR 7181/1984.

Primeiramente foi realizada a preparação do ensaio, peneirando em uma malha de 200 mm 200g de solo. Do solo peneirado foram retiradas três cápsulas e postas em uma estufa para verificação da umidade do solo peneirado e homogeneizado.

Também do solo peneirado e homogeneizado foram retiradas 120g de solo e misturadas 5g de hexametáfosfato de sódio e água destilada em um aparelho de dispersão (batendo por 15 minutos). Após isto foi retirado o material do mixer com o auxílio da água destilada e colocado em uma proveta até alcançar a marca de 1000 ml e, em seguida, deixou-se sedimentar o fluido por 24 h.

Após o descanso de 24 h foram feitas as leituras da sedimentação, para isto completou-se com água destilada a marca de 1000 ml, agitou-se o solo e fizeram-se as leituras e suas respectivas temperaturas em um período de 15s, 30s, 1 min, 2 min, 4 min, 8 min, 15 min, 30 min, 1 h, 2 h, 4 h e 8 h.

Para o peneiramento fino foi despejado em uma peneira de 200mm o fluido da peneira de 1000 ml e o solo retido na peneira foi colocado em um pirex e deixado em uma estufa por 24 h. Após isto pesou-se o solo retido na peneira de 200 mm, 100 mm, 60 mm, 40 mm e 16 mm.

A partir da curva da distribuição granulométrica foi identificado o diâmetro equivalente D50, que posteriormente será empregado no cálculo para a estimativa do índice de permeabilidade.

4.1.10.1.2. MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS

A massa específica real de um solo é o valor médio da massa específica dos grãos do solo, ou seja, os vazios não são computados. A sua obtenção é necessária para o cálculo do ensaio de sedimentação e a determinação do índice de vazios e demais índices físicos do solo. Tem como fundamentação teórica o princípio de Arquimedes segundo o qual um corpo submerso num líquido desloca um volume deste igual ao volume do próprio corpo.

Para o ensaio de massa específica seguiu-se o procedimento da norma NBR-6508 - Determinação da Massa Específica de Grãos de Solos. Para isto peneirou-se 70g de solo em uma peneira de 200 mm e colocou-se em um picnômetro com o auxílio de um funil e água destilada. Após isto, agitou-se o picnômetro colocando-o em um aparelho para retirar o vácuo por 15 min, completou-se até a marca do picnômetro com água destilada, agitou-se o solo para homogeneização e mediu-se a temperatura e pesou-se o picnômetro em temperatura ambiente. Em seguida, colocou-se o picnômetro no gelo, quando o fluido esteve 1 cm abaixo da marca do picnômetro repetiu-se o procedimento anterior para medição da temperatura e pesagem do picnômetro. Aquecer o picnômetro até o fluido encontrar-se 1 cm acima da marca do picnômetro e repetir o procedimento anterior para medição da temperatura e pesagem do picnômetro. E finalmente, repetir o procedimento de aquecimento anterior e das medições de temperatura e peso. Com estes procedimentos obteve-se 4 medidas de Pas (peso do picnômetro cheio de água e solo)

Obteve-se a curva de calibração do picnômetro o peso do picnômetro cheio d'água e anotou-se como Pa. Colocar o fluido em um recipiente (já pesado) e deixar na estufa por 24 h para a pesagem do solo seco (Ps).

Para o cálculo da massa específica dos grãos do solo, utiliza-se a seguinte relação:

$$\gamma_s = d \cdot \gamma_w, \text{ sendo } d = P_s / (P_s + P_a - P_{as})$$

γ_s - massa específica real do solo

d - densidade do solo

γ_w - massa específica da água na temperatura do ensaio

P_s - peso do solo seco

P_a - peso do picnômetro cheio de água destilada

P_{as} - peso do picnômetro cheio de água e solo.

4.1.10.1.3. CÁLCULO DA DENSIDADE NATURAL PELO MÉTODO DA PARAFINA

Preparou-se em laboratório, com o auxílio de uma faca, um torrão com tamanho entre 50 e 100 cm³. Com um pincel, retirou-se cuidadosamente o solo solto no torrão.

Zerou-se a balança com um tetraedro de arame no prato e foi colocado o torrão no tetraedro e pesado. Mergulhou-se o torrão em parafina fundida (60° C), até que se obteve uma perfeita impermeabilização. Pesou-se o torrão parafinado.

O tetraedro com o torrão parafinado foi colocado em um recipiente com água posicionado para que este fosse medido em imersão. Com o auxílio de uma faca, retirou-se a parafina. Este solo úmido do torrão ou de parte do torrão foi transferido para um recipiente previamente pesado (tara do recipiente), pesada novamente com o solo úmido e colocado na estufa para determinar a umidade.

O coeficiente de permeabilidade pode ser obtido como uma propriedade estimada através da correlação proposta por Honorato & Mackenna, citado por MENDES (2001):

$$K = 14,266 \cdot (D_{50}^{2,19735}) / \rho_d^{8,50784}$$

A partir da curva de distribuição granulométrica será possível obter o diâmetro equivalente (D_{50}) que conjuntamente com os dados de massa específica seca de campo (ρ_d) permitirá a estimativa da permeabilidade.

A densidade natural (ρ_{dc}) foi calculada a partir da equação a seguir, sendo que a umidade média está representada por $w_{m\acute{e}dia}$:

$$\rho_{dc} = \rho_d \cdot (1 + w_{m\acute{e}dia}) / 100$$

4.1.10.1.4. *MINI-MCV E PERDA DE MASSA POR IMERSÃO*

O Mini-MCV foi desenvolvido com base no ensaio Moisture Condition Value (Parson, 1976) e na norma DNER-ME 258/94 (solos compactados por equipamento miniatura – Mini-MCV), com o objetivo de determinar coeficientes empíricos que são utilizados na caracterização e classificação dos solos tropicais que passam na peneira de 2 mm de abertura.

Este ensaio obtém como resultados: o gráfico com a variação de altura do corpo de prova em função do log do número de golpes para cada umidade de compactação, obtendo o coeficiente empírico C' correspondente à inclinação da curva de deformabilidade para Mini-MCV=10 e o gráfico da família de curvas de compactação construídos com pontos de variável umidade e energia de compactação com o objetivo de obter o coeficiente d' , o qual é um coeficiente angular do ramo seco da curva de compactação correspondente a 12 golpes.

O ensaio da perda de massa por imersão é baseado na norma DNER-ME 256/94 – solos compactados por equipamento miniatura – determinação da perda de massa por imersão, determinado neste ensaio o índice PI que é uma relação entre a massa de solo seco perdida com a imersão e a massa de solo seco correspondente a 1 cm deslocado para fora do cilindro antes da imersão.

Após a obtenção destes coeficientes pode-se construir o gráfico da classificação MCT, o qual prevê as propriedades mecânicas e hidráulicas dos solos quando compactados. Tal gráfico determina se o solo possui comportamento laterítico ou não-laterítico, dividindo-se ainda em 7 subgrupos:

- LG' : argilas lateríticas e argilas lateríticas arenosas;
- LA' : areias argilosas lateríticas
- LA : areias com pouca argila laterítica
- NG' : argilas, argilas siltosas e argilas arenosas não-lateríticas;
- NS' : siltes caulíníticos e micáceos, siltes arenosos e siltes argilosos não-lateríticos
- NA' : areias siltosas e areias argilosas não lateríticas
- NA : areias siltosas com siltes quartzosos e siltes argilosos não-lateríticos

4.1.10.1.5. *MINI-CBR*

O procedimento utilizado para o ensaio do mini-CBR foi decorrente da norma DNER-ME 254/97 que tem como objetivo fixar procedimentos para determinação do Mini-CBR e expansão de solos compactados em corpos de prova miniatura (5 cm de diâmetro), moldados conforme a DNER-ME 228/94, para fins de avaliação expedita de suporte de solos típicos das regiões tropicais.

O ensaio envolve uma secagem inicial do solo e separação em 5 amostras, com 5 umidades diferentes, sendo a diferença de umidade entre cada ponto por volta de 2%. Aguardar 24h, no dia seguinte fazer a aferição do aparelho de compactação e retirar 5 amostras para determinação das umidades, medindo-se as cápsulas iniciais e após 24h dentro de uma estufa.

Para a realização da compactação, iniciou-se com a passagem de vaselina nos 5 cilindros com o auxílio de um pincel. Em seguida, estimou-se uma quantidade de solo para que o corpo de prova tivesse uma altura semelhante a 50 cm após 10 golpes de compactação.

Para cada amostra, foram moldados 2 corpos de prova, em que um deles é exposto para secagem ao ar livre, com a instalação de um micrômetro para medição de sua contração e o outro é submerso em água por 24 h, quando é medida a expansão. Nessas condições quando o solo se apresenta completamente saturado, estará com a menor resistência e em seu estado mais crítico, neste momento faz-se o rompimento dos corpos de prova.

Em uma prensa similar à especificada na Norma DNER-ME 049/94, foram feitas as leituras do anel dinamométrico correspondentes às penetrações em: 0,25 mm, 0,50 mm, 0,75 mm, 1,00 mm, 1,25 mm, 1,50 mm, 2,0 mm, 2,5 mm, 3,0 mm, 3,5 mm, 4,0 mm, 4,5 mm e 5,0 mm; para o cálculo das cargas em quilogramas-força.

Calculou-se então o valor do Mini-CBR.1 na penetração de 2,0 mm e o Mini-CBR.2 na penetração de 2,5 mm da seguinte maneira:

$$\log (\text{Mini-CBR.1}) = -0,254 + 0,896 \times \log C.1$$

$$\log (\text{Mini-CBR.2}) = -0,356 + 0,937 \times \log C.2.$$

Em que C.1 e C.2 são respectivamente os valores das cargas obtidas em quilogramas-força na penetração de 2 mm e 2,5 mm, e log é o logaritmo de base decimal.

Como resultados foram plotados gráficos:

- Densidade x umidade
- Retração x umidade e Expansão x umidade
- Mini-CBR (maior entre mini-CBR 1 e 2) x umidade

Para obter o Mini-CBR correspondente à umidade ótima de uma determinada energia de compactação, foi necessário fazer uma interpolação gráfica de pelo menos 2 (dois) valores acima e 2 (dois) valores abaixo dessa condição.

4.1.10.2. DELIMITAÇÃO DAS CLASSES DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS

Para a delimitação das classes de Materiais Inconsolidados, foi realizada a adaptação da metodologia de AMORIM (2003), devido à semelhança das áreas trabalhadas. Desta forma os materiais inconsolidados foram classificados em função de sua origem, textura e espessura.

Com relação à origem os materiais inconsolidados de natureza residual foram divididos de acordo com as unidades do substrato rochoso o qual estão associados. Contudo, uma vez verificada a presença de materiais de origem não residual, estes foram designados como materiais retrabalhados.

4.1.11. MAPA DE UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO

A metodologia para a elaboração deste mapa baseia-se em Vedovello (2000) a qual identifica zonas com características e propriedades geológico-geotécnicas, seguindo a abordagem fisiográfica, nos princípios e conceitos básicos relativos à avaliação integrada dos elementos morfoambientais.

A compartimentação fisiográfica consiste em dividir uma determinada região em áreas que apresentam internamente características fisiográficas homogêneas e que sejam distintas das áreas adjacentes.

O autor supracitado ainda descreve o procedimento para a efetuação da compartimentação:

- Seleção do produto de sensoriamento remoto → deve levar em consideração as características espectrais, espaciais e temporais das imagens de satélite, as características específicas sobre as cenas, tais como ângulo de elevação solar, cobertura de nuvens, azimute das imagens e as particularidades da área de estudo
- Compartimentação da área de estudo → identificar na imagem as divisões fisiográficas em diferentes níveis hierárquicos, através da análise de elementos texturais e tonais das imagens, e consequente determinação das Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs);
- Avaliação da homogeneidade e da similaridade → análise das propriedades dos elementos texturais utilizados na interpretação e extraídos da imagem para um “overlay”, objetivando identificar possíveis heterogeneidades que determinem sua subdivisão, ou unidades que devam ser classificadas sob a mesma denominação;
- Trabalhos de campo → nesta etapa há a confirmação e/ou ajuste dos limites fotointerpretados e a confirmação de características morfoambientais e genéticas atribuídas aos diversos níveis de compartimentação das unidades;
- Elaboração do Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação → produção de um mapa com UBCs identificadas por siglas ou códigos refletindo seu contexto fisiográfico e seus níveis hierárquicos.

A relação entre os níveis taxonômicos adotados e as condições morfoambientais foram as seguintes:

- Província (1° nível): Corresponde a diferenças fisiográficas de natureza tectônica em nível regional. Neste nível foi identificada que a bacia situa-se no embasamento cristalino como um todo, desta forma diferenciou-se a província de acordo com o período em que se encontravam;
- Zona (2° nível): associa-se a variações litoestruturais;
- Subzona (3° nível): considera diferença de sistemas ou formas de relevo;
- Unidade (4° nível): contempla as variações relativas a associações específicas de rochas (litologias e estruturas), solos (perfis de materiais inconsolidados) a partir das amostras de materiais inconsolidados definidas de acordo com o substrato rochoso e formas ou elementos de relevo como amplitude, declividade, forma do topo, forma da encosta, forma do vale, número de canais e frequência de canais.

Conforme Moraes (2003), o padrão da forma do relevo representa a predominância de determinadas faixas de amplitudes e declividades, e ainda, a densidade e característica das linhas de drenagem. Porém, isto não impede que num dado padrão possam ocorrer trechos com características de outro padrão, mesmo que em áreas pouco expressivas.

As planícies caracterizam-se pela predominância de amplitudes entre 40 e 60m e declividades geralmente inferiores a 5%, sendo que as planícies aluviais correspondem aos terrenos baixos e planos junto aos cursos d'água (IBGE, 1995) e apresentam uma relação direta com a ocorrência de sedimentos aluvionares (IPT, 1986), assim, sempre que possível devem ser avaliados de forma integrada. As colinas formam um relevo suavizado, caracterizado pela predominância de amplitudes da ordem de 40m que podem atingir 80m e as declividades de encostas predominantes são de até 20%. As encostas são levemente sulcadas por linhas de drenagem e os vales são abertos, enquanto os topos das elevações são amplos e arredondados. Segundo IPT (1986), os problemas de erosão nesse tipo de relevo se limitam basicamente às áreas em que o solo de alteração encontra-se exposto, em função de corte ou aterro.

Para Ponçano et al. (1981) diferenciam os morros dos morrotes em função das amplitudes locais. Os morrotes identificados na AE formam um relevo ondulado com amplitudes que variam entre 60 e 120m e declividades de encosta de até 30%, enquanto os morros altos apresentam amplitudes que podem chegar a 200m e declives acima de 30%. A frente da cuesta corresponde à borda formada pelo recuo erosivo de camadas sedimentares homoclinais de resistências diferentes em planalto assimétrico, constituída de frente escarpada e, reverso com fraca declividade (IBGE, 1995). As feições tabulares típicas da frente de cuesta concentram a maior proporção de terras com altas declividades (mais de 45%) e amplitudes que variam entre 200 e 320m.

As imagens de satélite utilizadas para interpretação foram CBERS 2B de 23 de setembro de 2008, HRC (Câmera Pancromática de Alta Resolução) com alto potencial de atender a múltiplos requisitos de aplicações. Na área de estudo foram utilizadas 3 cenas com imagens pancromáticas HRC, as quais foram unidas (mosaicadas) e recortadas para o limite da bacia do rio Fartura (Volume II, item 5).

Para a interpretação e delimitação das Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) foram utilizados no software Arcglobe, para visualização em 3 dimensões os seguintes layers:

- O MNT
- A imagem CBERS pancromática mosaificada – com resolução de 2,5m
- As classes de substrato rochoso;
- As curvas de nível;
- A hidrografia; e
- A delimitação das sub-bacias.

A Figura 15 mostra a visualização da delimitação das UBCs no software ArcGlobe.

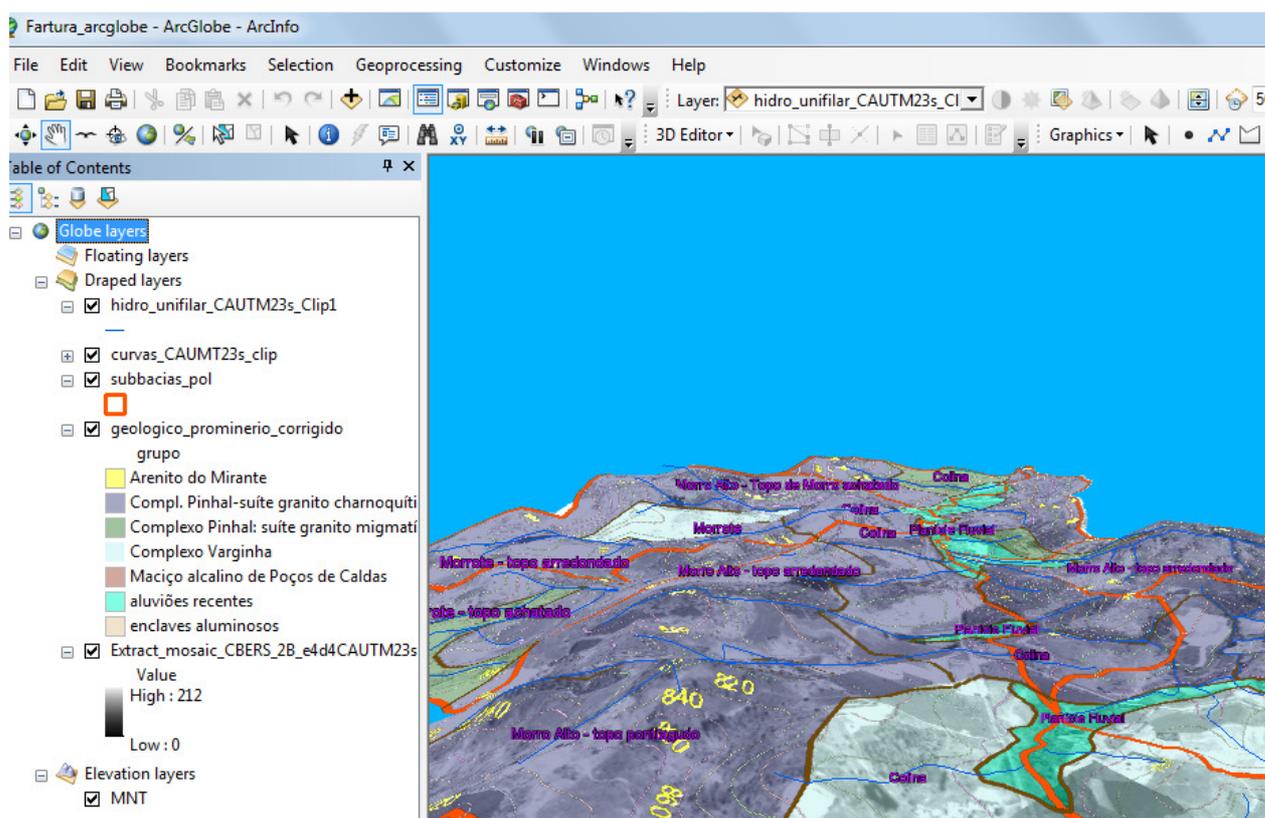


Figura 15: Delimitação das UBCs

4.1.12. MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DAS FONTES POLUIDORAS

Neste mapa foram localizadas, a partir de Fotointerpretação, referências bibliográficas e incursões a campo, as fontes poluidoras da região como aterros sanitários, cemitérios, minerações e postos de combustível. Para as minerações foram identificados os

processos minerários no DNPM (Anexo 02), através do cadastro do SIGMINE, averiguou-se também a relação de Áreas Contaminadas da CETESB de 2009 para a verificação de passivos ambientais.

4.1.13. CARTA DE POTENCIAL DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Para a confecção da Carta de Potencial de escoamento utilizou-se a metodologia de Pejon & Zuquette (1993), considerando os seguintes atributos: declividade; substrato rochoso (litologia); materiais inconsolidados (textura, gênese, espessura e permeabilidade), densidade de drenagem e feições de armazenamento superficial (lagoas e represas). O Quadro 23 mostra a metodologia utilizada para a confecção deste mapa.

Quadro 23: Metodologia da Carta de Potencial de escoamento Superficial

Classes de Escoamento	<=== Potencial de escoamento aumenta										
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Atributos	272-250	249-230	229-210	209-190	189-170	169-150	149-130	129-110	109-90	89-70	
Declividade	> 45%		30 a 45%	20 a 30%	15 a 20%	10 a 15%	5 a 10%	2 a 5%		0 a 2%	
	90		75	66	60	45	36	24		15	
Litologia	Complexo Varginha e Maciço alcalino de Poços de Caldas		Complexo Pinhal (Migmatitos) Enclaves Aluminosos		Complexo Pinhal: suíte granito charnockítica		Arenito do Mirante		Aluviões recentes		
	40		30		20		16		10		
Materiais Inconsolidados	Textura e gênese	argilosa e residual		argilo - arenoso e residual		areno -siltoso e areno-argiloso residual e retrab		arenoso, res. e retrab			
		40		30		20		10			
	Espessura	< 1,0		1,0 a 3,0				3,0 a 5,0		> 5,0	
		30		20				16		10	
Permeabilidade	< 10 ⁻⁴						entre 10 ⁻⁴ e 10 ⁻³		> 10 ⁻³		
	10						6		5		
Canais de Drenagem	> 5		entre 5 e 2				< 2				
	3		20				10				
Feições favoráveis ao armazenamento superficial	Não Apresenta		Lagoas em pequena quantidade				Lagoas em grande quantidade				
	30		20				10				

Fonte: adaptado de Pejon & Zuquette (1993)

4.1.14. CARTA DE ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL

Na bacia do rio Fartura, foram adotadas, para estabelecimento do zoneamento, as Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs), que caracterizam porções dotadas de uniformidade e significado com relação aos diferentes atributos do meio. Trabalhos anteriores, como os de Grecchi (1998), Lopes (2000); Amorim (2003), Silva (2005) demonstraram que as unidades de básicas de compartimentação podem ser usadas como base para o zoneamento geoambiental.

A definição do zoneamento geoambiental foi feita a partir de procedimentos de geoprocessamento, envolvendo de análises por agrupamentos (cluster). Esta análise estatística permitiu verificar a adequação do uso das UBCs como unidade para análise dos atributos e delimitação das unidades geoambientais.

De acordo com Landim (2001), diferentemente da estatística univariada, a multivariada consegue detectar as relações entre o conjunto de dados e suas variáveis de forma conjunta, tendo como condição fundamental a igualdade de importância entre as variáveis. Dentre os diferentes tipos de técnicas classificatórias a análise por agrupamentos hierárquicos foi escolhida, pois de acordo com o autor esta deve ser utilizada quando se deseja explorar a similaridade entre indivíduos.

Segundo Landim (2001), a aplicação da metodologia utilizada para a formação de agrupamentos hierárquicos, relativa à análise de dados geológicos multivariados, demonstram que a técnica de agrupamento pareado igualmente ponderado é superior às demais.

Desta forma, para realizar o agrupamento das UBCs, utilizou-se para isto o software STATÍSTICA[®] 7, com as variáveis: Potencial de Escoamento; Disponibilidade Hídrica; Declividade; Litologia; Origem, Textura, Espessura e Permeabilidade do Material Inconsolidado e Pluviometria por meio da técnica de agrupamento pareado igualmente ponderado empregando a medida de distância euclidiana. As variáveis analisadas referem-se aos percentuais em áreas ocupadas em cada UBC, tais áreas foram obtidas utilizando o procedimento *tabulate área* do ArcGis 9.3. Ao agrupar estas classes foram geradas as unidades geoambientais e a Carta de Zoneamento Geoambiental.

4.1.15. MAPA DE USO E COBERTURA DO SOLO

Para a elaboração dos cenários de ocupação espontâneos da bacia foram elaborados três mapas de uso e cobertura do solo: 1987, 2000 e 2011. O procedimento para o desenvolvimento destes mapas baseia-se na interpretação de imagens de sensoriamento remoto. Sendo que, conforme Rosa (2003), embora alguns procedimentos permitam incorporar informações acerca de características das imagens, como textura e contexto, a maior parte da classificação de imagens baseia-se exclusivamente na detecção de assinaturas espectrais (padrões de resposta espectral) de classes de cobertura do solo.

As imagens adotadas foram LANDSAT colorida falsa-cor (bandas 3, 4 e 5) de: 26/09/1987, 29/09/2000, 28/09/2011. A composição colorida foi determinada por meio do comando *Composite Bands* do *ArcGis 9.3*. Para a detecção dos tipos de cobertura do solo foi utilizada a classificação supervisionada. A classificação supervisionada é utilizada quando se tem algum conhecimento sobre as classes na imagem, quanto ao seu número e pontos na imagem representativos destas classes. Antes da fase de classificação propriamente dita, foram obtidas as características das classes, por exemplo, média e variância de cada classe, que foram utilizadas como termo de comparação na classificação, fase denominada de treinamento.

Estas áreas de treinamento são exemplos de classes contidas na imagem, esta seleção foi realizada visualmente em um arquivo shapefile e posteriormente convertida em uma assinatura espectral pelo comando *Create Signature* do *ArcGis 9.3*.

A partir da seleção destas áreas de treinamento é realizado o processamento da imagem a partir da caracterização estatística das refletâncias de cada classe, esta fase é considerada a análise de assinaturas. Para este procedimento foi utilizado o comando *Maximum Likelihood Classification* gerando o mapa de uso e cobertura do solo. O mesmo procedimento foi adotado para cada imagem LANDSAT supracitada.

As classes de uso e cobertura do solo determinadas foram: Estradas; Ocupação Urbana; Agricultura; Solo Exposto para plantio; Floresta (árvores em maior densidade); Campo sujo (arbustos e subarbustos com densidade média); Campo limpo (áreas com pequenos arbustos esparsos com baixa densidade) e Água.

5. RESULTADOS

5.1. MAPA CADASTRAL

O mapa cadastral (Volume II, item 1), trata-se de um mapa de natureza auxiliar mais conhecido e útil para mapeamento geotécnico. Neste pode-se notar que a bacia em sua maioria insere-se na área rural e mesmo assim foram encontrados alguns pontos cadastrais que serviram de referência no trabalho de campo. Também foram alocados alguns pontos de controle, nos quais são possíveis locais de coleta de amostra que podem ser revistos e foram coletadas 42 amostras de solos em 27 pontos diferentes, da bacia nas diferentes unidades litológicas da Bacia do rio Fartura, para análise em laboratório. O Anexo 01 mostra os pontos coletados.

5.2. MAPA HIPSOMÉTRICO

O mapa hipsométrico (Volume II, item 2) ilustra as variações altimétricas encontradas na área de estudo, as quais situam-se entre 689 e 1589, com um desnível total de 900 m. Assim, os locais com altitudes mais elevadas localizam-se na porção sudeste da área de estudo (distrito de São Roque da Fartura) regredindo em direção noroeste (São José do Rio Pardo), até atingir áreas de menores altitudes na várzea do rio Pardo.

5.3. CARTA DAS CLASSES DE DECLIVIDADES

Ao analisar a Carta das Classes de Declividades em graus, pôde-se notar na Figura 16 que não há nenhum local com declividade acima de 45º, o que seria considerada uma área protegida por lei.

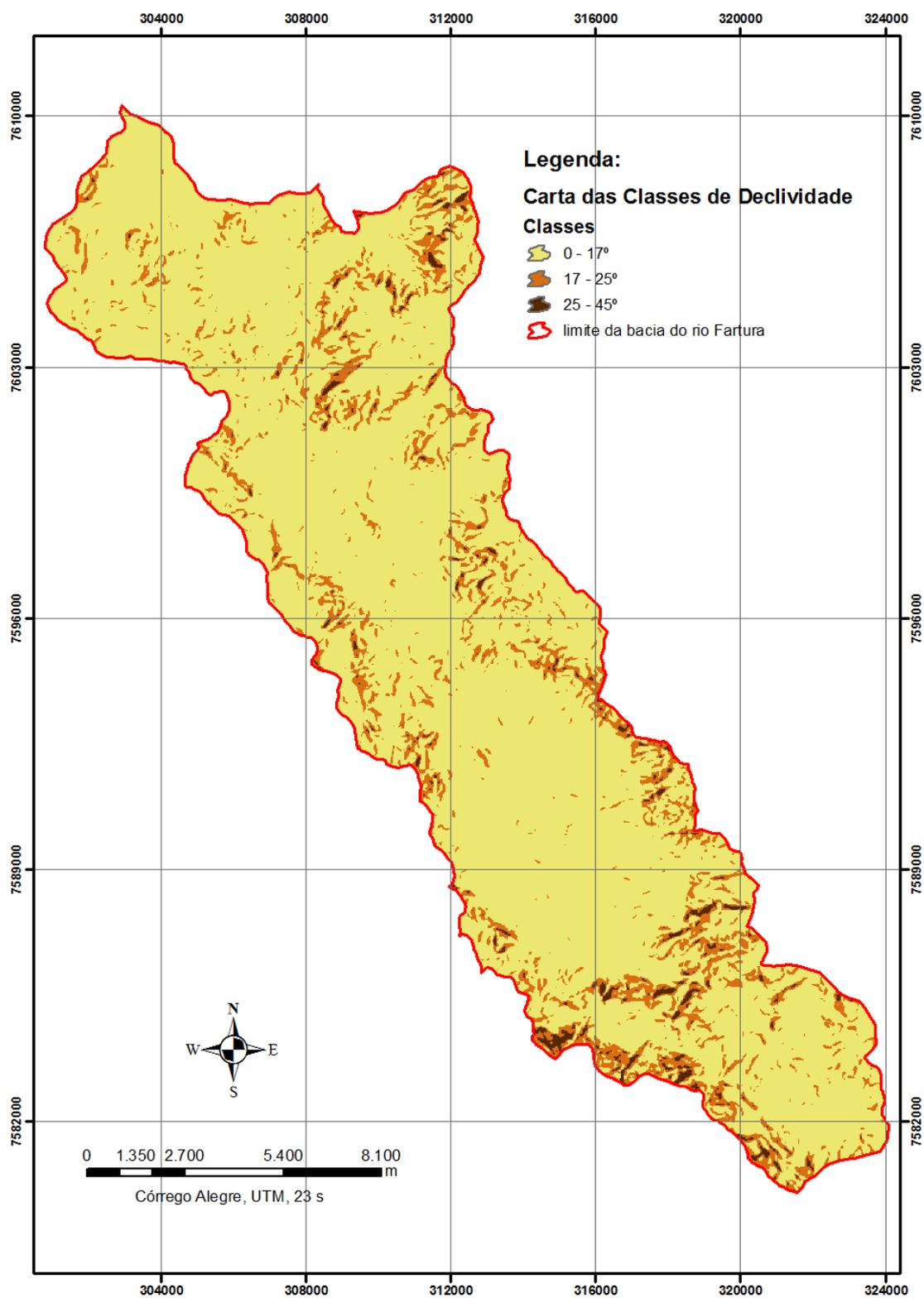


Figura 16: Carta de Declividade medida em Graus

A Carta das Classes de Declividades em % encontra-se no Volume II - item 3 podendo-se constatar que a maioria da bacia encontra-se com declividade entre 5 e 20%, conforme mostra a Figura 17.

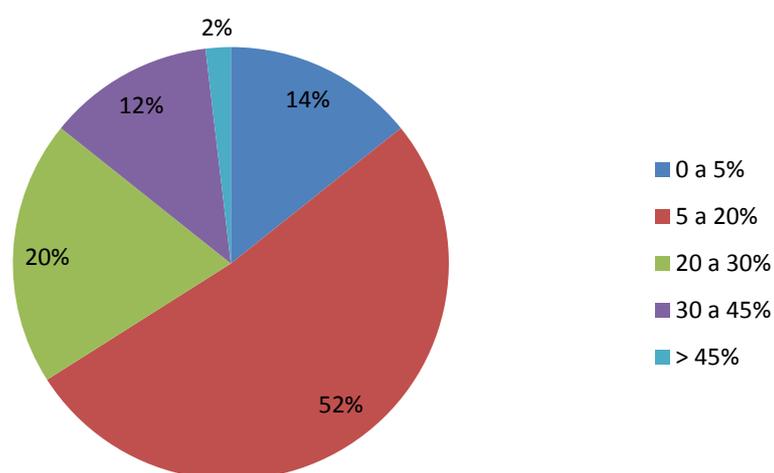


Figura 17: Distribuição das classes de declividade na bacia do rio Fartura

5.4. MODELO EM 3 DIMENSÕES DA BACIA DO RIO FARTURA

O MNT gerado anteriormente foi utilizado no *software* ArcGlobe, um componente do ArcGis 9.3, com a sobreposição de um mosaico em três cenas da imagem CBERS 2B, HRC, pancromática com resolução de 2,5m proporcionando uma espacialização em três dimensões da ocupação da bacia. As figuras a seguir elucidam a visualização formada para a elaboração do Mapa das Unidades Básicas de Compartimentação, e a identificação do tipo de ocupação na bacia.

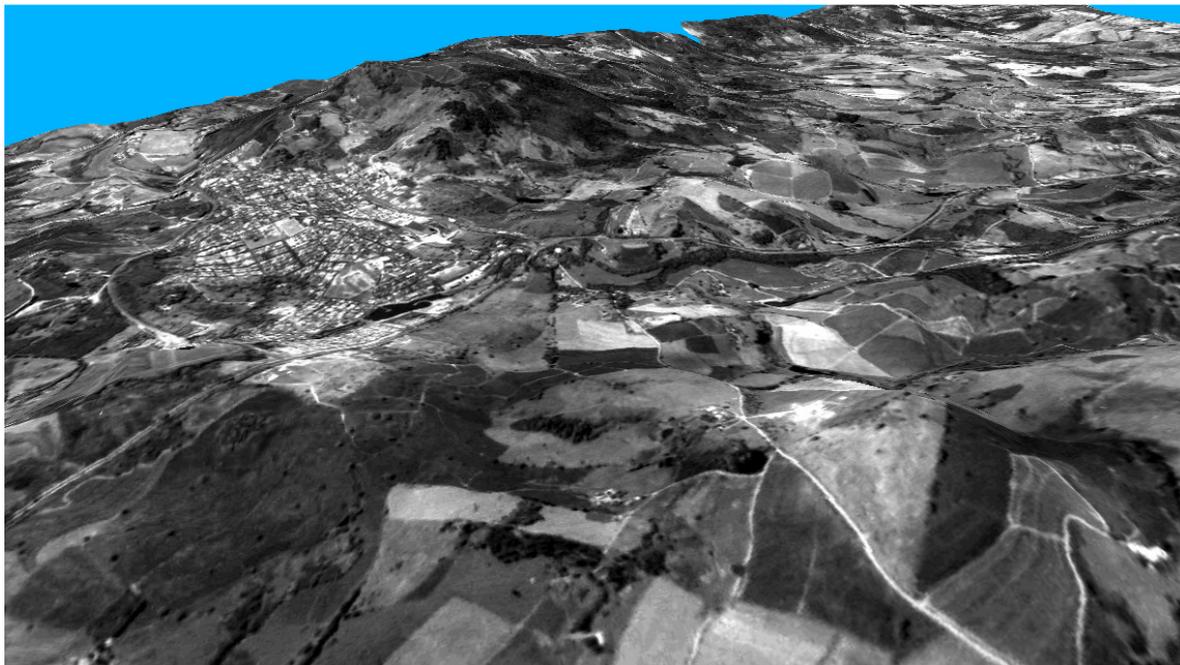


Figura 18: Vista de São Sebastião da Grama na bacia do rio Fartura em 3 dimensões

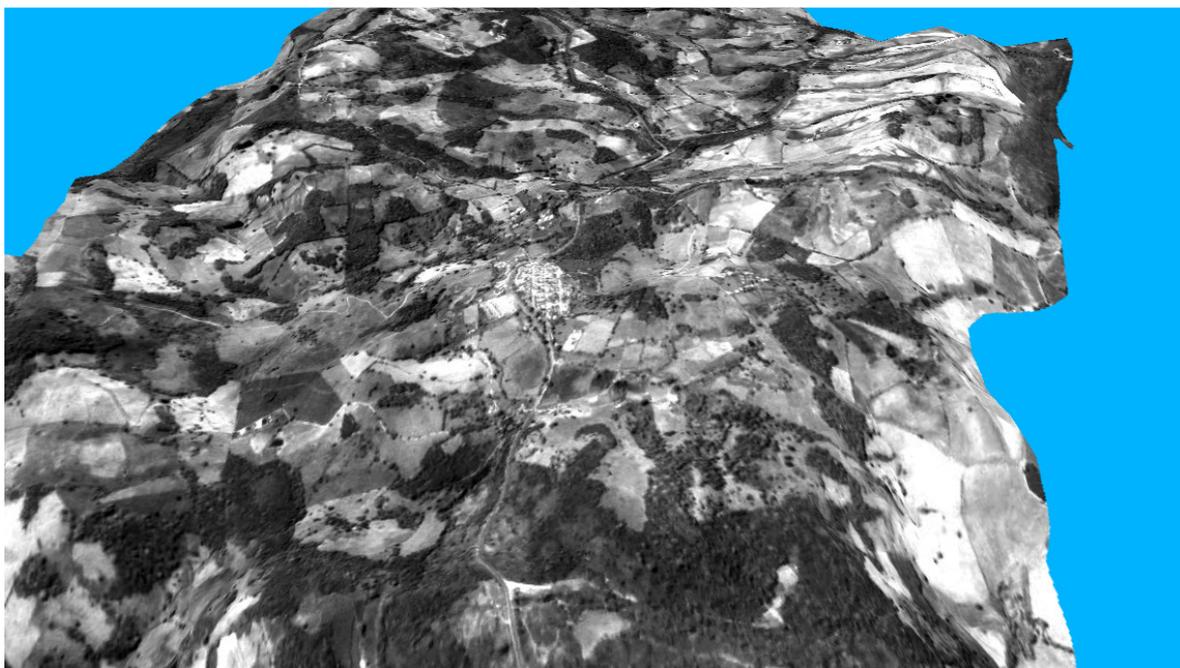


Figura 19: Vista do distrito de São Roque da Fartura na bacia do rio Fartura em 3 dimensões

5.5. MAPA DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS E ÁREAS DE CONTRIBUIÇÕES

O Mapa das sub-bacias hidrográficas e áreas de contribuições constam no Volume II, item 4 e o Quadro 24 mostra a descrição e a quantificação das sub-bacias e suas respectivas áreas de contribuição.

Quadro 24: Sub-bacias e áreas de contribuição do rio Fartura

Código	Descrição	Área (km ²)
1	área de contribuição da margem esquerda do rio Fartura 1	6,37
2	área de contribuição da margem direita do rio Fartura 1	8,26
3	sub-bacia do córrego do Leme	6,13
4	área de contribuição da margem direita do rio Fartura 2	6,62
5	área de contribuição da margem esquerda do rio Fartura 2	8,18
6	sub-bacia do córrego do Açude ou de Manuel de Andrade	7,39
7	área de contribuição da margem direita do rio Fartura 3	1,15
8	sub-bacia do córrego do Cigano	11,16
9	sub-bacia do córrego São João	6,29
10	área de contribuição da margem direita do rio Fartura 4	2,80
11	área de contribuição da margem esquerda do rio Fartura 3	9,41
12	sub-bacia do córrego Ibimbaé	1,82
13	sub-bacia do córrego da Forquilha	23,62
14	área de contribuição da margem direita do rio Fartura 5	6,23
15	área de contribuição da margem esquerda do rio Fartura 4	7,46
16	área de contribuição da margem direita do rio Fartura 6	5,94
17	sub-bacia do córrego do Batista	1,37
18	área de contribuição da margem esquerda do rio Fartura 5	6,90
19	sub-bacia do córrego da Anhuma	16,15
20	área de contribuição da margem direita do rio Fartura 8	7,52
21	área de contribuição da margem esquerda do rio Fartura 6	4,11
22	área de contribuição da margem direita do rio Fartura 7	9,12
23	sub-bacia do córrego São Luís	6,43
24	área de contribuição da margem direita do rio Fartura 9	2,73
25	área de contribuição da margem direita do rio Fartura 10	1,86
26	área de contribuição da margem esquerda do rio Fartura 7	8,14
27	área de contribuição da margem esquerda do rio Fartura 8	4,65
28	área de contribuição da margem esquerda do rio Fartura 9	8,50
29	sub-bacia do córrego do Biazão	4,02
30	sub-bacia do córrego do Veado	20,92
31	área de contribuição da margem esquerda do rio Fartura 10	2,22
32	área de contribuição da margem direita do rio Fartura 11	4,05

A Figura 20 mostra a proporção das sub-bacias e áreas de contribuição na bacia do rio Fartura.

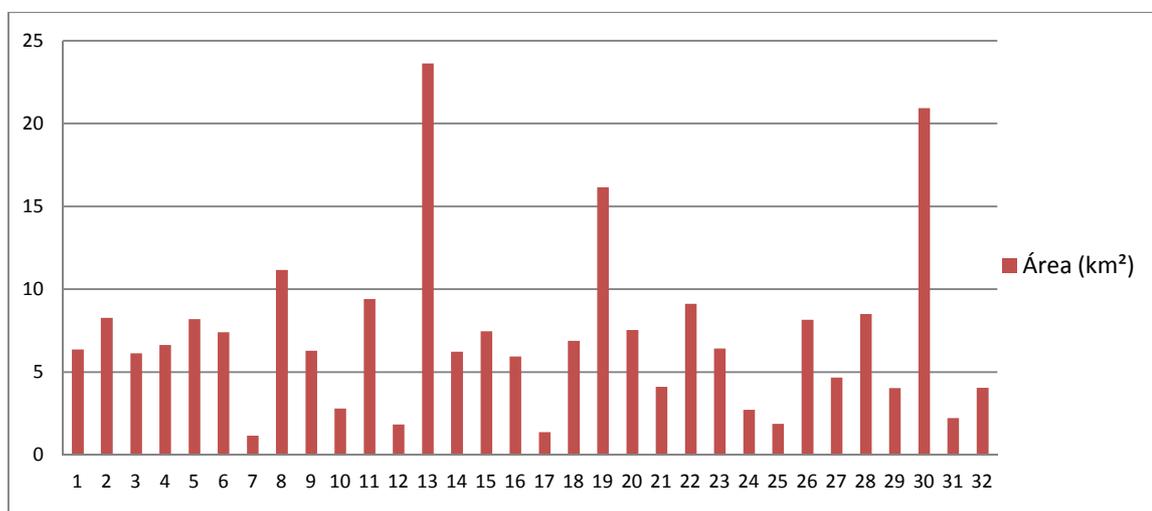


Figura 20: Proporção das áreas das sub-bacias e áreas de contribuição

5.6. MAPA DE RESTRIÇÕES À OCUPAÇÃO

O Mapa de Restrições à Ocupação encontra-se no Volume II - item 5, neste pôde-se verificar que 23% da bacia do rio Fartura possui áreas restritivas conforme legislação vigente. A quantificação das APPs pode ser averiguada no Quadro 25.

Quadro 25: Quantificação das APPs na bacia do rio Fartura

	Área (km²)
Áreas marginais às nascentes	2,91
Áreas marginais às lagoas	2,95
Áreas marginais aos reservatórios	0,91
Rios com largura até 10m	26,62
Áreas de topo	11,69
Áreas com potencialidade de recarga de aquífero profundo (APMs)	6,94
APPs na bacia do rio Fartura	52,02

5.7. MAPA PLUVIOMÉTRICO

A confecção deste mapa foi realizado a partir de um estudo dos postos pluviométricos da região da bacia hidrográfica do rio Fartura, baseados no cadastro de outorgas do DAEE de 11/10/2010 com série histórica acima de 20 anos, conforme mostra o Quadro 26.

Quadro 26: Postos pluviométricos na região da bacia hidrográfica do rio Fartura (SAD 69)

Código	Nome	Município	Altitude (m)	Y	X	Ano inicial	Ano final	Série histórica
2146009	SÃO JOSÉ DO RIO PARDO	SÃO JOSÉ DO RIO PARDO	660	-21,600000	-46,900000	1942	2004	62
2146015	FAZENDA GUAXUPÉ	SÃO JOSÉ DO RIO PARDO	730	-21,533333	-46,800000	1940	2000	60
2146052	FAZENDA GUAXUPEZINHO	SÃO JOSÉ DO RIO PARDO	780	-21,550000	-46,800000	1940	1968	28
2146011	VARGEM GRANDE DO SUL	VARGEM GRANDE DO SUL	750	-21,833333	-46,900000	1936	2004	68
2146014	SÃO JOÃO DA BOA VISTA	SÃO JOÃO DA BOA VISTA	740	-21,950000	-46,800000	1940	2004	64
2246001	FAZENDA PARAÍSO	SÃO JOÃO DA BOA VISTA	810	-22,083333	-46,733333	1970	2000	30
2146012	ÁGUAS DA PRATA	ÁGUAS DA PRATA	940	-21,933333	-46,850000	1942	2000	58
2146017	SÃO ROQUE DA FARTURA	ÁGUAS DA PRATA	1310	-21,833333	-46,750000	1972	2000	28
2146057	CASCATA (CMEF)	ÁGUAS DA PRATA	1220	-21,866667	-46,700000	1936	1972	36
2146010	SÃO SEBASTIÃO DA GRAMA	SÃO SEBASTIÃO DA GRAMA	920	-21,700000	-46,816667	1936	2004	68
2146007	CACONDE	CACONDE	880	-21,533333	-46,633333	1937	2004	67
2147058	CASA BRANCA	CASA BRANCA	670	-21,750000	-47,050000	1960	2004	44
2147073	VENDA BRANCA	CASA BRANCA	610	-21,933333	-47,133333	1970	2004	34
2147113	LAGOA BRANCA	CASA BRANCA	700	-21,900000	-47,033333	1936	2004	68
2147121	CASA BRANCA (CMEF)	CASA BRANCA	720	-21,766667	-47,083333	1942	1971	29
2146001	PONTE DO CANOAS	MOCOCA	524	-21,420278	-46,963056	1966	2006	40
2146003	FAZENDA AÇUDE	MOCOCA	840	-21,433333	-46,850000	1940	2000	60
2146054	FAZENDA CAMPO ALEGRE	MOCOCA	750	-21,416667	-46,783333	1940	1968	28
2147023	MOCOCA	MOCOCA	600	-21,450000	-47,000000	1940	2000	60
2147048	MOCOCA (IAC)	MOCOCA	665	-21,466667	-47,016667	1961	1985	24
2147057	USINA LIMOEIRO	MOCOCA	580	-21,633333	-47,016667	1961	1997	36
2147083	FAZENDA MORRO AZUL	MOCOCA	800	-21,466667	-47,000000	1945	1971	26
2147086	SÍTIO ESPLANADA	MOCOCA	660	-21,383333	-47,083333	1955	2002	47
2147108	MOCOCA	MOCOCA	590	-21,466667	-47,016667	1936	1979	43
2146002	TAPIRATIBA	TAPIRATIBA	740	-21,466667	-46,750000	1946	2004	58
2146004	ITAIQUARA	TAPIRATIBA	820	-21,466667	-46,816667	1940	2000	60

Código	Nome	Município	Altitude (m)	Y	X	Ano inicial	Ano final	Série histórica
2146005	FAZENDA FORTALEZINHA	TAPIRATIBA	830	-21,483333	-46,816667	1940	1971	31
2146048	POÇOS DE CALDAS	POÇOS DE CALDAS	1150	-21,783333	-46,550000	1941	1998	57

Fonte: Cadastro de Outorgas DAEE

A verificação da abrangência dos poços foi realizada a partir de polígonos de Thiessen, conforme Figura 21

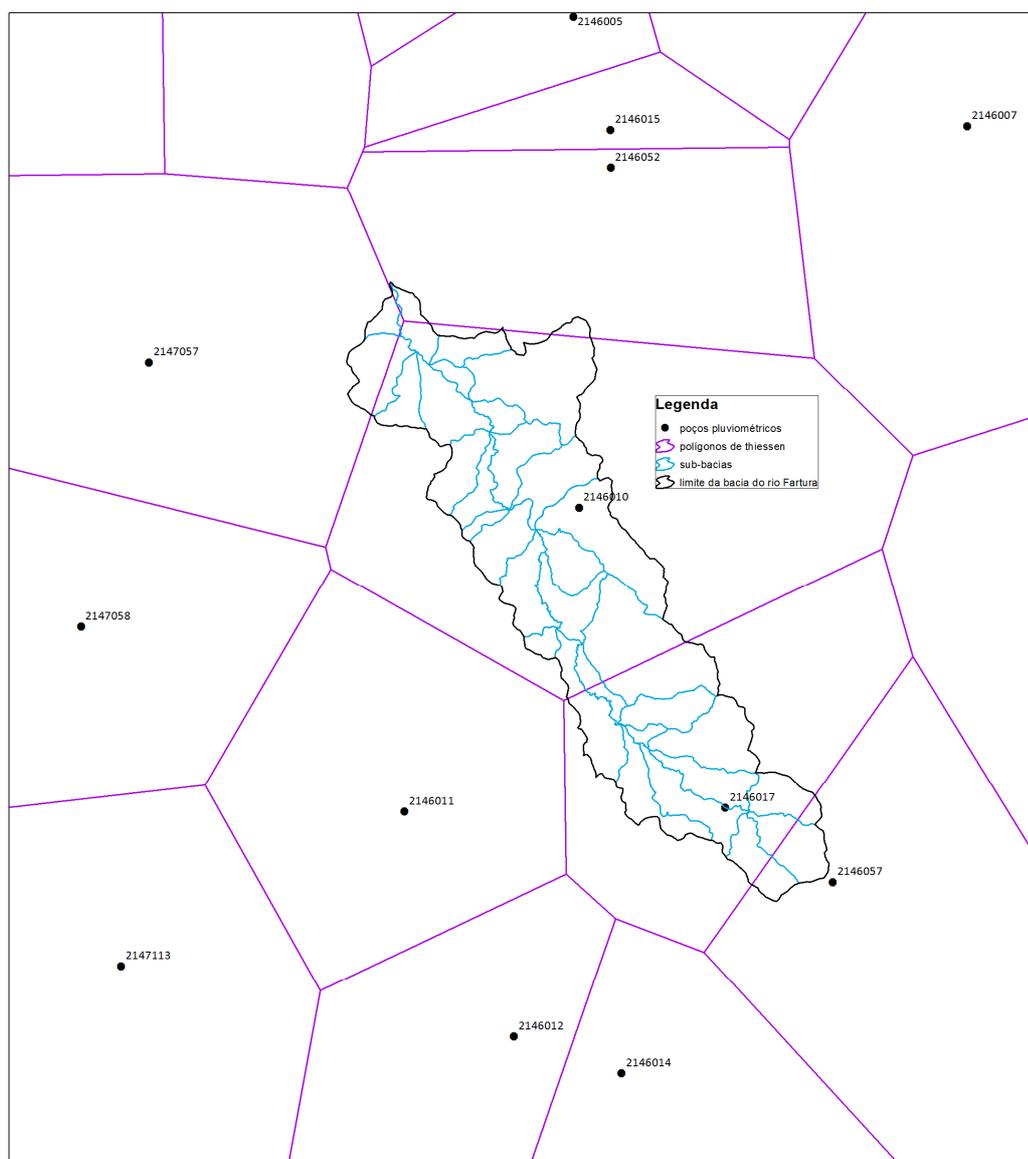


Figura 21: Polígonos de Thiessen na bacia hidrográfica do rio Fartura

A Figura 21 mostrou os postos selecionados para o estudo, para cada posto foi calculada a precipitação média anual (Quadro 27).

Quadro 27: Precipitação média por posto pluviométrico

Código	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média Anual
2146009	239,87	205,99	148,94	67,11	53,01	30,46	21,65	22,10	56,37	121,18	163,13	242,89	1372,70
2146015	281,17	216,74	176,78	76,69	56,03	34,30	19,05	22,05	59,91	140,66	184,89	259,04	1527,31
2146052	234,48	187,14	150,65	42,60	30,58	21,76	12,54	12,02	31,63	96,56	152,88	192,23	1165,06
2146011	251,39	188,13	146,08	68,86	51,74	28,42	22,24	20,59	63,50	130,48	168,89	240,42	1380,72
2146014	240,47	199,36	165,31	73,75	59,16	35,38	25,32	26,56	63,81	121,26	161,86	242,86	1415,10
2246001	281,45	206,48	185,04	94,09	71,76	44,53	30,16	29,60	77,23	136,59	170,26	268,64	1595,84
2146012	250,00	221,03	187,61	84,16	69,20	39,66	26,06	29,77	61,50	144,21	163,48	251,60	1528,29
2146017	300,46	230,69	227,85	105,96	84,38	50,41	34,38	36,17	92,80	160,23	196,83	309,88	1830,02
2146057	278,59	239,08	144,45	63,31	39,26	35,90	19,36	25,53	48,75	165,74	191,66	285,27	1536,90
2146010	220,36	175,29	152,14	70,30	59,44	33,83	25,98	25,56	54,98	100,52	146,38	215,19	1279,96
2146012	250,00	221,03	187,61	84,16	69,20	39,66	26,06	29,27	61,50	144,21	163,48	251,60	1527,78
2146007	264,42	204,19	164,42	69,19	56,67	32,93	19,59	23,08	65,37	124,67	179,08	264,06	1467,66
2147058	208,85	181,69	154,38	75,27	50,64	31,85	22,62	22,64	62,55	121,39	148,34	243,96	1324,18
2147073	248,96	200,28	179,02	82,10	72,07	36,60	27,83	29,84	78,93	130,51	167,23	267,26	1520,64
2147113	200,48	163,22	124,36	57,00	45,44	27,93	18,54	19,84	54,40	101,74	135,35	198,81	1147,12
2147121	208,21	152,44	135,42	36,20	31,35	22,01	9,17	12,29	24,33	103,46	118,98	184,49	1038,34
2146001	211,41	177,17	134,79	211,41	71,30	61,82	17,97	21,31	62,34	112,89	144,85	202,18	1429,42
2146003	262,80	213,52	189,87	75,72	57,23	30,95	21,11	21,42	66,28	139,35	196,79	271,09	1546,14
2146054	193,77	181,48	148,54	55,53	32,94	23,07	15,21	9,64	36,53	111,38	161,09	204,29	1173,48
2147023	259,59	198,95	168,57	73,76	54,68	30,87	19,85	22,15	60,53	127,78	175,99	245,90	1438,63
2147048	246,83	187,91	149,76	67,78	53,91	34,05	23,46	24,53	70,79	118,03	169,38	267,05	1413,48
2147057	229,12	186,52	163,19	75,90	58,46	32,29	22,39	24,61	66,40	127,03	166,28	252,66	1404,84
2147083	265,57	224,92	174,53	63,68	41,40	29,13	20,89	19,98	44,92	139,67	169,05	238,63	1432,38
2147086	265,48	257,46	224,66	154,07	123,18	133,22	92,21	93,94	107,39	197,23	221,96	272,61	2143,41
2147108	209,66	171,63	125,51	56,64	38,43	30,09	19,63	18,35	44,46	106,16	157,71	186,40	1164,67
2146002	245,76	188,59	152,23	65,91	55,95	28,95	19,55	22,04	57,84	128,27	158,07	248,26	1371,42
2146004	272,11	206,07	179,32	73,76	50,70	29,30	19,95	19,74	59,60	132,06	181,24	264,03	1487,90
2146005	279,72	249,77	170,27	69,48	38,50	26,19	20,45	15,29	50,20	136,30	190,21	261,16	1507,54
2146055	182,80	170,17	113,56	48,58	35,41	15,22	13,61	8,46	33,49	92,16	113,77	167,55	994,78
2146048	187,71	147,49	123,49	47,40	33,88	17,95	13,05	16,07	47,16	95,42	106,57	169,47	1005,65

No Volume II - item 6 pode-se visualizar a superfície de precipitação média anual e a delimitação das sub-bacias e áreas de contribuição, além da quantificação da precipitação

média anual na bacia hidrográfica do rio Fartura de 1.576,29 mm/ano e nas sub-bacias e áreas de contribuição, conforme Quadro 28.

Quadro 28: Precipitação Média Anual por sub-bacia e área de contribuição

Código das sub-bacias e áreas de contribuição	Precipitação Média Anual (mm/ ano)
1	1.549,20
2	1.575,75
3	1.603,13
4	1.571,39
5	1.541,40
6	1.514,36
7	1.552,30
8	1.598,53
9	1.585,82
10	1.549,67
11	1.521,25
12	1.539,09
13	1.612,98
14	1.598,55
15	1.571,74
16	1.635,59
17	1.581,94
18	1.589,81
19	1.675,92
20	1.632,63
21	1.589,18
22	1.670,18
23	1.574,38
24	1.611,21
25	1.569,25
26	1.567,17
27	1.531,00
28	1.509,09
29	1.564,13
30	1.616,26
31	1.508,99
32	1529,46

5.8. DISPONIBILIDADE HÍDRICA

A aplicação da metodologia da regionalização de vazão, resultou no cálculo da disponibilidade hídrica por sub-bacia e área de contribuição, onde se tem o cálculo da vazão específica (Qesp), vazão média (Qmed) e vazão mínima (Q_{7,10}) conforme demonstra o Quadro 29. A espacialização destes dados podem ser vistas na Carta de disponibilidade hídrica (Volume II - item 7).

Quadro 29: Disponibilidade hídrica por sub-bacia

Código	Área (km ²)	Precipitação Média (mm/ano)	*Qesp (L/s/km ²)	**Qmed (L/s)	***Q _{7,10} (L/s)
1	6,37	1549,20	69,2978	441,57	277,70
2	8,26	1575,75	70,0359	578,77	363,98
3	6,13	1603,13	70,7970	434,11	273,01
4	6,62	1571,39	69,9146	462,65	290,96
5	8,18	1541,40	69,0809	565,23	355,47
6	7,39	1514,36	68,3292	505,19	317,71
7	1,15	1552,30	69,3839	79,55	50,03
8	11,16	1598,53	70,6691	788,56	495,92
9	6,29	1585,82	70,3158	442,58	278,33
10	2,80	1549,67	69,3108	193,78	121,86
11	9,41	1521,25	68,5208	644,52	405,33
12	1,82	1539,09	69,0167	125,29	78,79
13	23,62	1612,98	71,0708	1678,88	1055,83
14	6,23	1598,55	70,6697	440,46	277,00
15	7,46	1571,74	69,9244	521,40	327,90
16	5,94	1635,59	71,6994	425,66	267,69
17	1,37	1581,94	70,2079	96,29	60,56
18	6,90	1589,81	70,4267	486,10	305,70
19	16,15	1675,92	72,8206	1175,89	739,50
20	7,52	1632,63	71,6171	538,88	338,89
21	4,11	1589,18	70,4092	289,14	181,84
22	9,12	1670,18	72,6610	662,85	416,86
23	6,43	1574,38	69,9978	449,77	282,85
24	2,73	1611,21	71,0216	194,14	122,09
25	1,86	1569,25	69,8552	129,75	81,60
26	8,14	1567,17	69,7973	568,06	357,24
27	4,65	1531,00	68,7918	320,08	201,30
28	8,50	1509,09	68,1827	579,33	364,33
29	4,02	1564,13	69,7128	280,59	176,46

Código	Área (km ²)	Precipitação Média (mm/ano)	*Qesp (L/s/km ²)	**Qmed (L/s)	***Q _{7,10} (L/s)
30	20,92	1616,26	71,1620	1488,72	936,24
31	2,22	1508,99	68,1799	151,08	95,01
32	4,05	1529,46	68,7490	278,13	174,91

* Qesp = descarga específica média

** Qmédio - O Qmédio (também conhecido como QLP – vazão média de Longo Período) é a vazão média de água presente na bacia durante o ano. É considerado um volume menos restritivo ou conservador, e, são valores mais representativos em bacias que possuem regularização da vazão.

*** Q_{7,10} - Vazão Mínima Superficial registrada em 7 dias consecutivos em um período de retorno de 10 anos. É considerado como volume restritivo e conservador.

No quadro supracitado pode-se notar uma vazão específica média na bacia de 70,05 l/s/km² e como as vazões médias e mínimas levam em conta a proporcionalidade das áreas das bacias, quanto menor a área menor a vazão calculada. Após o cálculo das vazões foi necessária a verificação das demandas hídricas de cada área, conforme demonstrado no Volume II - item 7 para o cálculo do balanço hídrico.

5.8.1. BALANÇO HÍDRICO

O Quadro 30 relaciona o balanço hídrico nas sub-bacias e aponta a criticidade nas sub-bacias do rio Fartura.

Quadro 30: Balanço hídrico nas sub-bacias do rio Fartura

Código	Área (km ²)	**Qmed (L/s)	***Q _{7,10} (L/s)	Captações (l/s)	Lançamentos (l/s)	Demanda total x Q _{médio} (l/s)	%	Demanda total x Q _{7,10} (l/s)	%
1	6,37	441,57	277,7	4,44		437,13	1%	273,26	2%
2	8,26	578,77	363,98	2		576,77	0%	361,98	1%
4	6,62	462,65	290,96	2,46	1,39	461,58	0%	289,89	0%
10	2,8	193,78	121,86	50		143,78	26%	71,86	41%
16	5,94	425,66	267,69	9,08		416,58	2%	258,61	3%
24	2,73	194,14	122,09	83,33		110,81	43%	38,76	68%
26	8,14	568,06	357,24	5,56		562,5	1%	351,68	2%
28	8,5	579,33	364,33	7,39		571,94	1%	356,94	2%
31	2,22	151,08	95,01	23,14		127,94	15%	71,87	24%
32	4,05	278,13	174,91	2,58	0,92	276,47	1%	173,25	1%

Legenda:

	Bom
	Atenção
	Crítico

Cabe ressaltar que este balanço hídrico foi realizado apenas com captações e lançamentos outorgados no DAEE e cadastrados no SIAGAS, e que podem existir vários usuários que utilizam os recursos hídricos, porém não estão regularizados. Mesmo assim a sub-bacia 24 é considerada crítica, se os usuários não tiverem outorgas com reservação de água, ou seja, superior ao utilizado, a quantidade de água na bacia tende a cessar com o passar do tempo.

Um avanço neste aspecto é a cobrança dos recursos hídricos, pois com a inserção da cobrança na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, aumenta-se a fiscalização para regularização dos usuários de recursos hídricos e usuários que possuem reservação de água terão que pagar pela concessão da água mesmo que não utilizem ou então atualizarão suas outorgas para a quantidade utilizada.

5.9. MAPA DE SUBSTRATO ROCHOSO

Há uma discordância entre os mapeamentos da USP e UNESP, pois na Folha de São José do Rio Pardo (levantamento da USP) houve o abandono da utilização do termo Complexo Varginha, originalmente definido por Ebert (1971) e foi recuperada a denominação prioritária de Pinhal, as áreas de ocorrência destas associações foram assumidas Complexo Pinhal, já no levantamento realizado pela UNESP utilizou-se a nomenclatura de Complexo Varginha.

Desta forma na linha divisória entre o levantamento das duas instituições houve uma adaptação da nomenclatura da classe de substrato rochoso, modificando-a por Predomínio de migmatitos e granitos ocelares (PMGo).

O mapa de substrato rochoso da bacia hidrográfica do rio Fartura (Volume II, item 8) possui as seguintes formações geológicas:

- Era Fanerozóica
 - Período Cenozóico
 - Aluviões recentes → Qa – areia, silte e cascalho de deposição fluvial na calha atual dos rios
 - Período Mesozóico - Terciário Cretáceo

- Arenito do Mirante → Ka - Arenitos conglomeráticos e arenitos finos, conglomerados, apresentando estratificação cruzada acalada com granodecrescência ascendente
- Maciço alcalino de Poços de Caldas → Kyt - Tinguaitos e fonólitos
- Era Pré-Cambriano
 - Período Proterozóico Superior
 - PSkzb – enclaves aluminosos kinzigíticos a granada, sillimanita e cordierita por vezes associados a metaleucogabros
 - Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal
 - ✓ PSpme – migmatitos estromáticos a leucossoma granítico a quartzo sienítico róseo ou cinza rosado, melanossoma de biotita e opacos e/ou hornblenda e mesossoma inequigranular cinza granito – granodiorítico a quartzo diorítico. Bandas trondjemíticas aparecem localmente;
 - ✓ PSpby – granitos inequigranulares grossos leuco a hololeucocráticos, nebulíticos ou “schlieren” localmente porfiroblastos de feldspato potássico
 - ✓ PSpbyp – granitos inequigranulares grossos leuco a hololeucocráticos, nebulíticos ou “schlieren” localmente porfiroblastos de feldspato potássico ou com estrutura finamente bandada por estiramento tectônico
 - Complexo Pinhal: suíte granito charnockítica de São José do Rio Pardo
 - ✓ PSrpa - dominância de fácies alasquíticas sienograníticas a alcali graníticas
 - ✓ PSrphy – hornblenda granitóides róseos, leuco a hololeucocráticos inequigranulares grosseiros, foliados a listrados, fácies de monzo e sienogranitos e de granitos álcali feldspáticos. Fácies monzonítica a clinopiroxênio, marrom esverdeado de transição aos charnoquitóides
 - ✓ PSrpch – charnoquitóides verdes, leucocráticos inequigranulares grosseiros e foliados. Dominam mangeritos em um “trend” de noritos, jotunitos, hiperstenio sienitos e hiperstenio álcali sienitos; charnoquitos secundários.

- Período Arqueano
 - Complexo Varginha
 - ✓ Avgf - granitos profiróides ricos em megacristais róseos microclíneo, com matriz granodiorítica à fonalítica, geralmente foliada, de coloração cinzenta e granulitos félsicos, alasquíticos
 - ✓ Avch - granitos profiróides ricos em megacristais róseos microclíneo, com matriz granodiorítica à fonalítica, geralmente foliada, de coloração cinzenta e charckitos
 - ✓ Avmb – migmatitos de estruturas diversas, separadas por dreas onde ocorre o predomínio das estruturas bandadas
 - ✓ Avmbo – migmatitos de estruturas diversas, separadas por dreas onde ocorre o predomínio das estruturas bandadas e oftalmítica

A adaptação realizada entre as folhas das diferentes instituições foi uma modificação para **Predomínio de migmatitos e granitos ocelares (PMGo)**, enquadrando-se na Era Pré-Cambriana, no Período Arqueano e dentro do Complexo Varginha agregando as seguintes descrições dos levantamentos da USP e UNESP:

- Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal
 - PSpmo – migmatitos ocelares ou a porfiroblastos de feldspato potássico em concentrações variáveis dentro de uma matriz mesossomática inequigranular grossa, cinza a rósea e de composição monzogranítica, quartzo monzonítica, insubordinadamente monzodiorítica, quartzo diorítica e e granodiorítica;
- Complexo Varginha
 - Avgr - granitos profiróides ricos em megacristais róseos microclíneo, com matriz granodiorítica à fonalítica, geralmente foliada, de coloração cinzenta e granulação média
 - Avmo – migmatitos de estruturas diversas, separadas por dreas onde ocorre o predomínio das estruturas oftalmítica

O complexo Varginha de uma maneira geral, refere-se a uma seqüência composta por micaxistos, metarcóseos, metagrauvas, quatritos, granitos, ortognaisses, migmatitos, granitóides e granulitos. A justificativa de todos estes elementos neste complexo é a falta de

elementos cronológicos e estratigráficos que possibilitassem a separação destas rochas (RADAM Brasil 1983).

Ao analisar a distribuição dos grupos geológicos na bacia, nota-se que é uma área bastante homogênea, em que 69,58

% desta encontra-se no Complexo Varginha (Figura 22).

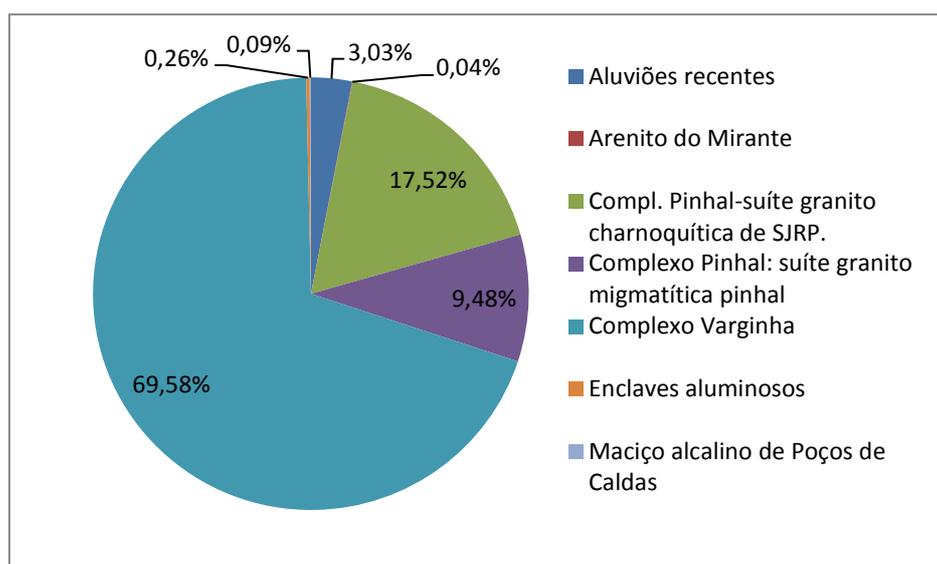


Figura 22: Distribuição dos grupos geológicos na BHRF

A maioria da Bacia encontra-se no Complexo Varginha e Complexo Pinhal, desta forma viu-se a necessidade de detalhar o substrato rochoso nestes grupos (Figura 23)

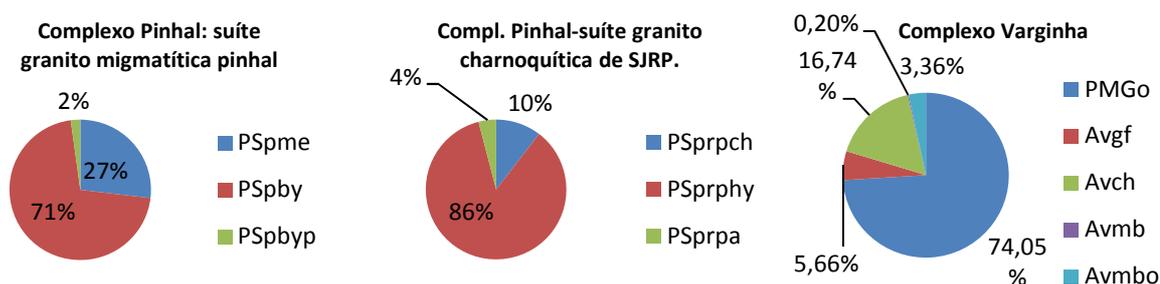


Figura 23: Detalhamento do substrato rochoso no Complexo Varginha e Complexo Pinhal

5.10. MATERIAIS INCONSOLIDADOS

Os primeiros resultados para a confecção do mapa de materiais inconsolidados foram as amostras coletadas nas incursões a campo, conforme mostram as figuras a seguir:



Figura 24: Foto 03 (Amostra 1)

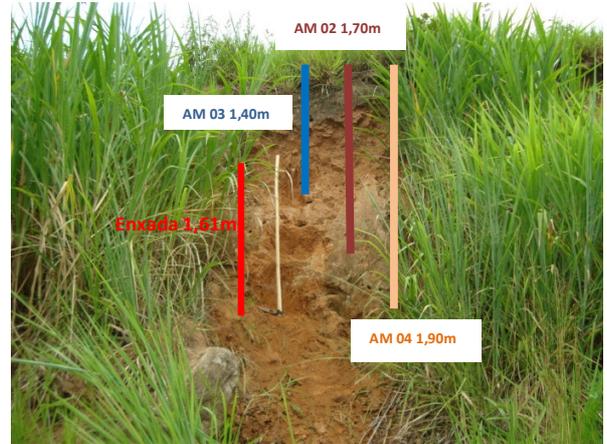


Figura 25: Foto 05 (Amostras 2, 3 E 4)

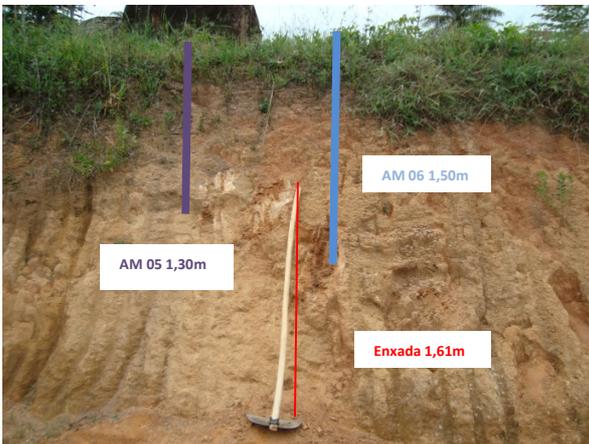


Figura 26: Foto 06 (Amostras 5 E 6)

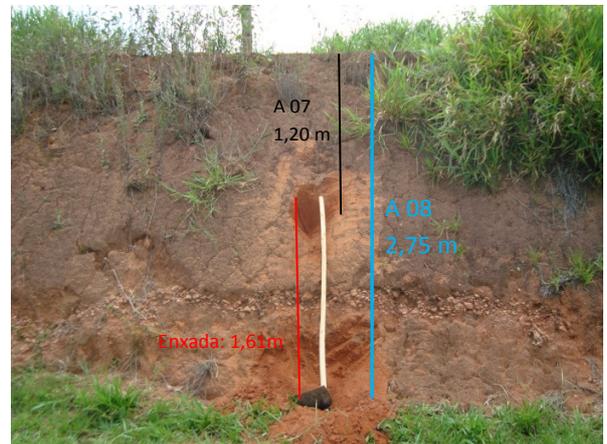


Figura 27: Foto 08 (Amostras 7 E 8)



Figura 28: Foto 10 (Amostras 9 E 10)

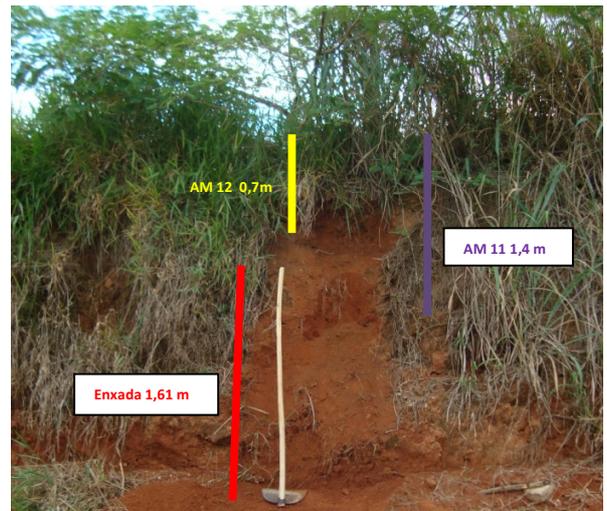


Figura 29: Foto 21 (Amostras 11 E 12)

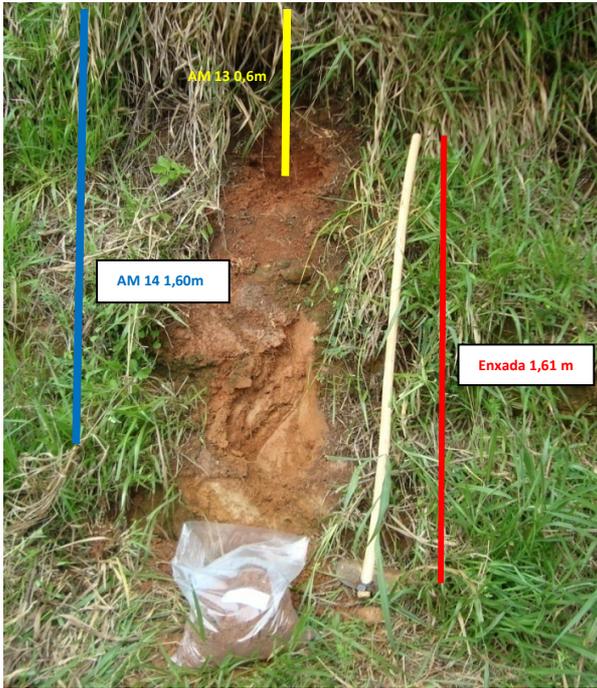


Figura 30: Foto 24 (Amostras 13 e 14)

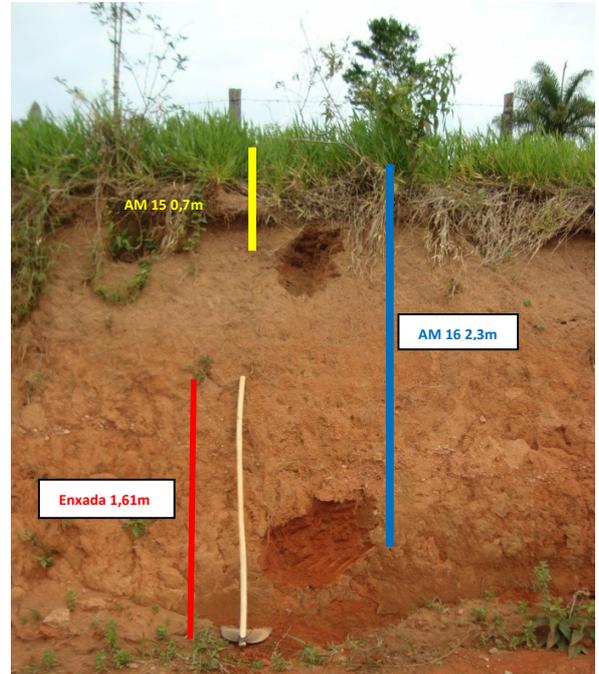


Figura 31: Foto 43 (Amostras 15 e 16)

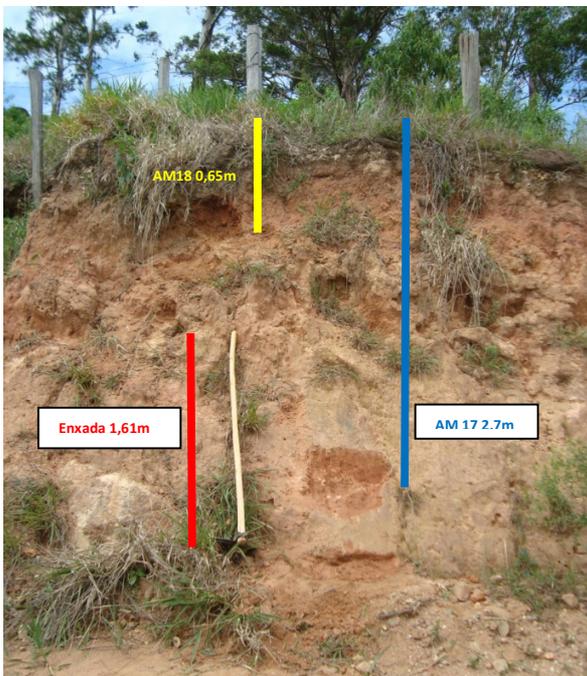


Figura 32: Foto 52 (Amostras 17 e 18)

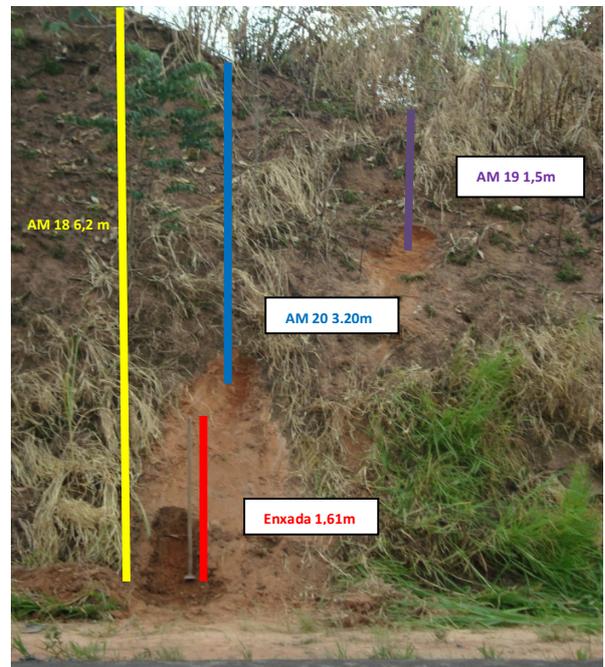


Figura 33: Foto 54 (Amostras 19 a 21)

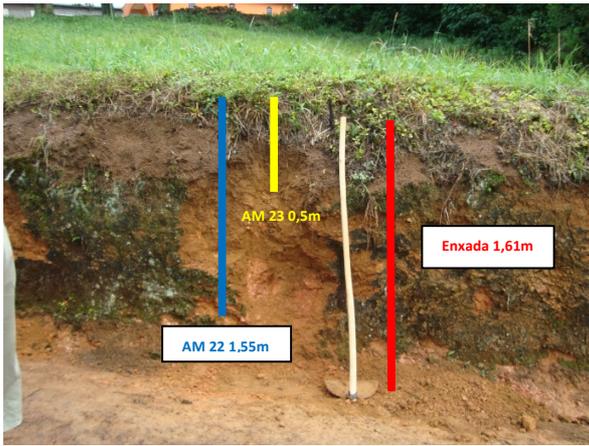


Figura 34: Foto 56 (Amostras 22 e 23)



Figura 35: foto 57 amostra 24

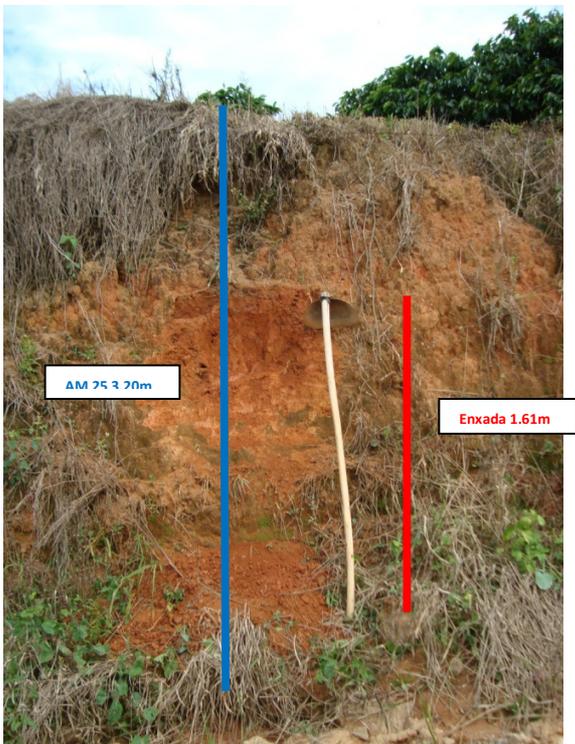


Figura 36: foto 58 amostra 25

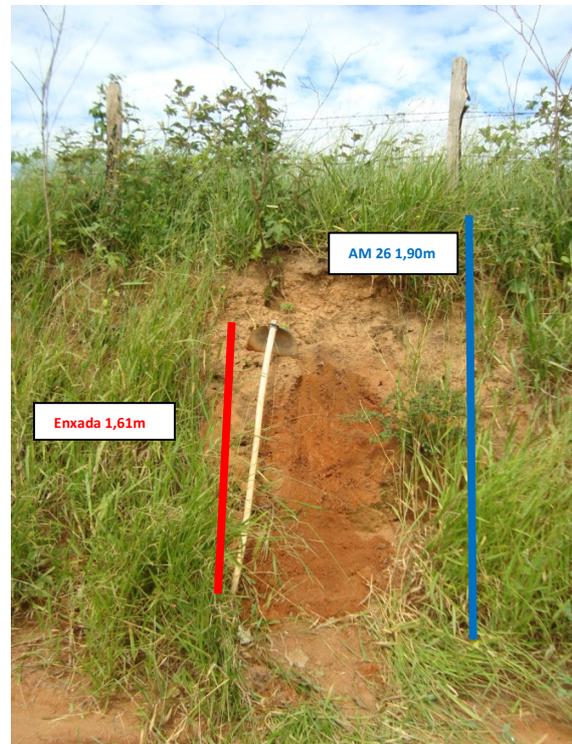


Figura 37: foto 59 amostra 26



Figura 38: foto 60 amostra 27

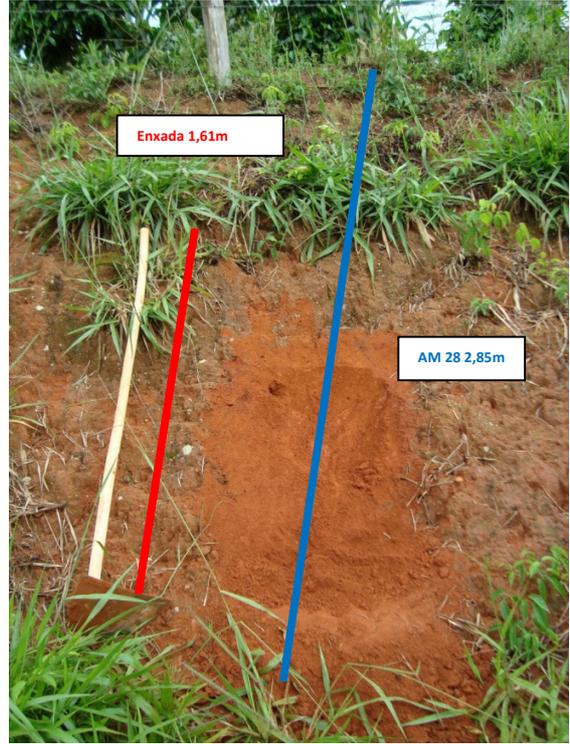


Figura 39: foto 62 amostra 28

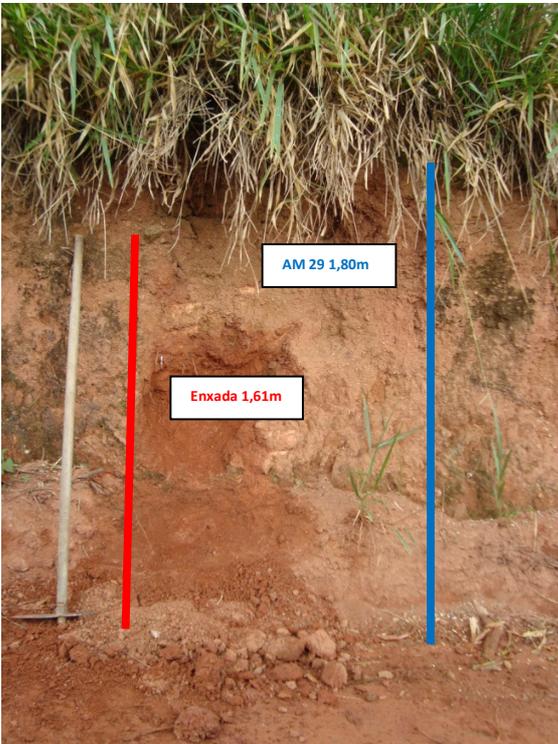


Figura 40: foto 63 amostra 29

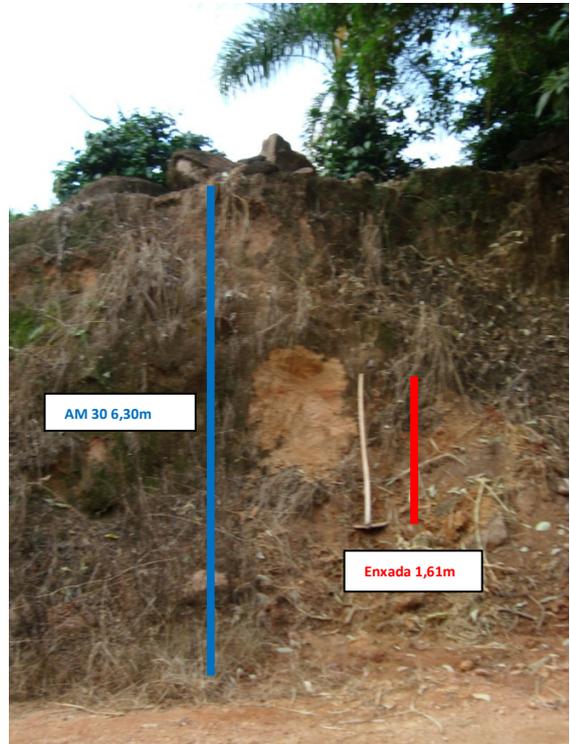


Figura 41: foto 66 amostra 30



Figura 42: foto 67 amostras 31 e 32

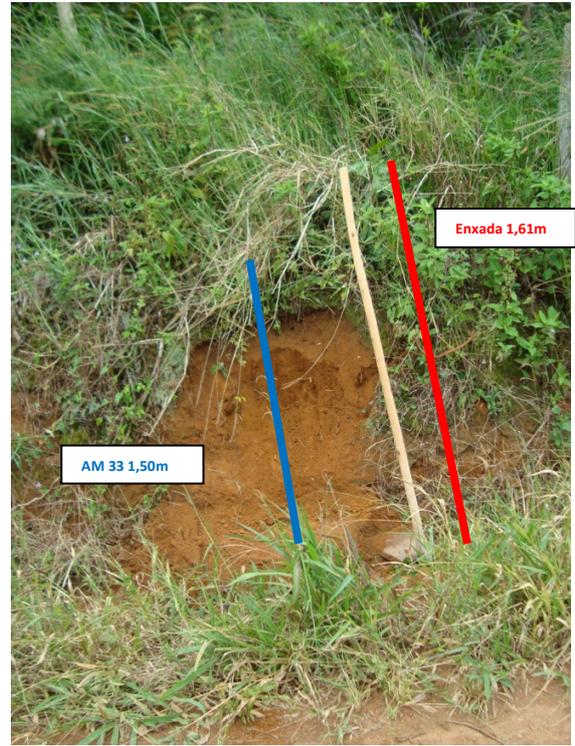


Figura 43: foto 68 amostra 33

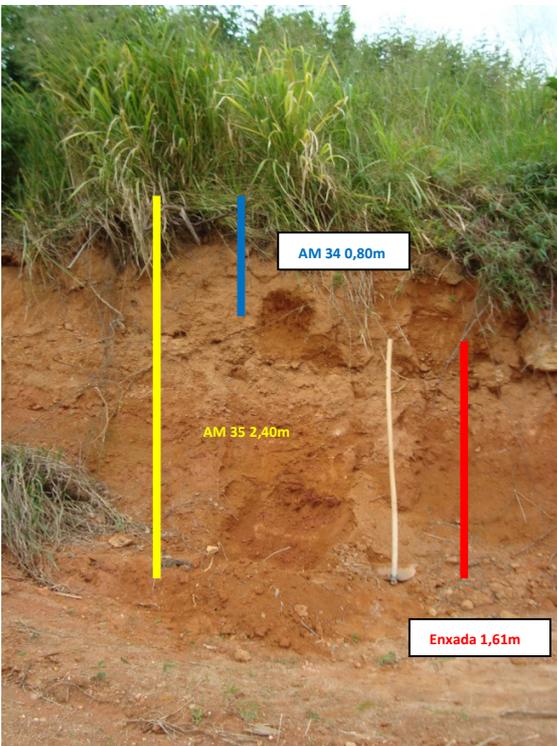


Figura 44: foto 69 amostras 34 e 35

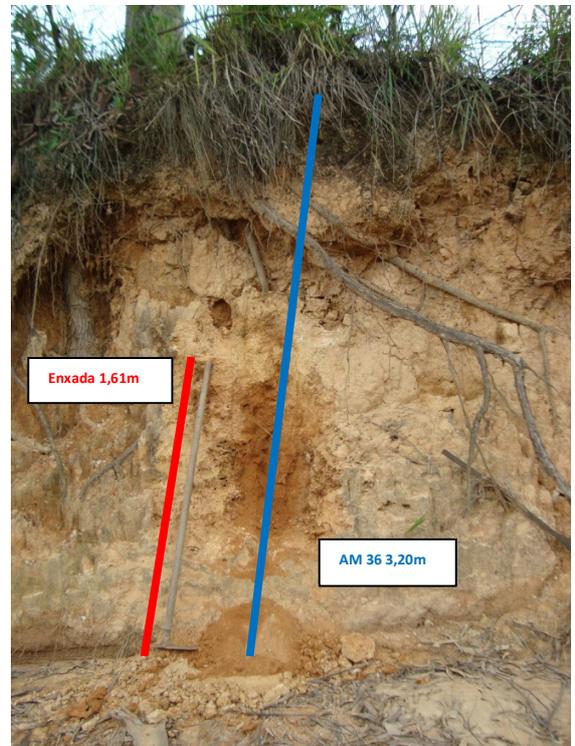


Figura 45: foto 70 amostra 36

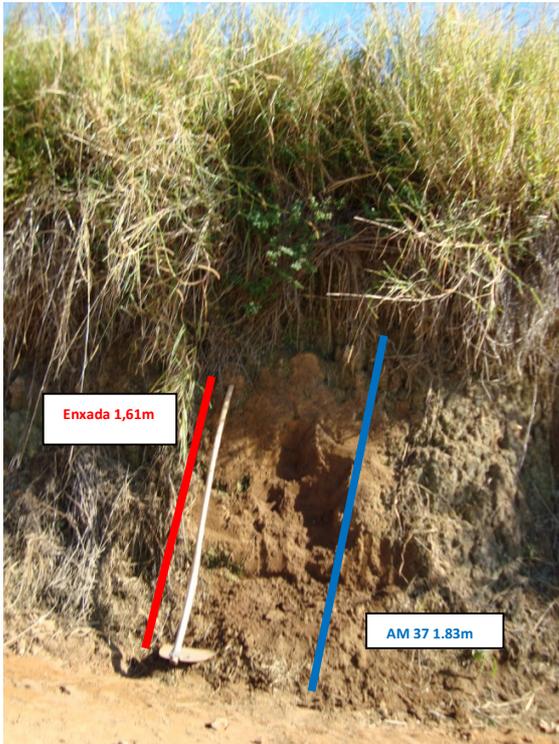


Figura 46: foto 72 amostra 37

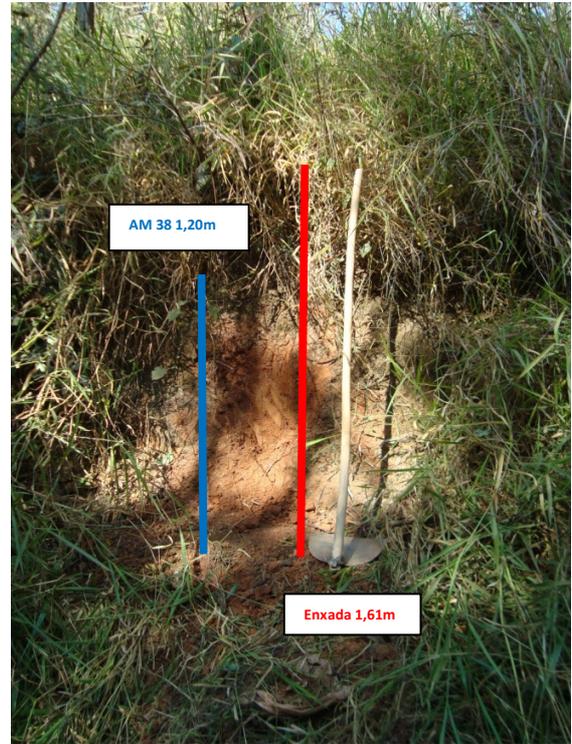


Figura 47: foto 77 amostra 38



Figura 48: foto 78 amostra 39

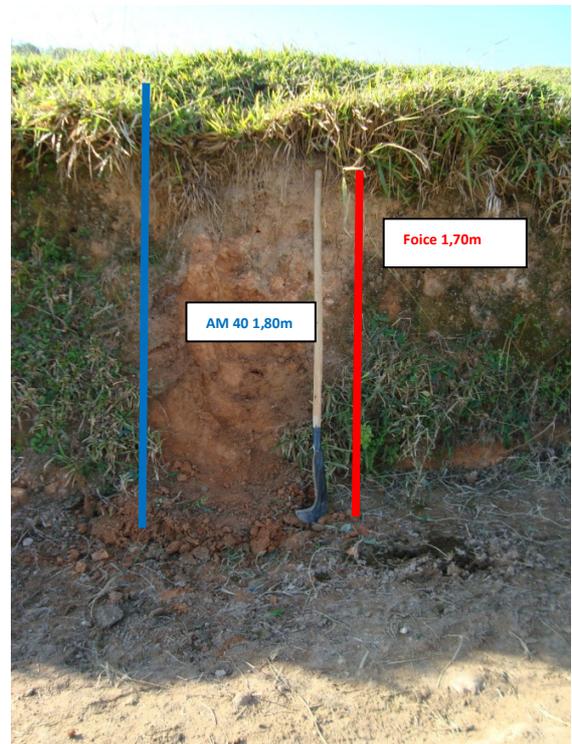


Figura 49: foto 81 amostra 40

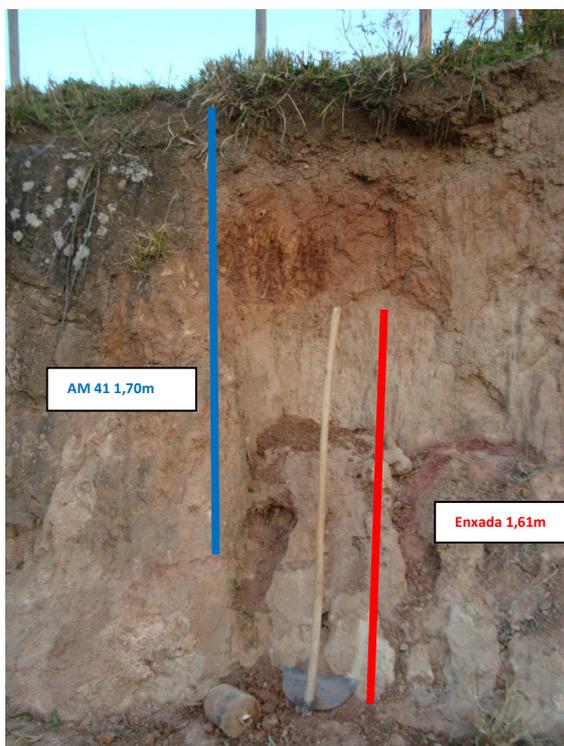


Figura 50: foto 85 amostra 41



Figura 51: foto 86 amostra 42



Figura 52: Composição das fotos 87 a 92, local de coleta das amostras 41 e 42

Nestas imagens podem-se visualizar os diferentes horizontes de solo em cada talude e a espessura do material inconsolidado. Em posse destas amostras foram realizadas as análises de laboratório, os resultados dos ensaios estão demonstrados nos quadros a seguir:

Quadro 31: Massa Específica, Granulometria Conjunta, Permeabilidade, Espessura e Origem

Ponto	Coordenadas Geográficas		Amostra	Massa Específica	Granulometria Conjunta					Permeabilidade			Espessura do Material Inconsolidado (m)	Origem
	X	Y		MES g/cm ³	argila (%)	silte (%)	areia (%)	D ₅₀ (mm)	textura	ρ_d (g/cm ³)	ρ_{dc} (g/cm ³)	K ₂₀ (cm/seg ⁻¹)		
1	-46,90085	-21,61034	1	2,625	29,09	31,88	39,03	0,030000	areno-siltosa	1,490	1,543	2,23E-04	0	retrabalhado
2	-46,90193	-21,60866	2	2,736	19,77	33,16	47,07	0,043792	areno-siltosa	1,468	1,487	5,62E-04	1,7	residual
2	-46,90193	-21,60866	3	2,670	22,55	25,91	51,54	0,085041	arenosa	1,594	1,597	1,20E-03	1,4	retrabalhado
2	-46,90193	-21,60866	4	2,747	12,03	37,70	50,27	0,060907	arenosa	1,919	1,971	1,19E-04	1,9	residual
3	-46,90873	-21,61620	5	2,675	11,68	19,00	69,32	0,232662	arenosa	2,533	2,561	2,13E-04	1,3	retrabalhado
3	-46,90873	-21,61620	6	2,607	21,01	18,39	60,60	0,077982	arenosa	1,695	1,784	5,88E-04	1,5	residual
4	-46,89876	-21,62740	7	2,690	41,88	7,28	50,84	0,086388	arenosa	1,314	1,507	6,44E-03	1,2	retrabalhado
4	-46,89876	-21,62740	8	2,683	43,78	7,49	48,73	0,014850	areno-argilosa	1,477	1,757	4,97E-05	2,75	residual
5	-46,85768	-21,67444	9	2,672	5,75	21,87	72,38	0,235857	arenosa	1,509	1,531	1,80E-02	4,8	residual
5	-46,85768	-21,67444	10	2,651	3,73	33,12	63,14	0,154694	arenosa	1,384	1,407	1,49E-02	6,5	residual
6	-46,80844	-21,78723	11	2,701	45,55	8,85	45,61	0,005205	areno-argilosa	1,154	1,313	4,04E-05	1,4	residual
6	-46,80844	-21,78723	12	2,692	41,33	15,16	43,50	0,005108	areno-argilosa	1,847	1,905	7,12E-07	0,7	retrabalhado
7	-46,85964	-21,66373	13	2,722	36,30	23,94	39,75	0,007856	areno-argilosa	1,377	1,431	2,22E-05	0,6	retrabalhado
7	-46,85964	-21,66373	14	2,771	24,50	34,10	41,40	0,031469	areno-siltosa	0,995	1,328	7,42E-03	1,6	residual
8	-46,82890	-21,70123	15	2,602	14,47	16,80	68,73	0,404685	arenosa	1,986	2,120	5,71E-03	0,7	retrabalhado
8	-46,82890	-21,70123	16	2,704	43,89	15,35	40,76	0,005000	argilo-arenosa	1,277	1,440	1,80E-05	2,3	residual
9	-46,81771	-21,71418	17	2,705	11,18	37,73	51,09	0,060608	arenosa	1,471	1,608	1,13E-03	2,7	residual
9	-46,81771	-21,71418	18	2,651	26,66	31,06	42,28	0,021198	areno-siltosa	1,584	1,758	6,00E-05	0,65	retrabalhado
10	-46,83238	-21,75467	19	2,652	12,32	39,53	48,15	0,056116	areno-siltosa	1,446	1,483	1,10E-03	1,5	retrabalhado
10	-46,83238	-21,75467	20	2,676	5,02	42,53	52,45	0,077799	arenosa	1,464	1,692	2,03E-03	3,2	residual
10	-46,83238	-21,75467	21	2,702	12,08	33,47	54,45	0,086819	arenosa	1,446	1,717	2,89E-03	6,2	residual
11	-46,73453	-21,84496	22	2,641	24,47	12,92	62,61	0,151000	arenosa	1,202	1,396	4,64E-02	1,55	residual
11	-46,73453	-21,84496	23	2,643	24,78	13,43	61,80	0,076000	arenosa	1,417	1,440	2,54E-03	0,5	retrabalhado
12	-46,83191	-21,74720	24	2,638	26,49	26,67	46,84	0,044610	areno-siltosa	1,598	1,821	2,85E-04	5,00	residual

Ponto	Coordenadas Geográficas		Amostra	Massa Específica MES g/cm ³	Granulometria Conjunta					Permeabilidade			Espessura do Material Inconsolidado (m)	Origem
	X	Y			argila (%)	silte (%)	areia (%)	D ₅₀ (mm)	textura	ρ _d (g/cm ³)	ρ _{dc} (g/cm ³)	K ₂₀ (cm/seg ⁻¹)		
13	-46,81545	-21,75796	25	2,740	38,80	25,98	35,22	0,005523	argilo-arenosa	1,41	1,59	8,18E-06	3,20	residual
14	-46,81146	-21,76642	26	2,680	45,47	6,76	47,78	0,020727	areno-argilosa	1,638	1,696	4,29E-05	1,90	residual
15	-46,82328	-21,75605	27	2,708	27,21	30,66	42,13	0,022536	areno-siltosa	1,408	1,513	1,86E-04	3,3	residual
16	-46,79002	-21,73662	28	2,702	56,02	5,73	38,25	0,001696	argilosa	1,197	1,356	2,52E-06	2,85	residual
17	-46,81158	-21,75992	29	2,757	46,77	12,40	40,84	0,002767	argilo-arenosa	1,459	1,550	1,37E-06	1,80	residual
18	-46,82310	-21,64235	30	2,665	13,54	30,14	56,33	0,078211	arenosa	1,488	1,518	1,80E-03	6,30	residual
19	-46,71711	-21,84548	31	2,682	32,87	23,15	43,98	0,021703	areno-argilosa	1,472	1,539	1,18E-04	1,80	retrabalhado
19	-46,71711	-21,84548	32	2,702	25,54	34,80	39,66	0,022738	areno-siltosa	1,279	1,473	4,32E-04	2,30	residual
20	-46,71819	-21,82385	33	2,695	40,64	6,47	52,90	0,084074	arenosa	1,420	1,543	3,13E-03	1,50	residual
21	-46,79342	-21,80588	34	2,683	44,51	8,78	46,71	0,005301	areno-argilosa	1,360	1,451	1,04E-05	0,80	retrabalhado
21	-46,79342	-21,80588	35	2,704	25,21	29,09	45,70	0,032139	areno-siltosa	1,363	1,490	5,35E-04	2,40	residual
22	-46,80875	-21,68503	36	2,708	27,92	22,57	49,51	0,060259	areno-argilosa	1,629	1,661	4,67E-04	3,20	residual
23	-46,73323	-21,85583	37	2,740	39,38	12,26	48,36	0,014881	areno-argilosa	1,155	1,476	4,03E-04	1,83	residual
24	-46,84336	-21,73465	38	2,706	43,80	13,23	42,97	0,005432	argilo-arenosa	1,412	1,703	7,98E-06	1,20	residual
25	-46,87842	-21,64497	39	2,704	22,65	18,75	58,61	0,102520	arenosa	1,389	1,591	5,84E-03	2,40	residual
26	-46,83321	-21,63774	40	2,615	39,58	15,93	44,49	0,014351	areno-argilosa	1,291	1,533	1,45E-04	1,80	residual
27	-46,85883	-21,66893	41	2,664	37,80	15,16	47,04	0,028466	areno-argilosa	1,325	1,564	5,23E-04	1,70	retrabalhado
27	-46,85883	-21,66893	42	2,687	12,11	26,99	60,89	0,138825	arenosa	1,360	1,454	1,36E-02	1,50	residual

Legenda: MES g/cm³ – Massa Específica do Sólido; ρ_d (g/cm³) – Massa Específica Seca de Campo; ρ_{dc} (g/cm³) – Massa Específica Natural; K₂₀ (cm/seg⁻¹) – Permeabilidade e D₅₀ (mm) = Diâmetro Equivalente

Quadro 32: Mini-MCV e Mini-CBR

Ponto	Coordenadas Geográficas		Amostra	Mini-MCV				Mini-CBR				
	X	Y		e'	C'	Pi(%)	Sb	W _{ot} (%)	ρ _{dmáx} (g/cm ³)	Retr (%)	Exp (%)	M _{cbr}
1	-46,90085	-21,6103	1	1,09	0,6	91,40	LA	24,7%	1,32	1,00%	2,20%	6,00
2	-46,90193	-21,60866	2	1,78	1,35	292,45	NS'	22,0%	1,40	0,55%	0,32%	5,20

Ponto	Coordenadas Geográficas		Amostra	Mini-MCV				Mini-CBR				
	X	Y		e'	C'	Pi(%)	Sb	W _{ot} (%)	ρ _{dmáx} (g/cm ³)	Retr (%)	Exp (%)	M _{cbr}
2	-46,90193	-21,60866	3	1,33	1,48	137,69	NS'	22,2%	1,53	1,10%	0,20%	6,30
2	-46,90193	-21,60866	4	1,95	1,12	363,64	NS'	18,0%	1,35	0,15%	2,20%	6,00
3	-46,90873	-21,6162	5	1,40	1,12	164,59	NA'	13,8%	1,78	0,61%	0,21%	10,00
3	-46,90873	-21,6162	6	1,10	1,10	76,71	LA'	16,6%	1,62	0,70%	0,02%	0,08
4	-46,89876	-21,6274	7	0,84	2,15	0,00	LG'	20,0%	1,62	1,10%	0,00%	19,00
4	-46,89876	-21,6274	8	0,84	1,40	8,81	LA'	25,0%	1,50	1,30%	0,03%	10,80
5	-46,85768	-21,67444	9	1,50	1,32	284,41	NS'	8,5%	1,62	0,20%	0,60%	7,00
5	-46,85768	-21,67444	10	1,56	1,20	275,43	NS'	8,2%	1,48	0,20%	0,80%	6,20
6	-46,80844	-21,78723	11	1,04	1,80	74,65	LG'	23,0%	1,60	0,90%	0,60%	12,00
6	-46,80844	-21,78723	12	0,89	1,59	40,14	LG'	20,2%	1,58	1,30%	0,17%	10,50
7	-46,85964	-21,66373	13	1,20	1,70	109,55	NG'	23,8%	1,40	1,65%	1,80%	4,00
7	-46,85964	-21,66373	14	1,46	1,60	300,00	NG'	21,0%	1,42	1,00%	2,90%	3,50
8	-46,8289	-21,70123	15	1,16	0,90	101,86	NA'	16,1%	1,72	1,00%	0,03%	6,50
8	-46,8289	-21,70123	16	1,22	2,21	111,10	NG'	25,3%	1,49	1,42%	0,00%	11,54
9	-46,81771	-21,71418	17	1,55	0,90	278,32	NS'	14,6%	1,50	0,50%	1,25%	4,20
9	-46,81771	-21,71418	18	1,39	1,40	199,91	NS'	23,2%	1,50	1,40%	0,22%	8,00
10	-46,83238	-21,75467	19	1,24	1,35	155,59	NA'	16,2%	1,57	0,60%	1,27%	8,00
10	-46,83238	-21,75467	20	1,84	1,20	295,30	NS'	23,0%	1,41	0,42%	0,48%	9,00
10	-46,83238	-21,75467	21	1,20	1,49	145,20	NA'	18,0%	1,60	1,20%	0,40%	5,00
11	-46,73453	-21,84496	22	1,14	1,70	54,61	LG'	16,2%	1,60	0,34%	0,10%	17,60
11	-46,73453	-21,84496	23	1,26	1,20	113,00	NA'	18,0%	1,60	1,01%	0,00%	13,70
12	-46,83191	-21,74720	24	1,47	1,00	203,10	NA'	21,5%	1,53	1,00%	0,60%	5,60
13	-46,81545	-21,75796	25	1,56	2,10	303,80	NG'	25,6%	1,55	1,30%	0,50%	10,50
14	-46,81146	-21,76642	26	1,02	1,48	77,40	LA'	22,2%	1,57	1,51%	0,02%	11,60
15	-46,82328	-21,75605	27	1,55	0,29	290,20	NA	20,2%	1,38	0,80%	1,40%	4,00
16	-46,79002	-21,73662	28	1,19	1,70	92,70	NG'	24,6%	1,42	1,10%	0,20%	17,00

Ponto	Coordenadas Geográficas		Amostra	Mini-MCV				Mini-CBR				
	X	Y		e'	C'	Pi(%)	Sb	W _{ot} (%)	ρ _{dmáx} (g/cm ³)	Retr (%)	Exp (%)	M _{cbr}
17	-46,81158	-21,75992	29	1,27	1,90	109,40	NG'	26,0%	1,49	1,30%	0,25%	0,13
18	-46,82310	-21,64235	30	1,58	1,10	290,50	NS'	14,8%	1,58	0,33%	3,00%	5,00
19	-46,71711	-21,84548	31	1,23	1,50	129,00	NA'	17,0%	1,45	0,30%	1,50%	8,00
19	-46,71711	-21,84548	32	1,61	0,70	332,40	NA'	16,0%	1,40	0,31%	2,50%	6,40
20	-46,71819	-21,82385	33	1,16	1,55	71,80	NA'	24,0%	1,58	2,73%	0,09%	10,10
21	-46,79342	-21,80588	34	1,13	1,90	80,90	LG'	22,7%	1,54	1,60%	0,05%	14,00
21	-46,79342	-21,80588	35	1,51	0,80	301,70	NA'	26,0%	1,47	1,40%	0,52%	0,10
22	-46,80875	-21,68503	36	1,41	1,38	199,20	NS'	15,8%	1,59	0,56%	1,25%	8,00
23	-46,73323	-21,85583	37	1,16	1,40	80,30	NA'	33,5%	1,31	2,00%	0,15%	11,00
24	-46,84336	-21,73465	38	1,23	1,60	128,40	NG'	23,2%	1,53	1,49%	0,50%	12,30
25	-46,87842	-21,64497	39	1,33	1,28	204,20	NA'	15,9%	1,72	0,62%	0,30%	10,00
26	-46,83321	-21,63774	40	1,22	1,80	153,70	NG'	19,2%	1,63	1,70%	0,40%	9,00
27	-46,85883	-21,66893	41	1,32	1,80	170,40	NG'	20,9%	1,61	1,80%	0,49%	0,09
27	-46,85883	-21,66893	42	1,54	0,80	297,20	NA'	10,5%	1,67	0,27%	3,12%	4,50

Legenda: coeficiente $e' = \sqrt[3]{\frac{Pi}{100} + \frac{20}{d'}}$, sendo Pi a perda por imersão em % e d' = coeficiente angular do ramo seco da curva de compactação referente a

energia de 12 golpes no ensaio Mini-MCV; C' = inclinação da curva de deformabilidade para Mini-MCV=10; Sb = comportamento dos solos nos seus sub-grupos;

W_{ot} (%) = Umidade ótima em porcentagem; ρ_{dmáx} (g/cm³) = densidade máxima; Retr (%) = Porcentagem de retração do solo; Exp (%) = Porcentagem de expansão do solo e M_{cbr} = Mini-CBR;

Conforme quadro supracitado, várias amostras possuíam solo retrabalhado, desta forma segundo Deere e Patthou (1971), quando o colúvio é formado por sucessivas ocorrências de corrida de detritos, o topo de cada camada de colúvio fica retrabalhada e zonas mais permeáveis se desenvolvem nessas posições ou dentro de uma camada individual. O tamanho das partículas dos materiais e a condutividade hidráulica do colúvio não são somente mais permeáveis para o fluxo horizontal, mas também são muito permeáveis na direção vertical, a qual permite uma rápida infiltração para o escoamento superficial.

Os grupos texturais na Bacia Hidrográfica do rio Fartura formam padrões de curvas granulométricas bem definidas. O grupo textural I possui uma fração de areia de 40 a 50%, silte abaixo de 25% e argila entre 25 e 45%, conforme mostrado na Figura 53.

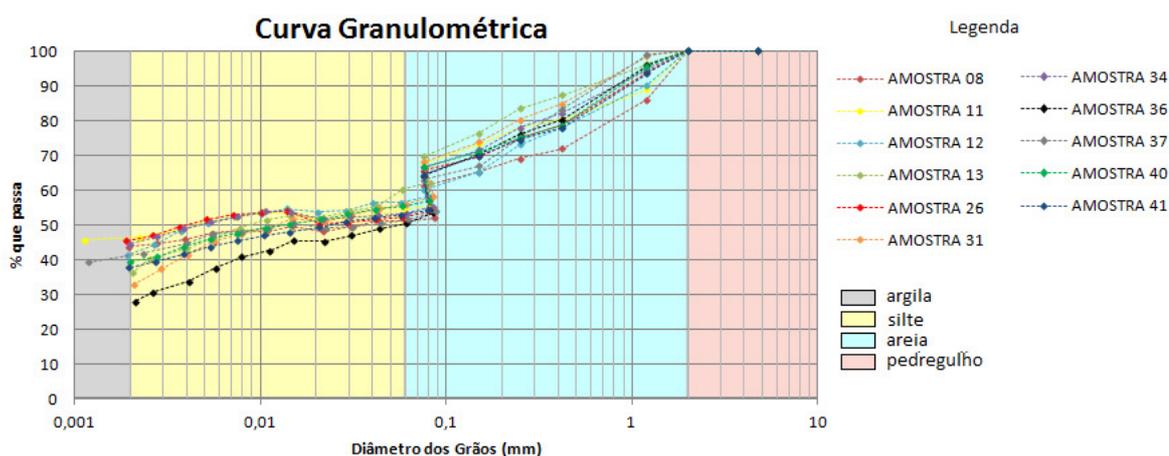


Figura 53: Grupo textural I: areno-argiloso

O grupo textural II possui uma fração de areia de 40 a 50%, silte entre 25 e 40%, e argila abaixo de 30% e conforme demonstrado na Figura 54.

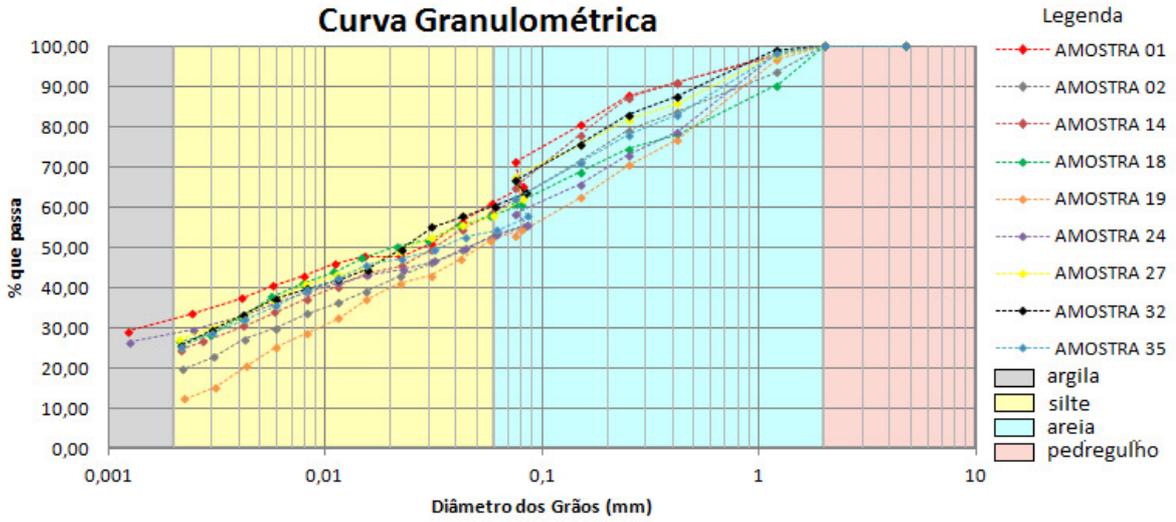


Figura 54: Grupo textural II: areno-siltoso

O grupo textural III possui uma fração de areia acima de 50%, conforme mostrado na Figura 55.

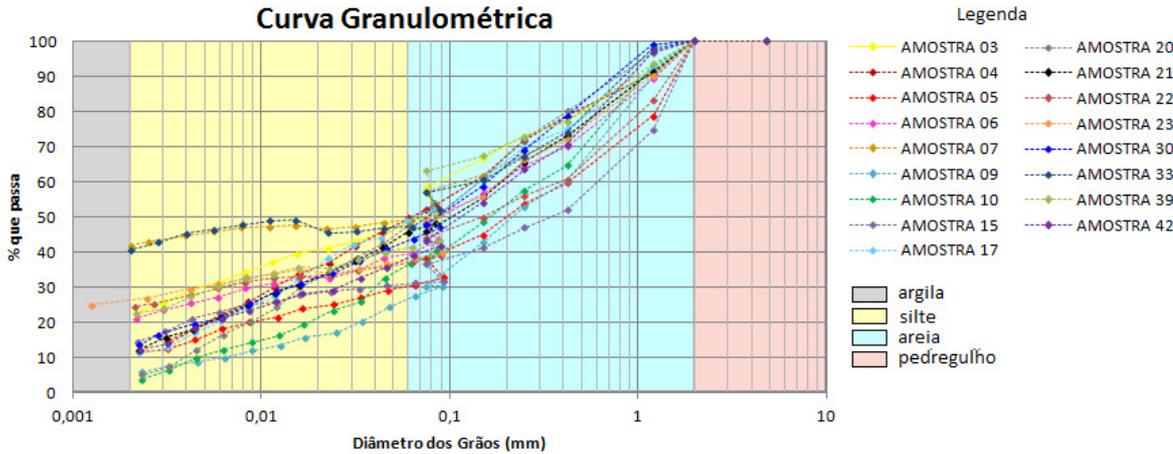


Figura 55: Grupo textural III: arenoso

O grupo textural IV possui uma fração de argila de 35 a 45%, areia entre 25 e 40%, e silte abaixo de 25% e conforme demonstrado na Figura 56.

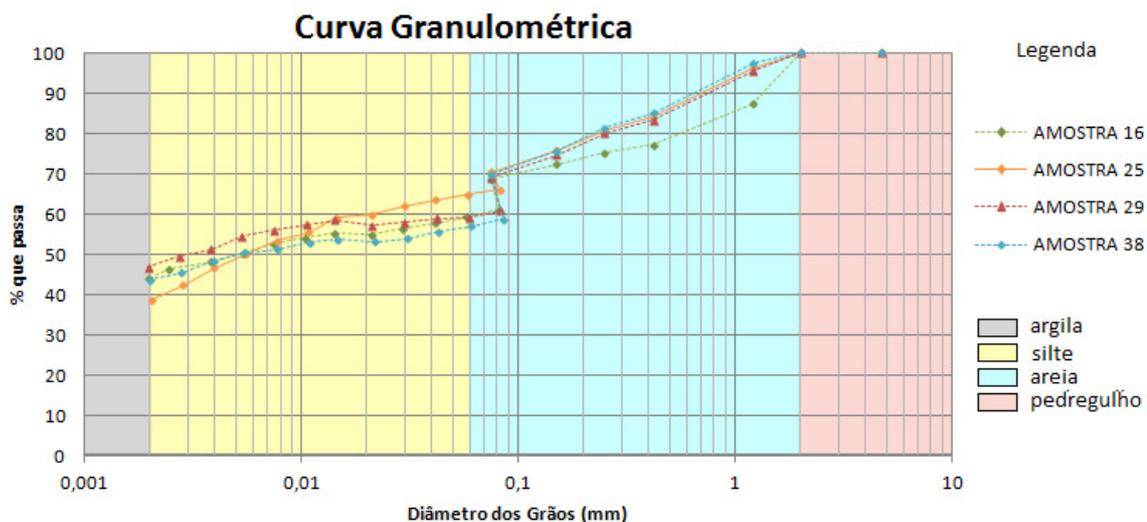


Figura 56: Grupo textural IV: argilo-arenoso

O grupo textural V possui uma fração de argila superior a 50%, conforme mostrado na Figura 57.

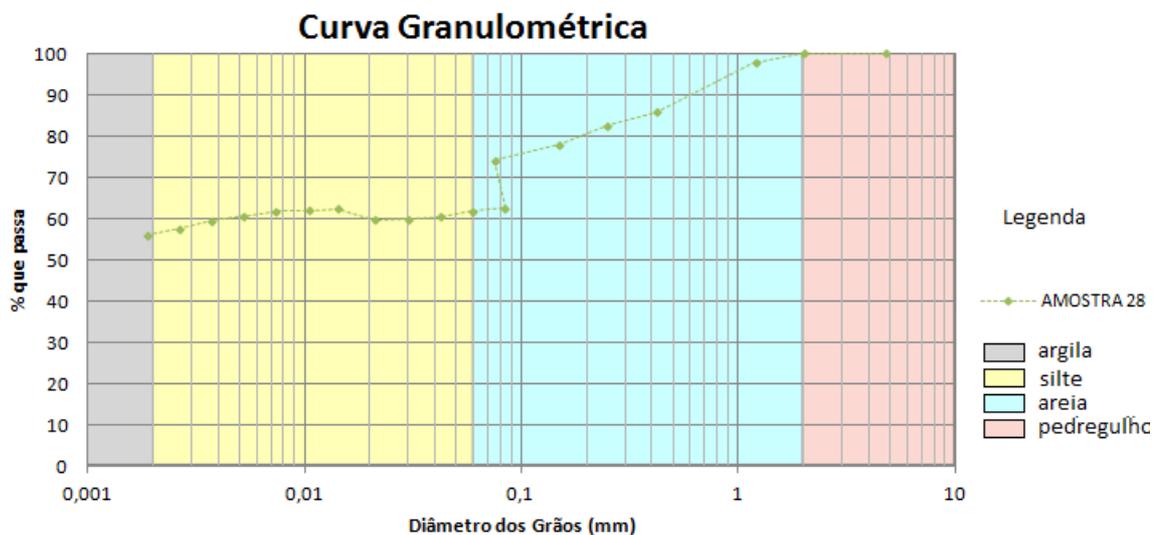


Figura 57: Grupo textural V: argiloso

Quanto à classificação das espessuras, dividiu-se em classes mais frequentes na área de estudo, sendo estas: menor que 1,0 m; variando entre 1,0 e 1,5 m e maior que 1,5 m.

Também foram analisados os demais resultados dos ensaios de laboratório, além de outras considerações como as formas de relevo, a densidade de drenagem e declividade.

Após todas estas considerações foi realizada a delimitação das Classes de Materiais Inconsolidados e produzido finalmente o mapa de materiais inconsolidados (Volume II, item 9). A descrição de cada classe estipulada encontra-se a seguir:

- **Materiais Retrabalhados**
 - Unidade 01: Formada por materiais retrabalhados pertencentes ao grupo textural III, com comportamento não laterítico, de origem coluvionar, com permeabilidade superior a 10^{-3} cm/seg⁻¹ e espessura variando entre 1,0 e 1,5 m. Situa-se em um relevo colinoso com encosta convexa, composto por migmatitos estromáticos.
 - Unidade 02: Formada por materiais retrabalhados pertencentes ao grupo textural II, com comportamento laterítico, de origem aluvionar, com permeabilidade entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/seg⁻¹ e espessura variando entre 1,0 e 1,5 m. Situa-se em planície fluvial com vale aberto.
 - Unidade 03: Formada por materiais retrabalhados pertencentes ao grupo textural III, com comportamento laterítico, de origem coluvionar, com permeabilidade $> 10^{-3}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,0 e 1,5 m. Situa-se em morro alto com encosta côncava e vale aberto., composta por hornblenda granitóides róseos.
 - Unidade 04: Formada por materiais retrabalhados pertencentes ao grupo textural I, com comportamento não laterítico, de origem coluvionar, com permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura $< 1,0$ m. Situa-se em vale aberto com encosta côncava e é composto por enclaves aluminosos.
 - Unidade 05: Formada por materiais retrabalhados pertencentes ao grupo textural I, com comportamento não laterítico, de origem coluvionar, com permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em morro alto, anguloso com encosta côncava e vale fechado, composta por granitos inequigranulares.
 - Unidade 06: Formada por materiais retrabalhados pertencentes ao grupo textural III, com comportamento não laterítico, de origem coluvionar, com permeabilidade $> 10^{-3}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em vale, com encosta convexa e predomina migmatitos e granitos oclares em sua composição.
 - Unidade 07: Formada por materiais retrabalhados pertencentes ao grupo textural V, com comportamento não laterítico, de origem coluvionar, com permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em morro alto e predomina migmatitos e granitos oclares em sua composição.

- Unidade 08: Formada por materiais retrabalhados pertencentes ao grupo textural I, com comportamento laterítico, de origem coluvionar, com permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura $< 1,0$ m. Situa-se em morrote e predomina migmatitos e granitos oclares em sua composição.
- Unidade 09: Formada por materiais retrabalhados pertencentes ao grupo textural I, com comportamento laterítico, de origem coluvionar, com permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura $< 1,0$ m. Situa-se em morrote e predomina migmatitos de estrutura de granulitos félsicos.
- Unidade 10: Formada por materiais retrabalhados pertencentes ao grupo textural I, com comportamento não laterítico, de origem coluvionar, com permeabilidade $> 10^{-3}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em morro alto e predomina migmatitos de estrutura charckitos.
- Materiais Residuais
 - Arenito de Mirante
 - Unidade 11: Formada no período Mesozóico – Terciário Cretáceo tem-se o Arenito de Mirante. Pertencentes ao grupo textural I, com comportamento não laterítico, com permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em colina, com topo plano.
 - Maciço Alcalino de Poços de Caldas
 - Unidade 12: Formada no período Mesozóico - Terciário Cretáceo, o chamado Maciço Alcalino de Poços de Caldas é composto por tinguaiños e fenólitos. Pertencentes ao grupo textural III, com comportamento não laterítico, com permeabilidade entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,0 e 1,5 m. Situa-se em vale aberto, com encosta côncava.
 - Unidade 13: Formada no período Mesozóico - Terciário Cretáceo, o chamado Maciço Alcalino de Poços de Caldas é composto por tinguaiños e fenólitos. Pertencentes ao grupo textural III, com comportamento não laterítico, com permeabilidade entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,0 e 1,5 m. Situa-se em colinas, com encosta côncava e topo plano.
 - Complexo Pinhal – suíte granito migmatítica pinhal
 - Unidade 14: Formada no período Proterozóico Superior, o chamado Complexo Pinhal – suíte granito migmatítica pinhal é composto em sua maioria por migmatitos estromáticos. Pertencentes ao grupo textural III,

- com comportamento não laterítico, permeabilidade entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/seg⁻¹ e espessura maior que 3,0 m. Situa-se em escarpa e vale fechado.
- Unidade 15: Formada no período Proterozóico Superior, o chamado Complexo Pinhal – suíte granito migmatítica pinhal é composto em sua maioria por migmatitos estromáticos. Pertencentes ao grupo textural III, com comportamento não laterítico, permeabilidade entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/seg⁻¹ e espessura maior que 3,0 m. Situa-se em morro alto, com topo arredondado e encosta convexa.
 - Unidade 16: Formada no período Proterozóico Superior, o chamado Complexo Pinhal – suíte granito migmatítica pinhal é composto em sua maioria por migmatitos estromáticos. Pertencentes ao grupo textural III, com comportamento não laterítico, permeabilidade entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/seg⁻¹ e espessura maior que 3,0 m. Situa-se em morrotes e vales fechados.
 - Unidade 17: Formada no período Proterozóico Superior, o chamado Complexo Pinhal – suíte granito migmatítica pinhal é composto em sua maioria por migmatitos estromáticos. Pertencentes ao grupo textural IV, com comportamento não laterítico, permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em morrotes com encosta convexa.
 - Unidade 18: Formada no período Proterozóico Superior, o chamado Complexo Pinhal – suíte granito migmatítica pinhal é composto por granitos inequigranulares. Pertencentes ao grupo textural I, com comportamento não laterítico, com permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em morrotes, com encosta côncava e vale aberto.
 - Unidade 19: Formada no período Proterozóico Superior, o chamado Complexo Pinhal – suíte granito migmatítica pinhal é composto por granitos inequigranulares potássico. Pertencentes ao grupo textural I, com comportamento não laterítico, com permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em morro alto, com topo plano, com encosta côncava e vale fechado.
- Complexo Pinhal – suíte granito charnoquítica de São José do Rio Pardo
 - Unidade 20: Formada no período Proterozóico Superior, o chamado Complexo Pinhal – suíte granito charnoquítica de São José do Rio Pardo é composto em sua maioria por charnoquíticos verdes. Pertencentes ao grupo textural III, com comportamento não laterítico, com permeabilidade

entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em colina com topo arredondado, encosta convexa e vale aberto.

- Unidade 21: Formada no período Proterozóico Superior, o chamado Complexo Pinhal – suíte granito charnoquítica de São José do Rio Pardo é composto em sua maioria por charnoquíticos verdes. Pertencentes ao grupo textural III, com comportamento não laterítico, com permeabilidade entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em morrote com topo plano, encosta convexa e vale fechado.
- Unidade 22: Formada no período Proterozóico Superior, o chamado Complexo Pinhal – suíte granito charnoquítica de São José do Rio Pardo é composto em sua maioria por charnoquíticos verdes. Pertencentes ao grupo textural III, com comportamento não laterítico, com permeabilidade entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em morro alto com encosta convexa e vale fechado.
- Unidade 23: Formada no período Proterozóico Superior, o chamado Complexo Pinhal – suíte granito charnoquítica de São José do Rio Pardo é composto em sua maioria por hornblenda granitóides róseos. Pertencentes ao grupo textural I, com comportamento não laterítico, com permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em escarpa com topo de morro arredondado, encosta retilínea e vale fechado.
- Unidade 24: Formada no período Proterozóico Superior, o chamado Complexo Pinhal – suíte granito charnoquítica de São José do Rio Pardo é composto em sua maioria por hornblenda granitóides róseos. Pertencentes ao grupo textural I, com comportamento não laterítico, com permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em morrotes, em vales abertos.
- Unidade 25: Formada no período Proterozóico Superior, o chamado Complexo Pinhal – suíte granito charnoquítica de São José do Rio Pardo é composto em sua maioria por hornblenda granitóides róseos. Pertencentes ao grupo textural I, com comportamento não laterítico, com permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em colinas com encosta convexa e vale aberto.
- Unidade 26: Formada no período Proterozóico Superior, o chamado Complexo Pinhal – suíte granito charnoquítica de São José do Rio Pardo é composto por dominâncias de fáceis alasquíticas. Pertencentes ao grupo textural IV, com comportamento não laterítico, com permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,0 e 1,5 m. Situa-se em morrotes, com topos arredondados e encosta convexa.

- Unidade 27: Formada no período Proterozóico Superior, o chamado Complexo Pinhal – suíte granito charnoquítica de São José do Rio Pardo é composto por dominâncias de fácies alasquíticas. Pertencentes ao grupo textural IV, com comportamento não laterítico, com permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,0 e 1,5 m. Situa-se em morro alto, com topos anguloso e encosta convexa.
- Unidade 28: Formada no período Proterozóico Superior, o chamado Complexo Pinhal – suíte granito charnoquítica de São José do Rio Pardo é composto por dominâncias de fácies alasquíticas. Pertencentes ao grupo textural IV, com comportamento não laterítico, com permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,0 e 1,5 m. Situa-se em vales fechados, com encosta convexa.
- Complexo Varginha
 - Unidade 29: Formada no período Arqueano, o chamado Complexo Varginha é composto por predomínio de migmatitos e granitos oclares. Pertencentes ao grupo textural IV, com comportamento não laterítico, permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em colina, encosta convexa e vale aberto.
 - Unidade 30: Formada no período Arqueano, o chamado Complexo Varginha é composto por predomínio de migmatitos e granitos oclares. Pertencentes ao grupo textural IV, com comportamento não laterítico, $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em escarpas, com topos angulosos e encosta côncava.
 - Unidade 31: Formada no período Arqueano, o chamado Complexo Varginha é composto por migmatitos de estrutura bandadas e oftalmítica. Pertencentes ao grupo textural I, com comportamento não laterítico, com permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em morro alto, com topo plano, encosta côncava e vale aberto.
 - Unidade 32: Formada no período Arqueano, o chamado Complexo Varginha é composto por migmatitos de estrutura bandadas e oftalmítica. Pertencentes ao grupo textural I, com comportamento não laterítico, com permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em escarpa, encosta côncava e vale fechado.
 - Unidade 33: Formada no período Arqueano, o chamado Complexo Varginha é composto por migmatitos de estrutura bandadas e oftalmítica. Pertencentes ao grupo textural I, com comportamento não laterítico, com

permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em morrote, com topo plano, encosta cônica e vale fechado.

- Unidade 34: Formada no período Arqueano, o chamado Complexo Varginha é composto por migmatitos de estrutura charckitos. Pertencentes ao grupo textural III, com comportamento não laterítico, com permeabilidade $> 10^{-3}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em escarpa, encosta cônica e vale fechado.
- Unidade 35: Formada no período Arqueano, o chamado Complexo Varginha é composto por migmatitos de estrutura charckitos. Pertencentes ao grupo textural III, com comportamento não laterítico, com permeabilidade $> 10^{-3}$ cm/seg⁻¹ e espessura entre 1,5 e 3,0 m. Situa-se em morrote, com topo arredondado, encosta convexa e vale fechado.
- Unidade 36: Formada no período Arqueano, o chamado Complexo Varginha é composto por migmatitos de estrutura de granulitos félsicos. Pertencentes ao grupo textural I, com comportamento laterítico, com permeabilidade $< 10^{-4}$ cm/seg⁻¹ e espessura $< 1,0$ m. Situa-se em morro alto, com topo anguloso, encosta cônica e vale aberto.

Após a delimitação das classes atentou-se pelo fato da grande extensão na bacia que possui areia na maioria de sua composição, conforme Figura 58.

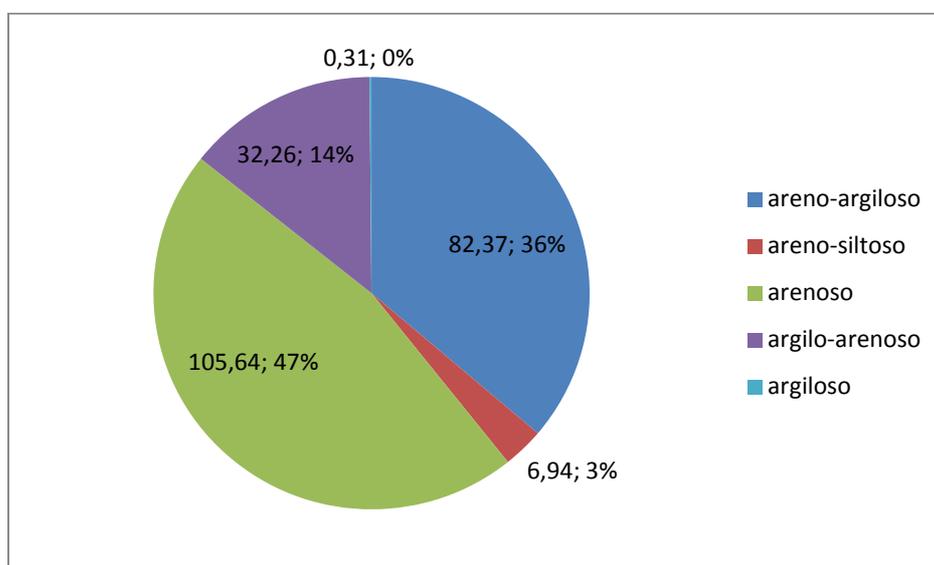


Figura 58: Quantificação do tipo textural na BHRF

A figura supracitada mostra que 47% da bacia possui solo arenoso e que 86% da bacia possui acima de 50% de composição de areia em sua textura. Este fato é possível devido à homogeneidade do substrato rochoso da região.

5.11. MAPA DE UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO

O Mapa das Unidades Básicas de Compartimentação (Volume II, item 10) foi definido em 66 classes conforme mostra o Quadro 33.

Quadro 33: Delimitação das Unidades Básicas de Compartimentação

Domínio Regional Cristalino			
Província	Zona	Subzona	UBCs
Cenozóico (C)	Aluviões recentes (Al)	Planície Fluvial (P)	CAIP 1 e 2
		Colina (C)	CAIC
Mesozóico – Terciário Cretáceo (M)	Arenito de Mirante (Ar)	Colina (C)	MarC
	Maciço alcalino de Poços de Caldas (Ma)	Vale (V)	MMaV
		Colina (C)	MMaC
Proterozóico Superior (P)	Enclaves Aluminosos (Ea)	Vale (V)	PEaV
		Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal (Pm)	Escarpa (E)
	Morro Alto (Ma)		PPmMa 1 a 7
	Morroto (Mt)		PPmMt 1 a 6
	Colina (C)		PPmC
	Complexo Pinhal: suíte granito charnockítica de São José do Rio Pardo (Pc)	Escarpa (E)	PPcE
		Morro Alto (Ma)	PPcMa 1 a 5
		Morroto (Mt)	PPcMt 1 a 4
		Vale (V)	PPcV
		Colina (C)	PPcC 1 a 3
Arqueano (A)	Complexo Varginha (Cv)	Escarpa (E)	ACvE 1 a 3
		Morro Alto (Ma)	ACvMa 1 a 11
		Morroto (Mt)	ACvMt 1 a 8
		Vale (V)	ACvV 1 a 3
		Colina (C)	ACvC 1 a 3
		Planície Fluvial (P)	ACvP

Cada classe definida no mapa supracitado está descrita a seguir:

- CAIP 1 = Aluviões recentes em planícies fluviais, amplitude de 0 a 5 m, declividade de 0 a 5%, vale aberto, com baixa frequência de canais.
- CAIP 2 = Aluviões recentes em planícies fluviais, amplitude de 0 a 5 m, declividade de 5 a 20%, encosta convexa, topos planos e média frequência canais.
- CAIC = Aluviões recentes em colinas, amplitude de 5 a 60 m e declividade de 5 a 20%, encosta convexa, topos planos e baixa frequência de canais.

- MarC = Arenito de mirante, em colinas, com amplitude de 0 a 5 m, declividade de 5 a 20%, encosta convexa, topos planos
- MMaV = Tinguaitos fenólitos em vales abertos, com encosta côncava, declividade de 5 a 20% e amplitude de 5 a 60m e isenta de canais de drenagem
- MMaC = Tinguaitos fenólitos em colinas, com encosta côncava e topos planos, declividade de 5 a 20% e amplitude de 5 a 60m e isenta de canais de drenagem
- PEaV = Enclaves aluminosos, com vales abertos, com encosta côncava e declividade de 0 a 5% e amplitude de 5 a 60m e baixa frequência de canais
- PPMaE 1 = Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal (Pm), em escarpas, com topo arredondado e encosta retilínea, declividade de 30 a 45% e amplitude de 200 a 320 m e baixa frequência de canais
- PPMaE 2 = Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal (Pm), em escarpas, com topo anguloso e encosta convexa, declividade de 5 a 20% e amplitude de 200 a 320 m e média frequência de canais
- PPMaMa 1 = Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal (Pm), com morros altos, com topo pontiagudo e encosta convexa, declividade de 5 a 20%, em vale aberto e amplitude de 120 a 200 m e baixa frequência de canais
- PPMaMa 2 = Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal (Pm), com morros altos, com topo anguloso e encosta côncava, declividade de 5 a 20%, e amplitude de 120 a 200 m e baixa frequência de canais
- PPMaMa 3 = Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal (Pm), com morros altos, com topo plano e encosta convexa, declividade > 45%, em vale aberto e amplitude de 120 a 200 m e baixa frequência de canais
- PPMaMa 4 = Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal (Pm), com morros altos, com topo arredondado e encosta convexa, declividade de 30 a 45%, em vale fechado e amplitude de 60 a 120 m e baixa frequência de canais
- PPMaMa 5 = Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal (Pm), com morros altos, com topo plano e encosta côncava, declividade de 5 a 20%, em vale fechado e amplitude de 120 a 200 m e média frequência de canais
- PPMaMa 6 = Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal (Pm), com morros altos, com topo anguloso e encosta côncava, declividade de 5 a 20%, em vale fechado e amplitude de 120 a 200 m e baixa frequência de canais
- PPMaMa 7 = Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal (Pm), com morros altos, com topo arredondado e encosta convexa, declividade de 5 a 20%, amplitude de 120 a 200 m e isento de canais de drenagem

- PPMt 1 = Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal (Pm), com morrotes, com topo plano e encosta côncava, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m, vale aberto e média frequência de canais
- PPMt 2 = Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal (Pm), com morrotes, com topo arredondado e encosta convexa, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m, vale fechado e isento de canais de drenagem
- PPMt 3 = Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal (Pm), com morrotes, com topo plano e encosta côncava, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m, vale fechado e média frequência de canais
- PPMt 4 = Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal (Pm), com morrotes, com topo arredondado e encosta côncava, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m, vale fechado e isento de canais de drenagem
- PPMt 5 = Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal (Pm), com morrotes, com topo arredondado e encosta côncava, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m, vale aberto e baixa frequência de canais
- PPMt 6 = Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal (Pm), com morrotes, com topo anguloso e encosta convexa, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m e baixa frequência de canais
- PPMc = Complexo Pinhal: suíte granito migmatítica pinhal (Pm), com colinas, com topo arredondado e encosta convexa, declividade de 5 a 20%, amplitude de 5 a 60 m, vale aberto e baixa frequência de canais
- PPe = Complexo Pinhal: suíte granito charnockítica de São José do Rio Pardo (Pc), com escarpas, com topo arredondado e encosta retilínea, declividade de 30 a 45%, amplitude de 200 a 320 m, vale fechado e baixa frequência de canais
- PPMa 1 = Complexo Pinhal: suíte granito charnockítica de São José do Rio Pardo (Pc), com morro alto, com topo anguloso, encosta convexa, declividade de 20 a 30%, amplitude de 120 a 200 m e baixa frequência de canais
- PPMa 2 = Complexo Pinhal: suíte granito charnockítica de São José do Rio Pardo (Pc), com morro alto, com topo plano, vale fechado, encosta côncava, declividade de 5 a 20%, amplitude de 120 a 200 m e média frequência de canais
- PPMa 3 = Complexo Pinhal: suíte granito charnockítica de São José do Rio Pardo (Pc), com morro alto, com topo arredondado, encosta convexa, declividade de 5 a 20%, vale aberto, amplitude de 120 a 200 m e média frequência de canais
- PPMa 4 = Complexo Pinhal: suíte granito charnockítica de São José do Rio Pardo (Pc), com morro alto, com topo plano, encosta convexa, vale fechado,

declividade de 5 a 20%, amplitude de 120 a 200 m e baixa frequência de canais

- PPcMa 5 = Complexo Pinhal: suíte granito charnockítica de São José do Rio Pardo (Pc), com morro alto, com topo arredondado, encosta côncava, vale aberto, declividade de 5 a 20%, amplitude de 120 a 200 m e baixa frequência de canais
- PPcMt 1 = Complexo Pinhal: suíte granito charnockítica de São José do Rio Pardo (Pc), com morrote, com topo arredondado, encosta convexa, vale fechado, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m e média frequência de canais
- PPcMt 2 = Complexo Pinhal: suíte granito charnockítica de São José do Rio Pardo (Pc), com morrote, com topo arredondado, encosta convexa, vale aberto, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m e baixa frequência de canais
- PPcMt 3 = Complexo Pinhal: suíte granito charnockítica de São José do Rio Pardo (Pc), com morrote, com topo plano, encosta retilínea, vale aberto, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m e média frequência de canais
- PPcMt 4 = Complexo Pinhal: suíte granito charnockítica de São José do Rio Pardo (Pc), com morrote, com topo plano, encosta convexa, vale fechado, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m e baixa frequência de canais
- PPcV = Complexo Pinhal: suíte granito charnockítica de São José do Rio Pardo (Pc), com vale fechado, encosta convexa, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m e alta frequência de canais
- PPcC 1 = Complexo Pinhal: suíte granito charnockítica de São José do Rio Pardo (Pc), colina, com vale aberto, encosta convexa, topo anguloso, declividade de 5 a 20%, amplitude de 5 a 60 m e isento de canais de drenagem
- PPcC 2 = Complexo Pinhal: suíte granito charnockítica de São José do Rio Pardo (Pc), colina, com vale aberto, encosta convexa, topo plano, declividade de 5 a 20%, amplitude de 5 a 60 m e isento de canais de drenagem
- PPcC 3 = Complexo Pinhal: suíte granito charnockítica de São José do Rio Pardo (Pc), colina, com vale aberto, encosta convexa, topo arredondado, declividade de 5 a 20%, amplitude de 5 a 60 m e média frequência de canais
- ACvE 1 = Complexo Varginha (Cv), escarpa, com vale fechado, encosta côncava, topo plano, declividade de 5 a 20%, amplitude de 200 a 320 m e média frequência de canais

- ACvE 2 = Complexo Varginha (Cv), escarpa, com vale fechado, encosta côncava, topo anguloso, declividade de 5 a 20%, amplitude de 200 a 320 m e média frequência de canais
- ACvE 3 = Complexo Varginha (Cv), escarpa, encosta côncava, topo anguloso, vale aberto, declividade maior que 45%, amplitude de 200 a 320 m e média frequência de canais
- ACvMa 1 = Complexo Varginha (Cv), morro alto, com vale aberto, encosta côncava, topo anguloso, declividade de 5 a 20%, amplitude de 120 a 200 m e média frequência de canais
- ACvMa 2 = Complexo Varginha (Cv), morro alto, com vale fechado, encosta côncava, topo anguloso, declividade de 5 a 20%, amplitude de 120 a 200 m e média frequência de canais
- ACvMa 3 = Complexo Varginha (Cv), morro alto, com vale aberto, encosta convexa, topo anguloso, declividade de 5 a 20%, amplitude de 120 a 200 m e baixa frequência de canais
- ACvMa 4 = Complexo Varginha (Cv), morro alto, com vale fechado, encosta convexa, topo anguloso, declividade de 5 a 20%, amplitude de 120 a 200 m e baixa frequência de canais
- ACvMa 5 = Complexo Varginha (Cv), morro alto, com vale fechado, encosta côncava, topo arredondado, declividade de 5 a 20%, amplitude de 120 a 200 m e baixa frequência de canais
- ACvMa 6 = Complexo Varginha (Cv), morro alto, com vale aberto, encosta convexa, topo arredondado, declividade de 5 a 20%, amplitude de 120 a 200 m e média frequência de canais
- ACvMa 7 = Complexo Varginha (Cv), morro alto, com vale aberto, encosta côncava, topo plano, declividade de 5 a 20%, amplitude de 120 a 200 m e baixa frequência de canais
- ACvMa 8 = Complexo Varginha (Cv), morro alto, com vale fechado, encosta côncava, topo plano, declividade de 5 a 20%, amplitude de 120 a 200 m e baixa frequência de canais
- ACvMa 9 = Complexo Varginha (Cv), morro alto, com vale aberto, encosta convexa, topo plano, declividade de 5 a 20%, amplitude de 120 a 200 m e baixa frequência de canais
- ACvMa 10 = Complexo Varginha (Cv), morro alto, com vale fechado, encosta convexa, topo plano, declividade de maior que 45%, amplitude de 120 a 200 m e alta frequência de canais

- ACvMa 11 = Complexo Varginha (Cv), morro alto, com vale aberto, encosta côncava, topo plano, declividade de 5 a 20%, amplitude de 120 a 200 m e baixa frequência de canais
- ACvMt 1 = Complexo Varginha (Cv), morrote, com vale aberto, encosta côncava, topo arredondado, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m e baixa frequência de canais
- ACvMt 2 = Complexo Varginha (Cv), morrote, com vale aberto, encosta convexa, topo anguloso, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m e baixa frequência de canais
- ACvMt 3 = Complexo Varginha (Cv), morrote, com vale aberto, encosta convexa, topo arredondado, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m e baixa frequência de canais
- ACvMt 4 = Complexo Varginha (Cv), morrote, com vale fechado, encosta convexa, topo arredondado, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m e baixa frequência de canais
- ACvMt 5 = Complexo Varginha (Cv), morrote, com vale aberto, encosta côncava, topo plano, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m e baixa frequência de canais
- ACvMt 6 = Complexo Varginha (Cv), morrote, com vale fechado, encosta côncava, topo plano, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m e média frequência de canais
- ACvMt 7 = Complexo Varginha (Cv), morrote, com vale aberto, encosta convexa, topo plano, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m e baixa frequência de canais
- ACvMt 8 = Complexo Varginha (Cv), morrote, com vale fechado, encosta convexa, topo plano, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m e média frequência de canais
- ACvV 1 = Complexo Varginha (Cv), vale fechado, encosta côncava, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m e média frequência de canais
- ACvV 2 = Complexo Varginha (Cv), vale aberto, encosta convexa, declividade de 5 a 20%, amplitude de 60 a 120 m e média frequência de canais
- ACvV 3 = Complexo Varginha (Cv), vale fechado, encosta convexa, declividade de 5 a 20%, amplitude de 120 a 200 m e baixa frequência de canais
- ACvC 1 = Complexo Varginha (Cv), colina, topo arredondado, vale aberto, encosta convexa, declividade de 5 a 20%, amplitude de 5 a 60 m e baixa frequência de canais

- ACvC 2 = Complexo Varginha (Cv), colina, topo plano, vale aberto, encosta côncava, declividade de 5 a 20%, amplitude de 5 a 60 m e baixa frequência de canais
- ACvC 3 = Complexo Varginha (Cv), colina, topo plano, vale aberto, encosta convexa, declividade de 5 a 20%, amplitude de 5 a 60 m e baixa frequência de canais
- ACvP = Complexo Varginha (Cv), planície fluvial, vale aberto, declividade de 5 a 20%, amplitude de 0 a 5 m e alta frequência de canais

A Figura 59 mostra a quantificação das áreas em (km²) das UBCs na Bacia Hidrográfica do Rio Fartura, nesta pode-se destacar a homogeneidade da classe ACvMt - 03 que ocupa 10,17% da área da bacia.

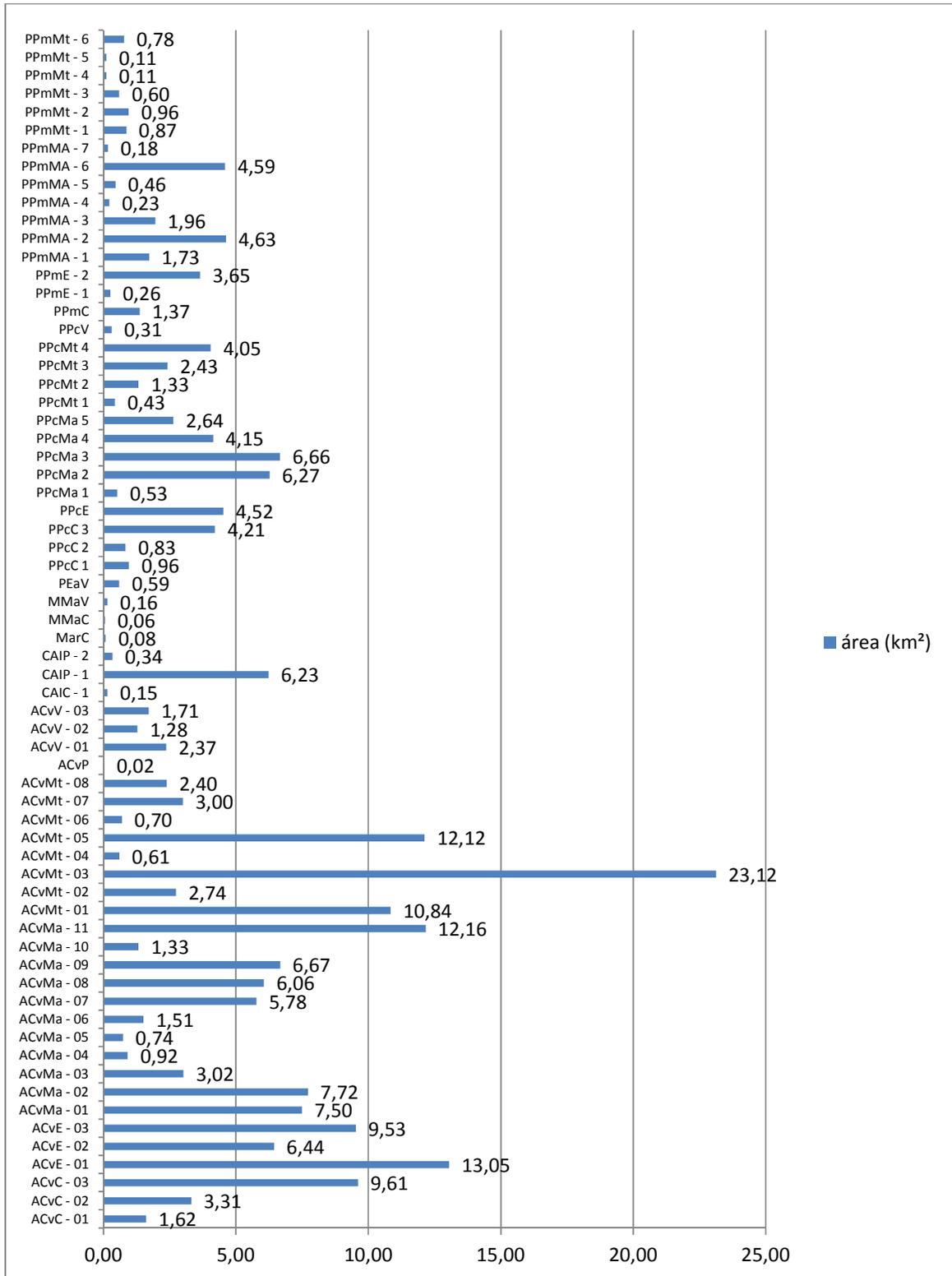


Figura 59: Quantificação das áreas das UBCs (km²)

5.12. MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DAS FONTES POLUIDORAS

No mapa com a localização das fontes poluidoras (Volume II, item 11), pode-se notar que 31% da área da bacia já está coberta por processos minerários, sendo esta uma forte fonte de poluição. Além disso, a Figura 60 mostra os tipos de substâncias retirados da Bacia nestes processos minerários.

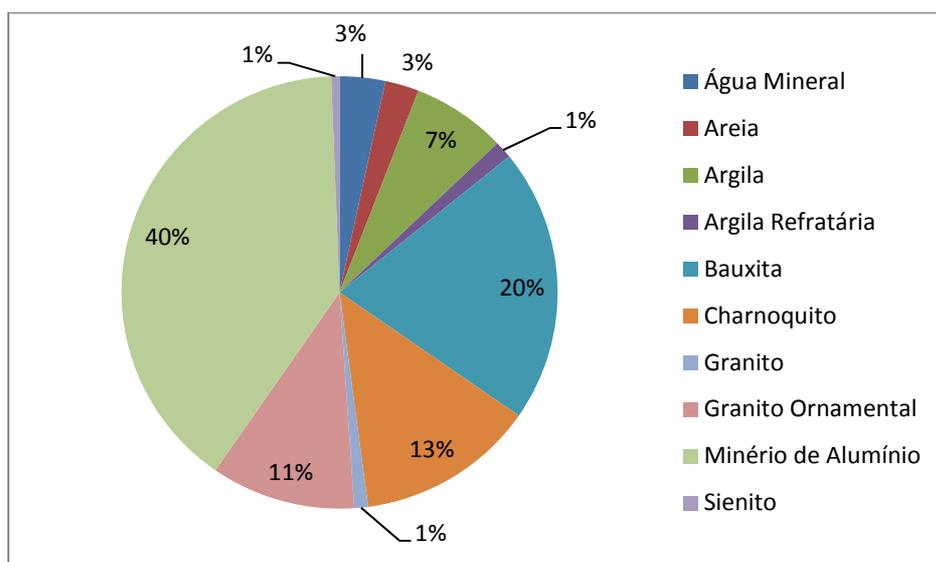


Figura 60: Tipos de substâncias retiradas nos processos minerários

Em posse da carta de zoneamento geoambiental, estas fontes poluidoras foram analisadas quanto à adequabilidade de suas localizações e o tipo de impacto que podem estar causando.

5.13. CARTA DE POTENCIAL DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

A Carta de Potencial de escoamento Superficial (Volume II – item 12) mostra que a maioria da bacia fica dentro do potencial de escoamento 3, 4 e 5, o que equivale a 77,2% da área da bacia. Isto mostra um grau de potencial de escoamento de médio a baixo, conforme demonstram as figuras a seguir:

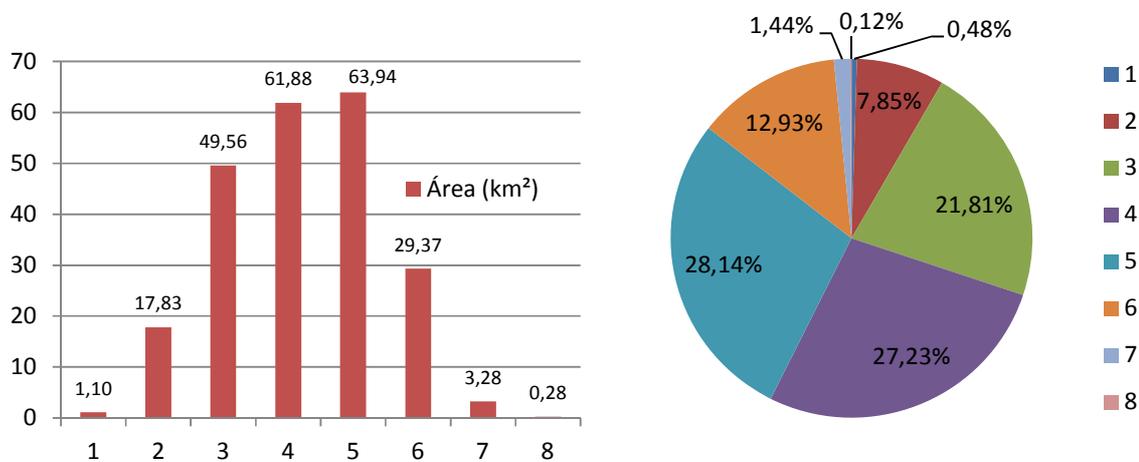


Figura 61: Quantificação do Potencial de Escoamento na Bacia Hidrográfica do Rio Fartura

5.14. ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL

O zoneamento geoambiental (Volume II – item 13) foi obtido com a análise integrada das informações geológicas, fisiográficas, estruturais, morfoestruturais e de unidades e coberturas de alteração intempéricas. Essas informações foram correlacionadas com as determinações laboratoriais de análises físicas e químicas, de materiais coletados ao longo de perfis de alteração intempéricos, as quais resultaram na determinação e cartografia das diversas unidades geoambientais.

O dendograma produzido para o agrupamento das 66 variáveis das UBCs aponta para a possibilidade de agrupamentos que variam de 66 agrupamentos quando a distância euclidiana é 6 a 2 grupos quando a distância euclidiana for 28 (Figura 62).

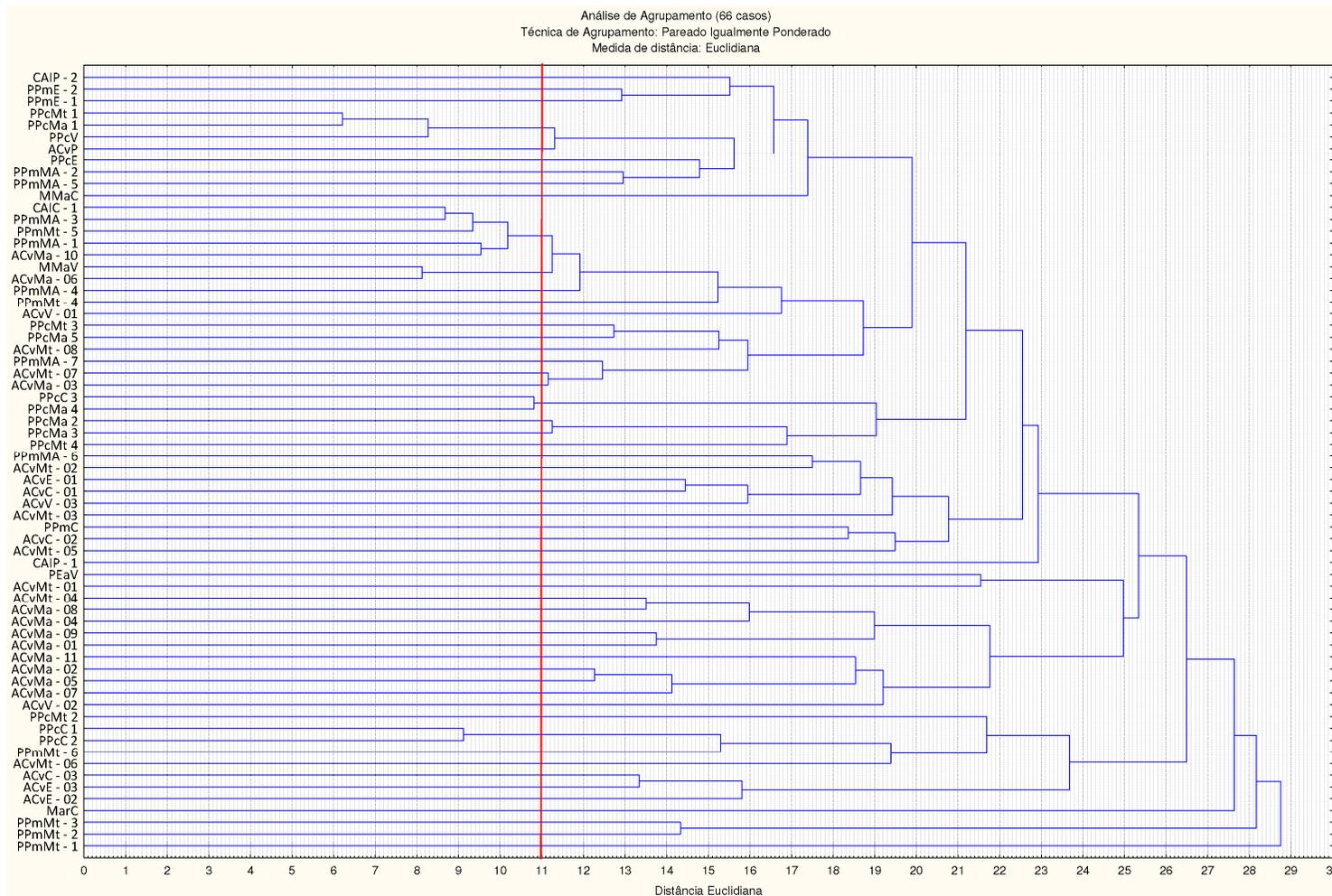


Figura 62: Análise de agrupamentos em cada UBC pelas variáveis: Potencial de Escoamento; Disponibilidade Hídrica; Declividade; Litologia; Origem, Textura, Espessura e Permeabilidade do Material Inconsolidado e Pluviometria

Analisando as similaridades e verificando o ponto ótimo para o agrupamento chegou-se ao resultado de 57 agrupamentos, na distância euclidiana de 11. Em que se agrupou da seguinte forma:

Unidade Geoambiental	Unidade Básica de Compartimentação
Geoambiental 01	CAIP – 2
Geoambiental 02	PPmE – 2
Geoambiental 03	PPmE - 1
Geoambiental 04	PPcMt – 1, PPcMa – 1, PPcV
Geoambiental 05	ACvP
Geoambiental 06	PPcE
Geoambiental 07	PPmMA – 2
Geoambiental 08	PPmMA - 5
Geoambiental 09	MMaC
Geoambiental 10	CAIC -1, PPmMA – 3, PPmMt – 5, PPmMA – 1 e ACvMa - 10
Geoambiental 11	MMaV e ACvMa - 6
Geoambiental 12	PPmMA - 4
Geoambiental 13	PPmMt - 4
Geoambiental 14	ACvV - 01
Geoambiental 15	PPcMt 3
Geoambiental 16	PPcMa 5
Geoambiental 17	ACvMt - 08
Geoambiental 18	PPmMA - 7
Geoambiental 19	ACvMt - 07
Geoambiental 20	ACvMa - 03
Geoambiental 21	PPc 3 e PPcMa - 4
Geoambiental 22	PPcMa 2
Geoambiental 23	PPcMa - 3
Geoambiental 24	PPcMt - 4
Geoambiental 25	PPmMA - 6
Geoambiental 26	ACvMt - 02
Geoambiental 27	ACvE - 01
Geoambiental 28	ACvC - 01
Geoambiental 29	ACvV - 03
Geoambiental 30	ACvMt - 03
Geoambiental 31	PPmC
Geoambiental 32	ACvC - 02
Geoambiental 33	ACvMt - 05
Geoambiental 34	CAIP - 1
Geoambiental 35	PEaV
Geoambiental 36	ACvMt - 01
Geoambiental 37	ACvMt - 04
Geoambiental 38	ACvMa - 08
Geoambiental 39	ACvMa - 04
Geoambiental 40	ACvMa - 09
Geoambiental 41	ACvMa - 01
Geoambiental 42	ACvMa - 11
Geoambiental 43	ACvMa - 02
Geoambiental 44	ACvMa - 05

Unidade Geoambiental	Unidade Básica de Compartimentação
Geoambiental 45	ACvMa - 07
Geoambiental 46	ACvV - 02
Geoambiental 47	PPcMt 2
Geoambiental 48	PPcC 1 e PPcC 2
Geoambiental 49	PPmMt - 6
Geoambiental 50	ACvMt - 06
Geoambiental 51	ACvC - 03
Geoambiental 52	ACvE - 03
Geoambiental 53	ACvE - 02
Geoambiental 54	MarC
Geoambiental 55	PPmMt - 3
Geoambiental 56	PPmMt - 2
Geoambiental 57	PPmMt - 1

Com relação à homogeneidade das UBCs agrupadas a partir dos atributos do meio físico, verifica-se no dendograma da Figura 63 que nos 57 agrupamentos do dendograma anterior (Figura 62) na distância euclidiana de 11, agora correspondem a 38,2% ou seja, as UBCs agrupadas apresentam sempre mais de 61,8% de similaridade, podendo atingir até 72% de similaridade no caso das UBCs: PPcMt – 1, PPcMa – 1 e PPcV, na composição da Unidade Geoambiental 04.

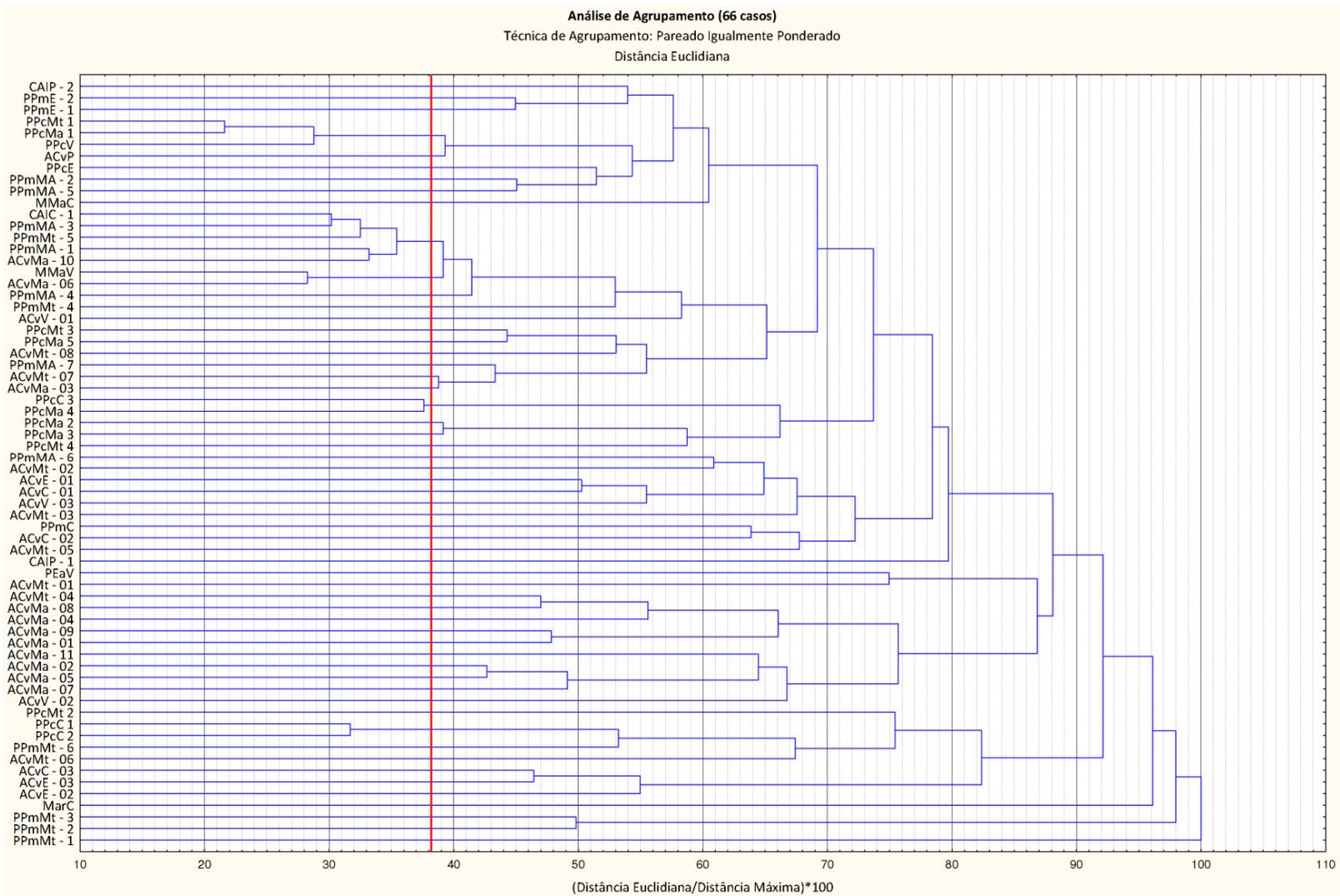


Figura 63: Análise de agrupamentos em cada UBC pelas variáveis: Potencial de Escoamento; Disponibilidade Hídrica; Declividade; Litologia; Origem, Textura, Espessura e Permeabilidade do Material Inconsolidado e Pluviometria onde a distância euclidiana máxima atingida é 100%

Para efetividade dos resultados foi gerado um novo dendrograma com os agrupamentos realizados (Figura 64).

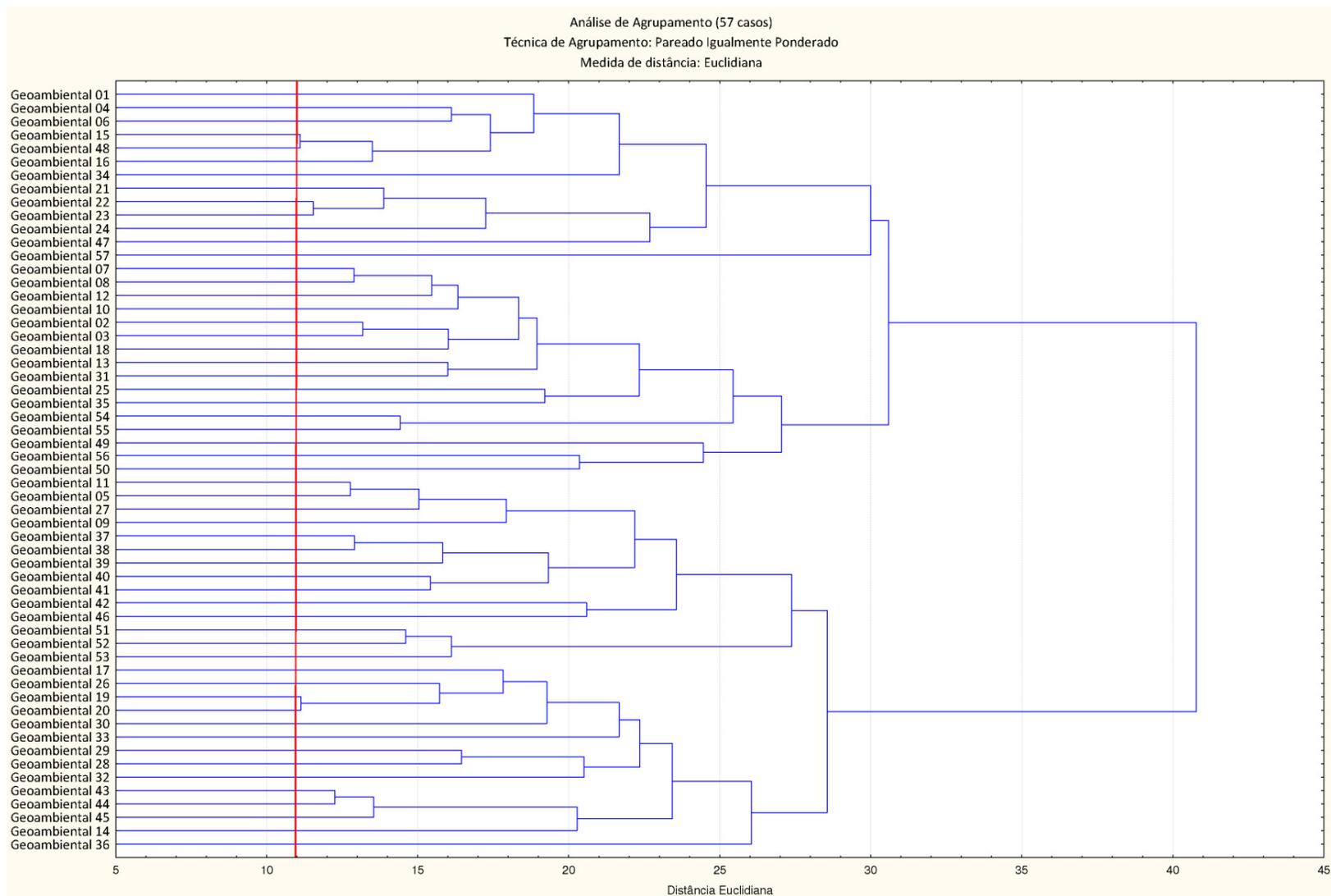


Figura 64: Análise dos 57 agrupamentos realizados a partir das 66 classes de UBCs

Pode-se verificar na Figura 64 que na distância euclidiana igual a 11 não formam mais agrupamentos entre as unidades geoambientais, sendo este o ponto ótimo.

Após a delimitação das zonas geoambientais foram quantificadas e analisadas as áreas, percentuais e informações cadastrais do escoamento superficial, disponibilidade hídrica, declividade, litologia, materiais inconsolidados (origem, textura, espessura e permeabilidade), pluviometria, nascentes, mancha urbana, fontes poluidoras, captações e lançamentos e restrições à ocupação de acordo com o Código Florestal e CONAMA 302 e 303 e cada zona geoambiental para verificações de aptidões do meio físico.

Como resultado foi obtido o zoneamento da região em unidades geoambientais, as quais constituem porções individualizadas que reportam os aspectos de potencialidade e susceptibilidade naturais do meio, condicionados pelos atributos presentes, os percentuais de restrições ao uso e ocupação estabelecidas por leis ambientais e as atividades de uso do solo vigentes.

A figura 64 mostra a quantificação das áreas de cada unidade geoambiental representada na bacia. Cabe destacar que a unidade geoambiental 30 representa 10% da área da bacia sendo a maior unidade delimitada.

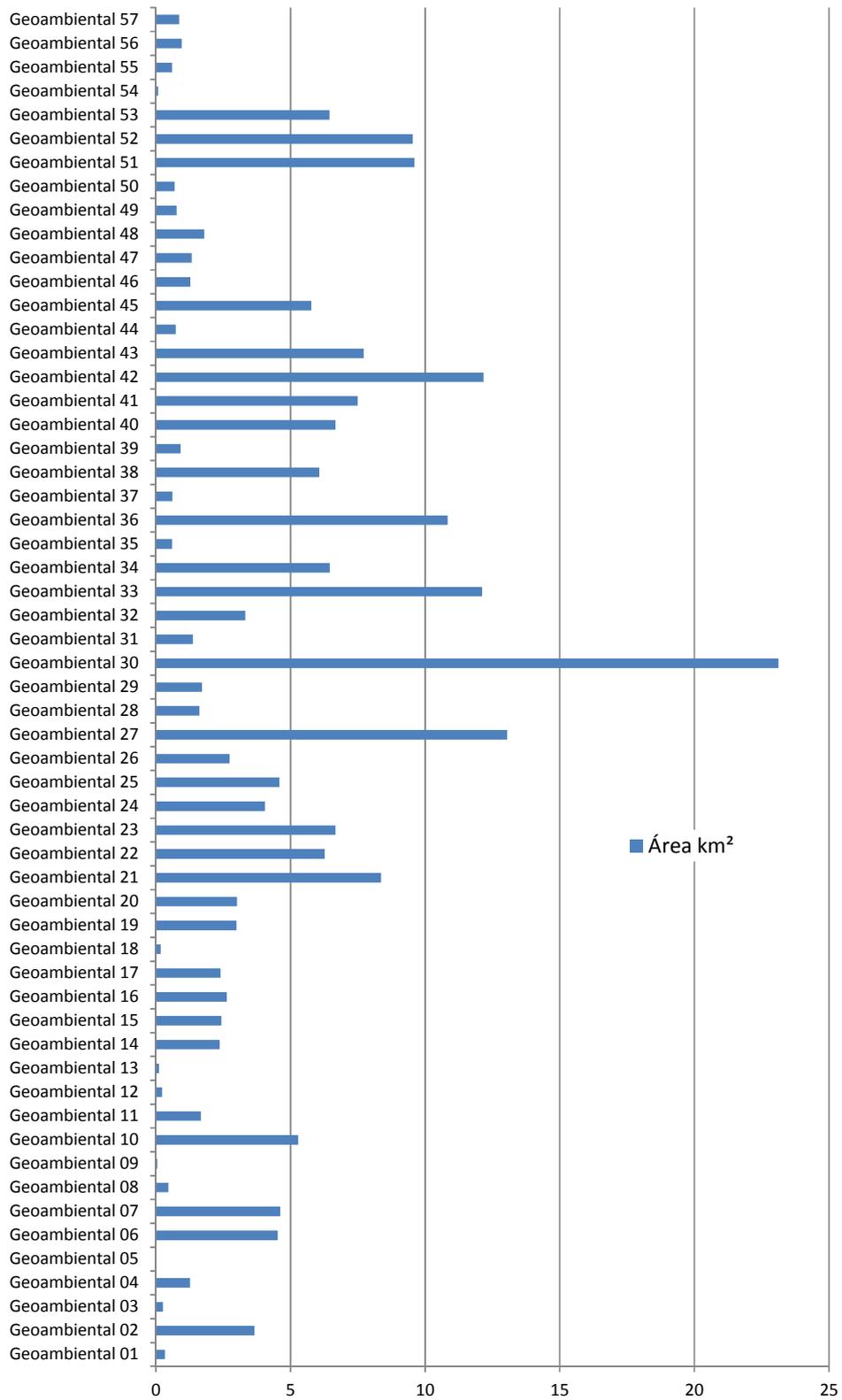


Figura 65: Quantificação das áreas das unidades geoambeintais na BHRF.

5.14.1. CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES GEOAMBIENTAIS

Unidade Geoambiental 01: encontra-se em uma área de baixo potencial de escoamento, sendo que 82,16% de sua área possui uma precipitação média anual entre 1550 e 1600 mm/ano, com 53,86% de sua área com disponibilidade hídrica entre 75 a 150 l/s e 77,38% com baixa declividade (0 a 20%). Formado por aluviões recentes, com solo retrabalhado, arenosiltoso, com espessura do material inconsolidado inferior a 1,0 m e permeabilidade entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/seg⁻¹. Nestas áreas não possuem fontes poluidoras, são localizadas em área rural, não existem nascentes e apenas uma captação superficial. Estes locais estão em uma área 100% restrita à ocupação, pois são áreas propícias a alagamentos.

Unidade Geoambiental 02: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1600 e 1650 mm/ano, com disponibilidade hídrica superior a 450 l/s e 47,11% com baixa declividade (5 a 20%). Inserida no Complexo Pinhal - suíte granito migmatítico pinhal, com solo residual, arenoso, com espessura do material inconsolidado superior a 3,0 m e permeabilidade entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/seg⁻¹. Como fonte de poluição tem-se um processo minerário de extração de areia o qual ocupa 4,70% da região. Esta zona está localizada inteiramente em área rural, existem 8 nascentes nesta, apresentando-se com uma área bem drenada. Não existem captações e nem lançamentos na região. De acordo com a legislação ambiental 31,18% da região está com ocupação restrita. Economicamente, a área é utilizada para extração de areia, agricultura e pastagem, entretanto o solo arenoso não favorece a agricultura, devido ao grande número de vazios característico deste. Por ser uma área bem drenada e com solo arenoso, dependendo do tipo de ocupação há uma tendência ao assoreamento do rio.

Unidade Geoambiental 03: encontra-se em uma área de baixo potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1550 e 1600 mm/ano, com disponibilidade hídrica superior a 450 l/s e 58,96% com baixa declividade (0 a 5%). Inserida no Complexo Pinhal - suíte granito migmatítico pinhal, com solo residual, arenoso, com espessura do material inconsolidado superior a 3,0 m e permeabilidade entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/seg⁻¹. Nestas áreas não possuem fontes poluidoras, são localizadas em área rural, não existem: nascentes, captações e lançamentos. De acordo com a legislação ambiental 31,09% da região está com ocupação

restrita. Economicamente, a área é utilizada para agricultura e pastagem, entretanto o solo arenoso não favorece a agricultura, devido ao grande número de vazios característico deste.

Unidade Geoambiental 04: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1550 e 1600 mm/ano, com disponibilidade hídrica entre 300 e 450 l/s e 48,66% com baixa declividade (5 a 20%), 25,12% de declividade média (20 a 30%) e 24,30% com alta declividade (superior a 30%). Inserida no Complexo Pinhal - suíte granito charnoquítico de São José do Rio Pardo, com falhas geológicas, solo residual, argilo-arenoso, com espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹. Nestas áreas não possuem fontes poluidoras, são localizadas em área rural, existem: 1 nascente, 2 captações superficiais e nenhum lançamento. De acordo com a legislação ambiental 17,71% da região está com ocupação restrita. Economicamente, a área é utilizada na agricultura e pastagem, por ser uma área montanhosa há uma dificuldade para o plantio mecânico, entretanto o solo possui uma grande parcela de argila e baixa permeabilidade o que favorece a fertilidade do solo.

Unidade Geoambiental 05: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1550 e 1600 mm/ano, 65% da área com disponibilidade hídrica entre 150 e 300 l/s e 83,33% com baixa declividade (5 a 20%). Inserida no Complexo Varginha, solo residual, arenoso, com espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m e permeabilidade superior a 10^{-3} cm/seg⁻¹. Como fonte de poluição tem-se um processo minerário de extração de bauxita o qual ocupa 91,67% da região. De acordo com a legislação ambiental 51,67% da região está com ocupação restrita. Economicamente, a área é utilizada para extração de bauxita. Por ser uma área bem drenada, com solo arenoso e atividade extrativa há uma tendência ao assoreamento do rio.

Unidade Geoambiental 06: encontra-se em uma área de médio a alto potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1600 e 1650 mm/ano, a disponibilidade hídrica superior a 450 l/s, em 49,97% da área com baixa declividade (0 a 20%), mas tendo também áreas com alta declividade (27,80% acima de 30%). Está inserida no Complexo Pinhal - suíte granito charnoquítico de São José do Rio Pardo, solo residual, areno-argiloso, com espessura do material inconsolidado entre 1,5 e 3,0 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹.

Nestas áreas não possuem fontes poluidoras, são localizadas em área rural, existem: 8 nascentes, 1 captação superficial e 1 lançamento. De acordo com a legislação ambiental 17,09% da região está com ocupação restrita. Economicamente, a área é utilizada na agricultura e pastagem, por ser uma área montanhosa há uma dificuldade para o plantio mecânico, entretanto o solo possui uma grande parcela de argila e baixa permeabilidade o que favorece a fertilidade do solo.

Unidade Geoambiental 07: encontra-se em uma área de médio a alto potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual superior a 1650 mm/ano, a disponibilidade hídrica superior a 450 l/s, em 73,37% da área com declividade entre 5 e 30%, mas tendo também áreas com alta declividade (24,27% acima de 30%). Inserida no Complexo Pinhal - suíte granito migmatítica Pinhal, solo retrabalhado, areno-argiloso, com espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹. Como fonte de poluição tem-se um processo minerário de extração de argila o qual ocupa 41,29% da região. Localiza-se parcialmente na área rural, tendo 5,79% na área urbana de São Sebastião da Grama. De acordo com a legislação ambiental 10,55% da região está com ocupação restrita, possuindo 7 nascentes. Economicamente, a área é utilizada para extração de argila, agricultura e pastagem. Por ser uma área montanhosa há uma dificuldade para o plantio mecânico, entretanto o solo possui uma grande parcela de argila e baixa permeabilidade o que favorece a fertilidade do solo. Quanto ao crescimento urbano esta área não faz parte do vetor de crescimento espontâneo da cidade.

Unidade Geoambiental 08: encontra-se em uma área de médio a alto potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual superior a 1650 mm/ano, a disponibilidade hídrica entre 300 e 450 l/s, em 73,32% da área com declividade acima de 20. Inserida no Complexo Pinhal - suíte granito migmatítica Pinhal, solo residual, areno-argiloso, com espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹. Nestas áreas não possuem fontes poluidoras, são localizadas em área rural. De acordo com a legislação ambiental 59,56% da região está com ocupação restrita, com uma nascente. A maioria da área está coberta por vegetação nativa, mas também há áreas com agricultura. Por ser uma área

montanhosa há uma dificuldade para o plantio mecânico, entretanto o solo possui uma grande parcela de argila e baixa permeabilidade o que favorece a fertilidade do solo.

Unidade Geoambiental 09: encontra-se em uma área de médio a alto potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1600 e 1650 mm/ano, a disponibilidade hídrica entre 150 e 300 l/s, em 60,99% da área com declividade de 5 a 20%. Está inserida no Maciço Poços de Caldas, solo residual, arenoso, com espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m e permeabilidade entre 10^{-3} e 10^{-4} cm/seg⁻¹. Como fonte de poluição tem-se um processo minerário de extração de bauxita o qual ocupa 97,43% da região. De acordo com a legislação ambiental 97,14% da região está com ocupação restrita, por estar localizada em uma área de topo de morro. Economicamente, 50% da área estão ocupadas com agricultura e as demais áreas estão cobertas por vegetação nativa e o processo para extração de bauxita está arquivado. Por estar inserida em uma área de topo de morro recomenda-se a preservação desta.

Unidade Geoambiental 10: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1600 e 1650 mm/ano, a disponibilidade hídrica superior a 450 l/s e 60,51% da sua área com baixa declividade (0 a 20%), tendo também áreas com média e alta declividade. São solos retrabalhados, em que 2,93% provindos de aluviões recentes, areno-siltoso, espessura inferior a 1,0 m e permeabilidade entre 10^{-3} e 10^{-4} cm/seg⁻¹, 71,90% no Complexo Pinhal - suíte granito migmatítico Pinhal, com solo areno-argiloso, espessura entre 1 e 1,5 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹ e 25,17% no Complexo Varginha. Existem diversos processos minerários na região sendo 27,88% de minério de alumínio, 5,03% de argila e 0,10% de granito ornamental. Localiza-se parcialmente na área rural, tendo 3,60% na área urbana de São Sebastião da Grama. De acordo com a legislação ambiental 16,57% da região está com ocupação restrita, possuindo 8 nascentes. Economicamente, a área é utilizada com atividade extrativa (principalmente com minério de alumínio) e agricultura, com algumas áreas de preservação conservadas. Quanto ao crescimento urbano esta área não faz parte do vetor de crescimento espontâneo da cidade.

Unidade Geoambiental 11: encontra-se em uma área de médio a alto potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual inferior a 1500 mm/ano, a disponibilidade

hídrica entre 300 e 450 l/s, com altas declividades e amplitudes. Inserida 9,36% no Maciço Poços de Caldas com solo residual e 90,64% no Complexo Varginha com solo retrabalhado e areno-argiloso, ambos com permeabilidade entre 10^{-3} e 10^{-4} cm/seg⁻¹ e espessura do material inconsolidado de 1,0 a 1,5%. Existem 2 tipos de processos minerários na região sendo 64,25% de minério de alumínio e 14,77% de granito. De acordo com a legislação ambiental 19,38% da região está com ocupação restrita, com 6 nascentes. Economicamente, a área está ocupada com agricultura e as demais áreas estão cobertas por vegetação nativa, os processos minerários ainda não estão em atividade. Atenta-se para o fato que as áreas restritas estão parcialmente protegidas e a grande quantidade de areia existente, em altas declividades favorece os processos erosivos.

Unidade Geoambiental 12: encontra-se em uma área com alto potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1550 e 1600 mm/ano, a disponibilidade hídrica entre 150 e 300 l/s, com altas declividades e amplitude. Inserida no Complexo Pinhal – suíte granito migmatítica Pinhal, solo retrabalhado, areno-argiloso, com espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹. Nestas áreas não possuem fontes poluidoras, são localizadas em área rural. De acordo com a legislação ambiental 12,19% da região está com ocupação restrita, com uma nascente. A maioria da área está coberta por vegetação nativa, mas também há partes com agricultura, por ser uma região montanhosa há uma dificuldade para o plantio mecânico, entretanto o solo possui uma grande parcela de argila e baixa permeabilidade o que favorece a fertilidade do solo.

Unidade Geoambiental 13: encontra-se em uma área de médio a baixo potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual inferior a 1550 mm/ano, a disponibilidade hídrica entre 300 e 450 l/s, 76,43% da área está situada em baixas declividades (0 a 20%). Está inserida no Complexo Pinhal – suíte granito migmatítica Pinhal, solo residual, areno-argiloso, com espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹. Estas áreas não possuem fontes poluidoras, são localizadas em área rural. De acordo com a legislação ambiental 16,07% da região está com ocupação restrita, com uma nascente. A maioria da área está coberta por agricultura, mas também há áreas com vegetação nativa, por

ser uma área relativamente plana pode-se utilizar o plantio mecânico, pois o solo possui uma grande parcela de argila e baixa permeabilidade o que favorece a fertilidade do solo.

Unidade Geoambiental 14: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1600 e 1650 mm/ano, a disponibilidade hídrica superior a 450 l/s, área está situada em vale onde as declividades variam de 5 a 45%. Inserida no Complexo Varginha, possui solo retrabalhado, arenoso, com espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m e permeabilidade superior a 10^{-3} cm/seg⁻¹. De acordo com a legislação ambiental 16,06% da região está com ocupação restrita, com 4 nascentes. Nota-se também que 70% da área está coberta por agricultura, e as demais áreas com vegetação nativa, entretanto nem todas as vertentes e nascentes estão protegidas. Tem-se também um processo mineral de 13,86% da área ocupado por extração de água mineral, entretanto não há nenhuma outorga de uso dos recursos hídricos de captação. O solo arenoso, em um vale com em altas declividades favorece a erosividade do solo, principalmente nas áreas em que houve desmatamento.

Unidade Geoambiental 15: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1500 e 1550 mm/ano, a disponibilidade hídrica superior a 450 l/s, 94,12% das declividades estão na faixa de até 30% e sua amplitude varia de 60 a 120 m. Inserida no Complexo Pinhal – suíte granito charnoquítico de São José do Rio Pardo, possui solo residual, areno-argiloso, com espessura do material inconsolidado entre 1,5 e 3,0 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹. De acordo com a legislação ambiental 17,16% da região está com ocupação restrita, com 7 nascentes e 1 captação superficial. A ocupação da área é dada pela rodovia Deputado Eduardo Vicente Nasser, resquícios de vegetação nativa, e agricultura. Nota-se que a área restrita foi desmatada e precisa ser recomposta. Tem-se também um processo mineral de 13,86% da área ocupado por extração de água mineral, entretanto não há nenhuma outorga de uso dos recursos hídricos de captação. O solo areno-argiloso, as baixas declividades e a baixa permeabilidade favorecem a agricultura.

Unidade Geoambiental 16: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1500 e 1550 mm/ano, a disponibilidade hídrica entre 150 e 450 l/s, alta declividade e amplitude. Inserida no Complexo Pinhal – suíte

granito charnoquítico de São José do Rio Pardo, possui solo retrabalhado, arenoso, com espessura do material inconsolidado entre 1 e 1,5 m e permeabilidade superior a 10^{-3} cm/seg⁻¹. De acordo com a legislação ambiental 10,88% da região está com ocupação restrita, com 1 nascente e 1 captação superficial. A ocupação da área é dada por 1 posto de combustível que faz parte da relação de áreas contaminadas da CETESB de 2010, pela rodovia SP – 350. Esta poluição em solo arenoso mostra um grande risco de contaminação do lençol freático. A ocupação urbana (6,39%) está dentro de vetor de crescimento espontâneo da cidade e as demais áreas com agricultura e vegetação nativa. Nota-se que na área restrita, grande parte foi desmatada e precisa ser recomposta. O solo arenoso, em altas declividades e a alta permeabilidade desfavorecem a agricultura e possibilita o desencadeamento de processos erosivos.

Unidade Geoambiental 17: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1550 e 1600 mm/ano, a disponibilidade hídrica superior a 300 l/s, com 95,41% de sua área na faixa inferior a 30% de declividade e amplitude de 60 a 120 m. Inserida no Complexo Varginha, possui solo retrabalhado, areno-argiloso, com espessura do material inconsolidado inferior a 1,0 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹. Possui 2 processos minerários de minério de alumínio e granito ornamental, ocupando 9,52% e 51,75% da área respectivamente. De acordo com a legislação ambiental 7,93% da região está com ocupação restrita, com 2 nascentes. A ocupação da área é dada por agricultura e a vegetação nativa existente situa-se principalmente nas áreas de ocupação restrita. O solo areno-argiloso, as baixas declividades e a baixa permeabilidade favorecem a agricultura. Quanto aos processos minerários, a extração de granito está na fase de verificação de disponibilidade de área para a atividade e o minério de alumínio tem autorização para pesquisa.

Unidade Geoambiental 18: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1550 e 1600 mm/ano, a disponibilidade hídrica entre 150 a 300 l/s, com 95,41% de sua área na faixa inferior a 30% de declividade e amplitude de 120 a 200 m. Inserida no Complexo Pinhal – suíte granito migmatítica Pinhal, possui solo residual, arenoso, com espessura do material inconsolidado superior a 3,0 m e

permeabilidade entre 10^{-3} e 10^{-4} cm/seg⁻¹. Encontra-se totalmente inserida na área rural, sem fontes poluidoras. De acordo com a legislação ambiental 0,23% da região está com ocupação restrita. A ocupação da área é dada por agricultura, sendo propícia para o local.

Unidade Geoambiental 19: encontra-se em uma área de médio a baixo potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual superior 1550 mm/ano, a disponibilidade hídrica superior a 450 l/s, com 99,95% de sua área na faixa inferior a 30% de declividade e amplitude de 60 a 120 m. Inserida no Complexo Varginha, possui solo retrabalhado, areno-argiloso, com espessura do material inconsolidado inferior a 1,0 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹. Possui 1 processo minerário de minério de alumínio ocupando 53,60% da área. De acordo com a legislação ambiental 15,66% da região está com ocupação restrita, com 2 nascentes. A ocupação da área é dada por agricultura e a vegetação nativa existente situa-se principalmente nas áreas de ocupação restrita. O solo areno-argiloso, as baixas declividades e a baixa permeabilidade favorecem a agricultura. Quanto ao processo minerário, a extração de minério de alumínio tem autorização para pesquisa.

Unidade Geoambiental 20: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual superior 1550 mm/ano, a disponibilidade hídrica entre 150 e 300 l/s, com 96,38% de sua área na faixa inferior a 30% de declividade e amplitude de 120 a 200 m. Inserida no Complexo Varginha, possui solo retrabalhado, arenoso, com espessura do material inconsolidado inferior a 1,0 m e permeabilidade superior a 10^{-3} cm/seg⁻¹. Possui 1 processo minerário de água mineral ocupando 0,15% da área. De acordo com a legislação ambiental 12,14% da região está com ocupação restrita, com 4 nascentes. A ocupação da área é dada por pastagem, agricultura e a vegetação nativa esparsa. O solo arenoso e a alta permeabilidade desfavorecem a agricultura. Quanto ao processo minerário, a extração de água mineral não possui outorga para a captação.

Unidade Geoambiental 21: encontra-se em uma área de baixo a médio potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual inferior 1650mm/ano, a disponibilidade hídrica superior a 300 l/s, com altas declividades e amplitudes. Inserida no Complexo Pinhal-suíte granito charnoquítico de São José do Rio Pardo, possui solo residual, arenoso, com espessura do material inconsolidado entre a 1,5 e 3m e permeabilidade entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/s⁻¹.

Possui 1 processo minerário de água mineral ocupando 6,87% da área. De acordo com a legislação ambiental 24,89% da região está com ocupação restrita, com 10 nascentes e 1 captação superficial. A área está parcialmente inserida na área urbana (0,63%) dentro do vetor de crescimento espontâneo da cidade, os 99,37% da área inserida na área rural tem como atividades a pastagem, agricultura e possui vegetação nativa. Além disso, a SP-211 passa por esta zona. O solo arenoso e a alta permeabilidade desfavorecem a agricultura. Quanto ao processo minerário, a extração de água mineral não possui outorga para a captação e nas áreas restritivas ainda faltam vegetações nativas.

Unidade Geoambiental 22: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1500 e 1600 mm/ano, a disponibilidade hídrica entre 150 e 450 l/s, com altas declividades e amplitudes. Inserida no Complexo Pinhal – suíte granito charnoquítico de São José do Rio Pardo, possui solo residual, arenoso, com espessura do material inconsolidado entre a 1,5 e 3,0 m e permeabilidade entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/seg⁻¹. Possui 1 processo minerário de água mineral ocupando 11,68% da área. De acordo com a legislação ambiental 9,69% da região está com ocupação restrita, com 14 nascentes e 1 captação superficial. A área está inserida na área rural e tem como atividades a pastagem, agricultura e possui vegetação nativa. O solo arenoso, as altas declividades e a alta permeabilidade desfavorecem a agricultura e propiciam a formação de processos erosivos. A vegetação nativa encontra-se espalhada na zona, mas com baixa densidade, o grande número de nascentes e a alta densidade de drenagem e o tipo de solo arenoso torna esta área prioritária para recomposição vegetal.

Unidade Geoambiental 23: encontra-se em uma área de baixo potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1550 e 1600 mm/ano, a disponibilidade hídrica entre 75 e 300 l/s, 93,85% de declividade na faixa de 0 a 30% e amplitudes altas. Inserida no Complexo Pinhal – suíte granito charnoquítico de São José do Rio Pardo, possui solo residual, arenoso, com espessura do material inconsolidado entre a 1,5 e 3,0 m e permeabilidade entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/seg⁻¹. De acordo com a legislação ambiental 16,02% da região está com ocupação restrita, com 25 nascentes e 1 lançamento. A área está inserida na área rural e tem como atividades: a pastagem e agricultura. A vegetação nativa está presente na maioria dos córregos

da região, mesmo assim ainda há trechos em que precisa ser feita a recomposição florestal, por ser uma área muito drenada e repleta de nascentes, em uma região com solo arenoso, para prevenção de processos erosivos. As condições do meio físico favorecem a agricultura.

Unidade Geoambiental 24: encontra-se em uma área de baixo a médio potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1500 e 1600 mm/ano, a disponibilidade hídrica entre 150 e 300 l/s, 91,84% de declividade na faixa de 0 a 20% e amplitudes de 60 a 120 m. Inserida no Complexo Pinhal – suíte granito charnoquítico de São José do Rio Pardo, possui solo residual, arenoso, com espessura do material inconsolidado entre a 1,5 e 3,0 m e permeabilidade entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/seg⁻¹. Existem 2 processos minerários na região: areia ocupando 0,42% e argila refratária com 8,52% da área. Os 61,63% da região encontram-se na área urbana de São José do Rio Pardo, dentro do vetor de crescimento espontâneo da cidade, o crescimento nesta área é dirigido para loteamentos sociais e indústria. Os demais 38,07% da região estão inseridos na área rural e tem como atividades: a mineração e a agricultura. De acordo com a legislação ambiental 7,40% da região está com ocupação restrita, com 5 nascentes e 1 captação superficial. As condições do meio físico favorecem a agricultura mecanizada, sendo que o plantio de cana-de-açúcar sobressai na região. Entretanto, as vertentes e nascentes nestes locais foram devastadas para o plantio da cana-de-açúcar e com o tipo de solo arenoso há uma tendência ao assoreamento destes.

Unidade Geoambiental 25: encontra-se em uma área de médio a alto potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1600 e 1650 mm/ano, a disponibilidade hídrica superior a 75 l/s, com altas declividades e amplitudes. Inserida no Complexo Pinhal – suíte granito migmatítica Pinhal, possui solo retrabalhado, areno-argiloso, com espessura do material inconsolidado entre a 1,0 e 1,5 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹. Existe 1 processo minerário de água mineral ocupando 2,66% da região. Está inserida na área rural e tem como atividades: a mineração e a agricultura. De acordo com a legislação ambiental 11,43% da região está com ocupação restrita, com 8 nascentes. Cabe ressaltar que 60% desta área possui uma densa vegetação nativa, estando as vertentes e nascentes protegidas, mesmo assim parte do topo de morro existente foi devastado. A baixa permeabilidade e a fração de argila

existente no solo propiciam a atividade da agricultura, entretanto o relevo montanhoso favorece o plantio de culturas que não exijam mecanização.

Unidade Geoambiental 26: encontra-se em uma área de médio a alto potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1500 e 1600 mm/ano, a disponibilidade hídrica entre 75 e 150 l/s, com 96,25% das declividades na faixa de 0 a 30% e amplitudes de 60 a 120 m. Inserida no Complexo Varginha, possui solo retrabalhado, areno-argiloso, com espessura do material inconsolidado inferior a 1,0 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹. Existe 1 processo minerário de areia ocupando 3,33% da região. Está inserida na área rural e tem como atividade a agricultura, quanto à mineração, em fevereiro de 2012 foi dada a concessão de pesquisa pelo DNPM. De acordo com a legislação ambiental 10,76% da região está com ocupação restrita, com 3 nascentes e 1 topo de morro. Cabe ressaltar que o topo de morro encontra-se preservado, entretanto uma das vertentes já foi devastada. A baixa permeabilidade e a fração de argila existente no solo propiciam a atividade da agricultura nas áreas planas da região.

Unidade Geoambiental 27: encontra-se em uma área de médio a alto potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1500 e 1600 mm/ano, a disponibilidade hídrica entre 300 e 450 l/s, com altas declividades e amplitudes de 200 a 320 m. Inserida no Complexo Varginha, possui solo residual, arenoso, com espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m e permeabilidade superior a 10^{-3} cm/seg⁻¹. A área urbana contempla 8,08% desta área, englobando o distrito de São Roque da Fartura, tendo como fontes poluidoras 2 postos de combustíveis e 1 cemitério. Os demais 91,92% estão inseridos na área rural e tem como atividades a mineração e a agricultura. Existem variados processos minerários: de bauxita ocupando 3,33% da região, minério de alumínio com 4,43%, charnoquito com 62,83%, granito com 1,60% e granito ornamental com 5,78%. De acordo com a legislação ambiental 15,85% da região está com ocupação restrita, com 29 nascentes. Cabe ressaltar que os morros existentes encontram-se preservados, existem grandes áreas ocupadas por uma densa vegetação nativa, entretanto as vertentes próximas à área urbana encontram-se devastadas. A alta permeabilidade, as altas declividades e o tipo de solo arenoso mostram um cenário propício ao

desenvolvimento de processos erosivos e, com as atividades de mineração, apenas pioram este cenário.

Unidade Geoambiental 28: encontra-se em uma área de alto potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual superior a 1650 mm/ano, a disponibilidade hídrica superior a 300 l/s, com 72,46% de declividades na faixa de 0 a 20% e amplitudes até 40 m. Inserida no Complexo Varginha, possui solo residual, argilo-arenoso, com espessura do material inconsolidado entre 1,5 e 3,0 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹. De acordo com a legislação ambiental 52,54% da região está com ocupação restrita, com 4 nascentes. A atividade econômica da região é a agricultura, existem remanescentes de vegetação nativa, mas boa parte da área de ocupação restrita está devastada. As características do meio físico propiciam a atividade de agricultura.

Unidade Geoambiental 29: encontra-se em uma área de alto potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1600 e 1650 mm/ano, a disponibilidade hídrica entre 150 e 450 l/s, com altas declividades e amplitudes. Inserida no Complexo Varginha, possui solo retrabalhado, arenoso, com espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m e permeabilidade superior a 10^{-3} cm/seg⁻¹. De acordo com a legislação ambiental 10,12% da região está com ocupação restrita. Encontra-se totalmente inserida na área rural, com um processo minerário de argila verificando a disponibilidade de área, o qual ocupa 32,20% desta zona, o mesmo processo também abrange a zona 43 com característica argilosa. A atividade econômica da região é a agricultura, com áreas de pastagem e vegetação nativa remanescente. A área de ocupação restrita está praticamente preservada, com alguns resquícios de devastação. As características do meio físico propiciam processos erosivos.

Unidade Geoambiental 30: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1500 e 1600 mm/ano, a disponibilidade hídrica entre 300 e 450 l/s, com 96,62% de declividades na faixa de 0 a 30% e amplitudes entre 60 e 120 m. Inserida no Complexo Varginha, possui solo retrabalhado, areno-argiloso, com espessura do material inconsolidado inferior a 1,0 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹. De acordo com a legislação ambiental 12,26% da região está com ocupação restrita. Ao norte desta zona tem-se uma porção na mancha urbana de São Sebastião da Gramma, onde é o vetor

de crescimento espontâneo da cidade. O restante da área está inserida na área rural, com processos minerários de areia (0,84% da área), minério de alumínio (11,86%), água mineral (0,02%) ao sul e argila (1,75%) a leste. Além da mineração ainda há atividades de agricultura predominando o plantio de cana-de-açúcar. A vegetação nativa remanescente encontra-se por toda a zona, com áreas restritas à ocupação invadidas pela agricultura. As características do meio físico são propícios ao uso de agricultura, podendo ser mecanizada em vários trechos.

Unidade Geoambiental 31: encontra-se em uma área de médio a alto potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1500 e 1550 mm/ano, a disponibilidade hídrica entre 75 e 300 l/s, com 86,64% de declividades na faixa de 0 a 20% e amplitudes até 40 m. Inserida no Complexo Pinhal – suíte granito migmatítica Pinhal, possui solo retrabalhado, arenoso, com espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m e permeabilidade superior a 10^{-3} cm/seg⁻¹. De acordo com a legislação ambiental 8,60% da região está com ocupação restrita. Ao norte desta zona tem-se uma porção na mancha urbana de São José do Rio Pardo (51,49%), onde é o vetor de crescimento espontâneo da cidade. O restante da área está inserida na área rural, com processos minerários de areia (5,56% da área) e argila refratária (0,58%) a leste ainda fora de atividade. Predomina na região a agricultura com o plantio de cana-de-açúcar. A vegetação nativa encontra-se bastante devastada. Com o tipo de solo arenoso, o alto potencial de escoamento, a baixa declividade e a alta devastação da vegetação os córregos da região tendem a assorearem.

Unidade Geoambiental 32: encontra-se em uma área de alto potencial de escoamento, sendo a precipitação média anual entre 1550 e 1650 mm/ano, a disponibilidade hídrica superior a 75 l/s, com 65,93% de declividades na faixa de 0 a 20% e amplitudes até 40 m. Inserida no Complexo Varginha, possui solo residual, argilo-arenoso, com espessura do material inconsolidado entre 1,5 e 3,0 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹. De acordo com a legislação ambiental 11,94% da região está com ocupação restrita. Inserida na área rural, esta área possui 1 processo minerário de água mineral (3,56% da área), é cortada pela rodovia SP – 207 e o que predomina na região é a agricultura prevalecendo o plantio de cana-de-açúcar. A vegetação nativa encontra-se bastante devastada, mas existem alguns remanescentes de

vegetação nativa. Este tipo de solo apresenta-se com boa fertilidade e a baixa declividade propicia o plantio mecanizado.

Unidade Geoambiental 33: encontra-se em uma área de alto potencial de escoamento, prevalecendo precipitações entre 1550 e 1650 mm/ano, com o predomínio de disponibilidade hídrica entre 150 e 450 l/s, com 90,44% de declividades na faixa de 0 a 30% e amplitudes entre 60 e 120 m. Inserida no Complexo Varginha, possui solo retrabalhado, areno-argiloso, com espessura do material inconsolidado inferior a 1,0 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹. Praticamente toda a área urbana de São Sebastião da Gramma está inserida nesta zona, sendo que o vetor espontâneo de crescimento está no sentido de leste para oeste, contendo como fontes poluidoras 2 postos de combustíveis. Na área rural (81,88%), existem 2 processos minerários de bauxita e minério de alumínio, ocupando 8,61% e 6,84% respectivamente. Outra atividade na área rural é a agricultura com o predomínio de culturas de café e cana-de-açúcar, existem também áreas de pastagens na região. Além disto, é cortada pela SP - 344. De acordo com a legislação ambiental 11,08% da região está com ocupação restrita. A vegetação nativa encontra-se bastante devastada, mas existem alguns remanescentes de vegetação nativa. Este tipo de solo apresenta-se com boa fertilidade e a baixa declividade propicia o plantio mecanizado.

Unidade Geoambiental 34: encontra-se em uma área de baixo potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1500 e 1650 mm/ano, 66,95% de sua área com disponibilidade hídrica entre 150 a 300 l/s e 24,13% com declividade na faixa de 0 a 5% e 57,17% com declividade de 5 a 20%. É formada por aluviões recentes, com solo retrabalhado, areno-siltoso, com espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m e permeabilidade entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/seg⁻¹. Estas áreas são cortadas pelas principais rodovias da região: SP – 207, SP – 344 e SP – 215, por estarem na área mais plana da bacia. Possuem processos minerários de areia (18,68% da zona), minérios de alumínio (3,85%), charnoquito (1,33%), argila refratária (8,74%), água mineral (0,09%) e granito ornamental (11,43%). Não há nascentes e existem 3 captações superficiais. Estes locais estão ocupados por agricultura e vegetação nativa, mas são áreas 100% restritas à ocupação, pois são áreas propícias a alagamentos.

Unidade Geoambiental 35: encontra-se em uma área de alto potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1600 e 1650 mm/ano, 59,18% de sua área com disponibilidade hídrica entre 75 a 150 l/s e 75,98% com declividade inferior 30%. Formado por Enclaves Aluminosos, com solo retrabalhado, areno-argiloso, com espessura do material inconsolidado inferior a 1,0 m e permeabilidade inferior 10^{-4} cm/seg⁻¹. Não existem fontes poluidoras nestas áreas. Inserida na área rural, esta região é cortada pela rodovia SP – 207, ocupada por áreas de agricultura e pastagem. De acordo com a legislação ambiental 19,37% da região está com ocupação restrita, por ser uma área densamente drenada, entretanto há apenas alguns resquícios de vegetação nativa. Por ser uma área de vale, solo areno-argiloso e pouca vegetação há uma maior preocupação com os processos erosivos. Devido à grande porcentagem de argila este solo mostra-se adequado para a agricultura, entretanto recomenda-se o plantio nas áreas mais planas.

Unidade Geoambiental 36: encontra-se em uma área de baixo a médio potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1550 e 1600 mm/ano, 59,18% de sua área com disponibilidade hídrica entre 150 a 300 l/s e 94,08% com declividade inferior a 30% e amplitude entre 60 e 120 m. Inserido no Complexo Varginha, com solo residual, areno-argiloso, com espessura do material inconsolidado inferior a 1,0 m e permeabilidade inferior 10^{-4} cm/seg⁻¹. Existem processos minerários de Bauxita (27,12% da área) e minério de alumínio (0,35%). Inserida na área rural, esta área é cortada pela rodovia SP – 207, ocupada por áreas de agricultura e pastagem. De acordo com a legislação ambiental 13,64% da região está com ocupação restrita, contendo 11 nascentes e várias lagoas naturais e artificiais. Entretanto há apenas alguns resquícios de vegetação nativa. Por ser uma área com baixa declividade, baixo potencial de escoamento, baixa declividade e solo com uma grande parcela de argila, há uma tendência a alagamentos. A área está ocupada por agricultura com resquícios de vegetação nativa nos corpos d'água e algumas áreas de remanescentes florestais. O tipo de solo é favorável à agricultura.

Unidade Geoambiental 37: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1550 e 1600 mm/ano, com disponibilidade hídrica entre 300 a 450 l/s e 92,90% com declividade inferior a 30% e amplitude

entre 60 e 120 m. Inserido no Complexo Varginha, com solo residual, arenoso, com espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m e permeabilidade superior 10^{-3} cm/seg⁻¹. Existem processos minerários de Bauxita (81,37% da área) e sienito (18,63%). Inserida na área rural, ocupada por áreas de agricultura. De acordo com a legislação ambiental 15,27% da região está com ocupação restrita, contendo 1 nascente. Ao verificar a ocupação da área nota-se que 50% desta é ocupada por vegetação nativa, com florestas densas, os outros 50% são ocupados pela agricultura na área mais plana desta zona. Esta utilização é favorável, pois a vegetação nas áreas mais altas ajudam a reter o solo, evitando erosões e desmoronamentos.

Unidade Geoambiental 38: encontra-se em uma área de médio a alto potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1550 e 1650 mm/ano, com disponibilidade hídrica entre 150 a 450 l/s e com altas declividades e amplitudes. Inserido no Complexo Varginha, com solo residual, arenoso, com espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m e permeabilidade superior 10^{-3} cm/seg⁻¹. Existem processos minerários de Bauxita (34,35% da área) em fase de autorização de pesquisa e sienito (5,27%) e minério de alumínio (49,83%) estão em fase de requerimento de lavra. Está inserida na área rural, ocupada por áreas de agricultura e remanescentes florestais, cortada pela SP – 215, com 0,09% de sua área na zona urbana do distrito de São Roque da Fartura, em Águas da Prata. De acordo com a legislação ambiental 13,12% da região está com ocupação restrita, contendo 9 nascentes e 1 topo de morro. As altas declividades combinadas com solo arenoso formam uma tendência para processos erosivos. Existem na área diversos pontos de remanescentes florestais, mas sua localização não prioriza na beira dos córregos, nascentes e topos de morros. Quanto à fertilidade dos solos para a agricultura, os solos arenosos não são favoráveis devido à alta permeabilidade e grandes espaços de vazios.

Unidade Geoambiental 39: encontra-se em uma área de alto potencial de escoamento, com uma precipitação média anual inferior a 1550 mm/ano, com disponibilidade hídrica entre 300 a 450 l/s e com 67,38% da área com declividade superior a 30% e amplitudes entre 120 e 200 m. Inserido no Complexo Varginha, com solo retrabalhado, arenoso, com espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m e permeabilidade superior 10^{-3} cm/seg⁻¹. Existem processos minerários de minério de alumínio (94,9% da área) em fase de autorização de

pesquisa e 5,10% de charnoquito em fase de requerimento de pesquisa. Está inserida na área rural, ocupada por áreas de agricultura e baixa quantidade de remanescentes florestais. De acordo com a legislação ambiental 14,90% da região está com ocupação restrita, contendo 2 nascentes e 1 topo de morro. As altas declividades combinadas com solo arenoso formam uma tendência para processos erosivos. Quanto à fertilidade dos solos para a agricultura, os solos arenosos não são favoráveis devido à alta permeabilidade e grandes espaços de vazios.

Unidade Geoambiental 40: encontra-se em uma área de alto potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1500 e 1600 mm/ano, com disponibilidade hídrica entre 300 a 450 l/s e com altas declividades e amplitudes. Inserido no Complexo Varginha, com solo retrabalhado, arenoso, com espessura do material inconsolidado inferior a 1,5 m e permeabilidade superior 10^{-3} cm/seg⁻¹. Como fontes poluidoras há um aterro sanitário, localizado em solo arenoso. Existem processos minerários de bauxita (8,23% da área) ao sul e 1,22% de água mineral ao norte, ambas em fase de autorização de pesquisa. Inserida na área rural, é cortada pela SP – 344 e ocupada por áreas de agricultura e grande quantidade de remanescentes florestais. De acordo com a legislação ambiental 31,70% da região está com ocupação restrita, contendo 18 nascentes e 1 topo de morro. As altas declividades combinadas com solo arenoso formam uma tendência para processos erosivos. Quanto à fertilidade dos solos para a agricultura, os solos arenosos não são favoráveis devido à alta permeabilidade e grandes espaços de vazios. Quanto ao aterro sanitário o uso é inapropriado, pois em solo arenoso caso não tenha feita uma boa impermeabilização na construção do aterro pode ser um gerador potencial de contaminação das águas subterrâneas. As figuras a seguir mostram as condições do aterro.



Figura 66: Aterro sanitário da zona geoambiental 40 - vista 1



Figura 67: Aterro sanitário da zona geoambiental 40 - vista 2

Unidade Geoambiental 41: encontra-se em uma área de alto potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1600 e 1650 mm/ano, com disponibilidade hídrica entre 300 a 450 l/s e com altas declividades e amplitudes. Inserido no Complexo Varginha, com solo retrabalhado, arenoso, com espessura do material inconsolidado inferior a 1,0 m e permeabilidade superior 10^{-3} cm/seg⁻¹. Existe 1 processo minerário de minério de alumínio (15,71% da área) em fase de autorização de pesquisa. Na área ao norte há um topo de morro e nascentes preservadas e uma área densa de floresta, já nas demais áreas há apenas alguns remanescente florestais e uma maior ocupação da agricultura. De acordo com a legislação ambiental 19,04% da região está com ocupação restrita, contendo 12 nascentes, sendo que 6 delas estão protegidas por vegetação nativa e 3 topos de morros protegidos. As altas declividades combinadas com solo arenoso formam uma tendência para processos erosivos, quanto à fertilidade dos solos para a agricultura, os solos arenosos não são favoráveis devido à alta permeabilidade e grandes espaços de vazios.

Unidade Geoambiental 42: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, com uma precipitação média superior a 1650 mm/ano, com disponibilidade hídrica entre 150 a 300 l/s e com altas declividades e amplitudes. Inserido no Complexo Varginha, sua área ao norte possui solo retrabalhado, arenoso, com espessura do material inconsolidado inferior a 1,0 m e permeabilidade superior 10^{-3} cm/seg⁻¹, já na área ao sul possui solo residual, areno-argiloso, com espessura do material inconsolidado entre 1,5 e 3,0 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹. Existem processos minerários de minério de alumínio (5,17% da área) em fase de autorização de pesquisa, bauxita (26,36%) e água mineral (0,18%) todos localizados na área ao sul e em fase de requerimento de lavra. Na área ao norte há um topo de morro e nascentes já devastados, com apenas alguns remanescentes de vegetação, 2,45% desta está inserida na mancha urbana de São Sebastião da Gramma, entretanto esta zona não faz parte do vetor de crescimento da cidade. Na área ao sul, há um topo de morro devastado, as nascentes e córregos com apenas resquícios de vegetação nativa, pois a área está tomada por atividade de agricultura. De acordo com a legislação ambiental 29,57% da região está com ocupação restrita, contendo 26 nascentes e 2 topos de morros. As altas declividades combinadas com solo arenoso, na área ao norte, formam uma tendência para processos

erosivos. A área ao sul é mais propícia ao uso de agricultura, mesmo que em relevo montanhoso.

Unidade Geoambiental 43: encontra-se em uma área de alto potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1600 e 1650 mm/ano, com disponibilidade hídrica entre 150 e 300 l/s e com altas declividades e amplitudes. Inserido no Complexo Varginha, possui solo retrabalhado, argiloso, com espessura do material inconsolidado entre 1,5 e 3,0 m e permeabilidade inferior 10^{-4} cm/seg⁻¹. Existem processos minerários de minério de alumínio ao sul (24,73% da área) em fase de autorização de pesquisa e de argila (23,20%) em fase de disponibilidade de área. A área ao norte é ocupada por vegetação nativa nas áreas mais altas e agricultura nas áreas mais baixas, as nascentes e corpos d'água estão preservados. Na área ao sul existem apenas alguns remanescentes de vegetação no entorno dos corpos d'água e o restante é ocupado com agricultura. De acordo com a legislação ambiental 14,56% da região está com ocupação restrita, contendo 13 nascentes. O solo argiloso tende a ser um solo mais fértil e adequado à agricultura.

Unidade Geoambiental 44: encontra-se em uma área de alto potencial de escoamento, com uma precipitação média anual superior a 1650 mm/ano, com disponibilidade hídrica entre 300 e 450 l/s e com altas declividades e amplitudes. Inserido no Complexo Varginha, com solo retrabalhado, arenoso, com espessura do material inconsolidado inferior a 1,0 m e permeabilidade superior 10^{-3} cm/seg⁻¹. Não existem fontes de poluição no local. A área é ocupada por vegetação nativa do tipo florestas e algumas devastações, utilizado atualmente como campo limpo. De acordo com a legislação ambiental 53,08% da região está com ocupação restrita, contendo 1 nascente. O solo arenoso e altas declividades favorecem processos erosivos e desmoronamentos, entretanto a grande área de vegetação nativa na área ameniza este cenário.

Unidade Geoambiental 45: encontra-se em uma área de alto potencial de escoamento, com uma precipitação média anual superior a 1650 mm/ano, com disponibilidade hídrica entre 300 e 450 l/s e com altas declividades e amplitudes. Inserido no Complexo Varginha, com solo retrabalhado, arenoso, com espessura do material inconsolidado inferior a 1,0 m e permeabilidade superior 10^{-3} cm/seg⁻¹. Não existem fontes de poluição no local. A área

é ocupada pela agricultura, predominando a cana-de-açúcar e remanescentes de vegetação. De acordo com a legislação ambiental 31,26% da região está com ocupação restrita, contendo 8 nascentes. O solo arenoso e altas declividades favorecem processos erosivos e desmoronamentos, o cultivo da cana não é o mais recomendado para esta área, devido às altas declividades e o solo arenoso.

Unidade Geoambiental 46: encontra-se em uma área de alto potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1500 e 1550 mm/ano, com disponibilidade hídrica entre 300 e 450 l/s e com 89,81% de declividade na faixa de 0 a 30%. Inserido no Complexo Varginha nas classes Avgf com granitos profiróides e granulitos félsicos ao sul (50,98% da área), com solo residual, com espessura do material inconsolidado inferior a 1,0 m e PMGo com predomínio de migmatitos e granitos ocelares ao norte (49,02%), com solo retrabalhado e com espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m, ambos com textura arenosa e permeabilidade superior 10^{-3} cm/seg⁻¹. Existe 1 processo minerário do DNPM de minério de alumínio em fase de autorização de pesquisa o qual ocupa 1,18% desta zona ao sul. A área é ocupada pela agricultura, predominando a cana-de-açúcar nas áreas ao sul e ao norte remanescentes de vegetação nativa e áreas de pastagem. De acordo com a legislação ambiental 15,08% da região está com ocupação restrita, contendo 1 nascente. Nestas áreas os corpos d'água estão devastados e por se localizarem em uma região de vale com solo arenoso podem acarretar processos erosivos e assoreamento.

Unidade Geoambiental 47: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1500 e 1650 mm/ano, com disponibilidade hídrica entre 150 e 450 l/s e com 95,23% de declividade na faixa de 0 a 30% e amplitudes de 60 a 120 m. Inserido no Complexo Pinhal – suíte granito charnoquítica de São José do Rio Pardo, com solo residual, com características de 75,25% de textura areno-argiloso e espessura do material inconsolidado entre 1,5 e 3,0 m na área a oeste e 24,75% de textura argilo-arenoso e espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m na área a leste. Ambos com permeabilidade inferior 10^{-4} cm/seg⁻¹. Não existem fontes de poluição nesta zona. A área é ocupada por agricultura, remanescentes de vegetação nativa e campo limpo. De acordo com a legislação ambiental 28,28% da região está com ocupação restrita, contendo 1 nascente a qual

encontra-se protegida por vegetação nativa. A grande quantidade de argila encontrada neste solo aponta para um solo mais fértil, aliado a declividades mais amenas torna-se uma área propícia à agricultura.

Unidade Geoambiental 48: encontra-se em uma área de baixo potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1500 e 1550 mm/ano, com disponibilidade hídrica entre 150 e 450 l/s e com 75,00% de declividade na faixa de 0 a 20% e amplitudes até 40 m. Inserido no Complexo Pinhal – suíte granito charnoquítica de São José do Rio Pardo, com solo residual, textura areno-argilosa, espessura do material inconsolidado entre 1,5 e 3,0 m e permeabilidade inferior 10^{-4} cm/seg⁻¹. Existem processos minerários de água mineral (um em fase de autorização de pesquisa e outro na fase de concessão de lavra) e areia (em fase de concessão de lavra), ocupando 12,07% e 0,02% respectivamente. A área rural (99,71%) é ocupada por agricultura, pastagem e campo sujo, além de ser cortada pela SP – 207 rodovia que liga São José do Rio Pardo a São Sebastião da Grama. Os demais 0,29% estão inclusos na área urbana, dentro do vetor de crescimento da cidade. De acordo com a legislação ambiental 10,99% da região está com ocupação restrita, contendo 1 captação superficial. A grande quantidade de argila encontrada neste solo aponta para um solo mais fértil, aliado a declividades mais amenas torna-se uma área propícia à agricultura.

Unidade Geoambiental 49: encontra-se em uma área de baixo a médio potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1500 e 1550 mm/ano, com disponibilidade hídrica entre 300 e 450 l/s e com 90,17% de declividade na faixa de 0 a 30% e amplitudes entre 60 e 120 m. Inserido no Complexo Pinhal – suíte granito charnoquítica de São José do Rio Pardo, com solo residual, textura argilo-arenosa, espessura do material inconsolidado entre 1,5 e 3,0 m e permeabilidade inferior 10^{-4} cm/seg⁻¹. Existe 1 processo minerário de água mineral (em fase concessão de lavra), ocupando 19,70% desta zona. A área rural é ocupada por agricultura e campo sujo. De acordo com a legislação ambiental 4,78% da região está com ocupação restrita, contendo 1 nascente. A grande quantidade de argila encontrada neste solo aponta para um solo mais fértil, aliado a declividades mais amenas torna-se uma área propícia à agricultura.

Unidade Geoambiental 50: encontra-se em uma área de médio a alto potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1500 e 1550 mm/ano, com disponibilidade hídrica entre 150 e 450 l/s e com 53,16% de declividade na faixa de 0 a 30% e amplitudes entre 60 e 120 m. Inserido no Complexo Varginha, com solo residual, textura areno-argilosa, espessura do material inconsolidado entre 1,5 e 3,0 m e permeabilidade inferior 10^{-4} cm/seg⁻¹. Existem processos minerários de bauxita (em fase autorização de pesquisa) ocupando 87,94% desta zona, minério de alumínio (em fase autorização de pesquisa com 5,40% da área) e granito ornamental (6,95%), em fase de disponibilidade de área. A área rural é ocupada por agricultura e alguns fragmentos de mata ciliar e remanescentes florestais. De acordo com a legislação ambiental 16,59% da região está com ocupação restrita, contendo 2 nascentes. A baixa permeabilidade, aliado à textura areno-argilosa neste solo aponta para um solo mais fértil.

Unidade Geoambiental 51: encontra-se em uma área de alto potencial de escoamento, predomina precipitação média anual entre 1550 e 1600 mm/ano e disponibilidade hídrica entre 300 e 450 l/s e com 61,18% de declividade na faixa de 0 a 20% e amplitudes de até 40 m. Inserido no Complexo Varginha, com solo residual, textura argilo-arenosa, espessura do material inconsolidado entre 1,5 e 3,0 m e permeabilidade inferior 10^{-4} cm/seg⁻¹. Existem processos minerários de charnoquito (em fase concessão de lavra) ocupando 5,87% desta zona, minério de alumínio (em fase autorização de pesquisa com 12,08% da área) e granito ornamental (19,90%), em fase de disponibilidade de área, sendo todos os processos localizados ao sul. Parte desta zona está localizada no meio urbano (2,11%) de São Sebastião da Grama, entretanto não se localiza no vetor de crescimento espontâneo da cidade, por ser uma área cortada pela rodovia SP-344, que liga São Sebastião da Grama a Divinolândia, há um certo crescimento no entorno da rodovia. As demais áreas estão localizadas no meio rural, a qual tem como atividades a agricultura, com o predomínio de cana-de-açúcar, alguns fragmentos de mata ciliar e remanescentes florestais nas áreas mais íngremes. De acordo com a legislação ambiental 13,48% da região está com ocupação restrita, contendo 9 nascentes. Este solo mostra-se apropriado para agricultura.

Unidade Geoambiental 52: encontra-se em uma área de alto potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1600 e 1650 mm/ano, com predomínio

de disponibilidade hídrica entre 150 e 300 l/s e com altas declividades e amplitudes. Inserido no Complexo Varginha sua área possui com solo residual, argilo-arenoso, com espessura do material inconsolidado entre 1,5 e 3,0 m e permeabilidade inferior 10^{-4} cm/seg⁻¹. Existem 2 processos minerários de minério de alumínio (84,77% da área) em fase de autorização de pesquisa. Nota-se que 40% desta área é coberta por vegetação nativa, com florestas densas, entretanto, há nesta área topos de morro e nascentes com sinais de devastação. Nas áreas mais planas, tem-se atividades agropastoris. De acordo com a legislação ambiental 29,49% da região está com ocupação restrita, contendo 30 nascentes e 3 topos de morros. Devido a alta densidade de drenagem e altas declividades, recomenda-se uma maior preservação desta área, recuperando a vegetação das áreas restritas à ocupação, nas demais áreas o solo é propício à agricultura.

Unidade Geoambiental 53: encontra-se em uma área de alto potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1550 e 1650 mm/ano, com predomínio de disponibilidade hídrica superior a 450 l/s e com altas declividades e amplitudes. Inserido no Complexo Varginha sua área possui solo residual, areno-argiloso, com espessura do material inconsolidado entre 1,5 e 3,0 m e permeabilidade inferior 10^{-4} cm/seg⁻¹. Existem processos minerários de charnoquito (em fase de concessão de lavra) ocupando 6,19% desta zona, minério de alumínio (em fase de autorização de pesquisa e requerimento de lavra com 32,55% da área), granito ornamental (7,42%) em fase de disponibilidade de área e bauxita (4,33%) em fase de autorização de pesquisa. De acordo com a legislação ambiental 20,00% da região está com ocupação restrita, contendo 17 nascentes e 1 topo de morro. Quanto à ocupação há grandes áreas com remanescentes florestais, mas no topo de morro verificam-se sinais de devastação, assim como as nascentes das áreas mais baixas onde foi ocupada com agricultura, campo sujo e campo limpo. Devido à alta densidade de drenagem e altas declividades, recomenda-se uma maior preservação desta área, recuperando a vegetação das áreas restritas à ocupação. Nas demais áreas o solo é propício à agricultura.

Unidade Geoambiental 54: encontra-se em uma área de médio a alto potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1500 e 1550 mm/ano, com predomínio de disponibilidade hídrica entre 150 e 300 l/s e com altas declividades e amplitudes.

Inserido no Arenito de Mirante sua área possui solo residual, areno-argiloso, com espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m e permeabilidade inferior 10^{-4} cm/seg⁻¹. Existem processos minerários de minério de alumínio (com 1,51% da área) e bauxita (42,21%) ambos em fase de requerimento de lavra. De acordo com a legislação ambiental 94,97% da região está com ocupação restrita, pois se situam em uma área de topo de morro. Quanto à ocupação é coberta por agricultura, sendo inapropriado este uso.

Unidade Geoambiental 55: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1500 e 1600 mm/ano, com disponibilidade hídrica entre 150 e 300 l/s e com 82,13% de declividade na faixa de 0 a 30% e amplitudes entre 60 e 120 m. Inserido no Complexo Pinhal – suíte granito migmatítica pinhal, com solo residual, textura arenosa, espessura do material inconsolidado superior a 3,0 m e permeabilidade inferior entre 10^{-3} e 10^{-4} cm/seg⁻¹. A área rural é ocupada por agricultura e mata ciliar, em que 70% de sua áreas está preservada. De acordo com a legislação ambiental 10,14% da região está com ocupação restrita, contendo 1 nascente. O solo arenoso não é indicado para o tipo de cultivo na agricultura da região, aumentando os custos para correção do solo.

Unidade Geoambiental 56: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, com uma precipitação média anual entre 1500 e 1550 mm/ano, com disponibilidade hídrica entre 150 e 300 l/s e com 94,96% de declividade na faixa de 0 a 20% e amplitudes entre 60 e 120 m. Inserido no Complexo Pinhal – suíte granito migmatítica pinhal, com solo residual, textura arenosa, espessura do material inconsolidado superior a 3,0 m e permeabilidade entre 10^{-3} e 10^{-4} cm/seg⁻¹. A área rural é ocupada por pastagem, a mata ciliar encontra-se totalmente devastada e os rios apresentam sinais de assoreamento. De acordo com a legislação ambiental 19,93% da região está com ocupação restrita, contendo 2 nascentes.

Unidade Geoambiental 57: encontra-se em uma área de médio potencial de escoamento, com uma precipitação média anual superior a 1650 mm/ano, com disponibilidade hídrica superior a 450 l/s e com 90,39% de declividade na faixa de 0 a 30% e amplitudes entre 60 e 120 m. Inserido no Complexo Pinhal – suíte granito migmatítica pinhal, com solo residual, textura areno-argilosa, espessura do material inconsolidado entre 1,0 e 1,5 m e permeabilidade inferior a 10^{-4} cm/seg⁻¹. Existe 1 processo de minério de alumínio em fase de autorização de

pesquisa no DNPM, ocupando 11,88% desta zona. A área rural é ocupada por cana-de-açúcar e mata ciliar. De acordo com a legislação ambiental 10,36% da região está com ocupação restrita, contendo 2 nascentes. O cultivo de cana-de-açúcar é apropriado na região.

5.15. CENÁRIOS DA OCUPAÇÃO ESPONTÂNEA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FARTURA

Após o mapeamento do uso e cobertura do solo no período de 1987, 2000 e 2011 (volume II, itens 14, 15 e 16 respectivamente) foram quantificadas as áreas de cada classe na Bacia Hidrográfica do Rio Fartura podendo-se perceber a ocupação espontânea na região neste período (Quadro 34).

Quadro 34: Uso e Cobertura do Solo em 1987, 2000 e 2011 na bacia hidrográfica do rio Fartura (m²)

Tipo	1.987	2.000	2.011
Estradas	435.750,69	493.569,64	495.358,74
Ocupação Urbana	2.956.921,82	3.968.159,11	5.675.944,58
Agricultura	47.680.335,43	34.546.009,36	58.016.256,07
Solo Exposto - plantio	44.076.663,72	23.380.598,18	22.225.221,51
Floresta	16.717.995,01	33.853.360,36	21.538.971,69
Campo sujo	15.324.803,97	32.424.031,32	32.952.914,48
Campo limpo	98.822.282,36	98.501.085,76	86.395.650,74
Água	1.503.759,61	367.775,49	245.041,45

A Figura 68 mostra de maneira clara o processo de ocupação na bacia em 1987, 2000 e 2011. Pode-se notar que a evolução da ocupação urbana no período é levemente crescente, pois se tratam de cidades de pequeno porte e com características e potencialidades agrícolas. A agricultura teve decréscimo no período de 1987 a 2000, entretanto com a vinda da cana-de-açúcar os cultivos foram mais extensivos e a agricultura voltou a tomar grandes proporções em 2011, isto também se reflete nas áreas de florestas que tiveram um decréscimo em 2011.

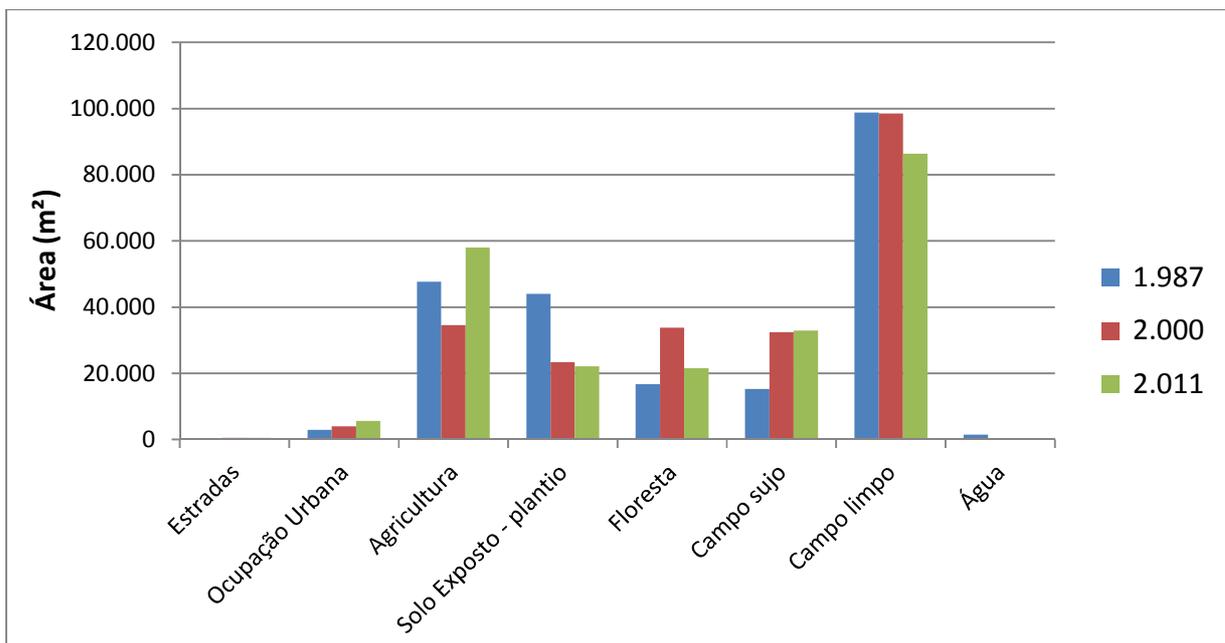


Figura 68: Evolução dos usos na bacia hidrográfica do rio Fartura

O Quadro 35 mostra as taxas de crescimento e decaimento de cada tipo de uso e cobertura do solo no tempo. Cabe destacar que no período de 1987 a 2011 houve um aumento de 2,12% da quantidade de florestas na região, mesmo com a queda de 5,41% que ocorreu no período de 2000 a 2011. A maior dinâmica no período de 1987 a 2011 foi a queda no campo limpo (-5,41%) e solo exposto (-9,61%) que possivelmente foram transformados em campo sujo (7,75%) com o plantio de vegetação nativa e agricultura (4,54%), mostrando a recuperação florestal no período e o aumento da produtividade agrícola, além do aumento gradativo da ocupação urbana (1,19%).

Quadro 35: Modificação do Uso e Cobertura do Solo no tempo

Tipo	1987 a 2000	2000 a 2011	1987 a 2011
Estradas	0,03%	0,00%	0,03%
Ocupação Urbana	0,44%	0,75%	1,19%
Agricultura	-5,77%	10,31%	4,54%
Solo Exposto - plantio	-9,10%	-0,51%	-9,61%
Floresta	7,53%	-5,41%	2,12%
Campo sujo	7,51%	0,23%	7,75%
Campo limpo	-0,14%	-5,32%	-5,47%
Água	-0,50%	-0,05%	-0,55%

O Quadro 36 mostra os usos nas áreas de restrições da Bacia Hidrográfica do Rio Fartura. Considerando como usos inadequados as estradas, ocupação urbana, agricultura e solo exposto foi averiguado que 37,27% das áreas de restrições à ocupação em 1987 foram ocupadas inadequadamente, em 2000 foram 17,12% e em 2011 foram 35,92%.

Quadro 36: Usos nas áreas com restrições à ocupação

Tipo	Área em 1987 (km ²)	Área em 2000 (km ²)	Área em 2011 (km ²)
Estradas	0,08	0,07	0,09
Ocupação Urbana	0,17	0,35	0,55
Agricultura	10,17	4,47	11,80
Solo Exposto	6,57	2,91	3,87
Floresta	3,88	8,68	4,83
Campo sujo	4,28	9,30	8,86
Campo limpo	19,78	19,48	15,39

5.16. CENÁRIOS TENDENCIAIS NAS UNIDADES GEOAMBIENTAIS ENTRE 1987 E 2011

A elaboração de cenários de ocupação urbana, visa auxiliar no processo de tomada de decisão para os gestores públicos locais, no sentido de implementar um desenvolvimento em bases sustentáveis, ou seja, economicamente viável, socialmente justo e ecologicamente compatível.

A Bacia Hidrográfica do Rio Fartura tem uma característica peculiar, a abrangência de 3 núcleos urbanos, sendo estes: São José do Rio Pardo, São Sebastião da Gramma e o Distrito de São Roque da Fartura, cada núcleo com tipos de expansão diferenciada. Por serem todas cidades pequenas, com bastante área disponível para expansão é possível pensar em um crescimento planejado de acordo com as características geoambientais locais, para que no futuro estas cidades não sofram com problemas ambientais como erosões, desmoronamentos e alagamentos.

Para análise dos cenários foram utilizadas imagens LANDSAT 5, câmara TM, de 26/09/1987, 29/09/2000 e 28/09/2011 com a composição colorida das bandas 3, 4 e 5. Como são cidades de pequeno porte, a evolução urbana é melhor visualizada em grandes intervalos de tempo.

5.16.1. TENDÊNCIA DA OCUPAÇÃO URBANA EM SÃO JOSÉ DO RIO PARDO

Pode-se verificar no Mapa de Uso e Cobertura do Solo de 1987 que a mancha urbana de São José do Rio Pardo continha-se exclusivamente na unidade geoambiental 24, sendo que na unidade geoambiental 16 havia apenas o trevo que ligava as rodovias SP – 350 a SP – 207.

A unidade geoambiental 24 mostra-se favorável ao adensamento e expansão urbana, pois possui solos arenosos, sem características de expansividade, com baixas declividades e com grande composição de granito na sua litologia o que favorece as condições para fundações e estradas. A unidade geoambiental 16 possui maiores declividades, entretanto a ocupação urbana está sendo feita no entorno da SP – 350, local onde possui baixa declividade. A composição de granito em sua litologia e os solos arenosos (não expansivos) favorecem a implantação de estradas e fundações, entretanto em alguns locais seriam necessários maiores custos com cortes e aterros e possibilidades de construção de muros de arrimo, para contenção do solo arenoso em declividades mais acentuadas.

Verifica-se que no Mapa de Uso e Cobertura do Solo de 2000, a mancha urbana de São José do Rio Pardo sofreu um adensamento e expansão na unidade geoambiental 24 o que se verifica como uma ocupação favorável às características encontradas no local. O adensamento mostra a ocupação de vazios urbanos, sendo um modo mais econômico de crescimento das cidades, por crescer em local que já possui infraestrutura urbana. Nesta zona, o crescimento foi dado na forma de loteamentos. Nota-se também que neste período houve uma expansão nas unidades geoambientais 31, na forma de loteamento mostrando-se adequada a expansão devido às mesmas características geoambientais da unidade 24. E, por fim, na unidade geoambiental 16, o crescimento foi direcionado em função de equipamentos existentes como: o posto de combustível, a concessionária de carros, a cooperativa de cafeicultores, forçando um desenvolvimento nos vazios urbanos destes.

Já no Mapa de Uso e Cobertura do Solo de 2011 pode-se averiguar que a mancha urbana de São José do Rio Pardo sofreu um adensamento e expansão na unidade geoambiental 24, desta vez o adensamento foi feito por loteamento social em que o tamanho do lote é menor obtendo uma maior densidade de domicílios. Neste momento há uma maior preocupação com

a expansão urbana, pois houve uma infiltração na unidade geoambiental 34 em áreas compostas por solos aluvionais, em uma região de várzea propícia a alagamentos. As unidades 31 e 16 mantiveram suas expansões com o mesmo tipo de ocupação de 2000.

5.16.1.1. CENÁRIO TENDENCIAL DE SÃO JOSÉ DO RIO PARDO

5.16.1.1.1. ADENSAMENTO URBANO

O tipo de crescimento “espalhado” que está sendo feito em São José do Rio Pardo favorece a especulação imobiliária e, conseqüentemente, o aumento do valor da terra. Com exceção da expansão na unidade geoambiental 24, o crescimento se deu de forma apropriada às condições geoambientais, além de ficar evidente que há uma preocupação com as matas ciliares, pois não houve muita diminuição ao longo do tempo.

5.16.1.1.2. INDICATIVO DE POSICIONAMENTO DAS FONTES POLUIDORAS

Quanto à localização de fontes poluidoras preliminarmente, aponta-se:

- Unidade geoambiental 48: para a implantação de aterro sanitário ou cemitério, pelas características de solo areno-argiloso, baixa declividade, baixa permeabilidade, fora de zonas de recarga, zonas úmidas e litologia de granitos; e
- Unidade geoambiental 49: para implantação de tanques sépticos, fossas e lagoas de águas residuárias devido ao solo argilo-arenosa, baixa declividade, litologia adequada, fora de zonas de recarga, zonas úmidas, distância maior que 100m de fontes e poços e proximidade de corpos d’água.

5.16.2. TENDÊNCIA DA OCUPAÇÃO URBANA EM SÃO SEBASTIÃO DA GRAMA

Em 1987, a mancha urbana de São Sebastião da Grama localizava-se nas unidades geoambientais 33, 07 apenas um pequeno trecho na porção superior e 51 (entorno da SP – 344). As unidades 33 e 07 têm solo areno-argilo possuindo uma menor expansividade que a unidade 51 em que o solo é argilo-arenoso, as condições de baixa declividade facilitam a construção, entretanto, a baixa permeabilidade propicia a formação de alagamentos, principalmente se houver invasão das APPs. Quanto à litologia a composição de granitos favorece este uso. A implantação da cidade nestas condições geotécnicas mostra-se mais propícia nas unidades 33 e 07.

Em 2000, São Sebastião da Grama adensou a unidade geoambiental 33 preenchendo vazios urbanos e expandiu para as unidades: 42 (loteamento em fase de construção no período) e 30 (loteamento de interesse social). Nesta fase também se pode notar um pequeno avanço da mancha urbana para a unidade geoambiental 10, por ter se tornado um vazio urbano com a ocupação das unidades 33 e 51.

Quanto às condições geoambientais: a unidade 30 possui solo areno-argiloso, baixa declividade, com litologia de granitos e migmatitos; a zona 42 possui solo arenoso e situa-se em uma área mais alta, torna-se adequada para a implantação de loteamento, entretanto deve-se tomar cuidado com os cortes, aterros e muros de arrimo para que o loteamento fique plano diminuindo os riscos com erosividade. Na unidade 10 o avanço foi pequeno e o tipo de solo é areno-argiloso e com baixa declividade, o que mostra uma condição moderada à implantação devido à expansividade da argila.

Em 2011, São Sebastião da Grama expandiu na unidade geoambiental 51 entorno da SP-344, com ocupações pontuais, avançou com mais um loteamento na unidade 33 e adensou a ocupação dos loteamentos nas unidades 42 e 30. Nota-se também que a ocupação na unidade geoambiental 07 manteve-se estagnada em todo o período.

5.16.2.1. CENÁRIO TENDENCIAL DE SÃO SEBASTIÃO DA GRAMA

5.16.2.1.1. ADENSAMENTO URBANO

O crescimento de São Sebastião da Grama se deu principalmente pela ocupação de 3 novos loteamentos e de vazios urbanos, obtendo um crescimento menos distribuído do que em São José do Rio Pardo. Quanto às condições geoambientais, os solos desta região possuem uma maior porcentagem de argila, evidenciando a característica de expansividade, entretanto como a maior porcentagem nestes solos é de areia a ocupação da área torna-se adequada para o uso, mesmo porque as declividades são baixas e a litologia é adequada.

5.16.2.1.2. INDICATIVO DE POSICIONAMENTO DAS FONTES POLUIDORAS

Quanto à localização de fontes poluidoras preliminarmente, aponta-se:

- Há um aterro localizado inapropriadamente na unidade geoambiental 40, em que possui solo arenoso e altas declividades. Para a implantação de aterro sanitário ou cemitério, pelas características de solo areno-argiloso, baixa declividade, baixa permeabilidade, fora de zonas de recarga, zonas úmidas, e litologia de granitos recomenda-se a implantação nas unidades geoambientais 07, 33 ou 30; e
- Para implantação de tanques sépticos, fossas e lagoas de águas residuárias devido ao solo argilo-arenosa, baixa declividade, litologia adequada, fora de zonas de recarga, zonas úmidas, distância maior que 100m de fontes e poços e proximidade de corpos d'água, recomenda-se a unidade 51, localizado ao norte da cidade de São Sebastião da Gramma e próximo à rodovia SP – 207 para facilidade de acesso.

5.16.3. TENDÊNCIA DA OCUPAÇÃO URBANA NO DISTRITO DE SÃO ROQUE DA FARTURA

Após visualizar o distrito de São Roque da Fartura no decorrer dos anos, nota-se que a mancha urbana praticamente manteve-se, crescendo minimamente em direção ao norte e oeste. Além disto, ela manteve-se na unidade geoambiental 27, a qual necessita de um cuidado especial para o crescimento urbano, pois há uma combinação na área de altas declividades e solo arenoso o que acarreta a formação de erosões e desmoronamentos. Como fontes poluidoras, existem na região 1 cemitério e um posto de combustível, mas também são inadequados por se localizarem em solos arenosos com alta permeabilidade.

5.16.3.1. CENÁRIO TENDENCIAL NO DISTRITO DE SÃO ROQUE DA FARTURA

5.16.3.1.1. ADENSAMENTO URBANO

Não há uma tendência de crescimento para a área.

5.16.4. TENDÊNCIA DA OCUPAÇÃO RURAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FARTURA

Grande parte da bacia possui solos arenosos. Sendo que, em geral, esses solos apresentam uma série de limitações em relação à baixa fertilidade natural: são deficientes em quase todos os nutrientes essenciais para as plantas; apresentam pH ácido e baixíssimos teores de matéria orgânica; podem ter deficiência de cálcio e toxidez de alumínio no subsolo, o que limita o desenvolvimento do sistema radicular em profundidade das plantas cultivadas. Estes ainda apresentam uma baixa capacidade de retenção de água, uma alta suscetibilidade ao

processo erosivo, em decorrência de suas características físicas, baixa estruturação e da intensidade das chuvas no período chuvoso.

As culturas permanentes (café, laranja, maracujá e limão) e culturas temporárias (batata, cana, cebola, feijão, tomate, milho, sorgo e soja), plantadas na região necessitam de manejo e correção do solo, aumentando o custo desta atividade. A maioria da plantação de milho, sorgo e soja é utilizada para alimentação do gado da região, esta rotatividade entre cultivos e pastagem é saudável para a recuperação do solo.

Na região de São Sebastião da Grama já há um aumento na quantidade de argila na composição do solo, favorecendo a fertilidade do solo e ao norte de São Roque da Fartura a região é muito propícia à agricultura, entretanto tem que serem levados em conta os cultivos que melhor se adequam em grandes altitudes, como o café por exemplo.

Ao levar em conta a preservação das APPs na bacia, nota-se que grande parte desta encontra-se com pequenos resquícios de devastação. Esta tendência deve ser mantida, pois devido à grande quantidade de solos arenosos e altas declividades na região a formação de processos erosivos torna-se evidente.

5.17. DIRETRIZES PARA O ORDENAMENTO TERRITORIAL

Em posse das análises do potencial de expansão urbana das cidades de São José do Rio Pardo, São Sebastião da Grama e o distrito de São Roque da Fartura e do potencial de expansão agrícola na bacia nos cenários de ocupação; da evolução espontânea do uso e cobertura do solo de 1987, 2000 e 2011 e das características de: relevo (UBCs), escoamento superficial, disponibilidade hídrica, declividade, litologia, materiais inconsolidados (origem, textura, espessura e permeabilidade), pluviometria, nascentes, mancha urbana, fontes poluidoras, captações e lançamentos e restrições à ocupação de acordo com o Código Florestal e as resoluções CONAMA 302 e 303 analisadas na Carta de Zoneamento Geoambiental para verificação da capacidade de suporte do meio ambiente gerou-se o Mapa Síntese do Ordenamento Territorial da Bacia Hidrográfica do Rio Fartura (Volume II - item 17), o qual identifica o zoneamento efetivo da região.

As classes de ordenamento foram subdivididas em:

- ZOUI - Zona de Ocupação Urbana Induzida (alto potencial de expansão urbana);
- ZUAI - Zona de Uso Agrícola Induzido (alto potencial de expansão agrícola);
- ZOUI + ZUAI - Zonas de Ocupação Urbana e Agrícola Induzidas (alto potencial de desenvolvimento tanto urbano como agrícola);
- ZOUC - Zona de Ocupação Urbana Condicionada (médio potencial para expansão urbana, deve-se ter cuidado com remanescentes florestais na região);
- ZPOR - Zona de Proteção e Ocupação Rural Restrita (altas declividades, solos arenosos e grande quantidade de nascentes, maior potencial para preservação ambiental, se desmatadas são áreas propícias à ocorrência de processos erosivos e deslizamentos);
- ZROC - Zona de Regulação e Ocupação Urbana Controlada (áreas de várzeas propícias a alagamentos ou então áreas com altas declividades e solo arenoso propício a deslizamentos e erosões).

Pode-se notar na Figura 69 que 35% da área possui ocupação induzida e 24% com ocupação restrita, as demais áreas devem ser ocupadas de maneira controlada mediante condições específicas.

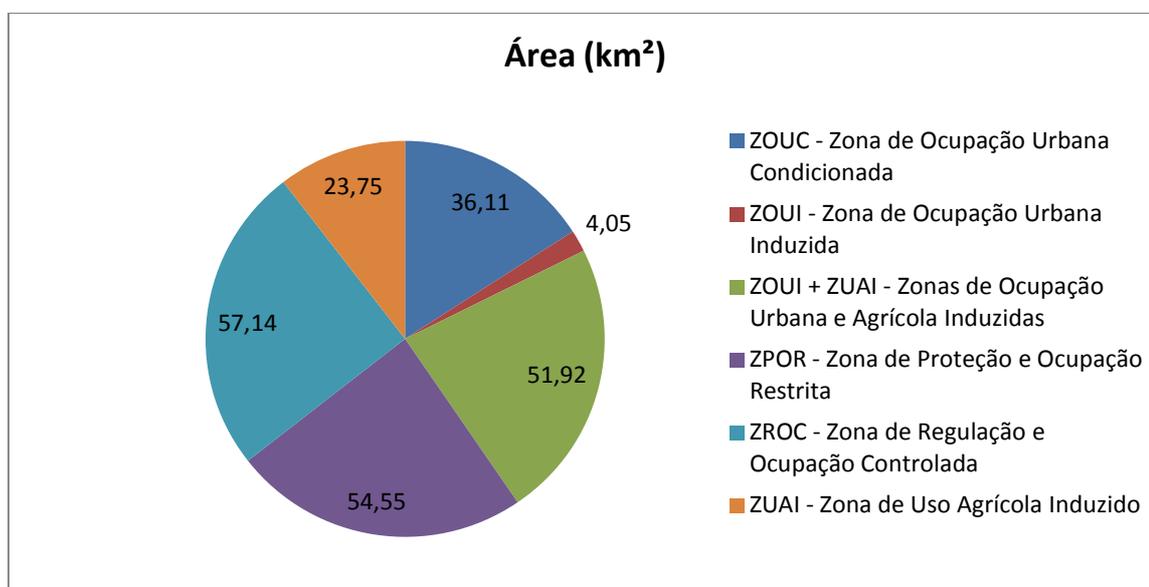


Figura 69: Quantificação do ordenamento territorial na BHRF.

6. CONCLUSÃO

A realização deste trabalho possibilitou o estudo e a discussão de um conjunto de sugestões e de diretrizes práticas para o ordenamento e gestão territorial, simuladas em diversos cenários de ocupação, utilizando o zoneamento geoambiental como uma importante ferramenta para auxiliar na elaboração de políticas públicas, analisando o meio físico por características geológicas, fisiográficas, morfoestruturais, estruturais, pedológicas e as relações dos meios biológicos e antrópicos.

O levantamento de dados, a sua sistematização, a análise e o monitoramento constituem a base necessária para o estudo de problemas ambientais no meio urbano e para o estabelecimento de políticas e programas que norteiem uma provável ocupação de projetos urbanísticos, de forma a compatibilizar as necessidades da sociedade com a capacidade de suporte dos elementos naturais do meio.

A base conceitual foi feita a partir de uma visão ampla do zoneamento como um instrumento norteador para o planejamento e a ocupação do solo, sobre a utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento. Nesta análise e embasamento teórico viu-se que há muitos avanços no setor, entretanto esta área continua sendo um laboratório de tentativas e erros. A preocupação do planejamento ambiental torna-se cada vez mais presente nas políticas públicas atuais, mas os conflitos entre as questões ambientais, econômicas, políticas e sociais continuam sendo um grande desafio. Grande parte das ações atuais possuem um caráter imediatista, muitos planos encontram-se não executados e o marketing ambiental cada vez mais presente.

Assumindo a postura de mudança, este trabalho buscou uma área com cidades pequenas, com possibilidades de usos diferenciados do solo, locais que nunca tinham sido mapeados para o planejamento geoambiental, acreditando que os usos devem ser disciplinados de acordo com as características do meio físico.

Para isto, foi montada uma ampla base de dados georreferenciada, a qual serviu de base para o desenvolvimento do trabalho. As tomadas de decisões foram feitas com o

embasamento de geoprocessamento em estudos ambientais, utilizando tecnologias de sensoriamento remoto e técnicas de álgebras de mapas.

Para o embasamento conceitual do zoneamento geoambiental foi constatada a existência de uma imensa gama de métodos e técnicas de avaliação ambiental com grandes diferenças desde a sua concepção até o modo de utilização dos dados de entrada e saída, a complexidade, a forma de análise e outras características.

Ao analisar a metodologia empregada para determinar diretrizes para o ordenamento territorial, verificou-se um procedimento eficaz pois o indicativo de expansão tanto agrícola como urbana foi baseada em características geotécnicas, legislação ambiental e um histórico do uso e ocupação da região, verificando tendências e potencialidades, analisando conflitos da expansão urbana, agrícola e a conservação ambiental, visando a capacidade de suporte do meio ambiente. Em vista disto, considera-se a metodologia replicável em outras regiões, ressaltando a importância de verificar os atributos mais importantes na região para um resultado mais efetivo.

Quanto ao substrato rochoso a bacia apresentou-se bastante homogênea com 70% desta, envolvida no Complexo Varginha. Ao verificar a textura do solo na bacia percebeu-se que 47% da bacia possui solo arenoso e que 86% da bacia possui acima de 50% de composição de areia em sua textura. Este fato é possível devido à homogeneidade do substrato rochoso da região. Ao constatar a declividade nesta verificou-se que a maioria encontra-se na faixa de 5 a 20%, entretanto 14% da região possui declividade superior a 30%. Este fator combinado à textura encontrada na bacia aponta o grande potencial na bacia para o desenvolvimento de processos erosivos.

No mapeamento do Uso e Cobertura do Solo de 1987 a 2011, destacou-se que no período de 1987 a 2011 houve um aumento gradativo de 2,12% da quantidade de florestas na região, mesmo com a queda de 5,41% que ocorreu no período de 2000 a 2011. Este fato pode ter ocorrido devido à expansão da cana-de-açúcar na região neste período.

A maior dinâmica no período de 1987 a 2011 foi a queda no campo limpo (-5,41%) e solo exposto (-9,61%) que possivelmente foram transformados em campo sujo (7,75%) com o plantio de vegetação nativa e agricultura (4,54%), mostrando a recuperação de

remanescentes florestais no período e o aumento da produtividade agrícola, além do aumento gradativo da ocupação urbana (1,19%).

Foi constatado também que 23% da região localiza-se em áreas restritivas à ocupação devido à legislação ambiental vigente. Considerando como usos inadequados as estradas, ocupação urbana, agricultura e solo exposto foi averiguado que 37,27% das áreas de restrições à ocupação em 1987 foram ocupadas inadequadamente, em 2000 foram 17,12% e em 2011 foram 35,92%. O uso inadequado nas APPs, combinado ao tipo de solo arenoso pode levar a processos erosivos e assoreamentos na região, já em locais com solos mais argilosos pode-se ocorrer alagamentos.

Ao verificar o balanço hídrico na bacia, há uma preocupação na disponibilidade hídrica das sub-bacias 10 e 24 sabendo-se que são cálculos de demandas verificados apenas por captações e lançamentos outorgados no DAEE e cadastrados no SIAGAS e que podem existir vários usuários que utilizam os recursos hídricos, porém não estão regularizados. Um avanço neste aspecto é a cobrança dos recursos hídricos, pois com a inserção da cobrança na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, aumenta-se a fiscalização para regularização dos usuários de recursos hídricos.

Pôde-se averiguar ainda que 35% da área possui ocupação induzida e 24% com ocupação restrita, as demais áreas devem ser ocupadas de maneira controlada mediante condições específicas. Cabe ressaltar que este estudo direciona e auxilia nas tomadas de decisão, entretanto para análises de usos específicos devem ser realizadas novas análises.

Os objetivos da pesquisa foram cumpridos comprovando a hipótese da eficácia do zoneamento geoambiental para o disciplinamento do uso do solo em bacias hidrográficas e gerando deste estudo diretrizes para o ordenamento territorial a partir de cenários de ocupação. Entretanto, verificou-se como limitação do trabalho a falta de estudo na área subterrânea, verificando a possibilidade de contaminação do aquífero cristalino em suas diversas falhas geológicas e a disponibilidade hídrica subterrânea.

Desta maneira recomenda-se um maior estudo geotécnico aprofundando a visão subterrânea da bacia e verificando suas potencialidades, além da investigação da qualidade das águas, já que a lei de enquadramento dos rios é de 1977. Recomenda-se ainda que seja feita

uma atualização do mapa de restrições à ocupação com o novo código florestal e suas alterações.

O maior dilema em trabalhar com políticas públicas é que os objetivos são mais difusos e as metas, na maioria das vezes, não são perseguidas, o que desafia ainda mais trabalhar com gestão ambiental neste meio, onde se necessita de escalas compatíveis de trabalho e uma análise dinâmica e sistêmica do meio em estudo. Além disso, há a necessidade de uma visão estratégica e democrática.

Por fim, esta pesquisa alia-se aos que acreditam que o planejamento urbano participativo, desde que se incorporem as metas da justiça social e do equilíbrio ambiental, seja um dos principais caminhos para o desenvolvimento sustentável das cidades brasileiras.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSELRAD, H. O zoneamento ecológico-econômico e a multiplicidade de ordens socioambientais na Amazônia. **Novos Cadernos Naea**. V. 3, N. 2 - P. 005-015 DEZ. 2000.

AMORIM, H. R. (2003) – **Estudo dos Atributos do Meio Físico como Base para o Zoneamento Geoambiental da Região de Influência do Reservatório da Usina Hidroelétrica de Caconde (SP)**. Dissertação de Mestrado: EESC/USP, São Carlos, SP,

ANDERSSON, E.; AHRNÉ, K.; PYYKONEN, M.; ELMQVISTY, T. **Patterns and scale relations among urbanization measures in Stockholm, Sweden**. *Landscape Ecology*, v. 24, 1331-1339, 2009.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico**. Caderno da Ciência da Terra, 13. Inst. de Geografia USP. São Paulo. 1971.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. **Cidade: espaço da cidadania**. In: GIOMETTI, A. B. R, BRAGA, R. (Org.). *Pedagogia cidadã: cadernos de formação: ensino de Geografia*. São Paulo: UNESP/PROPP, 2004. p. 105-120.

BRASIL. Casa Civil. **Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002**. Diário Oficial da União, Brasília, 2002 julho 11.

BRASIL. Casa Civil. **Lei 12651/12 de 25 de maio de 2012**. Diário Oficial da União, Brasília, 28 de maio de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso 03/06/2012

BRASIL. Casa Civil. **Lei 4771/65 de 15 de setembro de 1965**. Diário Oficial da União, Brasília, 1965 setembro 16.

BRASIL. Casa Civil. **Lei 4771/65 de 15 de setembro de 1965**. Diário Oficial da União, Brasília, 16 de setembro de 1965.

BRASIL. Casa Civil. **Lei 6938/81 de 31 de agosto de 1981**. Diário Oficial da União, Brasília, 1981 setembro 2.

BRASIL. Casa Civil. **Lei 7803/89 de 18 de julho de 1989**. Diário Oficial da União, Brasília, 1989 julho 20.

BRASIL. Casa Civil. **Lei 7804/89 de 18 de julho de 1989**. Diário Oficial da União, Brasília, 1989 julho 20 retificado 1990 janeiro 4.

BRASIL. Casa Civil. **Lei 9433/97 de 8 de janeiro de 1997**. Diário Oficial da União, Brasília, 1997 janeiro 9.

BRASIL. Casa Civil. **MEDIDA PROVISÓRIA Nº 571, DE 25 DE MAIO DE 2012**. Diário Oficial da União, Brasília, 28 de maio de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Mpv/571.htm. Acesso 03/06/2012

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Programa Nacional do Meio Ambiente. **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai PCBAP**: metodologia do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai: Subcomponente Pantanal. Brasília, 1997. v.3, 370 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2002. Resolução 303. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>. Acessado em: 22 set 2008

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2002. Resolução 302. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>. Acessado em: 22 set 2008

BRASIL. Ministérios das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Proposta Metodológica para Estudos Integrados do Potencial Geoambiental em Escalas de Semidetalhe**. s.l., (Projeto Radambrasil – Grupo de Estudos Integrados, coordenado por Teresa Cardoso da Silva), 16 p., 1984.

BURROUGH, P. A.; VAREKAMP C.; SKIDMORE, A.K. **Using Public Domain**. Geostatistical and GIS Software for Spatial Interpolation. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 62 (7): 845-854, 1996.

CÂMARA, G. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. Campinas, Instituto de Computação, UNICAMP, 197p. 1996.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. E DAVIS, C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE: São José dos Campos. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>. Acesso: 05/05/2009.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. *Journal Computers & Graphics*, v.20, n.3, p.395-403, Maio-Junho. 1996.

CAMOLEZI, B. A.; Volkmer, S. **Zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio, estado do Paraná, Brasil.** Revista Geográfica de América Central Número Especial EGAL, 2011- Costa Rica II Semestre 2011 pp. 1-17.

CASANOVA et al. **Bancos de dados geográficos.** 1.ed. Curitiba: MundoGEO, 2005. 506 p.

CBH-PARDO – Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Pardo. **Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo (UGRHI 04)** - Revisão para atendimento da Deliberação CRH 62. Dezembro de 2008.

CENDRERO, A. (1975) - **Environment Geology of the Santander by Area.** Northern Spain. Environmental Geology, Springer Verlag, New York, Vol.1, pp. 97-114.

CENDRERO, A. (1983) – **Técnicas Y Instrumentos de Análise para la Avaliação, Planificación y Gestión de Medio Ambiente.** Fascículos sobre Meio Ambiente. Series Opiniones, N.6, CIFCA. Madrid. 67p.

CENDRERO, A. (1990) - **Desarrollo y Tendencias de la Geología Ambiental en Europa,** AGID Report no 3.

CEPAGRI- Centro de Pesquisa Meteorológica e Climática aplicada à Agricultura. **Clima dos Municípios Paulistas.** Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_558.html. Acesso: 20/02/2012

CHAGAS, César da Silva; CARVALHO JÚNIOR, Waldir de; PEREIRA, Nilson Rendeiro; BHERING, Sílvio Barge; STEINMETZ, Sílvio. **Um método para elaboração de zoneamentos agropedoclimáticos:** estudo de caso do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.9, n.3 (número especial: Zoneamento Agrícola), p.571-580, 2001.

COMISSÃO TÉCNICA DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL – CTCG. 2004. **Diagnóstico Preliminar da Cartografia Geotécnica e Geoambiental** no Brasil. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 16 a 18 de novembro de 2004. São Carlos-SP. 20p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. 2010 a. **Relatório das águas do interior do Estado de São Paulo**, 2010. São Paulo. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 10 out. 2011.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. 2010 b. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares**, 2010. São Paulo. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 10 out. 2011.

CORDEIRO, J. P.; BARBOSA, C. C. F.; CÂMARA, G. **Operações de Análise Geográfica: Análise Espacial de Dados Geográficos**. Capítulo 8: Álgebra de campos e objetos. INPE: São José dos Campos. 2007.

COSTA, T. C.C *et al.* **Vulnerabilidade de sub-bacias hidrográficas por meio da equação universal de perda do solo e da integração de parâmetros morfométricos, topográficos, hidrológicos e de uso/cobertura da terra no estado do Rio de Janeiro**. Brasil.Ambi-Agua. Taubaté. V.4,n.1,p93-116, 2009.

COULSON, A. *et al.* **Bioessays** 13, 413–417 (1991).

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDES FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. AZEVEDO, L. G. **Uso de sensoriamento remoto no zoneamento ecológico-econômico**. In: VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Salvador. 14-19 de abril 1996.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Secretaria de Saneamento e Energia. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. **Manual de cálculo das vazões máximas, médias e mínimas nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1994.

DEERE, D. U. e Patton, F. D. (1971) **Slope Stability in Residual Soils**. In 4th PCSMFE. Porto Rico. Proc., State of the Art Volume p. 87 -170.

FIGUEIREDO, I.B.S. **Os Reflexos da Urbanização no Sistema de Drenagem em Fundos de Vale**. O caso do Parque do Povo: Presidente Prudente (SP). 2003. Total p. (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

FONTES, S. B. (2004) – **Estudo geoambiental da Bacia do Rio Pardo, a partir da compartimentação em Ottobacias – escala 1:100.000**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

FRANCÉS, E.; DIAS DE TERÁN, J. R. & CENDRERO, A. (1990) – **La aplicacion de La cartografia geoambiental al diagnostico de unidades territoriales**: estabelecimiento de directrices de ordenacion. In: ROMARIZ, C. Livro de homenagem a Carlos Romariz. Lisboa. p. 377-402.

GRECCHI, R. C. (1998) – **Zoneamento geoambiental da região de Piracicaba-SP, com auxílio de geoprocessamento**. Dissertação Mestrado. EESC/USP. São Carlos, 132p.

GRIFFITH, C. **Zoneamento**: uma análise crítica. Ambiente, São Paulo, v.3, n.3, p.20-25, 1989.

GRIFFITH, J. J. et al. **Roteiro metodológico para zoneamento de Áreas de Proteção Ambiental**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa/IBAMA/Programa Nacional de Meio Ambiente, 1995. (Projeto BRA/90/010, Documento Final).

HARTSHORNE, R. **Propósito e natureza da geografia**. São Paulo. Editora HUCITEC, Editora da Universidade de São Paulo, 2 Ed. 1978.

HUTCHINSON, M.F. 1988. Calculation of hydrologically sound digital elevation models. Paper presented at Third International Symposium on Spatial Data Handling at Sydney, Australia.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Informações Estatísticas – **IBGE – cidades**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>. Acesso: 15/02/2012.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2012). **Catálogo CBERS e LANDSAT**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso 18/02/2012

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2012). **Lançamento do CBERS 2B**. Disponível em: <http://www.cbbers.inpe.br>. Acesso 18/02/2012

INSTITUTO FLORESTAL. **Sistema de Informações florestais do Estado de São Paulo** Disponível em: <http://www.iflorestal.sp.gov.br/sifesp/tabelas/tabelas.html>. Acesso: 08/04/2010

IRITANI, M. A.; EZAKI, S.. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA, 2008. 104p.

JACINTO, L. R. C (2003) – **Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramenta na gestão ambiental de unidade de conservação**: O caso da área de proteção ambiental (APA)do Capivari_Mono, São Paulo-SP. Dissertação (Mestrado). São Paulo. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo.

JIMÉNEZ-RUEDA, J. R.; NUNES, E. MATTOS, J. T. **Caracterização Fisiográfica e Morfoestrutural da Folha São José de Mipibu – RN**. Geociências, São Paulo, v.12, n.2, p. 481-491, 1993.

JORGENSEN, S.E. 1994. **Fundamentals of Ecological Modelling**. Developments in Environmental Modelling, 2nd edition, vol. 19. Elsevier, Amsterdam, pp.628.

KURKDJIAN, M. de L. N. de O *et al.* **Macrozoneamento da região do Vale do Paraíba e litoral norte do Estado de São Paulo**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1992. 176 p. INPE-5381-PRP/165.

KURUCU, Y.; CHIRISTINA, N. K. **Monitoring the impacts of urbanization and industrialization on the agricultural land and environment of the Torbali, Izmir region, Turkey**. Environment Monitoring Assessment, v. 136, 289 – 297, 2008.

LADEIRA, F. S. B.; MARQUES, M. L. **Atlas Digital do Município de São José do Rio Pardo – vol.1**. São José do Rio Pardo: FFCL de São José do Rio Pardo, 2001.

LANDIM, P. M. B. **Geologia Quantitativa: Introdução à análise estatística de dados geológicos multivariados**. Rio Claro - SP, 2001.(Livro em CD-ROM).

LOPES, P.M.S. (2000) – **Estudo dos Atributos do Meio Físico com Base para o Zoneamento Geoambiental das bacias do Rio Passa Cinco e Rio da Cabeça**: Escala 1:50.000. Dissertação Mestrado. EESC/USP. São Carlos. 136p. 2v.

MATO GROSSO DO SUL. **Atlas multirreferencial**. Campo Grande: Secretaria de Planejamento, 1990. 28 p.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento. **Macrozoneamento geoambiental do Estado de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande, 1989. 242 p.

MEDEIROS, J. S. **Banco de dados geográficos e redes neurais artificiais: tecnologias de apoio à gestão do território**. 236 p. Tese (Doutorado em geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

METZGER, J. P. **O que é ecologia de paisagens?** Biota Neotropica, Rio Claro, v.1, n.1/2, p. 1-9, dez. 2001. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br>>. Acesso em: 08 mar. 2011.

MONTAÑO, M. (2002) – **O recurso Hídrico e o Zoneamento Ambiental: O caso do município de São Carlos** Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Unversidade de São Paulo. 140 p.

MORAES, M.E.B. **Zoneamento ambiental de bacias hidrográficas: uma abordagem metodológica aplicada na bacia do Rio Bonito (SP)**. São Carlos, 2003. 130p. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de aplicação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. 250 p.

NETO, M. C. C. e FIGUEIREDO, M. C. H. **Geologia das Folhas de São José do Rio Pardo e Guaranésia (Porção Paulista) – 1:50.000**. Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 1985.

OHARA, T.; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R.; MATTOS, J. T. de; CAETANO, N. R. **Zoneamento Geoambiental da Região do Alto-Médio Rio Paraíba do Sul e a Carta de Aptidão para Implantação de Obras Viárias**. 2003. Rev. Bras. Geoc. 33:173-182

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: legenda expandida. Campinas, Instituto Agronômico; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999, 64p: mapa.

PABLO, C. T. L. **Cartografía ecológica**: conceptos e procedimientos para la representación espacial de ecosistemas. Boletín da Real Sociedad Española de la Historia Natural Sección Geológica, Madrid, v. 96, n. 1/2, p. 57-68, 2000.

PEJON, O. J.; ZUQUETTE, L. V. Carta de **Potencial de Escoamento Superficial da folha de Piracicaba/SP**. Revista de Geociências, São Paulo, v. 12, n.2, 1993.

PERES, R. M. de P. **Geoprocessamento aplicado ao desenvolvimento de uma base de dados do município de Botucatu-SP**. Total p. dissertação (mestrado em agronomia), UNESP- Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônomicas - Campus de Botucatu. Botucatu, 2006

POLETTE *et al.* (2000). **Gerenciamento costeiro integrado e gerenciamento de recursos hídricos**: Como compatibilizar tal desafio. In Munoz, Hector Raúl (org.). Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos.

RANIERI, V. E. L. **Discussão das potencialidades e restrições do meio como subsídio para o zoneamento ambiental**: o caso do município de Descalvado (SP). 87 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

RANIERI, V. E. L. et al. **O zoneamento ambiental como instrumento de política e gestão ambiental.** In: Evaldo Luiz Gaeta Espíndola; Edson Wendland. (Org.). PPG-SEA: Trajetórias e perspectivas de um curso multidisciplinar. São Carlos: Rima, 2005. v.4, p. 109-136.

REMPEL, C. (2009) **A ecologia da paisagem e suas ferramentas podem aprimorar o zoneamento ambiental?** O caso da região política do Vale do Taquari. Tese. Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009

RODRIGUEZ-BACHILLER, A. **Geographical information systems and expert systems for impact assessment:** part I: GIS. Journal of Environmental Assessment Policy and Management, Oxford, UK, v. 2, n. 3, p. 369-414, Sept. 2000a.

RODRIGUEZ-BACHILLER, A. **Geographical information systems and expert systems for impact assessment:** part II: expert systems and decision support systems. Journal of Environmental Assessment Policy and Management, Oxford, UK, v. 2, n. 3, p. 415-448, Sept. 2000b.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto.** 5ª Edição, Uberlândia: EDUFU, 2003, 228 p.

ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados.** Revista do Departamento de Geografia da FFLCH-USP. N. 7 pp. 65-74. 1993

ROSS, J. L. S., MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: FFLCH-USP/IPT/FAPESP. Mapas e relatório, 1997.

SALATI, E. (1996). **Diagnóstico ambiental sintético de qualidade da água como subsídio para o planejamento regional integrado da bacia hidrográfica do Rio Corumbataí (SP).** Tese (Doutorado). Escola de engenharia de São Carlos. EESC/USP.

SANTOS, R.F. dos. (2004). **Planejamento ambiental**: teoria e prática. São Paulo, Oficina de Textos.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente / Coordenadoria de Planejamento Ambiental. **Meio Ambiente Paulista: Relatório de Qualidade Ambiental 2011**. Organização: Fabiano Eduardo Lagazzi Figueiredo. São Paulo: SMA/CPLA, 2011.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Macrozoneamento do litoral norte**: plano de gerenciamento costeiro. São Paulo, 1996a. 202 p. (Série Documentos).

SÃO PAULO. Assembléia Legislativa. **Lei 7663/91 de 30 de dezembro de 1991**. Palácio dos Bandeirantes, 30 de dezembro de 1991.

SÃO PAULO. Secretaria do Estado de Meio Ambiente. Coordenadoria do Planejamento Ambiental. **Proposta de macrozoneamento do Vale do Ribeira**: relatório final. São Paulo, 1996. 86 p.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Recursos Hídricos. **Situação dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo. Ano base 2008**. São Paulo: SMA/CRHi, 2010. 222 p.

SEADE. **Perfil municipal**. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfil.php>. Acesso: 12/01/2012.

SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO – SICCT/PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS MINERAIS - PRÓ-MINÉRIO. **Mapa Geológico e Estrutural – Folha de São João da Boa Vista (SF-23-V-C-VI-3), escala 1:50.000**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP. Rio Claro-SP-DMRM. 1983.

SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO – SICCT/PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS MINERAIS - PRÓ-MINÉRIO. **Mapa Geológico e Estrutural – Folha de Poços de Caldas (SF-23-V-C-VI-4), escala 1:50.000.** Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP. Rio Claro-SP-DMRM. 1983.

SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO – SICCT/PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS MINERAIS - PRÓ-MINÉRIO. **Mapa Geológico e Estrutural – Folha de São José do Rio Pardo (SF-23-V-C-VI-1), escala 1:50.000.** Instituto de Geociências. USP. São Paulo. 1984.

SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO – SICCT/PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS MINERAIS - PRÓ-MINÉRIO. **Geologia das folhas de São José do Rio Pardo e Guaranésia (porção Paulista) – 1:50.000.** autores: Mário da Costa Campos Neto e Mário César Heredia de Figueiredo. Instituto de Geociências. USP. São Paulo. 1985.

SHIMBO, J. Z.; MICHELIN, C. M.; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R. **Zoneamento Geoambiental como subsídio ao planejamento agroambiental. casos:** dois assentamentos rurais no estado de São Paulo. Rev. Bras. Agroecologia, v.2, n.1, fev. 2007

SILVA, A. N. R. da; RAMOS, R. A. R.; SOUZA, L.C.L. de; RODRIGES, D. S.; MENDES, J. F.G. **SIG:** Uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes. São Carlos:EDUFSCar, 2008. 227p.

SILVA, J. dos S. V *et al.* **Manejo integrado de ecossistemas: a importância da visão e atuação interdisciplinar.** In: Espíndola, E.L.G. et al. (Org.). A bacia hidrográfica do rio Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar. São Carlos: Rima, 2000. p. 17-35.

SILVA, J. dos S. V. da (Org.). **Zoneamento ambiental da borda oeste do Pantanal**: Maciço do Urucum e adjacências. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 211 p.

SILVA, J. dos S. V. da; SANTOS, R. F. dos. **Zoneamento para planejamento ambiental**: vantagens e restrições de métodos e técnicas. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 21, n. 2, p.221-263, maio/ago. 2004

SILVA, S.F. **Zoneamento Geoambiental com auxílio de lógica fuzzy e proposta de um geoindicador para caracterização do meio físico da bacia do rio do Peixe**. Tese (doutorado em geotecnia), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2005.

SOBREIRA, F. G. (1995) - **Estudo Geoambiental do Conselho de Sesimbra** - Tese (Doutorado), Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 347p.

SOUZA, M. P. **As bases legais e os zoneamentos ambientais**. In: 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2009, Corumbá. Anais eletrônicos... Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE. Disponível em: <<http://www.geopantanal2009.cnptia.embrapa.br/cd/pdf/palestra8.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2009.

SOUZA, W. de. **Planejamento da rede viária e zoneamento em unidades de conservação, empregando um sistema de informações geográficas**. 89 p. Dissertação (Mestrado e planejamento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.

TOMLIN, D. **Geographic information systems and Cartographic Modeling**. Prentice Hall, New York, 1990.

TRICART, J. Ecodinâmica. IBGE-SUPREN, (Recursos Naturais e Meio Ambiente). Rio de Janeiro, 1977.

TRICART, J.; KIEWIETDEJONGE, C. Ecogeography and Rural Management: A Contribution to the International Geosphere-Biosphere Programme. Essex. Longman Scientific & Technical. 1992.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de unidades básicas de compartimentação – UBCs**. Total p. Tese (doutorado em geociências). Instituto de Geociências e ciências exatas. UNESP – Campus Rio Claro. Rio Claro. 2000.

VEIGA, T. C. (2002). **Um Estudo de Geoplanejamento para o município de Macaé-RJ e seu entorno**: contribuição do geoprocessamento na identificação de potencial turístico. Rio de Janeiro-RJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2002. Tese de doutorado.

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

ANEXO 01: PONTOS DE AMOSTRAGEM DO SOLO: CADASTRO, CONTROLE E AMOSTRA

Os quadros a seguir mostram os pontos de amostragem do solo para: Cadastro, Controle e Amostra, respectivamente.

Quadro 37: Pontos cadastrais na bacia do rio fartura (WGS 84)

Pontos	x	y	Tipo	Fotos	Referência
1	-46,90286	-21,60073	cadastro	1-2	Usina Santa Alice
2	-46,87813	-21,64545	cadastro		Motel Cachoeira
3	-46,83282	-21,71885	cadastro		Ponte rio Fartura na entrada de S. S. da Grama
4	-46,83498	-21,73083	cadastro		Posto de Combustível
5	-46,82711	-21,75250	cadastro	9-10	ponte sobre o rio Fartura
6	-46,83491	-21,73170	cadastro		posto A Morada do Sol
7	-46,74849	-21,83576	cadastro		cemitério de S. R. da Fartura
8	-46,74427	-21,83507	cadastro		Auto Posto São Roque
9	-46,84218	-21,73387	cadastro	1346-1347	aterro / lixo

Quadro 38: Pontos de controle na bacia do rio fartura (WGS 84)

Pontos	x	y	Tipo	Referência
1	-46,70704	-21,84351	controle	
2	-46,85806	-21,64829	controle	SP-211 (estrada de terra para Divinolândia)
3	-46,82820	-21,70391	controle	SP-344
4	-46,80514	-21,70040	controle	
5	-46,82615	-21,70375	controle	
6	-46,81231	-21,71023	controle	Estrada para Anhumas
7	-46,81755	-21,71580	controle	
8	-46,78763	-21,73884	controle	
9	-46,89066	-21,63401	controle	
10	-46,87048	-21,65335	controle	
11	-46,85991	-21,68611	controle	
12	-46,85945	-21,68531	controle	
13	-46,83276	-21,72334	controle	
14	-46,76467	-21,83194	controle	
15	-46,83522	-21,73500	controle	
16	-46,80826	-21,79208	controle	
17	-46,83372	-21,73918	controle	
18	-46,83043	-21,74587	controle	
19	-46,83217	-21,75377	controle	

Pontos	x	y	Tipo	Referência
20	-46,73577	-21,84272	controle	
21	-46,73500	-21,84400	controle	
22	-46,83148	-21,74983	controle	
23	-46,81161	-21,71032	controle	
24	-46,80008	-21,71893	controle	
25	-46,78082	-21,74496	controle	
26	-46,85884	-21,64806	controle	
27	-46,84485	-21,64534	controle	
28	-46,81980	-21,64060	controle	
29	-46,79865	-21,80747	controle	
30	-46,76782	-21,82897	controle	
31	-46,72270	-21,84381	controle	
32	-46,70710	-21,84368	controle	
33	-46,73080	-21,83289	controle	
34	-46,72408	-21,82924	controle	
35	-46,71832	-21,82410	controle	
36	-46,72147	-21,82742	controle	
37	-46,72492	-21,82962	controle	
38	-46,77859	-21,82545	controle	
39	-46,78444	-21,81755	controle	
40	-46,80534	-21,69337	controle	
41	-46,80688	-21,69006	controle	
42	-46,80859	-21,68487	controle	
43	-46,73386	-21,84763	controle	
44	-46,72870	-21,85674	controle	
45	-46,77572	-21,80912	controle	
46	-46,76626	-21,80773	controle	
47	-46,75228	-21,79948	controle	
48	-46,74531	-21,79664	controle	
49	-46,73941	-21,80501	controle	
50	-46,73984	-21,80926	controle	
51	-46,83707	-21,72644	controle	
52	-46,83302	-21,71957	controle	
53	-46,83558	-21,64009	controle	
54	-46,83500	-21,64249	controle	
55	-46,85629	-21,66942	controle	

Quadro 39: Amostras coletadas na bacia do rio fartura (WGS 84)

Pontos	amostra	x	y	tipo	data	Identificação das amostras em campo	Fotos
1	1	-46,90085	-21,61034	amostra	25/11/2009	1	3-3
2	2	-46,90193	-21,60866	amostra	25/11/2009	2 centro	4-5
2	3	-46,90193	-21,60866	amostra	25/11/2009	3 alto	4-5
2	4	-46,90193	-21,60866	amostra	25/11/2009	4 baixo	4-5
3	5	-46,90873	-21,61620	amostra	25/11/2009	5 alto	6-7
3	6	-46,90873	-21,61620	amostra	25/11/2009	6 baixo	6-7
4	7	-46,89876	-21,62740	amostra	25/11/2009	7 alto	8-9
4	8	-46,89876	-21,62740	amostra	25/11/2009	8 baixo	8-9
5	9	-46,85768	-21,67444	amostra	25/11/2009	9 alto	10-20
5	10	-46,85768	-21,67444	amostra	25/11/2009	10 baixo	10-20
6	11	-46,80844	-21,78723	amostra	25/11/2009	11 baixo	21-22
6	12	-46,80844	-21,78723	amostra	25/11/2009	12 alto	21-22
7	13	-46,85964	-21,66373	amostra	26/11/2009	13 alto	23-24
7	14	-46,85964	-21,66373	amostra	26/11/2009	14 baixo	23-24
8	15	-46,82890	-21,70123	amostra	26/11/2009	15 alto	25-43
8	16	-46,82890	-21,70123	amostra	26/11/2009	16 baixo	25-43
9	17	-46,81771	-21,71418	amostra	26/11/2009	17 baixo	51-52
9	18	-46,81771	-21,71418	amostra	26/11/2009	18 alto	51-52
10	19	-46,83238	-21,75467	amostra	26/11/2009	19 alto	53-54
10	20	-46,83238	-21,75467	amostra	26/11/2009	20 centro	53-54
10	21	-46,83238	-21,75467	amostra	26/11/2009	21 baixo	53-54
11	22	-46,73453	-21,84496	amostra	26/11/2009	22 baixo	55-56
11	23	-46,73453	-21,84496	amostra	26/11/2009	23 alto	55-56
12	24	-46,83191	-21,74720	amostra	21/03/2011	1	57
13	25	-46,81545	-21,75796	amostra	21/03/2011	2	58
14	26	-46,81146	-21,76642	amostra	21/03/2011	3	59
15	27	-46,82328	-21,75605	amostra	21/03/2011	4	60-61
16	28	-46,79002	-21,73662	amostra	21/03/2011	5	62
17	29	-46,81158	-21,75992	amostra	21/03/2011	6	63
18	30	-46,82310	-21,64235	amostra	21/03/2011	7	66
19	31	-46,71711	-21,84548	amostra	22/03/2011	8 alto	67
19	32	-46,71711	-21,84548	amostra	22/03/2011	9 baixo	67
20	33	-46,71819	-21,82385	amostra	22/03/2011	10	68
21	34	-46,79342	-21,80588	amostra	22/03/2011	11 alto	69
21	35	-46,79342	-21,80588	amostra	22/03/2011	12 baixo	69
22	36	-46,80875	-21,68503	amostra	22/03/2011	13	70-71
23	37	-46,73323	-21,85583	amostra	22/06/2011	1	72-73

Pontos	amostra	x	y	tipo	data	Identificação das amostras em campo	Fotos
24	38	-46,84336	-21,73465	amostra	22/06/2011	2	76-77
25	39	-46,87842	-21,64497	amostra	22/06/2011	3	78-79
26	40	-46,83321	-21,63774	amostra	22/06/2011	4	80-81
27	41	-46,85883	-21,66893	amostra	22/06/2011	5 alto	82-92
27	42	-46,85883	-21,66893	amostra	22/06/2011	5 baixo	82-92

ANEXO 02: PROCESSOS MINERÁRIOS DO DNPM NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FARTURA

Quadro 40: Processos Minerários do DNPM na bacia hidrográfica do rio Fartura

Processo	Fase	Substância	Uso	UF
825969/1972	requerimento de lavra	sienito	não informado	sp
821070/1995	concessão de lavra	areia	não informado	sp
821419/1996	requerimento de lavra	bauxita	não informado	sp
821423/1996	autorização de pesquisa	bauxita	não informado	sp
830823/1981	requerimento de lavra	minério de alumínio	não informado	sp
820917/1995	licenciamento	areia	não informado	sp
821075/1999	requerimento de lavra	minério de alumínio	não informado	sp
820438/1990	concessão de lavra	charnoquito	não informado	sp
821323/1999	autorização de pesquisa	granito	não informado	sp
821050/2002	autorização de pesquisa	argila refratária	industrial	sp
820628/1995	autorização de pesquisa	areia	não informado	sp
820048/2004	requerimento de pesquisa	minério de alumínio	metalurgia	sp
820737/2004	autorização de pesquisa	minério de alumínio	metalurgia	sp
820268/2001	concessão de lavra	água mineral	engarrafamento	sp
821419/1996	requerimento de lavra	bauxita	não informado	sp
821422/1996	autorização de pesquisa	bauxita	não informado	sp
820048/2004	requerimento de pesquisa	minério de alumínio	metalurgia	sp
820758/2002	autorização de pesquisa	minério de alumínio	metalurgia	sp
820048/2004	requerimento de pesquisa	minério de alumínio	metalurgia	sp
820202/2008	autorização de pesquisa	água mineral	engarrafamento	sp
820496/2009	autorização de pesquisa	água mineral	engarrafamento	sp
820436/2009	autorização de pesquisa	areia	construção civil	sp
820237/2009	licenciamento	areia	construção civil	sp
821421/1996	requerimento de lavra	minério de alumínio	não informado	sp
820898/2002	autorização de pesquisa	granito	industrial	sp
820904/2009	autorização de pesquisa	água mineral	engarrafamento	sp
821080/2010	requerimento de pesquisa	água mineral	engarrafamento	dado não cadastrado
820757/2002	autorização de pesquisa	minério de alumínio	metalurgia	sp
820447/2009	autorização de pesquisa	água mineral	engarrafamento	sp
820923/2002	requerimento de lavra	água mineral	engarrafamento	sp
820687/2011	requerimento de pesquisa	areia	construção civil	sp
821424/1998	disponibilidade	argila	não informado	sp
820586/1993	disponibilidade	granito ornamental	não informado	sp
820338/2003	disponibilidade	granito ornamental	revestimento	sp
820338/2003	disponibilidade	granito ornamental	revestimento	sp
820338/2003	disponibilidade	granito ornamental	revestimento	sp

Fonte: DNPM - SIGMINE