

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

TESE DE DOUTORADO

**A MINERAÇÃO E A PAISAGEM GEOQUÍMICA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO
ARROIO JOÃO DIAS, MINAS DO CAMAQUÃ, CAÇAPAVA DO SUL, RS**

ALEXANDRE FELIPE BRUCH

**ORIENTADOR: PROF. DR. LUÍS ALBERTO BASSO
CO-ORIENTADOR: PROF. DR. EDINEI KOESTER**

PORTO ALEGRE, DEZEMBRO DE 2014

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**A MINERAÇÃO E A PAISAGEM GEOQUÍMICA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO
ARROIO JOÃO DIAS, MINAS DO CAMAQUÃ, CAÇAPAVA DO SUL, RS**

ALEXANDRE FELIPE BRUCH

ORIENTADOR: PROF. DR. LUÍS ALBERTO BASSO

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. EDINEI KOESTER

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Dejanira Luderitz Saldanha (POSGea/UFRGS)

Prof. Dr. Nelson Sambaqui Gruber (POSGea/UFRGS)

Prof. Dr. Luis Eduardo Silveira da Mota Novaes (Ceng/UFPel)

Profa. Dra. Angélica Cirolini (Ceng/UFPel)

**Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Geografia
como requisito para obtenção do
título de Doutor em Geografia.**

PORTO ALEGRE, DEZEMBRO DE 2014

CIP - Catalogação na Publicação

Bruch, Alexandre Felipe

A Mineração e a Paisagem Geoquímica na Sub-Bacia
Hidrográfica do Arroio João Dias, Minas do Camaquã,
Caçapava do Sul, RS / Alexandre Felipe Bruch. -- 2014.
303 f.

Orientador: Luís Alberto Basso.

Coorientador: Edinei Koester.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de
Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2014.

1. Paisagens Geoquímicas. 2. Mineração. 3.
Biomassa. 4. Qualidade das Águas. 5. Mapeamento
Geomorfológico. I. Basso, Luís Alberto, orient. II.
Koester, Edinei, coorient. III. Título.

**Aos meus mestres que, certamente, foram os maiores
incentivadores e apoiadores da minha caminhada**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul por proporcionar-me a chance de desenvolver esta pesquisa o que somente foi possível em função do caráter público e gratuito dessa instituição.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, por possibilitar a chance de crescimento pessoal e profissional.

Ao Centro de Engenharias e mais especificamente as coordenações dos Cursos de Engenharia Geológica, de Petróleo e CST em Geoprocessamento por disponibilizarem sua infraestrutura para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao meu orientador professor Luís Alberto Basso pelos ensinamentos acadêmicos e sugestões para a elucidação da metodologia proposta nesta pesquisa. Além disso, também quero agradecer pela agilidade e compreensão na correção dos erros das versões desta tese.

Aos meus orientadores de graduação, professores Luis Eduardo Silveira da Mota Novaes e Edinei Koester, a qual seus ensinamentos ultrapassaram os limites acadêmicos, disponibilizando muitas vezes de seu tempo pessoal, para corroborar com minha pesquisa.

A professora Angélica Cirolini, a qual proferiu sugestões referentes aos documentos cartográficos elaborados. Além disso, foi colega nos trabalhos de campo, auxiliando nas árduas coletas de biomassa e água.

Ao professores da Universidade de Moscou pela disponibilização do referencial para o entendimento da Geoquímica da Paisagem e principalmente pelas sugestões no método de mapeamento.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia com os quais tive a oportunidade de conviver e compartilhar do seu conhecimento, em especial a Dejanira Luderitz Saldanha, Laurindo Antonio Guasselli, Nelson Luiz Sambaqui Gruber, Nelson Rego, Nina Simone Vilaverde Moura e Roberto Verdum.

Aos professores dos Cursos de Engenharia Geológica, de Petróleo e CST em Geoprocessamento que contribuíram com sugestões cada um em sua área de pesquisa, em especial a Adelir José Strieder, Ana Karina Scomazzon, Evaldo Rodrigues Soares, Ricardo Giumelli Marquezan e ao técnico de laboratório Ricardo Luiz Nunes Arduin.

Ao professor José Antônio Weykamp da Cruz dos cursos de Ecologia e Biologia da Universidade Católica de Pelotas pelo auxílio na classificação da vegetação.

Aos meus colegas e amigos de pesquisas em Minas do Camaquã, Jeferson Maino e Stefanie Winter e meus companheiros de trabalho de campo, o Engenheiro Éderson Fiss Weber e o Geógrafo André Luis Rodrigues da Silva.

Ao meu bolsista de iniciação científica Tecnólogo em Geoprocessamento Michael Silveira de Mattos, a qual foi responsável pelo processamento das amostras de biomassa.

À Companhia Brasileira do Cobre, em especial ao diretor Sr. Paulo Mônico, que permitiu o acesso às instalações da empresa, ao Sr. Rui Ferreira, que foi um guia dentro desta pesquisa na CBC, propiciando com suas colaborações que esta fosse concluída.

A minha família pela compreensão da ausência, pelo auxílio e incentivos recebidos, e principalmente aos meus pais Irineu e Maria, minhas irmãs Gisele e Irene e a minha sobrinha Helena .

RESUMO

A MINERAÇÃO E A PAISAGEM GEOQUÍMICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO JOÃO DIAS, MINAS DO CAMAQUÃ, CAÇAPAVA DO SUL, RS

Este trabalho propõe o mapeamento, quantificação e análise das Paisagens Geoquímicas resultantes dos processos naturais e de mineração na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio João Dias, Minas do Camaquã, Caçapava do Sul/RS. A metodologia utilizada permeia pelos eixos teóricos e operacionais da Geoquímica da Paisagem. O eixo teórico fundamenta-se na Teoria Geral dos Sistemas, histórico de desenvolvimento da Geoquímica da Paisagem, Paisagens Elementares e Geoquímicas, Barreiras Geoquímicas, matriz de dados geoquímicos, Geoquímica da Paisagem e áreas de mineração e o seu impacto ambiental. O eixo operacional teve por base seis etapas: levantamento das características geológicas, pedológicas, climatológicas e hidrológicas; análise do uso do solo; classificação e quantificação da biomassa; análise das águas superficiais; mapeamento geomorfológico; classificação das Paisagens Geoquímicas. Os resultados demonstraram a influência geológica na formação dos solos, no controle estrutural das drenagens e na morfologia dos terrenos. Com o mapeamento do uso do solo diagnosticaram-se as áreas com atividades agropastoris, de mineração e urbanas. Foram também mapeados e quantificados os estoques e a produção anual da biomassa entre os anos de 2012 e 2013 e a relação com a família vegetal a qual pertencem as Paisagens Geoquímicas resultantes. Avaliou-se a qualidade das águas superficiais utilizando-se a Resolução 357/2005 do Conama, que classifica as águas do território nacional em classes de uso, de acordo com a qualidade requerida. Realizou-se, também o mapeamento geomorfológico em escala 1:50.000, com descrição das vertentes, dos topos e dos limites estruturais de cada forma de relevo. Com base neste rol de informações foi construída a matriz de Paisagens Geoquímicas com a geração de 98 classes. Estas classes foram agrupadas segundo o método base-topo obtendo-se 17 Paisagens Geoquímicas Biogênicas, 3 Paisagens Geoquímicas Antropogênicas e 1 Paisagem Geoquímica Abiogênicas. Em síntese, as Paisagens Geoquímicas Biogênicas apresentam intrínseca relação com o substrato geológico, pedológico e o uso da terra, sendo o alumínio, ferro e a atividade agropastoril três importantes condicionantes para as taxas de produção de biomassa. As Paisagens Geoquímicas Antropogênicas refletem os impactos urbanos e da mineração. Na área urbana foram encontrados indícios do despejo de esgotos domésticos na barragem de captação de água para o abastecimento público. Nas áreas de mineração os impactos concentram-se nos depósitos de rejeito, os quais devido à falta de manutenção permitem a solubilização de metais pesados para o arroio João Dias. As Paisagens Geoquímicas Abiogênicas são representadas por afloramentos de rocha da Formação Guaritas. Diante dos resultados obtidos, a Geoquímica da Paisagem foi considerada uma importante metodologia para a avaliação de ambientes, servindo de instrumento para que os gestores públicos implementem ações de melhoria da qualidade de vida da população, potencializando o uso do solo com práticas conservacionistas e de recuperação de áreas degradadas.

Palavras-chave: Paisagens Geoquímicas; Mineração; Biomassa; Qualidade das Águas; Mapeamento Geomorfológico; Minas do Camaquã.

ABSTRACT

MINING AND THE GEOCHEMISTRY LANDSCAPE IN SUB-BASIN JOÃO DIAS STREAM, CAMAQUÃ MINES, CAÇAPAVA DO SUL, RS

This paper proposes mapping, quantification and analysis of Geochemical Landscapes resulting from natural processes and mining in the sub-basin of the João Dias Stream, Camaquã Mines, Cacapava do Sul / RS. The methodology permeates the theoretical and operational landscape of Geochemistry axes. The theoretical axis is based on General Systems Theory, historical development of Landscape Geochemistry, Elementary Landscapes and Geochemical, Geochemical Barriers, array of geochemical data, Landscape Geochemistry and mining and its environmental impact. The operating shaft was based on six stages: geological survey, pedological, climatological and hydrological characteristics; analysis of land use; classification and quantification of biomass; analysis of surface water; geomorphological mapping; Geochemical classification of landscapes. The results demonstrated the geological influence on soil formation, the structural control of drainage and morphology of the land. With the mapping of land use were diagnosed areas with agropastoral, mining and urban activities. Were also mapped and quantified inventories and annual biomass production between the years 2012 and 2013 and the relationship with the plant family to which Geochemical Landscapes resulting belong. We evaluated the quality of surface waters using CONAMA Resolution No. 357/2005, which classifies the waters of the national territory in category of use, according to the required quality. Was performed also geomorphological mapping in scale 1: 50,000, with description of the strands, the tops and structural limits of each form of relief. Based on this list of information a matrix of Geochemical Landscapes was constructed with the generation of 98 classes. These classes were clustered according to the bottom-up method obtaining 17 Biogenic Geochemical Landscapes, 3 Anthropogenic Geochemical Landscapes and 1 Abiogenic Geochemical Landscape. In summary, the Biogenic Geochemical Landscapes have an intrinsic relationship with the geological, pedological substrate and land use, with the aluminum, iron and agropastoral activity three important conditions for rates of biomass production. The Anthropogenic Geochemical Landscapes reflect the urban and mining impacts. In urban areas were found the evidence of wastewater discharge in the dam water abstraction for public supply. In mining areas the impacts are concentrated in tailings deposits, which due to lack of maintenance allow solubilization of heavy metals to the João Dias stream. The Abiogenic Geochemical Landscapes are represented by outcrops of Guaritas training rock. Based on these results, the Geochemistry of Landscape was considered an important methodology for environments evaluating, serving as a tool for public managers implement actions to improve the quality of life of the population, increasing the use of soil with conservation practices and recovery degraded areas.

Key words: Geochemical Landscapes; Mining; Biomass; Quality of water; Geomorphological mapping; Mines Camaquã.

SUMÁRIO

Lista de Ilustrações	09
INTRODUÇÃO	15
Capítulo I	
REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO	24
1.1 A Teoria Geral dos Sistemas e o Geossistema	24
1.2 Histórico do Desenvolvimento da Geopquímica da Paisagem	29
1.3 Paisagens Elementares	35
1.4 Paisagens Geoquímicas	38
1.5 Barreiras Geoquímicas	45
1.6 O princípio da Matriz de Dados Geoquímicos	47
1.7 Geoquímica da Paisagem e o Estudo de Áreas de Mineração	50
1.8 Impacto Ambiental em Áreas de Mineração	54
Capítulo II	
PROCEDIMENTOS TÉCNICO-METODOLÓGICOS	58
2.1 Material Cartográfico	58
2.2 Quantificação de Biomassa	59
2.2.1 Biomassa Arbórea	60
2.2.2 Biomassa Arbustiva e Herbácea	62
2.2.3 Cálculo da Biomassa Vegetal Total Viva (t/ha)	62
2.2.4 Cálculo da Produção Anual de Biomassa Vegetal (t/ha/ano)	62
2.3 Análises Químicas da Água	63
2.4 Mapeamento Geomorfológico	64
2.5 Mapeamento Geológico	65
2.6 Mapeamento de Barreiras Geoquímicas	66
2.7 Álgebra de Mapas	66
2.8 Mapeamento e Análise de Paisagens Geoquímicas	67
Capítulo III	
CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	69

Capítulo IV

BARREIRAS GEOQUÍMICAS	74
4.1 Barragens de Rejeitos e Estéril	75
4.2 Barragens Convencionais	77
4.3 Cortinas Verdes	80
4.4 Lineamentos Estruturais	83
4.5 Lineamentos Estruturais de Fundo de Vale	85

Capítulo V

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	89
5.1 Temperatura	90
5.2 Precipitação Pluvial	93
5.3 Umidade relativa do ar	95
5.4 Radiação Solar	96
5.5 Insolação	97

Capítulo VI

CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS	99
6.1 Solos da SbHAJD	99
6.2 Origem dos solos	100
6.3 Descrição das classes de solos	107
6.3.1 Afloramento de Rocha	108
6.3.2 Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA)	108
6.3.3 Horizonte A Antrópico	110
6.3.4 Chernossolo Rêndzico	111
6.3.5 Neossolo Flúvico	112
6.3.6 Neossolo Litólico	114
6.3.7 Neossolo Regolítico	116
6.3.8 Planossolo Hidromórfico	117
6.4 Síntese e Mapa de Solos	119

Capítulo VII

CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS	121
7.1 Mapeamento dos tipos de formas de relevo	123
7.2 Mapeamento Geomorfológico da SbHAJD	154

Capítulo VIII

CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS	162
8.1 Padrão de Drenagem	164
8.2 Abastecimento público de água e rede de esgoto	167
8.3 Problemas da dinâmica das águas ligados à ação humana	168
8.4 A problemática da retificação de canais fluviais	168
8.5 A retificação do Arroio João Dias	169

Capítulo IX

CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DA SBHAJD	173
9.1 Avaliação da qualidade das águas da SbHAJD	177
9.2 comparação dos resultados com a legislação vigente	200

Capítulo X

CARACTERÍSTICAS DA FLORA DA SBHAJD	205
10.1 Produção de Biomassa e Carbono	212
10.2 Biomassa Herbácea	213
10.3 Biomassa Arbórea	218
10.4 Paisagens Geoquímicas do Nível Superior	226
10.5 Quantificação da Biomassa Total da SbHAJD	233

Capítulo XI

CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS	237
11.1 Aspectos Socioeconômicos	238
11.1.1 A Estrutura Agrária da SbHAJD	238
11.2 O Uso da Terra	239

Capítulo XII

PAISAGENS GEOQUÍMICAS	245
12.1 Paisagens Geoquímicas Biogênicas	248
12.2 Paisagens Geoquímicas Antropogênicas	262
12.3 Paisagens Geoquímicas Abiogênicas Rochosas	264
CONSIDERAÇÕES FINAIS	265
REFERÊNCIAS	274

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:	Mapa de localização da Sub-bacia Hidrográfica do arroio João Dias	23
Figura 2:	Modelo de Geossistema adaptado de Sotchava (1978)	27
Figura 3:	Modelo de Geossistema para a descrição de paisagens e suas complexidades	28
Figura 4:	Paisagens Elementares – (1) Paisagens Autônomas, (2) Transeluviais, (3) Eluviais de Acumulação, (4) Sobre-Aquáticas e (5) Sub-Aquática	37
Figura 5:	(A) Paisagem Geoquímica de Perelman e Kasimov (1999, p. 19), (B) Adaptação da Paisagem Geoquímica de Perelman (1975) de Mirlean <i>et al.</i> (2006, p. 113). 1 – Biocenose terrestre; 2 – Solo eluvial; 3 – Solo sobre aquático; 4 – Crosta intemperizada; 5 – Aquífero; 6 – Sedimentos de fundo; 7 – Água superficial; 8 – Depósitos continentais; 9 – Rocha mãe; 10 – Ligações diretas; 11 – Ligações de trocas; 12 – Fronteira inferior da paisagem; 13 – Centro da Paisagem Geoquímica	38
Tabela 1:	Táxons de classificação das Paisagens Geoquímicas e seus parâmetros, segundo Perelman (1975) <i>apud</i> Mirlean <i>et al.</i> (2006)	41
Figura 6:	Biomassa (B) e produtividade anual (P) dos principais grupos de paisagens (PERELMAN, 1975 <i>apud</i> MIRLEAN <i>et al.</i> , 2006). I – Paisagens florestais (25 tipos); II – Paisagens de savanas, estepes e pradarias (19 grupos); III – Desertos (14 grupos); IV – Tundras (2 grupos); V – Desertos primitivos	42
Figura 7:	Barreiras Geoquímicas propostas por Perelman e Kasimov (1999, p. 47). Tradução do autor	46
Figura 8:	Organograma Bi-Dimensional da Matriz de Paisagens Geoquímicas de acordo com Perelman e Kasimov (1999)	48
Figura 9:	(A) Mapa de Paisagens Elementares da área de estudo, as direções da superfície de fluxo de matéria e barreiras geoquímicas e classificação das Paisagens Geoquímicas. Locais de minas e depósitos de resíduos rochosos amostrados, locais de fluxo de amostras e localização de núcleos de sedimentos de turfa na lama. Valas de drenagem na lama indicadas por linhas pontilhadas. (B) Seção transversal geoquímica indicando direções de transporte da matéria e o padrão entre paisagens. (C) Modelo conceitual de barreiras geoquímicas na paisagem aqual e a mobilização de elementos geoquímicos	53
Figura 10:	Paisagens Geoquímicas fontes e dispersoras de elementos químicos nos EUA	54
Figura 11:	Organograma de atividades da tese	59
Figura 12:	Malha de amostragem de biomassa	60
Figura 13:	Medição dos indivíduos arbóreos na altura do peito	61
Figura 14:	Pontos de amostragem de água	64
Figura 15:	Diagrama esquemático sobre a taxonomia do relevo	65
Tabela 2:	Classificação das formas de relevo	65
Figura 16:	Método de agrupamento de Paisagens Geoquímicas homogêneas	68
Figura 17:	Mapa geológico simplificado das unidades geotectônicas do ESRG	69
Figura 18:	Mapa geológico regional demonstrando a localização das sub-bacias do Camaquã	71
Figura 19:	Mapa Geológico da SbHAJD	72
Figura 20:	Barreiras Geoquímicas da SbHAJD	75
Figura 21:	(A) Bloco diagrama do corte transversal do modelo de barragem construído pela CBC; (B) Bloco diagrama do corte transversal do modelo de deposição de rejeitos sobre camada impermeável... ..	77

Figura 22:	Modelo esquemático de barragem de terra por maciço	78
Figura 23:	(A) Bloco diagrama demonstrando a soleira vertedora e a escada dissipadora de energia; (B) Soleira e escada dissipadora de energia na Barragem Água Limpa.	78
Figura 24:	(A) Revegetação de depósito de estéril com <i>Pinus elliottii</i> ; (B) Revegetação de depósito de rejeito com <i>Pinus elliottii</i>	81
Figura 25:	(A) <i>Pinus elliottii</i> subdesenvolvido sobre a barragem de rejeitos; (B) Rejeito mobilizado por corrente de ar	82
Figura 26:	(A) Diagrama de roseta com o comprimento absoluto dos lineamentos de crista; (B) Diagrama de roseta da frequência absoluta dos lineamentos de crista; (C) Quantificação dos lineamentos de crista em seus comprimentos e frequências	84
Figura 27:	(A) Diagrama de roseta com o comprimento absoluto dos lineamentos de fundo de vale; (B) Diagrama de roseta da frequência absoluta dos lineamentos de fundo de vale; (C) Quantificação dos lineamentos de fundo de vale em seus comprimentos e frequências	86
Figura 28:	Temperaturas médias mensais a partir dos decênios relativos ao período de 1931 a 2013	90
Figura 29:	Comparação entre as temperaturas máximas dos decênios e as normais dos períodos das amostragens de campo (vertical em verde – biomassa, vertical em laranja – limnológica)	91
Figura 30:	Comparação entre as temperaturas médias dos decênios e as normais dos períodos das amostragens de campo (vertical em verde – biomassa, vertical em laranja – limnológica)	92
Figura 31:	Comparação entre as temperaturas mínimas dos decênios e as normais dos períodos das amostragens de campo (vertical em verde – biomassa, vertical em laranja – limnológica)	93
Figura 32:	Comparação entre a precipitação pluvial dos decênios e as normais dos períodos das amostragens de campo (vertical em verde – biomassa, vertical em laranja – limnológica)	94
Figura 33:	Comparação entre os dias de chuva dos decênios e as normais dos períodos das amostragens de campo (vertical em verde – biomassa, vertical em laranja – limnológica)	94
Figura 34:	Comparação entre as porcentagens de umidade relativa do ar dos decênios e as normais dos períodos das amostragens de campo (vertical em verde – biomassa, vertical em laranja – limnológica)	96
Figura 35:	Comparação entre o índice de radiação solar dos decênios, das normais e das médias do RS, para os períodos das amostragens de campo (vertical em verde–biomassa, vertical em laranja–limnológica) .	97
Figura 36:	Comparação entre as horas de insolação dos decênios e das normais para os períodos das amostragens de campo (vertical em verde – biomassa, vertical em laranja – limnológica)	97
Tabela 3:	Amostras químicas dos solos da SbHAJD	102
Figura 37:	(a) Distribuição dos teores de Alumínio na SbHAJD; (b) Distribuição dos teores de argila na SbHAJD	103
Figura 38:	(a) Teores de Cálcio encontrados na SbHAJD; (b) Teores de Magnésio encontrados na SbHAJD	104
Figura 39:	(a) Teores de Fósforo encontrados na SbHAJD; (b) Teores de Potásio encontrados na SbHAJD	104
Figura 40:	(a) Teores de Cobre encontrados na SbHAJD; (b) Teores de Zinco encontrados na SbHAJD	105
Figura 41:	Afloramento de rocha	108
Figura 42:	Argissolo Vermelho-Amarelo	110
Figura 43:	Vila das Minas do Camaquã	111
Figura 44:	Chernossolo Rêndzico com saturação orgânica no Horizonte A e de Cálcio no Horizonte C	112
Figura 45:	Chernossolo Rêndzico na planície fluvial do arroio João Dias	113
Figura 46:	Neossolo Litólico	115
Figura 47:	Afloramento de rocha associado ao Neossolo Litólico	115
Figura 48:	Neossolo Regolítico	117

Figura 49: Planossolo Hidromórfico	119
Figura 50: Mapa de solos da SbHAJD	120
Figura 51: Hipsometria da SbHAJD	121
Figura 52: Mapa clinográfico da SbHAJD	122
Figura 53: Bloco diagrama com modelado de relevo da SbHAJD, em escala original de 1:50.000	123
Figura 54: Formas de relevo da Área 01	124
Figura 55: Formas de relevo da Área 02	125
Figura 56: Formas de relevo da Área 03	127
Figura 57: Formas de relevo da Área 04.....	128
Figura 58: Formas de relevo da Área 05	129
Figura 59: Formas de relevo da Área 06	130
Figura 60: Formas de relevo da Área 07	131
Figura 61: Formas de relevo da Área 08	132
Figura 62: Formas de relevo da Área 09	134
Figura 63: Formas de relevo da Área 10	136
Figura 64: Formas de relevo da Área 11	137
Figura 65: Formas de relevo da Área 12	138
Figura 66: Formas de relevo da Área 13	140
Figura 67: Formas de relevo da Área 14	141
Figura 68: Formas de relevo da Área 15	142
Figura 69: Formas de relevo da Área 16	144
Figura 70: Formas de relevo da Área 17	146
Figura 71: Formas de relevo da Área 18	148
Figura 72: Formas de relevo da Área 19	149
Figura 73: Formas de relevo da Área 20	150
Figura 74: Formas de relevo da Área 21	152
Figura 75: Formas de relevo da Área 22	153
Figura 76: Formas de relevo da Área 23	154
Figura 77: Mapa Geomorfológico	155
Figura 78: Depósitos tecnogênicos no leito do Arroio João Dias	156
Figura 79: Planície fluvial do Arroio João Dias	156
Figura 80: Colinas Arredondadas de topo convexo	157
Figura 81: Colinas Alongadas de topo convexo	157
Figura 82: Morrotes Arredondados	158
Figura 83: Morrotes Alongados	159
Figura 84: Morros de Vertente Suave Arredondadas com vertentes alongadas	159
Figura 85: Morros de Vertente Suave Alongados	160
Figura 86: Morros Arredondados de topo aplainado	161
Figura 87: Morros Alongados de topo convexo	161
Figura 88: Foz do arroio João Dias no rio Camaquã, localidade conhecida como prainha do Otávio	164

Figura 89: (a) Padrão de drenagem dendrítico, (b) retangular, (c) paralelo e (d) treliça	165
Figura 90: Distribuição dos padrões de drenagem na SbHAJD	166
Figura 91: Antiga calha do arroio João Dias (azul claro) e o canal dragado e retificado (azul escuro)	170
Figura 92: Depósitos de sedimentos na foz do arroio João Dias (laranja)	171
Figura 93: Antigo meandro do arroio João Dias (laranja) e retificação do arroio João Dias para a construção da barragem de rejeitos (azul)	171
Figura 94: Barragem de rejeito (vermelho), taipa que sofreu rompimento (amarelo) e material ejetado no Arroio João Dias (laranja)	172
Tabela 4: Resultados dos parâmetros químicos, bacteriológicos e de metais nas águas da SbHAJD ..	178
Figura 95: (a) Distribuição espacial do pH na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de pH nos pontos de coleta ..	179
Figura 96: (a) Correlação do OD com a topografia; (b) Correlação do OD com o Ion Ferro; (c) Gráfico com os níveis de OD nos pontos de coleta	181
Figura 97: (a) Distribuição da DQO na SbHAJD; (b) Gráfico com os níveis de DQO nos pontos de coleta ...	182
Figura 98: (a) Distribuição do SDT na SbHAJD; (b) Gráfico com os níveis de SDT nos pontos de coleta	184
Figura 99: (a) Distribuição da Condutividade na SbHAJD; (b) Correlação da Condutividade com os SDT; (c) Correlação da Condutividade com a DQO; (d) Gráfico com os valores de Condutividade nos pontos de coleta	185
Figura 100: (a) Distribuição da Turbidez na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de Turbidez nos pontos de coleta	187
Figura 101: (a) Distribuição da concentração de Nitrato na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de Nitrato nos pontos de coleta	189
Figura 102: (a) Distribuição da concentração de Fosfato na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de Fosfato nos pontos de coleta	190
Figura 103: (a) Distribuição da concentração de Cloretos na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de Cloretos nos pontos de coleta	192
Figura 104: (a) Distribuição da concentração de Coliformes Termotolerantes na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de Coliformes Termotolerantes nos pontos de coleta	193
Figura 105: (a) Distribuição da concentração de Chumbo na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de Chumbo nos pontos de coleta	195
Figura 106: (a) Distribuição da concentração de Cobre na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de Cobre nos pontos de coleta	196
Figura 107: (a) Distribuição da concentração de Ferro na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de Ferro nos pontos de coleta	198
Tabela 5: Limites estabelecidos pela Resolução 357/05 do Conama, para os constituintes químicos, bacteriológicos e metais avaliados na SbHAJD	201
Tabela 6: Resultados do enquadramento das amostragens químicas, bacteriológicas e de metais na SbHAJD	202
Figura 108: Enquadramento dos resultados na Res. CONAMA 357/05	203
Tabela 7: Cobertura do solo da SbHAJD	206
Figura 109: Mapa de cobertura do solo	207
Figura 110: Formação Savanícolas	207
Figura 111: Formação Arbórea ao longo de corpos hídricos	208
Figura 112: Gramínea do gênero Andropogon	208

Figura 113: Arbustiva da espécie <i>Dodonaea viscosa</i> entremeada com a Gramínea do gênero <i>Calamagrostis</i>	209
Figura 114: Espécie pioneira que resistiu às queimadas ao lado de exemplares mais jovens	210
Figura 115: Arbórea incipiente sobre barragem de rejeitos	210
Figura 116: Gênero dominante <i>Rhynchospora</i> em topo de morro	211
Tabela 8: Coleta de Biomassa herbácea	214
Figura 117: (a) Estoque de biomassa herbácea fresca no ano de 2012, (b) Estoque de biomassa herbácea fresca no ano de 2013, (c) comparação da produção de biomassa herbácea fresca entre os anos de 2012 e 2013	215
Figura 118: (a) Estoque de biomassa herbácea seca no ano de 2012, (b) Estoque de biomassa herbácea seca no ano de 2013, (c) comparação da produção de biomassa herbácea seca entre os anos de 2012 e 2013	217
Figura 119: Crescimento do estoque de carbono herbáceo entre os anos de 2012 e 2013	218
Tabela 9: Amostragem de biomassa arbórea	219
Figura 120: Densidade arbórea nos pontos amostrados	220
Figura 121: (A) Diâmetro da biomassa arbustiva no ano de 2012, (B) Diâmetro da biomassa arbustiva no ano de 2013, (C) Comparação do diâmetro das espécies arbustivas entre os anos de 2012 e 2013	221
Figura 122: (a) Estoque de biomassa arbórea exótica no ano de 2012; (b) Estoque de biomassa arbórea exótica no ano de 2013; (c) Comparação entre o estoque de biomassa arbórea exótica entre 2012 e 2013 (permanecem os valores de biomassa nativa para efeito comparativo)	223
Figura 123: (a) Estoque de biomassa arbórea nativa no ano de 2012;(b) Estoque de biomassa arbórea nativa no ano de 2013; (c) Comparação entre o estoque de biomassa arbórea nativa entre 2012 e 2013	224
Figura 124: (a) Produção de carbono arbóreo nativo entre os anos de 2012 e 2013; (b) Produção de carbono arbóreo nativo entre os anos de 2012 e 2013; (c) Gráfico da produção do carbono arbóreo nativo entre 2012 e 2013	225
Tabela 10: Resultados das amostragens de biomassa herbácea, arbórea e produção anual para os anos de 2012 e 2013	227
Figura 125: Razão entre estoque e produtividade da biomassa total da SbHAJD	228
Tabela 11: Taxonomia das Paisagens Geoquímicas do Nível Superior da SbHAJD	228
Figura 126: Paisagens Geoquímicas com os táxons: Grupos, Tipos e Famílias	233
Tabela 12: Peso da cobertura do solo perante o estoque de biomassa	234
Tabela 13: Estoque total da biomassa vegetal na SbHAJD	235
Figura 127: Distribuição espacial do estoque de biomassa na SbHAJD	236
Tabela 14: População residente na SbHAJD entre os anos citados	237
Tabela 15: Estrutura fundiária da SbHAJD	239
Tabela 16: Estabelecimentos por grupo de atividade econômica para a SbHAJD	240
Figura 128: Lavoura de milho verde já colhido servindo de silagem de inverno para alimentação de bovinos, na localidade de Pedra do Bagual	240
Tabela 17: Distribuição do número de proprietários em relação à posse da terra, na SbHAJD - 2006	240
Figura 129: Vista do Rincão da Cavalhada com as pastagens naturais em relevo de colina	241
Tabela 18: Utilização das terras na SbHAJD (1970/1980/1985)	241
Tabela 19: Produção agrícola da SbHAJD (culturas permanentes)	242
Tabela 20: Produção agrícola da SbHAJD (culturas anuais)	243
Tabela 21: Efetivos dos rebanhos da SbHAJD (unidades)	244

Figura 130: Matriz de Paisagens Geoquímicas da SbHAJD	245
Figura 131: Matriz de Paisagens Geoquímicas geradas em ambiente LEGAL	247
Figura 132: Paisagens Geoquímicas da SbHAJD	248
Figura 133: Colinas com pastagem e gado de corte	251
Figura 134: a) Afloramento da Formação Guaritas Membro Rodeio Velho; b) Intrusão do Membro Rodeio Velho na Fácies Pedra Pintada da Formação Guaritas	252
Figura 135: a) Membro Rodeio Velho aflorante na ruptura topográfica; b) Basaltos Vesiculares com amígdalas sem preenchimento	254
Figura 136: a) Guarita isolada preservada; b) Três cerros em sequência de morrotes isolados	259
Figura 137: Criação de bovinos em morros	261

INTRODUÇÃO

A interação da sociedade com a natureza é um dos problemas mais presentes no nosso tempo e estudados pelos diversos ramos da ciência. A geografia, em particular, se utiliza do estudo da paisagem como entendimento do sistema natureza-sociedade, criando um interesse específico para os geógrafos físicos: a compreensão das incontáveis relações entre a união destes elementos.

Com o passar dos séculos, o homem buscou novos ambientes e a escala de atividades humanas aumentou a pressão antrópica sobre a natureza. Em muitos casos, essa interação acarretou o desequilíbrio nas trocas de matéria e energia e, conseqüentemente, um ambiente desfavorável à natureza humana. Neste sentido, o estudo geográfico na natureza-sociedade, e em especial do entendimento da aplicação das técnicas sobre os sistemas naturais, torna-se imprescindível (FORTESCUE, 1980).

Um pré-requisito para compreender determinado problema é uma abordagem abrangente, principalmente para o estudo do ambiente, com o entendimento do funcionamento dos complexos sistemas naturais e antropogênicos. A partir da busca das respostas para solucionar tais interações, torna-se importante um ramo da ciência subsidiário da paisagem, a Paisagem Geoquímica. Os fundamentos teóricos da Paisagem Geoquímica foram propostos, segundo Perelman e Kasimov (1999), nas obras de Polynov (1944, 1956), Perelman (1955, 1975), Dobrovolsky (1962), Fortescue (1980), Alekseenko (1989).

A Paisagem Geoquímica pode ser definida como “[...] ambientes com uma determinada configuração geoquímica, através da interação e migração de diferentes elementos na superfície do planeta Terra.” (PERELMAN e KASIMOV, 1975, p. 16).

Desde meados do século XX, quando Polynov publicou os primeiros preceitos da Geoquímica da Paisagem, cada vez mais atenção tem sido disposta aos estudos geoquímicos, principalmente na identificação quantitativa e qualitativa dos compostos químicos, físicos e biológicos, membros da paisagem. A partir desses pressupostos, são revelados os possíveis cenários de migração e diferenciação de

elementos químicos no tempo e espaço, possibilitando determinar a origem da poluição, uma avaliação do estado ambiental da paisagem e as formas de gestão ambiental de áreas em estudo (PERELMAN e KASIMOV, 1999). Com a colaboração dos indicadores geoquímicos o modelo conceitual de Geossistema pode ser mais bem quantificado e talvez compreendido, analisando-se assim, parâmetros de entrada e saída de matéria (FORTESCUE, 1980).

Os estudos dos fluxos de matéria são realizados em diferentes níveis hierárquicos: global, regional e local. Portanto, cabe avaliar o grau de perturbação ecológica ou bem-estar do território em cada escala e quais informações estão disponíveis para o delineamento dos objetivos e estes serem alcançados. Assim, em alguns países da Europa (Alemanha, Ucrânia e Romênia) a metodologia da Geoquímica da Paisagem foi utilizada como ferramenta de entendimento de vastos ambientes, em função das dificuldades de produção de informações de detalhe e necessidade de conhecimento do território como um todo. Em outros países (Suécia, Noruega e Dinamarca) a metodologia foi utilizada para o conhecimento de ambientes restritos, visto a dificuldade da coleta de dados em alguns locais, principalmente em altas latitudes (PARN, 2010).

Para a compreensão dos mais diversos tipos de ambientes, a Geoquímica da Paisagem os classifica de acordo com o agente transformador, podendo existir Paisagens Geoquímicas Abiogênicas, Biogênicas e Antropogênicas. As Paisagens Geoquímicas Abiogênicas são os locais em condição natural inorgânica. As Paisagens Geoquímicas Biogênicas são os sistemas onde há uma interação entre a crosta, solo, águas superficiais e subterrâneas, atmosfera, flora e fauna. Por fim, as Paisagens Geoquímicas Antropogênicas são os lugares onde a atividade humana é o principal agente transformador do ambiente (PERELMAN e KASIMOV, 1999).

A análise da literatura sobre a Geoquímica da Paisagem mostra que a maioria das publicações dedica-se aos estudos da Geoquímica da Paisagem em todos os níveis taxonômicos. Estes níveis são separados em Superior, Médio e Inferior. No superior concentram-se as análises botânicas e de produção de biomassa. No nível médio, são realizadas as análises geoquímicas das águas percolantes no horizonte húmico. Por fim, no nível inferior são realizados os mapeamentos geológico e geomorfológico.

Em locais, onde há uma intensa migração de elementos químicos, como nas Paisagens Geoquímicas Biogênicas e, principalmente, Antropogênicas, são

privilegiados alguns táxons. Em áreas russas impactadas pela mineração, por exemplo, os trabalhos em sua maioria são de escala local, enquanto que na Sibéria e no Cazaquistão os trabalhos contemplam todos os táxons proporcionalmente (PERELMAN e KASIMOV, 1999).

Os ambientes antropogênicos são analisados como únicos, pois cada entidade impactante pré-determina um modelo de alteração do sistema (ALEKSEENKO, 1989). Zonas com jazidas de minério são uma categoria única, tanto que Perelman e Kasimov (1999) dedicam um capítulo do Manual da Geoquímica da Paisagem para o seu entendimento. Para estes autores a problemática é desenvolvida em duas vertentes. A primeira se concentra nas alterações da paisagem visível dos pontos de retirada e deposição dos diversos tipos de materiais: minério, estéril e rejeito. A segunda é dedicada a compreender o rompimento dos fluxos naturais de elementos químicos, pré-dispostos a uma nova configuração, perante o processo de extração mineral.

Para Szucs (2006) em qualquer área onde ocorra um agente (indústria, expansão urbana, mineração, entre outros) de alteração do sistema, existirão mudanças nos fluxos de matéria. Assim, em ambientes de mineração, como as alterações são inferidas em vários fatores (solo, água, vegetação e relevo) compreendidos no sistema, as dinâmicas podem ser totalmente alteradas. Exemplo desta consideração é o fluxo de água subterrânea em cavas de minério que atinge um aquífero, este pode ter sua curva de pressão reduzida, em função da zona de alívio, pode ser alterado quimicamente e até mesmo romper a migração da água.

Outro exemplo é explorado por Fortescue (1980) ao analisar as Paisagens Geoquímicas de estepes com pecuária extensiva e agricultura intensiva. Para este autor, apenas a atividade da pecuária já é altamente modificadora do sistema. Assim, se o rebanho alimenta-se das gramíneas, deixando dejetos, pelo menos duas considerações podem ser feitas: a primeira, determinada planta terá seu vigor subtraído deixando que outra usufrua dos nutrientes do ambiente; a segunda, os dejetos tendem a alterar quimicamente os diversos componentes: solo, água, ar, entre outros. Sendo assim, compreende-se que uma paisagem pode ser “complicada” não apenas por uma fonte artificial de poluição, mas por várias atividades relacionadas e o estudo químico desses diversos ambientes pode ser caracterizado como o estudo das Paisagens Geoquímicas. Perelman e Mirlean (1984) e Perelman e Kasimov (1999) entendem que as Paisagens Geoquímicas

Antropogênicas são vistas como de análise complexa e preponderante, pois a questão ambiental vem recebendo cada vez mais importância, principalmente após a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento-ECO 92.

As Paisagens Geoquímicas Antropogênicas podem causar impacto até mesmo em Paisagens Geoquímicas Abiogênicas ou Biogênicas. Exemplo deste fato são os eventos neotectônicos¹ ocorridos no Canadá e nos Estados Unidos. No primeiro caso, o evento tectônico alterou o fluxo de água originado do derretimento do gelo de parte do Ártico, passando por minas de kimberlitos² e congelando novamente, agora rico em CO₂. O segundo exemplo são as águas do rio Colorado, cortando o Deserto do Colorado, onde se encontram várias minas de Ouro abandonadas, e as drenagens ácidas contaminam seu curso, com Paisagens Geoquímicas Abiogênicas a montante e jusante, alterando sua composição química apenas por influência de pontos específicos (PARN, 2010).

Entende-se que a mineração é um processo cíclico, ou seja, as atividades de extração são iniciadas, reiniciadas e interrompidas várias vezes de acordo com o melhoramento e desenvolvimento de novas técnicas de extração e beneficiamento, o monitoramento ambiental tem papel fundamental, devendo ser ininterrupto (FIGUEIREDO, 2000). Assim, através da ferramenta da Geoquímica da Paisagem podem-se reconstruir as paisagens, avaliar as existentes e sugerir as futuras, uma vez que os eventos se repetem no espaço-tempo. Ainda, o que é analisado e interpretado em um determinado local pode servir de ferramenta para direcionar as ações em outro, como é o caso dos padrões da Matriz de Dados Geoquímicos criados pelo serviço geológico russo e americano (SZUCS, 2006). Nesta matriz são estipulados, por exemplo, entes biológicos que são indicadores de uma geologia ou contaminante em particular. Também são sinalizados os locais mais propícios para o desenvolvimento de determinada cultura agrícola, entre outras. Todas essas considerações são abstraídas através do cruzamento das informações da biomassa, limnológicas, geomorfológicas e geológicas.

¹ **Neotectônica** foi um termo introduzido por Obruchev (1948), definindo movimentos da crosta que se instalaram durante o Terciário Superior e o Quaternário, com influência na formação da topografia contemporânea.

² **Kimberlito** é um tipo de rocha rica em elementos voláteis, principalmente CO₂. Podem apresentar Xenocristais e Xenólitos como os diamantes.

A metodologia da Geoquímica da Paisagem, apesar de ter sido pensada como ferramenta de prospecção de certos elementos na crosta (Ouro, Cobre, Prata, Zinco e Urânio), apresenta as mais diversas utilidades para o entendimento do planeta Terra (PERELMAN, 1975). Com o advento da questão ambiental, os métodos e objetivos começaram a voltar-se para a compreensão das degradações causadas sobre a natureza. Como um dos ambientes mais impactados é o resultante da atividade de mineração, e como esta atividade é preponderante em vários países, a sua importância ganhou destaque.

Em países como a Rússia, os principais trabalhos são em áreas de mineração de minerais metálicos e terras raras, como o Urânio e em áreas de óleo e gás. Nos Estados Unidos as pesquisas tangem o mapeamento geológico básico e a prospecção de alguns elementos químicos, principalmente os utilizáveis na agricultura, como o Potássio. No Canadá os trabalhos concentram-se na evolução de paisagens alteradas pela mineração de diamante e na Alemanha a recuperação de paisagens de minas de carvão, com o intuito de recuperá-las para seu reuso no turismo (PARN, 2010).

No Rio Grande do Sul, a localidade de Minas do Camaquã foi construída em todos os aspectos (residências, comércio, barragens, escola, entre outros) pelos empreendimentos mineiros. As atividades mineradoras iniciaram em 1885, por ingleses, onde a exploração dos bens minerais era apenas subterrânea, buscando a extração do mineral de Cobre e Ouro em filões. Seguidamente, outros empreendimentos foram instalados por belgas e por instituições estatais, como o governo do estado do Rio Grande do Sul. Entre 1980 e 1996, último período de atividades, com minas subterrâneas e a céu aberto, as operações foram geridas, primeiramente, pelo governo federal e, posteriormente, pelos próprios funcionários. Cada período deixou como herança problemas e degradações na paisagem, e que na medida em que a legislação ambiental tornou-se mais rigorosa (final da década de 1990), os impactos tenderam a ser menores.

Concomitante com a atividade de mineração, a agricultura de subsistência e a criação de gado também alterou e altera geoquimicamente a paisagem. Portanto, cada atividade corrobora com diferentes níveis de impacto. Desta forma, cabe a análise da capacidade de uso e ocupação do solo, onde a Geoquímica da Paisagem pode fornecer o grau de alteração do ambiente.

Como a localidade de Minas do Camaquã está inserida na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio João Dias (SbHAJD), tendo sido palco de inúmeras discussões levantadas por órgãos governamentais (Fepam e Prefeitura Municipal de Caçapava do Sul) e não governamentais (associação de moradores e empresa mineradora) em função da suposta reativação da mineração por uma empresa multinacional. Assim, se faz necessária uma análise quantitativa e qualitativa da área (classificação da flora e quantificação da biomassa, constituintes químicos e bacteriológicos da água superficial, morfologia do terreno e o substrato litológico). Essas análises possibilitam o entendimento da dinâmica do sistema, onde ocorreram inúmeras alterações na paisagem e outras poderão ocorrer.

A área da SbHAJD tem abundantes espécies endêmicas, apresenta alterações nos parâmetros químicos das águas, além de possuir um relevo e geologia particular, ou seja, apresenta um cenário ideal para que a metodologia da Geoquímica da Paisagem seja aplicada. Além disso, na própria Geoquímica da Paisagem esses elementos (vegetação, água, solo, relevo, geologia, clima) contemplam sua taxonomia, cobrindo assim, todos os parâmetros preponderantes.

Assim, a SbHAJD pode ser classificada em vários setores com Paisagens Geoquímicas Biogênicas, segundo os pressupostos de Perelman e Kasimov (1999). Mas a situação ecológica da área é “complicada” pelas fontes artificiais de poluição, associada não apenas ao processo principal, ou seja, a mineração de minerais metálicos, mas também a atividades relacionadas, como a agricultura e pecuária. Seu impacto sobre o ambiente tem causado o surgimento de paisagens com anomalias antropogênicas, com alterações dos constituintes geoquímicos naturais. Esse cenário leva a pressupor o que Perelman (1975) denomina de paisagens de contraste com anomalias emergentes, ou seja, paisagens que apresentam desequilíbrio geoquímico de fontes, se enquadrando em Paisagens Geoquímicas Antropogênicas.

Assim, a área de mineração de minerais metálicos na região de Caçapava do Sul, as Minas do Camaquã, é um ambiente favorável a ser estudado sob o ponto de vista da Geoquímica da Paisagem, uma vez que apresenta diversas formas de interação homem-natureza, que vem ao longo do tempo sendo modificadas. Complementando a relevância desta pesquisa, Mirlean *et al.* (2006, p.107) salientam que são restritas as áreas tropicais e subtropicais as quais receberam estudos de Geoquímica da Paisagem, [...] “será então relevante o desenvolvimento de estudos

geoquímicos de paisagens nessas áreas, que paralelamente terão grande valor teórico e aplicativo para a geografia contemporânea”.

Como dito, a metodologia da Geoquímica da Paisagem já é consagrada no mapeamento de ambientes em várias partes do globo. Sendo assim, a presente tese contribui com métodos e dados inéditos de quantificações de biomassa na escala de 1:50.000 através de amostragens de campo, onde que nos outros trabalhos conhecidos os resultados são estimados em índices de vegetação sob imagens remotas, além de relacionar o estoque e a produção vegetal com as litologias da área de estudo. O relacionamento das litologias com a biomassa gerou novas teorias e comparações da biomassa com os constituintes químicos, principalmente os micro e macronutrientes Ferro e Alumínio. Concomitante, foi estabelecido o *background* desses elementos químicos e quais os tipos de vegetação se adaptam a teores extremos.

Também de caráter inovador, foi à criação de vários algoritmos computacionais, que automatizaram a criação dos mapas geomorfológico, produção de biomassa e, por conseguinte, das Paisagens Geoquímicas. Nos outros trabalhos desenvolvidos pela metodologia da Geoquímica da Paisagem, a classificação é realizada por métodos empíricos, dependendo da experiência e do conhecimento da área de estudo pelo mapeador. Já com o desenvolvimento dos algoritmos a rotina foi automatizada e a precisão levada à escala de dimensão do pixel, onde os resultados demonstraram a acurácia dos dados desenvolvidos nesta tese.

A tese também corrobora com resultados originais para a classificação da vegetação ao nível das famílias, as quais os trabalhos renomados desenvolvidos na Europa não contemplam, apenas citam serem possíveis. Por fim, a Geoquímica da Paisagem contemplada em todos os táxons, ainda não havia sido testada em ambientes subtropicais. Esta tese é inovadora neste tipo de ambiente, onde os fluxos químicos tendem a mobilizações mais rápidas do que em locais de clima frio, as quais apresentam dupla sazonalidade. Portanto, fica demonstrada a importância e carência de mapeamentos de Paisagens Geoquímicas em ambientes subtropicais, aspecto que aumenta a relevância da realização desta pesquisa.

A presente tese foi concebida a partir do seguinte objeto de estudo: as Paisagens Geoquímicas da SbHAJD, Minas do Camaquã, Caçapava do Sul (RS), onde se localiza a área de mineração da Companhia Brasileira do Cobre (CBC).

Tem-se como objetivo geral mapear, quantificar e analisar as Paisagens Geoquímicas resultantes dos processos de mineração de minerais metálicos na SbHAJD, Minas do Camaquã, Caçapava do Sul/RS.

Vislumbrando esse objetivo principal, faz-se necessário enumerar os objetivos específicos, que norteiam a sequência de desenvolvimento da pesquisa:

- resgatar o processo sócio-histórico de desenvolvimento da atividade mineira, dinâmica urbana e rural da localidade de Minas do Camaquã;
- caracterizar a área de estudo, nos seus componentes geológicos, pedológicos, geomorfológicos, climatológicos e hidrológicos;
- identificar as paisagens elementares morfológicas e as barreiras geoquímicas;
- criar mapas georreferenciados para a interpolação de resultados geoquímicos;
- identificar a migração de elementos químicos nas Paisagens Geoquímicas Biogênicas e Antropogênicas;
- elaborar mapas de Paisagens Geoquímicas em escala 1:50.000;
- calcular o estoque de biomassa da SbHAJD.

A SbHAJD está localizada na Microrregião da Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul, sendo uma das Sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã (BHRC). Possui uma área aproximada de 309 km² que abrange terras pertencentes aos municípios de Caçapava do Sul e Santana da Boa Vista (Figura 1). Seu canal principal, o arroio João Dias, estende-se por cerca de 52 km desde suas nascentes localizadas nos altos da Serra do Apertado e Cerro do Martim nas vertentes dos morros do Passo da Varzinha (321m), Passo do Pessegueiro (335m), Apertado (350m) e Quilombo (359m). Sua bacia de contribuição situa-se entre as coordenadas 53°30'41" e 53°16'51" de longitude oeste e 30°44'12" e 30°57'56" de latitude sul, compreendendo uma extensão de aproximadamente 22 km na direção leste a oeste e 24 km na direção norte a sul.

A área drenada pelo arroio João Dias tem como limites físicos ao sul as bacias dos arroios Pessegueiro e do Banhado; ao norte as bacias do arroio Passo da Areia e rio Irapuá da Bacia do Rio Jacuí.

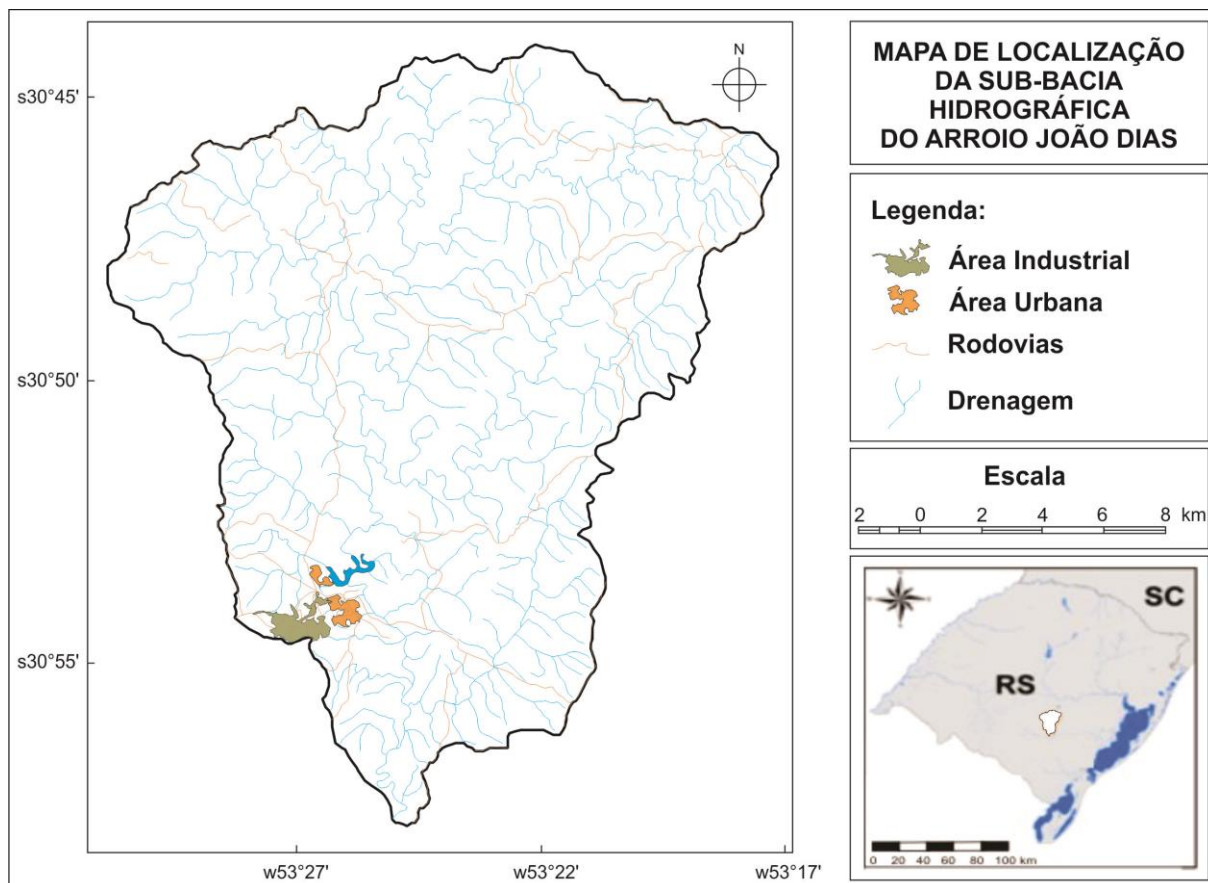


Figura 1: Mapa de localização da Sub-bacia Hidrográfica do arroio João Dias.

A foz do arroio João Dias localiza-se no rio Camaquã, na região conhecida como Passo da Barquinha. Recebe dois importantes afluentes na sua margem esquerda: o primeiro, sem nome, que drena a região da Serra do Apertado, e o segundo, o arroio Marmeleiro, ambos no município de Santana da Boa Vista.

REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

1.1 A Teoria Geral dos Sistemas e o Geossistema

Os primeiros esboços do que posteriormente seria a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) foram discutidos no campo da filosofia. No final do século XIX, alguns filósofos russos debatiam a premissa organizacional de ideias e um caminho metodológico para encadear pensamentos e métodos (ISACHENKO, 2002).

Para os filósofos deste grupo, a filosofia deveria ser a ciência que serviria de exemplo metodológico para os outros ramos da pesquisa. Portanto, eles entendiam que a filosofia necessitaria estabelecer um método que servisse de exemplo para as ciências e que interligasse as informações. Os estudos metodológicos desta nova linhagem teórica devem “[...] abarcar a totalidade do ambiente, mesmo que os fenômenos não estejam diretamente ligados em exibições sistemáticas, mas mais ou menos organizados, orientados e complexos” (LASTOCHKIN, 2010, p. 15).

Com a difusão das ideias filosóficas sobre o desenvolvimento do método científico comum a todas as ciências, que chamaram de “Ciência do Conceito Geral” ou “Ciência Sistêmica”, vários foram os grupos que tentaram desenvolver estes preceitos na Rússia. Alguns filósofos começaram a pensar o método sistêmico como uma linha, onde a ciência evoluía com o passar do tempo. Outros entendiam que este método seria a ferramenta para a síntese das ciências exatas, pois as ciências possuíam um tronco comum. Exemplo típico desta linhagem teórica é a aplicação nos conhecimentos de matemática, física e química, pois todas elas se utilizam do cálculo como ferramenta de trabalho (ANUCHIN, 1960).

Outras duas linhas teóricas voltaram-se para o entendimento de fenômenos físicos, buscando um aparato conceitual, escalar e generalizando os conceitos em áreas afins e os limites entre sistemas. Assim, essas linhagens que partiram da

filosofia evoluíram para a elaboração dos conceitos da física, astrofísica e astronomia (LASTOCHKIN, 2010).

Por fim, uma linhagem, ocupou-se dos sistemas ambientais ou Geossistemas. Preocupada em entender as trocas sistemáticas em qualquer fenômeno natural, introduziu as ideias e conceitos de “trocas de matéria e energia”. Importantes pesquisadores russos dessa linhagem foram biólogos, geógrafos e, principalmente, geólogos, sendo que estes foram os primeiros a citar a paragênese mineral³ (ANUCHIN, 1960).

Um dos teóricos dessa vertente, Mikhail Petrovich, em 1906, propôs esboços metodológicos que denominou de “Sistema de Ciência em Geral”, para algumas disciplinas científicas. O estudo resultou numa generalização metodológica para pesquisas posteriores sobre o que seria a Teoria Geral dos Sistemas (ISACHENKO, 2002).

O primeiro estudo sistêmico foi publicado na Rússia por Bogdanov (1920), onde delineava teorias econômicas. Nele, descrevia-se como uma série de eventos interligados podem ser positivos ou negativos em um sistema econômico frágil. Este trabalho foi considerado pioneiro e, apenas, amplamente divulgado com a queda do comunismo e a abertura para o ocidente (LASTOCHKIN, 2010).

Sysuyev (1986) considera que a Teoria Geral dos Sistemas é a ferramenta de criação de um aparato conceitual e metodológico, com a possibilidade de estabelecer conceitos e métodos quantitativos. Foi utilizada por Lastochkin (2010), para o estabelecimento de Geossistemas no entendimento dos fluxos de matéria e energia.

O biólogo Ludwig Von Bertalanffy entre os anos 1940 e 1950 foi o primeiro a propor conceitos e teorias sistêmicas em ciências aplicadas. Entre os primeiros preceitos de Bertalanffy, tem-se a [...] “organização do conhecimento e a resolução de problemas com muitas variáveis, pois considerava que o mundo é heterogêneo e irreduzível para as esferas da realidade” (LASTOCHKIN, 2010, p. 25). Em 1975, Bertalanffy apresentou a Teoria Geral dos Sistemas de forma sistematizada para a aplicação em estudos nas ciências biológicas. Este autor propôs uma nova concepção de biologia, chamada de “organísmica”, com o objetivo de compreender

³ Paragênese mineral é o conjunto de minerais existentes em rochas ígneas, metamórficas e minérios, e que se formou nas mesmas condições termodinâmicas de pressão, temperatura e pressão de voláteis.

os níveis mais elevados da organização da matéria viva. Para ele a Teoria Geral dos Sistemas, reúne vários ramos da ciência, criando novas áreas do conhecimento e possibilitando uma síntese jamais atingida.

Na concepção de Bertalanffy (1975), uma das principais utilidades da Teoria Geral dos Sistemas seria a formulação de princípios válidos para os “sistemas” em geral, seja qual for a natureza de sua formação e as relações existentes entre eles. O autor reafirma em seu trabalho, que “todo organismo vivo é essencialmente um sistema aberto” (p. 61), sendo mantido por um fluxo de entrada e saída de elementos essenciais a sua manutenção como ser vivo.

Os processos realizados na Teoria Geral dos Sistemas procuram defini-la como:

[...] a que procura derivar da definição geral de sistema como complexo de componentes em interação, conceitos característicos das totalidades organizadas, tais como interação, soma, mecanização, centralização, competição, finalidade, etc. e aplicá-los a fenômenos concretos (BERTALANFFY, 1975, p.128).

Para os estudos dos sistemas terrestres, a partir da Teoria Geral dos Sistemas, Chorley e Kennedy (1971), Demek (1974), Sotchava (1978) entre outros, propuseram o conceito de “Sistemas da Terra”, quando se referem a apenas uma categoria de análise, ou seja, um fator a ser denominado “Geossistema”. Na decomposição da palavra Geossistema, a primeira parte indica a territorialidade ou espacialidade e a segunda remete a eventos em sequência. Sendo assim, a sua tipologia pode ser associada ao seu significado (LASTOCHKIN, 2010).

As primeiras introduções sobre o Geossistema foram feitas por Sotchava (1962), pois segundo Christofolletti (1999, p.42) havia

[...] a preocupação de estabelecer uma tipologia aplicável aos fenômenos geográficos, enfocando aspectos integrados dos elementos naturais numa entidade espacial, em substituição aos aspectos da dinâmica biológica dos ecossistemas.

Para Sotchava (1978, p.6), “[...] embora os Geossistemas sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais, influenciando sua estrutura e peculiaridades espaciais, são tomados em consideração durante o seu estudo”. O autor enfatiza que os Geossistemas “[...] são formações naturais, experimentando, sob certa forma, o impacto dos ambientes social, econômico e tecnogênico” (SOTCHAVA, 1978, p. 9).

O primeiro estudo aplicado, buscando atributos para os Geossistemas foi realizado por Sotchava (1978), analisando ecossistemas. Para Sysuyev (1986), o trabalho de Sotchava é soma de pontos de vistas diferentes, estabelecendo uma tentativa de análise de “Ecossistemas Homogêneos”. Sotchava (1978) atribui além da característica de troca de matéria e energia ao Geossistema, uma relação vertical e horizontal entre os componentes (Figura 2).

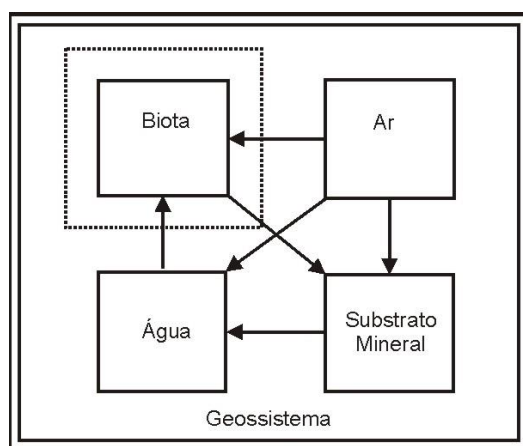


Figura 2: Modelo de Geossistema adaptado de Sotchava (1978).

Para Alekseenko (1989) os Geossistemas apresentam duas características singulares para o uso pela geografia física. A primeira é considerá-los como uma estrutura funcional coerente, com fluxo unidirecional de matéria e energia. Conforme Lastochkin (2010, p. 56), é um [...] “local organizado de certa maneira, com integridade funcional, onde suas fronteiras coincidem com as fronteiras de fluxos, áreas de remoção e transferência de material”. A segunda é compreendê-los como uma tipologia de unidades regionais específicas, em que a morfologia do terreno é o espelho da dinâmica do Geossistema.

Demek (1978) comenta que Sotchava foi o primeiro a utilizar o conceito de Geossistema para descrever paisagens e suas complexidades, contendo todos os seus componentes e subsistemas (Figura 3). Suas considerações constituíram as primeiras reflexões a respeito desta teoria, que no contexto da geografia física, passava a significar uma reformulação da concepção prática. De acordo com Monteiro (2000), no pensamento de Sotchava fica claro o papel dos Geossistemas na melhoria da investigação em geografia física e como o conceito integrador da análise dos sistemas natural e antrópico.



Figura 3: Modelo de Geossistema para a descrição de paisagens e suas complexidades.

Fonte: Adaptado de Carvalho (2011)

Na análise de sistemas naturais, Christofolletti (1999, p. 37) conceituou os Geossistemas como sendo,

[...] sistemas ambientais físicos, pois representam a organização espacial resultante da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza (clima, topografia, geologia, águas, vegetação, animais, solos). É o campo de ação da geografia física. Os sistemas ambientais físicos possuem uma expressão espacial na superfície terrestre, funcionando através da interação areal dos fluxos de matéria e energia entre os seus componentes.

A doutrina metodológica e conceitual criada por Sotchava (1978) deu um novo rumo a Teoria Geral dos Sistemas, pois apresentava sistemas orientados e fluxos em paisagens, onde a base formadora é o terreno (LASTOCHKIN, 2010). Sotchava (1978) propôs a divisão do Geossistema em Fácies que são porções do reconhecimento morfológico do terreno dividido em unidades físicas de diferenciação geográfica de várias escalas. Conceito semelhante propôs Polynov (1956), para a compartimentação do Geossistema em Paisagens Elementares, as quais não apresentam limite escalar e sim morfológico e de gênese de formação.

Sendo assim, o Geossistema é um termo teórico orientado ao entendimento de fenômenos complexos, com diversos fatores atuantes (LASTOCHKIN, 2010). Portanto o Geossistema, baseando-se nos fundamentos da biologia, se divide em "Fácies", a qual é compreendida pela porção do terreno que apresenta interações interatuantes. Características idênticas foram atribuídas por Perelman e Kasimov (1999) a locais geoquimicamente homogêneos e em constante interação e troca de elementos químicos.

Contudo, Lastochkin (2010) enumerou duas características conceituais importantes dos Geossistemas. A primeira é possibilitar quantificar um conjunto de processos em sequência com inter-relações subsequentes. A segunda é considerá-lo como ferramenta de análise histórica, dinâmica e funcional de variedades estruturais terrestres cognitivas. Características que contribuem com a denominação de Sotchava (1978, p. 13): “Geossistema pode ser brevemente definido como espaço terrestre em todas as suas dimensões”.

Entre os trabalhos mais atuais que se utilizam do conceito de Geossistemas encontram-se os de Levine (2005). Este pesquisador estabelece um método sistemático de análise morfodinâmico, através do estudo da dinâmica e do material transportado em determinada condição climática, buscando quantificar o material e a energia no processo. Pesquisa semelhante é a de Lukyanov (1995), que realizou o mapeamento e monitoramento do deslocamento de gelo por forças tectônicas na Sibéria. Outro importante trabalho é o de Sholpo (2005), que buscou compreender a dinâmica das plumas mantélicas e de que maneira elas movem as placas tectônicas e moldam a superfície terrestre. Não menos importante é a abordagem de Szucs (2006), ao determinar a migração e dissolução de elementos químicos em corpos hídricos europeus. Na pesquisa de Szucs (2006) verificou-se a interligação entre o sistema climático e químico, demonstrando a associação entre os fenômenos e sua consequência, como a chuva ácida. Em todas essas pesquisas os autores afirmam que os Geossistemas são atuantes como categoria de análise de um fenômeno espacial.

Pode se observar nos trabalhos citados anteriormente, que estes foram desenvolvidos em áreas com dimensões escalares muito discrepantes, ou seja, variando de alguns hectares à milhares de quilômetros quadrados. Mesmo assim, o conceito de Geossistema se torna válido, por avaliar trocas de matéria e energia nos mais diversos sistemas ambientais.

1.2 Histórico do Desenvolvimento da Geoquímica da Paisagem

A metodologia da Geoquímica da Paisagem está alicerçada nas obras de Dokuchaev, publicadas principalmente entre os anos de 1890 a 1903. A abordagem desses trabalhos tange a sistematização da natureza, buscando conectar as trocas

de matéria e energia entre os fatores físicos e os seres vivos (PERELMAN e KASIMOV, 1999).

Somente após o desenvolvimento das ciências do meio geográfico, como a geologia, botânica, zoologia, hidrologia, pedologia, entre outras, nos fins dos anos de 1890, pôde-se estruturar considerações para o entendimento das relações simbióticas do ambiente (POLYNOV, 1956). A estruturação destas ciências baseia-se nos conceitos de Dokuchaev, como o de zonas naturais, as quais consistem nos fundamentos da Ciência da Paisagem Geoquímica Russa (*Land-tovedenie*). A proposta de Dokuchaev era condensar e sistematizar informações para a compreensão das relações entre os fenômenos da natureza, que evolui, adapta-se e reflete as características de um determinado momento do tempo geológico (PERELMAN e KASIMOV, 1999).

O entendimento da evolução da natureza é característica de algumas ciências como a geologia, pedologia, climatologia e biologia. Pesquisadores como Vysotsky, Berg e Sukaev, foram de suma importância para a estruturação da análise das Paisagens Geoquímicas. Eles complementaram os preceitos de Dokuchaev e Polynov, propondo uma série de quantificações e sistematizações para a análise do ambiente. A partir dessas contribuições criaram-se as bases metodológicas para o mapeamento de Paisagens Geoquímicas em escala local ou até mesmo continental (MIRLEAN *et al.*, 2006).

Com base em diversos trabalhos e observando a evolução dos métodos de análise sistêmica, Perelman e Kasimov (1999) associam a Polynov (1915) a criação do termo Paisagem Elementar, o qual corresponde a um dos conceitos norteadores da Geoquímica da Paisagem. Os trabalhos mais expressivos de Polynov concentraram-se entre os anos de 1920 e 1950, principalmente com os mapeamentos do *permafrost* russo. Para Polynov (1956) o solo é a representação da paisagem ou “espelho da paisagem”, onde se desenvolve incessantemente as relações “da natureza viva e morta com o sistema natural”.

Polynov (1956) salienta que a ciência do solo sempre se preocupou com as características químicas do material de um determinado local, mas esta abordagem apresentava problemas para elucidar as questões evolutivas ou genéticas. Diante disso, a metodologia da Geoquímica da Paisagem surge como ferramenta para explicar a dinâmica pretérita, presente e futura do solo e como este se apresenta em determinados momentos do tempo geológico. Com base nessas ideias, Polynov

começou a aproximar-se das teorias de Dokuchaev, onde a ciência do solo era sustentada na observação da diferenciação de paisagens visíveis (SERIKOV, 1997).

Nos anos de 1930 a pedologia começou a ser amplamente difundida na Rússia, tendo em vista seu vasto território e a necessidade da produção de alimentos em terrenos agricultáveis cada vez mais escassos. Os geógrafos eram os pesquisadores que mais se ocupavam do estudo e mapeamento do solo naquele país (LUKYANCHENKO, 2003). Fundamentando-se na diferenciação de paisagens com base nos solos e seu mapeamento, Polynov resolveu adicionar mais um fator para o entendimento desta relação simbiótica. Inseriu a química e na década de 1930 começou a desenvolver a teoria das paisagens com base na diferenciação geoquímica (PERELMAN e KASIMOV, 1999).

Posterior aos estudos da geoquímica dos solos, Polynov em 1956, edificou e estabeleceu o conceito de “Paisagem Geoquímica”. Ele constituiu tais preceitos com base nas características geoquímicas de um ambiente com clima subtropical úmido, com florestas mistas e estepes, com solo negro rico em húmus. O mais importante dessa abordagem foi propor a metodologia um novo campo científico, formulando quantificações e indicando, inclusive, métodos a serem testados no futuro (PERELMAN e KASIMOV, 1999).

A Geoquímica da Paisagem como foi proposta por Polynov é uma combinação do entendimento das diferenciações da natureza pela Paisagem e das conjunções de elementos químicos. Contudo, para postular tal metodologia, os trabalhos de Fersman e GoldSchmidt foram importantes para a compreensão das leis de migração físico-químicas dos elementos na crosta (SERIKOV, 1997).

Com o intuito de disseminar a metodologia, Perelman, em 1951, lecionou pela primeira vez o curso de Geoquímica da Paisagem com base nos ensinamentos de Polynov. Na revista “Nature” número 3, em 1954, Perelman publicou o primeiro mapa de Paisagens Geoquímicas da Rússia europeia (SERIKOV, 1997). Em 1955 o mesmo pesquisador publicou sua monografia intitulada “Ensaio sobre Geoquímica da Paisagem”, onde estabeleceu um fluxograma sistemático para direcionar as investigações sobre a diferenciação das paisagens (PERELMAN e KASIMOV, 1999). Com a contundência dos resultados, em 1959 foi fundado o Departamento de Geoquímica da Paisagem e Geografia do Solo na Universidade Estatal de Moscou. As principais pesquisas desenvolvidas pelo departamento naquela época foram o estudo de Paisagens Geoquímicas em locais de mineração de minerais metálicos

nas proximidades de Moscou e Leningrado, ou seja, paisagens que apresentavam desequilíbrio geoquímico (PERELMAN e KASIMOV, 1999).

No início da década de 1960, impulsionado pelos bons resultados encontrados em Moscou, o governo solicitou a expansão das pesquisas de prospecção de minério por toda a Rússia, utilizando as teorias e o método da Geoquímica da Paisagem. Esta demanda levou a expansão dos centros de pesquisa, como o Instituto Politécnico de Novorossiysk, responsável pela elaboração de algumas generalizações na metodologia, com o intuito de aplicá-la em pequenas áreas urbanas (LUKYANCHENKO, 2003).

Considerando-se a aplicabilidade da metodologia em várias escalas, a partir dos anos de 1970, foram desenvolvidos inúmeros estudos pela Academia de Ciências Russas em cidades de vários tamanhos. As pesquisas concentraram-se no mapeamento geológico básico e determinação de jazimentos de minerais raros. Outras instituições russas realizaram trabalhos de mapeamento da distribuição de elementos específicos, principalmente radioativos e em várias partes do Ártico na busca de petróleo (LUKYANCHENKO, 2003).

Com a efetivação e comprovação da metodologia, vários institutos foram criados e alguns já existentes mudaram seus métodos de trabalho. Entre eles o Instituto de Geografia da União das Repúblicas Socialistas Soviéticas-URSS, Instituto de Geoquímica Mineral, Energia e Química de Cristal de Elementos Raros da URSS, Ministério de Geologia da URSS, o Instituto de Pesquisas de Geologia do Ártico e a Academia de Ciências da Armênia (PERELMAN e KASIMOV, 1999).

A disseminação dos ensinamentos teóricos e metodológicos e a estruturação dos laboratórios foram conduzidas pelos pesquisadores do Departamento de Geografia e do Departamento de Geoquímica da Paisagem e Geografia do Solo, da Universidade Estatal de Moscou. Os principais pesquisadores responsáveis eram Glazovskaya, Perelman, Belyakov, Kasimov, Smirnov e Mirlean (PERELMAN e KASIMOV, 1999; LUKYANCHENKO, 2003).

Com a dispersão da Geoquímica da Paisagem por toda União das Repúblicas Socialistas Soviéticas – URSS houve um levantamento sistemático de todo o território. Os principais trabalhos referiam-se ao mapeamento de depósitos minerais. Naquela época, também, surgiram trabalhos utilizando a metodologia para o mapeamento de problemas de saúde. As principais pesquisas foram desenvolvidas por Belyakov e Meschenko (PERELMAN e KASIMOV, 1999).

Em outros países começaram a proliferar as traduções de obras clássicas da Geoquímica da Paisagem, principalmente por pesquisadores dos Estados Unidos, Polônia, Vietnã, Hungria e Romênia. Na Universidade de Ontário, no Canadá, em 1971, foi publicado pelo Professor John Fortescue, o primeiro boletim especial dedicado ao estudo da Geoquímica da Paisagem (SZUCS, 2006).

A partir da década de 1970, com a disseminação da metodologia por vários países, inúmeros pesquisadores realizaram pesquisas em novos campos de aplicação prática. Estas pesquisas começaram a desenvolver a Geoquímica da Paisagem voltada para a análise de problemas ambientais. Segundo Forman e Godron (1986), os princípios teóricos e metodológicos utilizados para a busca de minérios criaram a base para a implementação desta metodologia com outros objetivos nas diversas ciências do ambiente.

Contudo, a Geoquímica da Paisagem apresenta-se dividida em cinco áreas-chave de desenvolvimento:

a) Geoquímica da Paisagem Teórica: Preocupada com a construção de referencial teórico e metodológico, com melhorias conceituais e de classificação da Paisagem Geoquímica. Os trabalhos importantes nesta linha são os de Glazovskaya entre os anos de 1990 e 2005, principalmente Glazovskaya (2002), com as áreas biogenéticas, as de resposta semelhante a impactos antropogenéticos e as paisagens em cascata. Também os trabalhos de Perelman, conceituando as barreiras geoquímicas e da geoquímica sistemática, Dobrovolsky com a dispersão global de oligoelementos e Kasimov com a elucidação da migração lateral de elementos químicos.

b) Geoquímica de Paisagens Naturais: Dedicada à busca e ao entendimento da concentração de alguns elementos químicos e os seus usos como recursos econômicos. Estudo e quantificação das paisagens naturais sem impactos antropogenéticos, principalmente em áreas protegidas, chamadas por Perelman e Kasimov (1999) de reservas de entendimento da biosfera. Desenvolvem-se índices de base ou de referência para extrapolação em áreas intensamente alteradas pelo homem. Elaboração dos primeiros estudos em áreas de interface das terras emersas e os oceanos.

c) Geoquímica de PaleoPaisagens. Preocupada em entender as antigas paisagens e sua evolução. Utiliza ferramentas de reconstrução de paisagens com base no passado geológico. A metodologia baseia-se no mapeamento de

paleoterrenos, com reconstruções paleogeográficas a partir de litologias que podem demonstrar o deslocamento e a concentração de minerais. Destacam-se os trabalhos de Dobrovolsky, Kasimov e Taysaev.

d) Geoquímica da Paisagem de prospecção de recursos minerais. Pesquisas desenvolvidas na compreensão da dispersão de elementos químicos, com o fim de estabelecer zoneamentos geoquímicos. Formulação de teorias de dispersão de depósitos minerais em determinados períodos de tempo e regiões geológicas. Importantes contribuições no entendimento das barreiras geoquímicas e a busca de anomalias geoquímicas minerais. Pela importância econômica, foram desenvolvidos inúmeros trabalhos dessa vertente de pesquisa, inclusive em países não tradicionais nos estudos de Geoquímica da Paisagem (Albânia, Áustria, Bélgica e Estados Unidos), principalmente por empresas especializadas na prospecção mineral. Os primeiros e mais importantes trabalhos são de Perelman, Dobrovolsky, Kasimov, Makunina e Morozov.

e) Geoquímica da Paisagem do homem-meio. Consiste no desenvolvimento de teorias para o entendimento das relações e das ações do homem sobre o meio. Busca-se obter novos dados sobre o comportamento de migração de elementos químicos de diversas fontes antropogênicas. As principais pesquisas são as de Perelman, Kasimov e Mirlean, onde se analisam os diversos tipos de fontes de contaminação, especialmente petróleo e carvão. Também são desenvolvidos estudos de avaliação do estado ecológico de cidades, zoneamentos de contaminação por exposição à radiação, pela agricultura e levantamentos por sistemas de informação geográfica (PERELMAN e KASIMOV, 1999).

Alguns trabalhos desenvolvidos fora da URSS, não seguiram fielmente os preceitos propostos e as cinco linhas de pesquisa tradicionais da Geoquímica da Paisagem. Na Mongólia e na Bulgária as pesquisas concentraram-se no mapeamento de alguns elementos químicos e na compreensão do decaimento radioativo na natureza. Em geral, os projetos foram delineados buscando se apoiar em um fator natural preponderante em uma determinada paisagem. Em áreas agricultáveis, a geologia e a pedologia receberam uma maior importância. Em locais de vegetação densa e alta produção de biomassa, os aspectos biogeográficos receberam maior atenção. Ainda, em locais onde o homem é um agente intensivo de transformação, a geomorfologia, hidrologia, geocartografia e a química são fatores preponderantes na análise da paisagem e são priorizados (SZUCS, 2006).

A partir dos anos de 1980, haja vista a diversidade de informações necessárias para o entendimento da Paisagem Geoquímica, os dados socioeconômicos começaram a ser inseridos e ponderados nas pesquisas. Com a inclusão desses dados, iniciaram-se os trabalhos de zoneamento geoquímico potencial, ou seja, aqueles que consideram as alterações químicas causadas pelo homem (KRUSTALEV *et al.*, 2000).

Percebe-se pelo exposto que a Geoquímica da Paisagem, apesar de ter evoluído desde o seu nascimento com os princípios de Dokuchaev, manteve a sua essência. Os diversos estudos sempre se preocuparam com a compreensão das trocas de matéria e energia, e de que maneira o ambiente adapta-se às alterações e alcança o equilíbrio dinâmico (LUKYANCHENKO, 2003). Cabe salientar que as ciências experimentais, como a geologia, pedologia, biologia e química, cada vez mais vêm sendo utilizadas e entendidas como ferramentas de validação dos pressupostos teóricos. Dessa maneira, as quantificações realizadas nos ambientes, servem para validar as discussões e conceitos teóricos (PERELMAN e KASIMOV, 1999).

1.3 Paisagens Elementares

O primeiro conceito do que viria a ser a Geoquímica da Paisagem foi proposto por Polynov em 1956, com base nos estudos de Dokoutchaev de 1899 e 1948. Segundo Lastochkin (2010), Polynov em 1915 já havia descrito as primeiras ideias desta metodologia através do conceito de Paisagem Elementar. Termos semelhantes foram utilizados para a descrição da Paisagem Elementar de Polynov (1915), como o de “Fácies” por Berg (1945), “biogeocenose” por Sukashev (1975), conforme discutido em Mirlean *et al.* (2006).

Para Mirlean *et al.* (2006, p. 110), a Paisagem Elementar “[...] é uma área da superfície da Terra representada por um determinado tipo de relevo, composta por um tipo de rocha ou sedimento e coberta em cada momento de sua existência por uma comunidade vegetal”. Com tais características, as Paisagens Elementares não possuem dimensão mínima ou máxima definida, visto que as variações dos elementos podem ser em alguns m² ou em milhares de km². Exemplos deste tipo de paisagem em diferentes escalas são a de um ninho de um pássaro e a de um

pântano. Ambas são “[...] paisagens elementares distintas, pois possuem fluxos particulares de elementos, determinados pela própria natureza” (PERELMAN e KASIMOV, 1999, p. 17).

De acordo com Polynov (1956), para o entendimento e a limitação de cada paisagem elementar é necessário compreender as combinações de certos elementos no limite de cada camada da paisagem. Sendo assim, dependendo dos objetivos, a área de detecção deve ser identificada pelo elemento líder na configuração presente naquele momento.

Tendo em vista a distinção das paisagens elementares, ela deve ser analisada a partir do seu limite superior para o limite inferior. Para Perelman e Kasimov (1999, p. 18),

“O limite superior situa-se na troposfera, determinada pela zona de distribuição da poeira de origem terrestre (desde o terreno adjacente), habitat dos organismos. O limite inferior, em alguns casos é o nível de água (inclusive)”.

Observando tais conceituações, em algumas Paisagens Elementares a sua interpretação não pode ser feita apenas através de uma análise vertical. A influência lateral ou radial também deve ser considerada, pois nem todos os níveis estão disponíveis em cada paisagem elementar. Exemplo da análise lateral é o de formação de uma paisagem por processo de regressão-transgressão marinha. Nesta gênese de formação existe uma sobreposição de camadas, depositadas em sentidos direcionais confrontantes, sendo que nos limites aflorantes de duas camadas pode ocorrer uma influência radial entre estas. Portanto, a acentuada diferenciação de substâncias e condições físico-químicas na vertical e influência radial e lateral é característica da Paisagem Elementar (FORTESCUE, 1980).

Para Perelman e Kasimov (1999), ao se caracterizar a Paisagem Elementar verticalmente, quanto maior o número de informações da paisagem, mais complexa será a sua descrição, pois existirão mais horizontes do solo para serem descritos, por exemplo. Ainda, em geral, as camadas a serem analisadas apresentam uma brusca separação de estado físico-químico, pois apresentam peculiaridades estruturais.

Na separação das camadas de análise, o solo apresenta importância preponderante, segundo Mirlean *et al.* (2006, p. 111),

“O horizonte húmico do solo pode ser considerado como sendo o “núcleo” ou “centro” da paisagem elementar, pois é nele que ocorrem os fluxos verticais dos elementos químicos e que fornecem informações tanto das componentes mineralógicas quanto das componentes biológicas. A composição química do horizonte húmico é o resultado final de processos biogênicos e abiogênicos influenciados diretamente pelas condições climáticas locais.”

Na formação das Paisagens Elementares o relevo apresenta significativa importância, pois através do gradiente de declividade é que acontecem os deslocamentos de matéria. Sendo assim, as Paisagens Elementares podem ser divididas em dois grupos principais: autônomas e subordinadas (MIRLEAN *et al.*, 2006). Com o desenvolvimento da base teórica da Geoquímica da Paisagem o número de Paisagens Elementares aumentou. Fortescue (1980) propõe 5, sendo elas: Paisagens Autônomas, Transeluviais, Eluviais de Acumulação, Sobre-Aquáticas e Sub-Aquáticas (Figura 4).

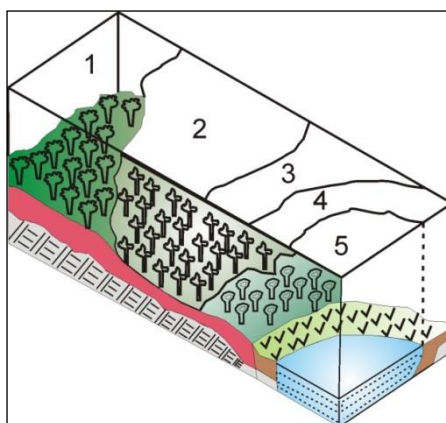


Figura 4: Paisagens Elementares – (1) Paisagens Autônomas, (2) Transeluviais, (3) Eluviais de Acumulação, (4) Sobre-Aquáticas e (5) Sub-Aquática.

Fonte: Adaptado de Fortescue (1980)

- Paisagens Autônomas ou Eluviais são representadas pelos locais que recebem matéria, principalmente, através de precipitações atmosféricas e uma pequena contribuição da atividade biológica. Nelas o perfil do solo é representado pela sequência de horizontes A/B/C/R em áreas de topo.
- Paisagens Transeluviais são as partes mais altas da encostas, recebendo fragmentos de rocha e possuem um perfil de solo com horizontes A/C/R em áreas de meia-alta encosta.
- Paisagens Eluviais de Acumulação são áreas de fundo de vale com formação de perfil de solo com sequência de horizontes A/B/C/R.

- Paisagens Sobre-Aquáticas são as áreas de fundo de vale, onde o lençol freático alcança o horizonte húmico do solo, com perfil de solo de sequência Ag/Bg/Cg/R.

- Paisagens Sub-Aquáticas ou Aqual são áreas cobertas por lâminas de água, como rios, lagos e banhados.

Deste modo, várias Paisagens Elementares em interação e ligadas entre si pela migração de elementos químicos em uma associação paragenética configuram a Paisagem Geoquímica (Figura 5).

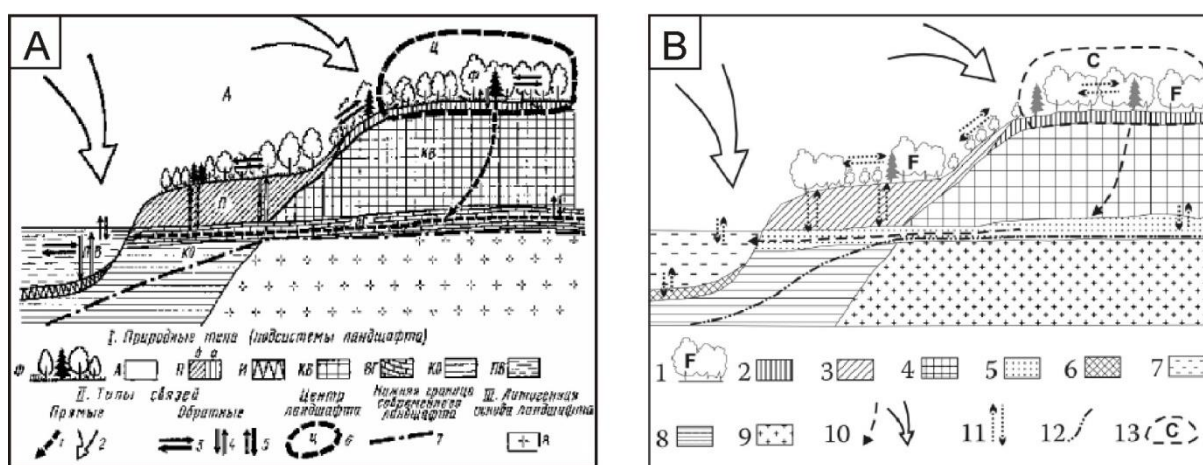


Figura 5: (A) Paisagem Geoquímica de Perelman e Kasimov (1999, p. 19), (B) Adaptação da Paisagem Geoquímica de Perelman (1975) de Mirlean *et al.* (2006, p. 113). 1- Biocenose terrestre; 2 – Solo eluvial; 3 – Solo sobre aquático; 4 – Crosta intemperizada; 5 – Aquífero; 6 – Sedimentos de fundo; 7 – Água superficial; 8 – Depósitos continentais; 9 – Rocha mãe; 10 – Ligações diretas; 11 – Ligações de trocas; 12 – Fronteira inferior da paisagem; 13 – Centro da Paisagem Geoquímica.

1.4 Paisagens Geoquímicas

A base metodológica para a seleção de Paisagens Geoquímicas tem origem nos trabalhos de Polynov, que relacionam a composição química com a estrutura das diferentes áreas na superfície terrestre. Suas pesquisas demonstraram que alguns fragmentos da superfície terrestre caracterizam-se não apenas por determinada estrutura e forma, mas são as propriedades químicas específicas que determinam a sua identidade (SERIKOV, 1997). As primeiras ideias de classificação das paisagens, utilizando as similaridades químicas, conforme Perelman e Kasimov (1999), foram feitas por Polynov em 1938, 1954 e 1956. Segundo Perelman e Kasimov (1999) as ideias de Polynov foram desenvolvidas e incrementadas pelos seus ex-alunos e, principalmente, seus orientandos: Perelman (1955, 1966 e 1975),

Dobrovolsky (1983 e 1998), Kasimov (1980, 1988), Privalenko (1984, 1990 e 1994), Fortescue (1985), entre outros.

Na Geografia, vários estudos têm sido desenvolvidos utilizando a paisagem como conceito e metodologia de análise do ambiente. Importante ressaltar a diferença conceitual da Geoquímica da Paisagem russa e a da Paisagem da escola francesa, onde a primeira preocupa-se em produzir dados quantitativos e compará-los com resultados de outros locais do planeta, e, conseqüentemente, adaptar a metodologia. Já, a segunda, em uma conceituação simplificada, busca a descrição do ambiente no campo de visão humano.

Segundo Nikolaeva (1999), os principais trabalhos que comparam resultados de mapeamentos da Geoquímica da Paisagem pelo mundo, são os de Armand (1967), Gvozdetsky (1961 e 1979), Isachenko (1965), Milkovo (1967 e 1988) e Sotchava (1972 e 1978). A partir dessas comparações, aprimoraram-se as técnicas e foram obtidos mapeamentos e espacialização de dados com melhores resultados e qualidade.

Assim, o primeiro mapeamento efetivo de Paisagens Geoquímicas e não apenas uma descrição conceitual da metodologia, foi elaborado por Perelman em 1954, publicando o Mapa das Paisagens Geoquímicas da URSS. Ele preocupou-se em construir um mapa baseado em amostragens em uma malha regular, de todo território da URSS, não privilegiando áreas em particular, como é comum em mapeamentos geológicos (SERIKOV, 1997).

No entanto, a complexidade com que as Paisagens Geoquímicas se apresentam, os inúmeros tipos de classificações, as diferentes abordagens e aparato conceitual dos autores, permitem afirmar que o seu conteúdo ainda não é estável e não existe uma classificação unificada (KRUSTALEV *et al.*, 2000). Apesar de utilizar características taxonômicas similares, visto a diversidade de autores com proposições alinhadas, nem sempre os preceitos conceituais são utilizados com a mesma terminologia, sequência e hierarquia dos critérios de classificação. Dessa maneira, no incremento de uma análise que se utiliza da metodologia da Geoquímica da Paisagem, deve-se seguir a espinha dorsal de alguma das propostas filogenéticas. Nesse sentido, cabe esclarecer que a presente pesquisa propõe-se a desenvolver um trabalho de linhagem tradicional. Portanto, ela baseia-se nos critérios preconizados e atualizados por Perelman e Kasimov (1999). Estes autores aplicam um método de níveis de classificação ou taxonomia, tomando por base

diferentes tipos de análises e representando-as através de Mapas de Paisagens Geoquímicas.

De acordo com os princípios de Perelman e Kasimov (1999, p. 17), “a classificação das Paisagens Geoquímicas baseia-se na migração de elementos ao nível do chão”, sendo edificadas em níveis hierárquicos. Para Mirlean *et al.* (2006, p. 112) “[...] a classificação está balizada nas ideias sobre os processos principais de migração de matéria na superfície da terra e no papel fundamental da matéria viva na transformação da superfície da terra”. Portanto, os tipos de Paisagens Geoquímicas são classificados conforme a migração de matéria em paisagens abiogênicas, biogênicas e antropogênicas.

As **Paisagens Geoquímicas Abiogênicas** correspondem a ambientes em condição natural inorgânica. Para Perelman e Kasimov (1999), estes locais não excluem toda a biosfera da Terra, como por exemplo, a atmosfera, os ambientes com substrato calcário e outras rochas sedimentares. Apesar destes locais estarem sendo ou já terem sido influenciados por entes biológicos, estes não são mais preponderantes no presente do tempo geológico. Portanto “a Paisagem Abiogênica é descrita por características essenciais a todas as paisagens terrestres, a interpenetração da atmosfera, litosfera e hidrosfera”, desde que a atividade biológica não seja a determinante na formação da paisagem (PERELMAN e KASIMOV, 1999, p. 261).

A interpretação do significado da Paisagem Abiogênica feita por Lukyanchenko (2003) baseia-se nos princípios de Perelman e Kasimov (1999), onde existem processos químico-biológicos, mas eles não interferem diretamente na fisionomia da paisagem. Isto por que os processos atuantes são poucos e as reações químicas são relativamente simples. Conforme Perelman e Kasimov (1999, p. 261), as Paisagens Abiogênicas são a representação das energias primitivas atuantes, onde “sua uniformidade sugere uma pequena quantidade de informações, com as formas mais simples de substâncias inorgânicas”. O exemplo destas interações são as paisagens com conversão cíclica de vapor de água, gelo e água líquida, como acontece na Antártida, Groenlândia e os picos mais altos do Himalaia.

Para Perelman e Kasimov (1999) as Paisagens Abiogênicas são classificadas em: paisagens com atmosfera oxidante (terrestres atuais), paisagens com substituição da atmosfera (Vênus e Marte na atualidade) e paisagens sem atmosfera e hidrosfera (Lua, Mercúrio e asteróides). Cabe destacar, que estas paisagens não

se encaixam nos preceitos dos ambientes em sistema, pois são apenas um conjunto de fatores independentes, sem organização e primitivos (ALEKSEENKO, 1989). Para Krustalev *et al.* (2000), o que difere os tipos de Paisagens Abiogênicas é se existe ou existiu dinâmica endógena e/ou exógena sem preponderância biológica na paisagem analisada.

As **Paisagens Geoquímicas Biogênicas** são sistemas onde há uma interação entre a crosta, solo, águas superficiais e subterrâneas, atmosfera, flora e fauna (PERELMAN e KASIMOV, 1999). Acontecem migrações de elementos entre todos os fatores e devem ser analisados de forma unificada. Para a compreensão destas paisagens é necessário realizar no mínimo a caracterização geoquímica dos solos e das águas e dos entes biológicos.

Com base nos pressupostos de Vernadski (1954) e Perelman (1961), *apud* Mirlean *et al.* (2006) as Paisagens Geoquímicas Biogênicas são estipuladas pela análise da produção e destruição da biomassa em escala anual, composição química da água circulante no horizonte húmico, a forma do terreno e o substrato litológico (Tabela 1).

Tabela 1: Táxons de classificação das Paisagens Geoquímicas e seus parâmetros, segundo Perelman (1975) *apud* Mirlean *et al.* (2006).

Nível taxonômico	Táxon	Parâmetros determinantes	Número de divisões
Superior	Grupo	Tipo de vegetação, biomassa e produtividade	5
	Tipo	$J = \log P / \log B^*$	62
	Família	Variação de P e B (J - constante)	3
Médio	Classe	Conjunto de elementos líderes e nutrientes	21
Inferior	Gênero	Gradiente de diferenciação do relevo	3
	Espécie	Litologia	n/l

*B – biomassa t/ha, P – produtividade anual t/ha ano; - n/l – número não limitado.

Para Mirlean *et al.* (2006) na taxonomia os **Grupos** referem-se à razão entre a biomassa e a produtividade biológica anual, podendo assim existir cinco tipos de paisagens: Paisagens Florestais; Estepes, Pradarias e Savanas; Desertos; Tundras e Banhados; Desertos Primitivos (Figura 6). Os Grupos de Paisagens Biogênicas foram classificados por Basilevich (1965) e incorporados nos trabalhos de Perelman (1975) e Perelman e Kasimov (1999).

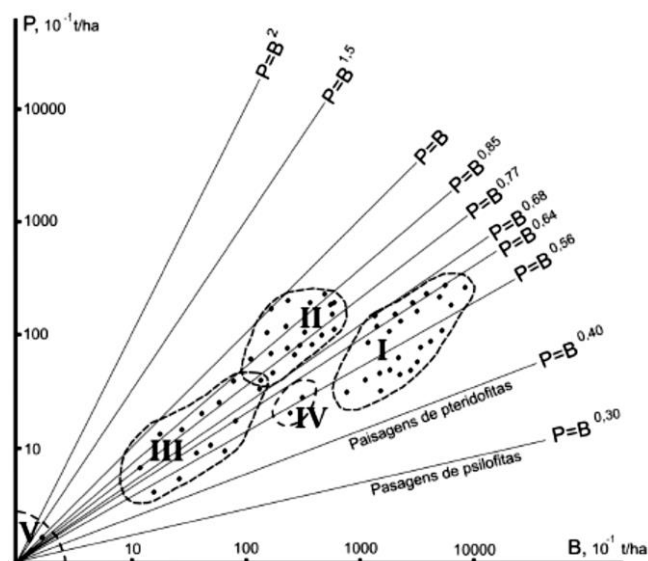


Figura 6: Biomassa (B) e produtividade anual (P) dos principais grupos de paisagens (PERELMAN, 1975 *apud* MIRLEAN *et al.*, 2006). I – Paisagens florestais (25 tipos); II – Paisagens de savanas, estepes e pradarias (19 grupos); III – Desertos (14 grupos); IV – Tundras (2 grupos); V – Desertos primitivos.

Os **Tipos** podem ser classificados, segundo a atualização do manual de Geoquímica da Paisagem, última edição (PERELMAN e KASIMOV, 1999), em 84 Tipos de Paisagens. Estas Paisagens são classificadas através da constante de produtividade de biomassa em tonelada por ano. Conforme estes autores, uma das formas de realizar uma pré-classificação, é separar as análises pela influência climática. O clima é pré-determinante nas taxas de umidade e insolação, os quais são fatores importantes para a produção de biomassa. Segundo Mirlean *et al.* (2006), baseando-se na figura 6, a razão entre a biomassa e a produtividade é muito estreita. Perelman (1975) caracterizou as paisagens usando a equação $\lg P = K \lg B$ (onde P é a produtividade anual e B é a biomassa total da paisagem e o J é o coeficiente de proporcionalidade para paisagens determinadas com diferentes valores de P e B).

As **Famílias** são o refinamento ou uma sub-classificação dos Tipos. Nelas são classificados os diferentes tipos de cobertura vegetal, re-classificando os Tipos segundo a produção de biomassa por hectare. Para Perelman e Kasimov (1999) as Famílias seriam as subzonas dentro de um tipo particular de Paisagem. Um exemplo seria o Tipo de Floresta de Taiga e a Família seria a Setentrional, ou seja, Taiga Setentrional, onde $B=100$ t/ha e $P=4$ t/ha. Para Mirlean *et al.* (2006), em todas as paisagens é possível identificar as Famílias, contando que existam dados para classificá-las. Em geral, o número de famílias não ultrapassa seis, pois a variação de

B e P dentro de um tipo de paisagem é estreita e há alta correlação entre as duas variáveis.

As **Classes** são um táxon geoquímico em sua totalidade. Neste, as classificações concentram-se nas características químicas da água intersticial do horizonte húmico dos solos das Paisagens Elementares Autônomas. É possível distinguir 21 tipos de Classes de paisagens, onde os elementos químicos considerados líderes (H^+ , Fe^{2+} , Al, Ca^{2+} , Na^+ , H_2S , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^-) são determinantes para as diferenças nas paisagens. As águas do horizonte húmico são analisadas porque localizam-se no perfil vertical de análise⁴, local onde acontece o maior fluxo de nutrientes para as plantas e, conseqüentemente, a produção de biomassa.

Para Mirlean *et al.* (2006), em geral, um par de elementos químicos são os líderes na resposta de uma paisagem. No caso das florestas latifoliadas na Europa, onde o hidrogênio e o Cálcio são preponderantes e nas estepes secas e algumas savanas o Potássio e o Cálcio são os elementos regentes quimicamente mais importantes.

Os **Gêneros** são classificados a partir da análise do relevo e da composição do substrato rochoso. São possíveis três gêneros, onde os fatores determinantes são a rugosidade e amplitude topográfica, uma vez que estes fatores são importantes para a análise das taxas de infiltração de água no solo e subsolo. As classes possíveis são as planícies, onde o intemperismo químico é maior que o intemperismo físico. Nos terrenos colinosos ou de montanhas baixas o intemperismo químico e físico são de igual magnitude e nas paisagens montanhosas o intemperismo físico supera o intemperismo químico.

Por fim, as **Espécies** são determinadas pela composição geológica. Segundo os três grupos de litologias: rochas sedimentares, metamórficas e ígneas, estas são importantes na análise porque também influenciam nas taxas de percolação de água em superfície e sub-superfície. Como é um táxon mais genérico, este ocupa a base da taxonomia.

As **Paisagens Geoquímicas Antropogênicas** tem suas bases nas teorias sobre a atividade humana sobre o ambiente, propostas principalmente por Fersman,

⁴ Perfil vertical na Geoquímica da Paisagem é a delimitação da camada de análise entre o solo e o topo da flora.

Vernadsky e Clark, a partir dos anos de 1920. Estes pesquisadores entendiam que a partir do momento em que o homem começou a introduzir técnicas em partes do ambiente, estes locais deixaram de ser apenas parte da Noosfera e se tornaram ambientes tecnogenicamente modificados (PERELMAN e KASIMOV, 1999).

Com o advento da revolução industrial, o uso intensivo dos combustíveis fósseis e a revolução tecnológica, determinados grupos sociais têm modificado os ambientes ainda mais. A partir desse grau de interferência e com o objetivo de acrescentar informações às Paisagens Geoquímicas, Perelman e Mirlean em 1984 criaram índices classificatórios de Paisagens Geoquímicas Antropogênicas (MIRLEAN *et al.*, 2006).

A classificação das Paisagens Geoquímicas Antropogênicas compõe-se de sete principais **ordens**, de acordo com a atividade econômica: urbano-industrial, agrícola, pastoril, exploração florestal, mineração, de tráfego e recreação. O próximo táxon é determinado pela intensidade de aplicação de ações antropogênicas sobre o ambiente. As **categorias**, então, são nomeadas de acordo com o nível de impacto em: I – Fraca, II – Média e III – Forte. Para cada ordem, são quantificados fatores diferentes para a classificação das categorias. Segundo Mirlean *et al.* (2006), para paisagens urbanas os fatores analisados são o número de habitantes e nível de urbanização; para paisagens industriais é o tipo e o volume de produção; para paisagens agrícolas é o nível de tratamento do solo e a aplicação de agroquímicos, para áreas de mineração são os níveis de metais pesados em corpos hídricos, entre outros. Para o restante dos táxons inferiores são utilizadas as classes das Paisagens Biogênicas descritas anteriormente.

Outros pesquisadores como Alekseenko (1989) e Krustalev *et al.* (2000) completam as conceituações sobre as Paisagens Geoquímicas Antropogênicas através das anomalias tecnogênicas e o raio de intervenção espacial. Com base nas anomalias tecnogênicas elas são classificadas em três tipos:

1. Anomalias úteis: ambientes melhorados para o desenvolvimento da vida humana, sem degradação direta aos seres vivos. Exemplo é o aumento do teor de Cálcio por calagem nas áreas de solos ácidos;

2. Anomalias prejudiciais ao homem: ambientes prejudiciais ao desenvolvimento da vida humana, animal e vegetal. Exemplo fica por conta dos depósitos de rejeito de mineração;

3. Anomalias tecnológicas neutras: não tem efeito direto na saúde da vida. Exemplo é o aumento da concentração de Ferro nas cidades.

Na conceituação das paisagens utilizando o grau de intervenção espacial, cada atividade humana tem raio de ação. Para distinguir os impactos antropogenéticos, Krustalev *et al.* (2000) propõem quatro cenários de interferência geoquímica:

1. Global – onde os impactos são dispersos pela maior parte do planeta, como por exemplo, testes nucleares;

2. Macro-regional – o impacto tem um raio de ação continental, por exemplo, emissões de gases como o Enxofre;

3. Regional – vários indivíduos dispersam poluentes em um raio limitado, como por exemplo, um pólo petroquímico contaminando os solos com hidrocarbonetos;

4. Local – indivíduo criando anomalias geoquímicas em determinada porção da superfície terrestre. Exemplo a construção de uma rua, dificultando o escoamento de uma vertente.

1.5 Barreiras Geoquímicas

As Barreiras Geoquímicas são as áreas da Noosfera onde existe uma acentuada diminuição da intensidade de migração de elementos químicos, seguido de sua acumulação (PERELMAN e KASIMOV, 1999). Na concepção de Perelman (1986), as Barreiras Geoquímicas podem ser compreendidas através da análise de elementos físicos, químicos e biogeoquímicos, sendo que em alguns casos os três fatores podem ser indispensáveis para sua compreensão.

Inúmeros produtos podem ser considerados como ferramenta para o barramento de fluxos geoquímicos. Parn (2010) ao utilizar uma malha de geotêxtil para a contenção de processo erosivo entende que se trata de uma forma artificial de Barreira Geoquímica. Por isso, tais barreiras podem ser obstáculos naturais ou artificiais que impedem ou dificultam a migração natural de elementos químicos (ABSALÃO, 2002).

As Barreiras Geoquímicas estão disseminadas em tamanha quantidade que se encontram presentes em todos os ambientes. Exemplo natural mais comum são

os diques geológicos. Já as Barreiras Geoquímicas artificiais mais conhecidas são os diques artificiais, as muretas de retenção de neve, a canalização de drenagens entre outras (Figura 7). Existem também as Barreiras Geoquímicas temporárias, como as injeções de água em poços de petróleo e gás, o alagamento de terras para o cultivo de variedades irrigadas, entre outras (PERELMAN, 1986).

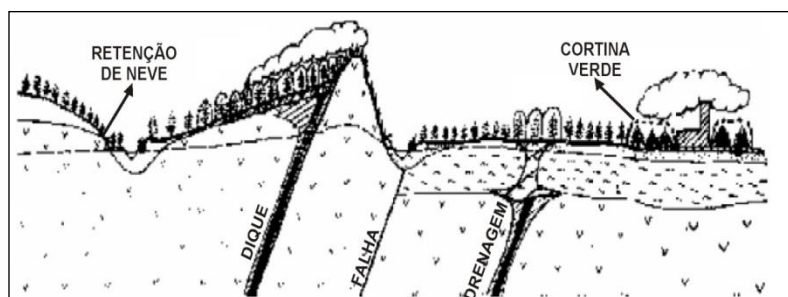


Figura 7: Barreiras Geoquímicas propostas por Perelman e Kasimov (1999, p. 47). Tradução do autor.

Portanto, para localizar e compreender as Barreiras Geoquímicas e como elas interferem na migração de elementos químicos e, conseqüentemente, na formação de paisagens, necessita-se caracterizá-las conforme a sua temporalidade, origem e área de interferência. Elas podem ser: espontâneas, involuntárias, efetivas, temporárias, estanques, circulante, semi-circulante, radial e lateral (WOERNS, 1976).

Assim, de acordo com as características das Barreiras Geoquímicas, elas podem ser delimitadas por limites ou anomalias naturais e/ou antrópicas. Na Geoquímica da Paisagem esses limites são demonstrados em rupturas topográficas, limites abruptos entre tipos vegetação, diques geológicos, contatos entre rochas sedimentares, ígneas e metamórficas. Também, comumente são utilizados limites químicos, como barreiras alcalinas construídas a partir da mistura de calcita com areia grossa, chamada de barreira de carbonato básico, tipicamente utilizada em minas de Cobre, Zinco e Ferro (SZUCS, 2006).

Entendendo as três fases dos elementos químicos (líquido, sólido e gasoso), em cada uma destas existem formas de retenção, comandadas por um ou mais elementos, ou suas combinações. As principais barreiras geoquímicas são:

- Evaporação (B, S², F);
- Gravidade (Au, Pt, Sn, Nb, Ta, W, Ti, Zn);
- Requisição (Mo, U, Se, S);
- Oxigênio (Fe, M);

- Alcalina (Cu);
- Absorção (Zn, Pb, U, Mo, Co, Ni, Ba, Ra).

Portanto, podem aparecer anormalidades lito-hidro-bioquímicas em qualquer Barreira Geoquímica. Essas anomalias se aplicam tanto a Paisagens Abiogênicas, Biogênicas ou Antropogênicas (PERELMAN, 1986).

1.6 O princípio da Matriz de Dados Geoquímicos

A metodologia da Geoquímica da Paisagem tem por característica a produção de inúmeros dados de várias fontes. A partir da sistematização deste método, conseqüentemente, com os primeiros trabalhos, as informações têm sido organizadas no que Perelman e Kasimov (1999) nomeiam de Matriz de Dados Geoquímicos. Para estes autores, um dos métodos mais simples e difundidos na hierarquização e organização de dados nas ciências naturais, exatas e humanas é a matriz.

Na matriz, os dados são organizados em tabelas constituídas por duas coordenadas, horizontal e vertical, o que Alekseenko (1989) chamou de Tabela Bi-dimensional. Este modelo pode ser utilizado nas mais diversas confluências de informações, como é o exemplo da tabela periódica de elementos químicos, dados climáticos, entre outros. No caso da tabela periódica, esta serve de exemplo para interpolação de elementos e o surgimento de novos, ou seja, elementos sintéticos (LASTOCHKYN, 2010).

Na Geoquímica da Paisagem, a matriz nos permite ordenar as informações em ordens taxonômicas, objetivando a classificação de Paisagens Geoquímicas. Desse modo, o aspecto principal no uso da matriz como ferramenta é a escolha da ordem hierárquica e os parâmetros que definem as características do fenômeno estudado (PERELMAN e KASIMOV, 1999).

A estrutura da Matriz de Dados Geoquímicos foi adaptada por vários pesquisadores, de acordo com o objetivo de cada estudo. A matriz clássica de Perelman (1955), e complementada por Perelman em 1975 e por Perelman e Kasimov (1999) é a mais usual. Ela agrupa-se em três ramificações segundo sua gênese. A primeira é ocupada com Paisagens Geoquímicas Abiogênicas, seguida pelas Biogênicas e Antropogênicas (Figura 8).

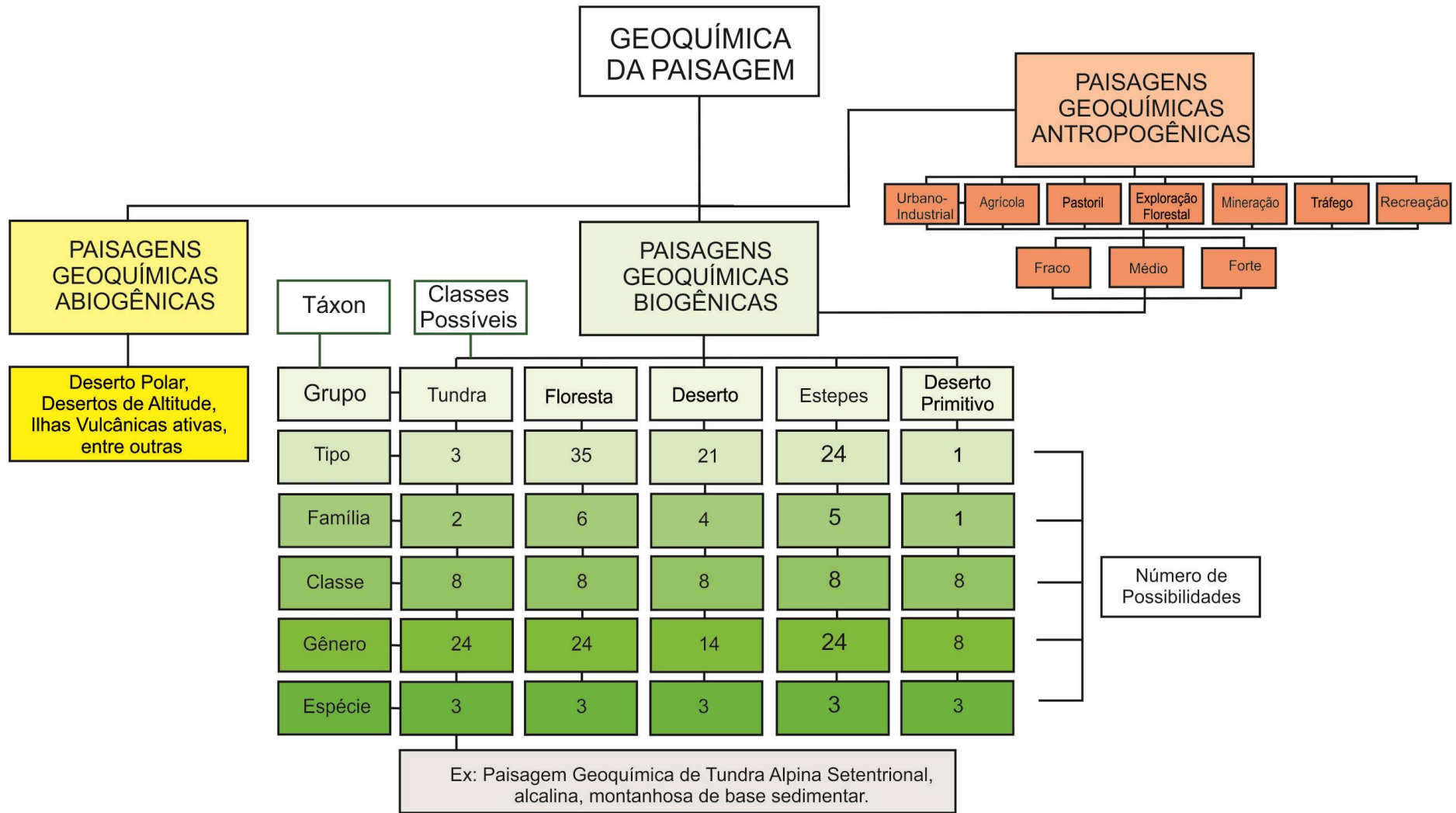


Figura 8: Organograma Bi-Dimensional da Matriz de Paisagens Geoquímicas de acordo com Perelmam e Kasimov (1999).

As Paisagens Geoquímicas Abiogênicas são determinadas pelo tipo de gênese de formação, desde que não tenha interferência biológica. Citam-se os casos de ambientes glaciais, orogenéticos, epirogenéticos, entre outros.

Nas Paisagens Biogênicas, o topo da matriz ou nível taxonômico superior é ocupado com os elementos baseados na análise da vegetação em três táxons: os Grupos, os Tipos e as Famílias. Nos Grupos é determinada a tipologia da vegetação, seguido dos Tipos com a produção de biomassa durante um ano e as Famílias onde é calculada a biomassa em um hectare.

No nível taxonômico médio existe apenas um táxon, chamado de Classe. A sua classificação depende das características da água percolante no horizonte húmico dos solos. No nível taxonômico inferior, as Paisagens Geoquímicas são classificadas pelos Gêneros através do mapeamento geomorfológico e as Espécies, onde o mapeamento geológico é determinante para a delimitação das classes.

Nas paisagens Antropogênicas, a classificação é determinada de acordo com a atividade econômica, o nível de intervenção no ambiente e a escala espacial, complementada pelos táxons biogênicos (PERELMAN e KASIMOV, 1999).

Matrizes de Paisagens Geoquímicas mais simplificadas foram utilizadas para trabalhos pontuais, como é o exemplo do mapeamento de Paisagens Geoquímicas Elementares de Fortescue (1980). Neste trabalho, apesar de utilizar uma matriz bi-dimensional, a classificação é baseada apenas em critérios geomorfológicos. Matriz semelhante foi utilizada por Ross (1992) para estabelecer a taxonomia do relevo.

Outras matrizes sintéticas de análise de Paisagens Geoquímicas foram desenvolvidas, principalmente para paisagens antropogênicas. Estas diferem da proposta por Perelmam e Kasimov (1999), porque cada ambiente antropogênico apresenta características, interferências e impactos próprios (LUKYANCHENKO, 2003).

Algumas destas matrizes utilizam-se além das quantificações geoquímicas, as legislações pertinentes de cada local de estudo. Trata-se de um procedimento comum no oeste europeu onde a legislação ambiental e os órgãos fiscalizadores são mais atuantes, porém não é uma regra (SZUCS, 2006).

Assim, a matriz de Paisagens Geoquímicas não é imutável, nem unânime, e sim, um esqueleto adaptável a cada pesquisa, conforme cada área e objeto de estudo. Apesar de Perelmam e Kasimov (1999), sugerirem alguns dados indispensáveis, alguns podem ser excluídos e outros acrescentados, melhorando os

resultados do trabalho. Alguns dos fatores incluídos por pesquisadores como Szucs (2006), é a análise de metais pesados em áreas de mineração e Krustalev *et al.* (2000) aconselham a avaliação de elementos radioativos em locais com usinas nucleares.

1.7 Geoquímica da Paisagem e o Estudo de Áreas de Mineração

A metodologia da Geoquímica da Paisagem, apesar de ser consagrada, tendo em conta os mais de 50 anos de aplicação em diversos países, foi aperfeiçoada por alguns pesquisadores com os trabalhos de Fortescue (1980), Kasimov (1980), Alekseenko (1989), Mirlean (1989), Gustavsson *et al.* (2001) Szucs (2006) e Parn (2010). Estes trabalhos avançaram sobre os conhecimentos geoquímicos de paisagens e evoluíram junto com os métodos analíticos.

Trabalhos, como os de Perelman e Vorobiev (1995) e Glazovskaya (2002) tecem considerações específicas das Paisagens Geoquímicas de ambientes de mineração ou com viés geológico. Estes autores propuseram alguns cuidados para o desenvolvimento de pesquisas nestas áreas, com o objetivo de alcançar melhores resultados:

- Identificação dos locais potencialmente poluentes, estipulando padrões de análise em cada amostra;
- Identificação do possível fluxo de poluentes, elaborando o “fluxo geral de migração” de áreas alteradas;
- Preparação da base cartográfica para os trabalhos de campo;
- Estipulação dos *backgrounds* geoquímicos, através do levantamento dos locais inalterados e alterados.

De posse desses dados é possível definir a escala de mapeamento, os locais de perfis, assim como as análises de laboratório necessárias. Concomitante deve ser feito o estudo de campo detalhado para a identificação dos componentes a serem analisados e os locais precisos de amostragem. Dependendo das informações preliminares levantadas, as amostragens podem ser feitas em águas superficiais e subterrâneas, solo e sedimentos, vegetação, incluindo espécies indicadoras de paisagens (arbustivas, gramíneas, arbóreas e complexas).

A próxima etapa é a escolha das estações do ano para a amostragem. A opção é feita com base na botânica e nas espécies dominantes na Paisagem Geoquímica. Nota-se o aparecimento de plantas sazonais e fungos. As amostras biogeoquímicas devem representar a composição florística da trama vegetal, sendo possível a seleção de plantas que refletem contaminações químicas, conhecidas como bioindicadores, como é o caso do salgueiro (GLAZOVSKAYA, 2002).

Com base nas informações coletadas cria-se uma malha de amostragem. Esta grade permite a distribuição equidistante entre as amostras. Segundo Perelman e Kasimov (1999) a malha pode ser quadriculada, hexagonal, radial, entre outras. O critério é que a malha deve ser utilizada para todos os elementos a serem coletados e analisados. Apesar deste método inconscientemente mascarar algum dado, ele ainda é o mais eficiente na interpolação das informações para a geração dos mapas sínteses.

Como a Geoquímica da Paisagem é um método de monitoramento ambiental, alguns fatores necessitam da repetição frequente das análises, possibilitando a quantificação, como é o caso da biomassa e a previsão de mudanças futuras. Observações e acompanhamentos de longo prazo (superior a 5 anos) podem revelar o nível e estágio de transformação do ambiente tecnologicamente alterado. A estabilidade ou instabilidade do ambiente pode revelar a possibilidade de autopurificação e o ajuste do modelo de previsão de evolução geoquímica do território (PERELMAN e VOROBIEV, 1995).

Além do monitoramento ambiental temporal, os resultados são comparados entre as áreas alteradas e as intactas buscando o que Perelman e Vorobiev (1995) chamaram de “fundo geoquímico” ou de referência. As referências devem ser estipuladas para todos os fatores analisados (água, vegetação, geologia, geomorfologia), mesmo que estes componentes não estejam no mesmo ponto de análise.

Tomando os cuidados citados acima na coleta de informações, taxonomicamente, concordando com Perelman e Kasimov (1999), a análise deve começar pelo levantamento litológico, separando as formações ígneas, metamórficas e sedimentares. Na sequência, o trabalho abarca o detalhamento das Paisagens Elementares com a análise dos elementos contrastantes no relevo e as alterações antropogênicas aparentes.

Como as Paisagens Geoquímicas de origem antropogênica são demasiadamente heterogêneas, a próxima etapa é a coleta de fluídos percolantes pelo horizonte húmico. Cabe então a análise de componentes químicos pertinentes de acordo com cada ambiente. Se for uma Paisagem Geoquímica Antropogênica ocupada com mineração de minerais metálicos, por exemplo, torna-se indispensável a análise de metais pesados (PERELMAN e VOROBIEV, 1995). É importante também catalogar a distância e a orientação da possível fonte de contaminação.

Por fim, realiza-se a análise do componente florístico da taxonomia. As amostras são coletadas nos pontos selecionados e demarcados para amostragem posterior e estipulação da produção anual de biomassa. As amostras precisam ser processadas no menor tempo possível para que sofram o mínimo de perda material. O procedimento entre as amostragens deve ser idêntico, para que a pesquisa tenha validade. No caso da vegetação não pode ser esquecida a pontualidade, a alta precisão amostral e a identificação da possível mudança de tendências.

Segundo Szucs (2006) e Parn (2010), se as etapas de coleta e análise forem cumpridas fielmente, de acordo com o proposto por Perelman e Vorobiev (1995) e Glazovskaya (2002), os resultados da Geoquímica da Paisagem irão refletir plenamente os detalhes da Paisagem Geoquímica. Com isso, possibilitarão a compreensão dos processos de formação, evolução e contaminação do ambiente. Ainda, os resultados irão demonstrar as barreiras geoquímicas existentes, os possíveis agentes formadores e interventores e, por fim, a mobilidade geoquímica do ambiente (PERELMAN e KASIMOV, 1999). Exemplos de pesquisas em áreas de mineração que contaram com rigor taxonômico para fins de compreensão geológica, constituem os dois importantes trabalhos de Gustavsson *et al.* (2001) e Szucs (2006).

Szucs (2006), ao analisar áreas de mineração e, principalmente, drenagens ácidas na Suécia, estabeleceu um perfil vertical de deslocamento e barramento de elementos químicos. Nesse trabalho foi possível compreender a direção, o nível e os tipos de contaminantes presentes na Paisagem Geoquímica, e as possíveis ações de mitigação dos impactos (Figura 9).

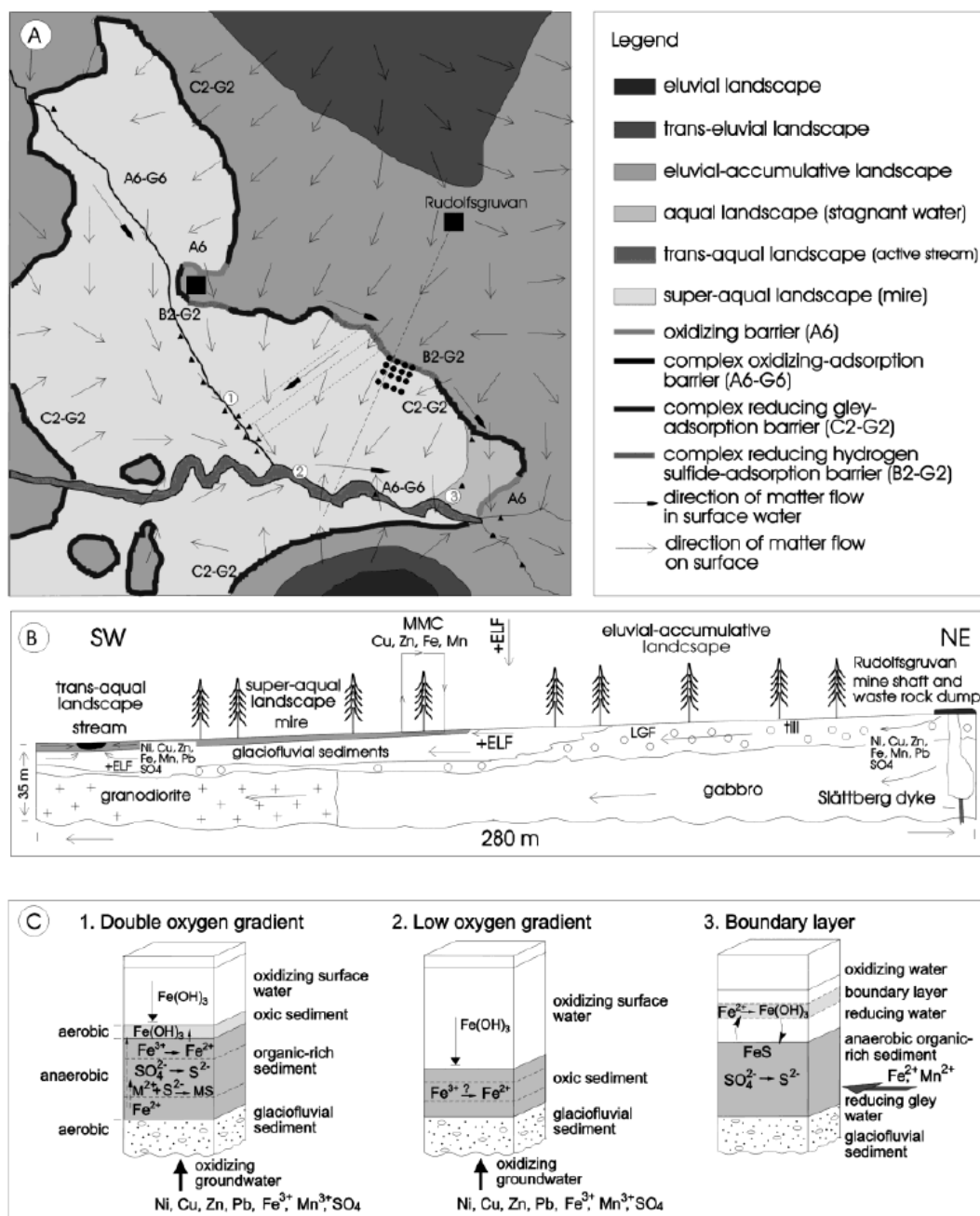


Figura 9: (A) Mapa de paisagens elementares da área de estudo, as direções da superfície de fluxo de matéria e barreiras geoquímicas e classificação das Paisagens Geoquímicas. Locais de minas e depósitos de resíduos rochosos amostrados, locais de fluxo de amostra e localização de núcleos de sedimentos de turfa na lama. Valas de drenagem na lama indicadas por linhas pontilhadas. (B) Seção transversal geoquímica indicando direções de transporte da matéria e o padrão entre paisagens. (C) Modelo conceitual de barreiras geoquímicas na paisagem aqual e a mobilização de elementos químicos.

Gustavsson (2001) ao realizar o mapeamento das Paisagens Geoquímicas, perseguindo o mapeamento geológico básico dos Estados Unidos, também realizou o levantamento da distribuição e concentração de contaminantes químicos em corpos fluviais, assim como a possível origem destes. Nesse trabalho foram levantados dados de concentração de Alumínio, Arsênio, Bário, Cálcio, Cromo,

Cobre, Ferro, Mercúrio, Potássio, Lítio, Magnésio, Manganês, Sódio, Níquel, Chumbo, Selênio, Estrôncio, Titânio, Vanádio, Ítrio, Zinco e Zircônio, além das Paisagens Geoquímicas Biogênicas e Antropogênicas (Figura 10).

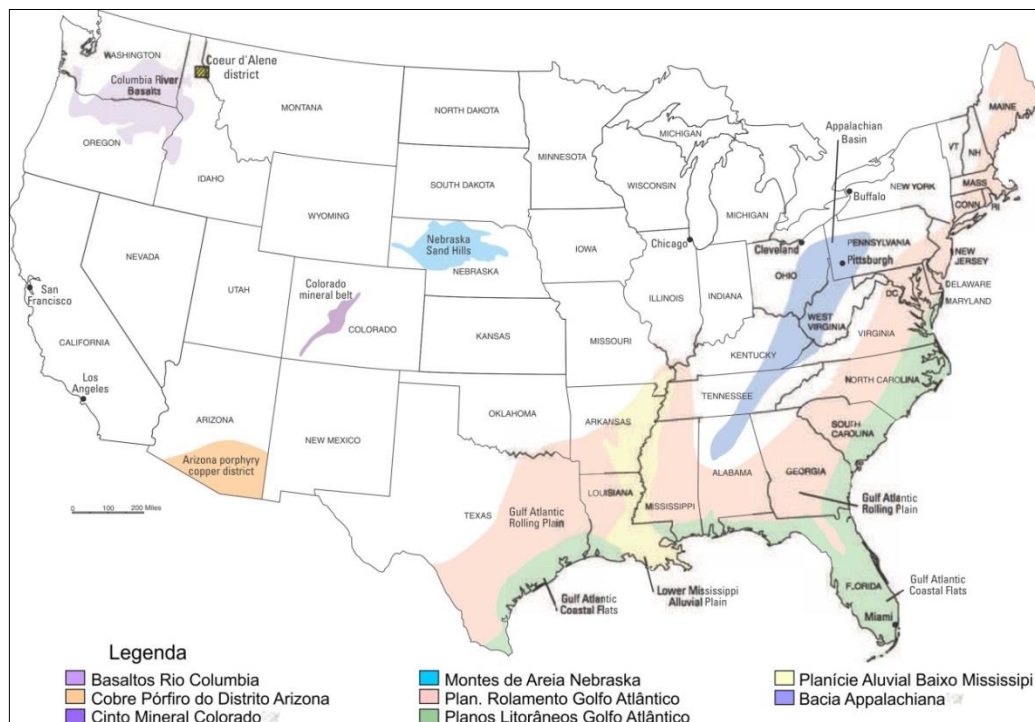


Figura 10: Paisagens Geoquímicas fontes e dispersoras de elementos químicos nos EUA.

1.8 Impacto Ambiental em Áreas de Mineração

Existe um consenso entre vários pesquisadores que as áreas de mineração constituem ambientes entre os mais alterados pela atividade humana do planeta (KOPEZINSKI, 2000). Embora tenha havido melhorias nas práticas de mineração nos últimos anos, significativos riscos ambientais ainda permanecem.

Apesar do aparato tecnológico utilizado na extração mineral, é possível apenas o aproveitamento de uma pequena parte⁵ do minério extraído. O restante do material extraído é acumulado em pilhas de rejeitos, sendo fontes potenciais de poluição química (SZUCS, 2006).

Segundo Sinding (1999), ao pesquisar diversos tipos de fontes poluidoras industriais, os maiores problemas correspondem às áreas de extração de minerais metálicos e combustíveis fósseis como o carvão e petróleo. Este autor enumera

⁵ Em áreas de mineração de Cobre, menos de 3% do material extraído é aproveitado economicamente.

alguns impactos eminentes possíveis de serem causados pelos empreendimentos nas fases de extração e beneficiamento:

- Emissão de poeiras de mineração a céu aberto, levando a formação de anomalias geoquímicas nos solos;
- Percolação de fluídos ácidos das barragens de rejeito para acidificação dos solos;
- Escoamento de efluentes de minas subterrâneas para corpos hídricos, gerando drenagens ácidas;
- Despejo de metais pesados das usinas de enriquecimento para contaminação dos solos e corpos hídricos;
- Espalhamento do material mineral durante o transporte, poluindo o solo;
- Escavação de frentes de lavra, alterando os fluxos hídricos e, conseqüentemente, a migração natural de elementos químicos, ou seja, o *background* geoquímico.

Na concepção de Figueiredo (2000) os impactos ambientais são ainda em maior número.

“Na fase de extração do minério, podem produzir-se danos à vegetação e à paisagem, especialmente nas lavras céu aberto e onde se requeira o uso da madeira para a produção de energia. O lençol freático local é rebaixado por meio de bombeamento da água, e um grande volume de rochas fica exposto aos processos de oxidação, o mesmo ocorrendo com pilhas de minérios expostos. Pode ocorrer a formação de drenagens ácidas com efeitos adversos para a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Os níveis de radioatividade natural nas galerias subterrâneas e de gases, oriundos de várias fontes, deverão ser controlados por meio de sistemas de ventilação adequados. Produção de pó e ruídos constituem também aspectos negativos da lavra de minérios” (FIGUEIREDO, 2000, p. 325).

No que tange à Paisagem Geoquímica de áreas de mineração, as alterações são causadas não só pela extração e beneficiamento de minério, mas pelo transporte, mudanças tecnológicas e populacionais, assim como na fauna e flora gerando configurações particulares de impacto ambiental (PERELMAN e KASIMOV, 1999). Blinov (2000), comparando áreas de mineração com depósitos de lixo na Ucrânia e Rússia, relata que o impacto visual e geoquímico nas minas é maior do que nos lixões. Isto por que, a recuperação visual e o controle químico dos lixões é mais fácil e rápido do que nas minas.

Geralmente os maiores problemas de alteração química são oriundos nas fases de paralisação e fechamento dos empreendimentos, pois a manutenção é reduzida ou paralisada nos locais de deposição de rejeitos (RONCHI *et al.*, 1999). Para Kopezinski (2000), no Brasil existe um pequeno número de estudos de áreas

de mineração paralisadas, diferentemente dos monitoramentos constantes exigidos pela legislação europeia e americana.

Trabalhos como o de Laybauer (1995) nas Minas do Camaquã, demonstram que os primeiros anos pós-paralisação são os mais críticos para a liberação de metais pesados dos depósitos de rejeito. Exemplo desse processo é discutido por Zaristky (2003), que analisou depósitos de rejeito da extração de apatita e cassiterita. Apesar da mineração estar parada há mais de 20 anos, continua liberando metais pesados no ambiente.

Absalão (1984), percorrendo alguns países, diagnosticou vários problemas em empreendimentos mineiros. No Canadá, os principais impactos são de contaminação de lagos com metais pesados por hidrometalúrgicas. Nestes casos o processo de têmpera do metal através do choque térmico com água origina ácidos voláteis à atmosfera gerando chuvas ácidas. Na África do Sul, a grande quantidade de minas de metais preciosos como Ouro e platina, gera uma quantidade significativa de escoria siderúrgica, o que polui os solos e corpos hídricos. Esse fenômeno ocorre, principalmente, pela lixiviação dos depósitos e a transformação dos sulfuretos em sulfatos de metais, muitos dos quais solúveis em água.

Nos EUA e Chile, problemas semelhantes acontecem nas grandes minas de Cobre. Pela quantidade reduzida do mineral de Cobre presente na rocha há produção de uma significativa quantidade de rejeitos e estéril. O estéril altera permanentemente a paisagem, assim como a cava a céu aberto. Já o rejeito dessas minas, é fonte de liberação de metais pesados como polônio e Chumbo (ABSALÃO, 1984). Na Alemanha os maiores problemas ficam em torno das minas de carvão, visto que na extração é comum a mudança do padrão hidrológico local, facilitando a percolação de água, conseqüentemente, a solubilização e transporte de metais pesados para corpos hídricos, possibilitando a formação de hidróxidos de Ferro. Problema semelhante foi discutido por Szucs (2006) em áreas de minerações de Cobre, Chumbo, Níquel, Zinco, Ferro e Manganês na Suécia.

Perelman e Kasimov (1999), basearam-se no trabalho de Absalão (1984) e distinguiram quatro zonas de paisagens funcionais impactadas pela mineração, de acordo com a transformação tecnogênica dos sistemas naturais:

- A primeira é a zona de escavação, onde existe uma completa degradação do solo e da vegetação, com altas concentrações de metais na poeira;

- A segunda é a zona de beneficiamento, com as plantas de beneficiamento e concentração de minério, com emissões de gases como o Enxofre, resíduos e efluentes como os ácidos;
- A terceira é a área urbana que serve de aporte para a mineração. Apresentam contaminação por poeira proveniente da extração e beneficiamento em escala menor que nas duas primeiras zonas. Existe uma intensa produção de poluentes domésticos e uso de recursos naturais. Em geral, apresentam alteração de encostas e aterramento de vales com mudança na configuração hidrológica local;
- A quarta e última zona, é a de poluição moderada. Em geral, são as áreas a jusante de empreendimentos mineiros, onde os corpos hídricos recebem os efluentes já diluídos. Praticamente não existem mudanças na configuração superficial.

Por conseguinte, os locais onde existe ou existiu a atividade de mineração apresentam uma configuração ambiental particular e que depende do raio de distância do agente impactante. A paisagem pode ser permanente ou temporariamente alterada, assim como os fluxos geoquímicos, gerando um Geossistema particular. Nestes casos, o grau de detalhe do trabalho deve ser ainda maior, pois as alterações podem estar concentradas em pequenas áreas e serem sazonais (PERELMAN e KASIMOV, 1999).

PROCEDIMENTOS TÉCNICO-METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta os procedimentos técnico-metodológicos, ou seja, as ferramentas utilizadas para a realização das análises e experimentos aplicados na Geoquímica da Paisagem, e que são empregados na análise da SbHAJD.

Seguindo os pressupostos de Perelman e Kasimov (1999) e Glazovskaya (2002), primeiramente foi selecionado o objeto de estudo e, conseqüentemente, a bibliografia que contemple os conceitos pertinentes, o material cartográfico, as análises da vegetação e a quantificação da biomassa, análises químicas da água, mapeamento geomorfológico e geológico e, por fim, a álgebra de mapas⁶ (Figura 11).

2.1 Material Cartográfico

O material cartográfico serviu de ferramenta para a produção dos seguintes dados:

- Cartas topográficas editadas pelo Ministério do Exército, Diretoria do Serviço Geográfico (DSG), escala 1:50.000, das folhas Minas do Camaquã (SH.22-Y-A-V-3:MI-2996/3); Arroio Carajá (SH.22-Y-A-V-3:MI-2995/4) e Caçapava do Sul (SH.22-Y-A-V-3:MI-2996/1), utilizadas para a confecção do mapa geomorfológico;
- Imagens do satélite CBERS 2B, instrumento HRC de órbitas-pontos 159-C/135-1; 159-C/134-5; 159-B/135-1, imageadas em 13/10/2009 e resolução espacial de 2.7m, utilizadas para a classificação da flora;
- Cartas Geológicas elaboradas por Paim *et al.* (1999) e CPRM (2000), utilizadas como base para a produção do mapa geológico;

⁶ Álgebra de Mapas é um método de interpolação de variáveis construídas em ambiente de Sistema de Informações Geográficas.



Figura 11: Organograma de atividades da tese.

2.2 Quantificação de Biomassa

Para o desenvolvimento da metodologia da Geoquímica da Paisagem, segundo Perelman e Kasimov (1999), toda a taxonomia deve ser contemplada. Os táxons superiores deste trabalho se referem à quantificação da biomassa e a sua produtividade por ano.

A partir dos dados cartográficos foram selecionadas as áreas de amostragem. Para as amostras de biomassa foi estabelecida uma malha quadriculada, conforme a proposta de Perelman e Kasimov (1999). Para a contemplação do mapeamento em escala 1:50.000, necessitou-se de 62 amostras (Figura 12).

As amostragens foram realizadas nos meses de outubro de 2012 e 2013, durante a primavera austral, a qual é a estação do ano que concentra o máximo da produção da flora em geral. Respeitou-se a carência de chuvas de 7 dias e período não superior a 30 dias sem chuvas mínimas de 20mm (SOBOLEV e YAZIKOV, 2010). Tomaram-se precauções para que o mesmo ponto fosse revisitado um ano depois para a repetição do experimento, podendo assim ser quantificada a produção anual com maior precisão.

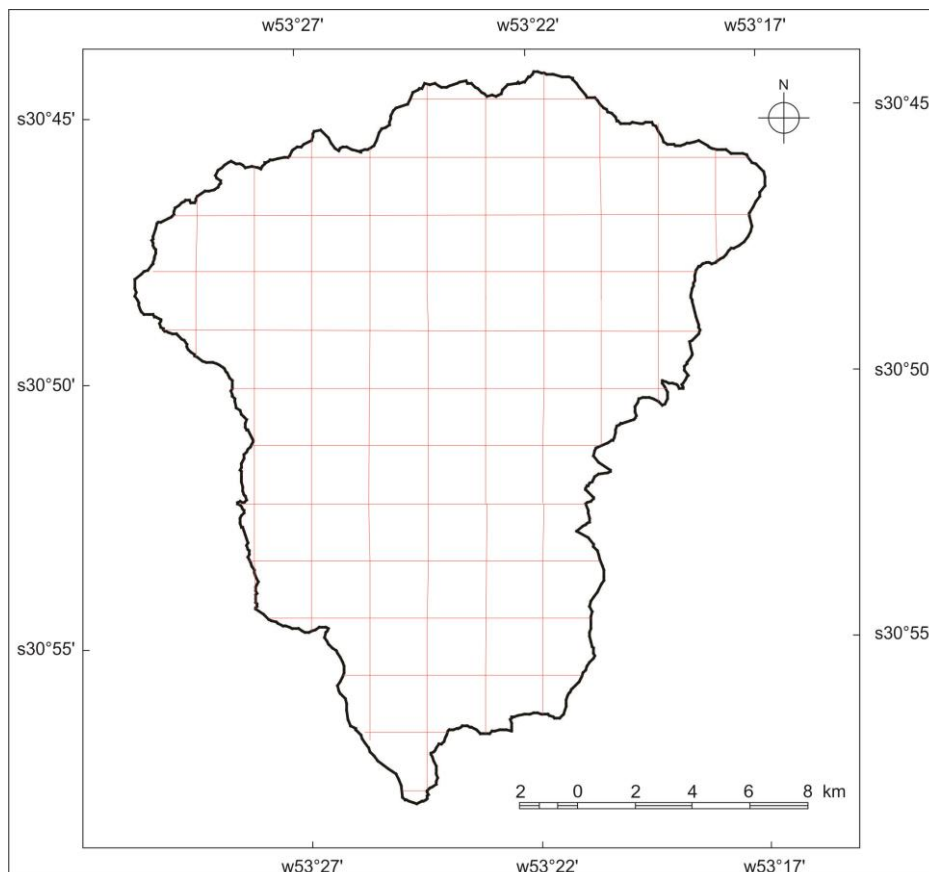


Figura 12: Malha de amostragem de biomassa.

Sendo assim, foi utilizada a metodologia para estimar o estoque de biomassa e carbono em diferentes sistemas de uso da terra e/ou tipologias vegetais, proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2002).

2.2.1 Biomassa Arbórea

Na estimativa da biomassa arbórea viva são avaliadas todas as formas vegetais (tronco, ramos e folhas) com diâmetro superior a 2,5 cm.

Primeiramente, foram selecionadas cinco parcelas ao acaso com dimensão de 4mx25m, onde realizou-se a quantificação florestal. A altura foi medida com trena a laser. O diâmetro medido na altura do peito (1,2m), empregando-se fita métrica (Figura 13). No caso de árvores bifurcadas abaixo do Diâmetro a Altura do Peito (DAP), a biomassa foi calculada depois de estimar o diâmetro geral da árvore, utilizando-se a fórmula da raiz quadrada das somas dos diâmetros das ramas individuais.



Figura 13: Medição dos indivíduos arbóreos na altura do peito.

Para análise dos dados, em todos os casos indicou-se:

- Nome local da espécie florestal;
- Ramificada (R) ou não (NR);
- Índice de densidade da madeira da espécie (alta = 0,8; média = 0,6 ou baixa = 0,4);
- Palmeira (P) ou Cipó (C).

Na estimativa de volume de biomassa arbórea, primeiramente calculou-se a biomassa de cada árvore viva ou morta, utilizando-se a seguinte equação:

$$BA = 0,1184 \text{ DAP}^{2,53}$$

Onde:

BA = biomassa das árvores vivas ou mortas;

0,1184 = constante;

DAP = diâmetro da altura do peito (cm);

2,53 = constante

Sendo assim, no cálculo da quantidade de biomassa por hectare, foram somadas a Biomassa de Todas as Árvores Medidas e Registradas (BTAV) em cada parcela de 4mx25m, ou seja:

$$\text{BAVT (t/ha)} = \text{BTAV} * 0,1$$

Onde:

BAVT = biomassa total de árvores vivas em t/ha;

BTAV = biomassa total na parcela de 4m x 25m;

0,1 = fator de conversão da parcela de 4m x 25m.

2.2.2 Biomassa Arbustiva e Herbácea

Este tipo de material é representado pela biomassa depositada sobre o solo, procedente de arbustos com menos de 2,5cm de diâmetro, gramíneas e outras ervas.

Na estimativa deste material, marcaram-se ao acaso, dois quadrantes de 1mx1m dentro das parcelas de 4mx25m. Nos quadrantes cortou-se a biomassa no nível do solo, registrando-se o peso fresco total por m². As amostras foram colocadas em bolsa de papel identificada, levada a laboratório para ser secada em estufas a 70° C, até atingir o peso seco constante.

No cálculo da estimativa da biomassa arbustiva e herbácea em t/ha, utiliza-se a seguinte equação:

$$BAH \text{ (t/ha)} = (PSM/PFM) \times 0,1$$

Onde:

BAH = biomassa arbustiva e herbácea, matéria seca;

PSM = peso seco da amostra coletada;

PFM = peso fresco da amostra coletada;

0,1 = fator de conversão da parcela de 4mx25m.

2.2.3 Cálculo da Biomassa Vegetal Total Viva (t/ha)

A biomassa total foi determinada pelo somatório da biomassa arbórea, arbustiva e herbácea, conforme a fórmula abaixo.

$$BVT = BAVT + BAH$$

Onde:

BVT = biomassa vegetal total;

BAVT = biomassa total de árvores vivas;

BAH = biomassa arbustiva e herbácea.

2.2.4 Cálculo da Produção Anual de Biomassa Vegetal (t/ha/ano)

Neste cálculo utilizou-se o valor quantificado da biomassa do ano de 2012 e 2013, realizado no mês de outubro e em dias próximos. Também foram utilizados os

mesmos pontos amostrais no caso da biomassa arbórea e parcelas adjacentes, no caso da biomassa arbustiva e herbácea. Utilizando-se a seguinte equação:

$$PABV = BVTAn - BVTA_t$$

Onde:

PABV = produção anual de biomassa vegetal;

BVTAn = biomassa vegetal total do ano anterior;

BVTA_t = biomassa vegetal total atual.

2.3 Análises Químicas da Água

As análises dos componentes químicos foram realizadas buscando a composição geoquímica do substrato pedológico e, conseqüentemente, litológico e as alterações químicas causadas por agentes antropogênicos no Geossistema. Para a classificação das Paisagens Geoquímicas as amostras foram coletadas em nascentes, vertedouros e canais. Conforme Perelman e Kasimov (1999), em um mapeamento em escala 1:50.000 deve ser realizada uma amostragem com intervalo entre 5 e 10 km². Como a área de estudo apresenta 309 km², a coleta foi feita em 32 pontos (Figura 14).

Segundo Perelman e Kasimov (1999) e Mirlean *et al.* (2006) as análises químicas da água compreendem os elementos: H⁺, Fe²⁺, Ca²⁺, Na⁺, H₂S, SO₄²⁻, Cl⁻, HCO₃⁻. Sendo assim, os elementos e compostos são atribuídos às seguintes Paisagens Geoquímicas (PERELMAN e KASIMOV, 1999 e MIRLEAN *et al.*, 2006):

- H⁺ - Hidreto - Taiga;
- Fe²⁺ - Íon Ferro ou Íon Ferroso – Banhados de florestas tropicais;
- Ca²⁺ - Íon Cálcio – Florestas latifoliadas da Europa;
- Na⁺ - Íon Sódio – Desertos salgados;
- H₂S – Ácido Sulfídrico – Vegetação de Montanha;
- SO₄²⁻ - Íon Sulfato – Estepes e savanas;
- Cl⁻ - Íon Cloreto - Estepes e savanas;
- HCO₃⁻ - Íon Hidrogeno Carbonato – Taiga.

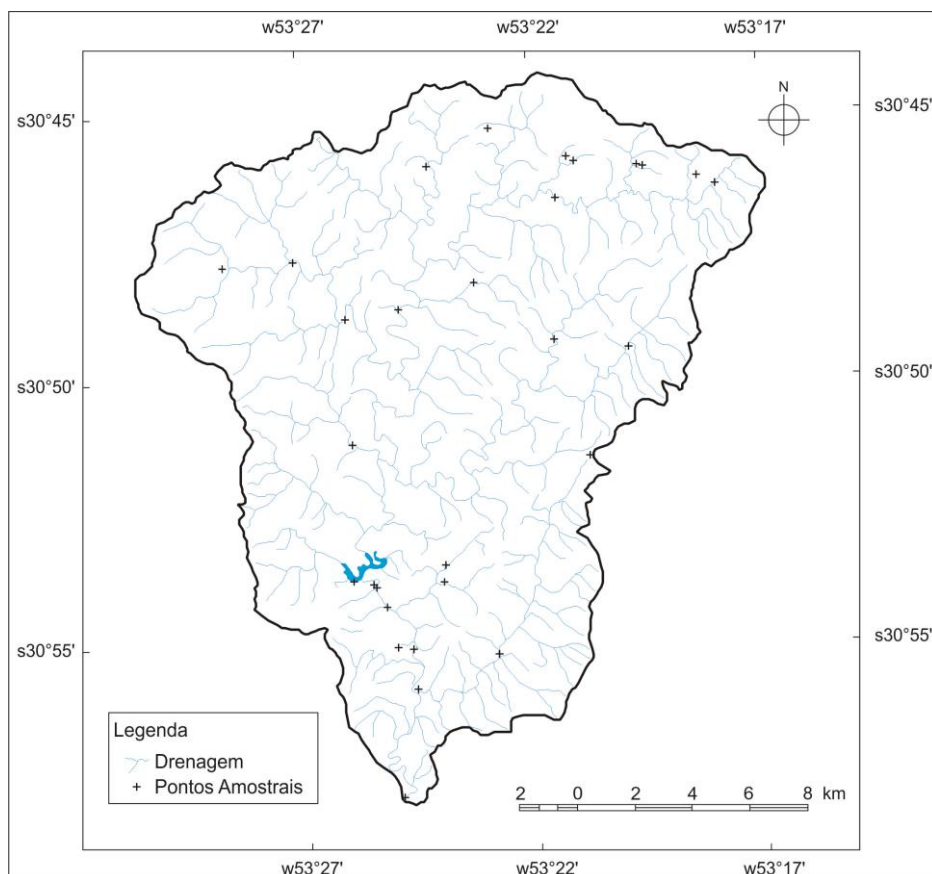


Figura 14: Pontos de amostragem de água.

Gustavsson *et al.* (2001), Isachenko (2002), Sholpo (2005) e Szucs (2006), indicam também a análise de parâmetros bacteriológicos e de metais pesados. As análises complementares são de: Oxigênio Dissolvido, Nitrato, Fosfato, Demanda Química de Oxigênio, Cloreto, Coliformes Termotolerantes, Chumbo, Ferro, Alumínio e Cobre.

2.4 Mapeamento Geomorfológico

A metodologia utilizada no mapeamento geomorfológico é uma conjugação da proposta taxonômica de Ross (1992) (Figura 15), e da classificação das formas de relevo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT (1981) (Tabela 2).

Conforme a figura 15 e a tabela 2, o 1º táxon é classificado com base nas morfoestruturas, o 2º se baseia na morfoescultura, o 3º é o padrão de formas semelhantes. O 4º táxon é obtido através da interpolação da matriz clinográfica e a amplitude hipsométrica. O 5º táxon é a classificação da forma das vertentes. O 6º

táxon é o entendimento dos processos atuais. Este trabalho contemplou do 1º ao 5º táxon.

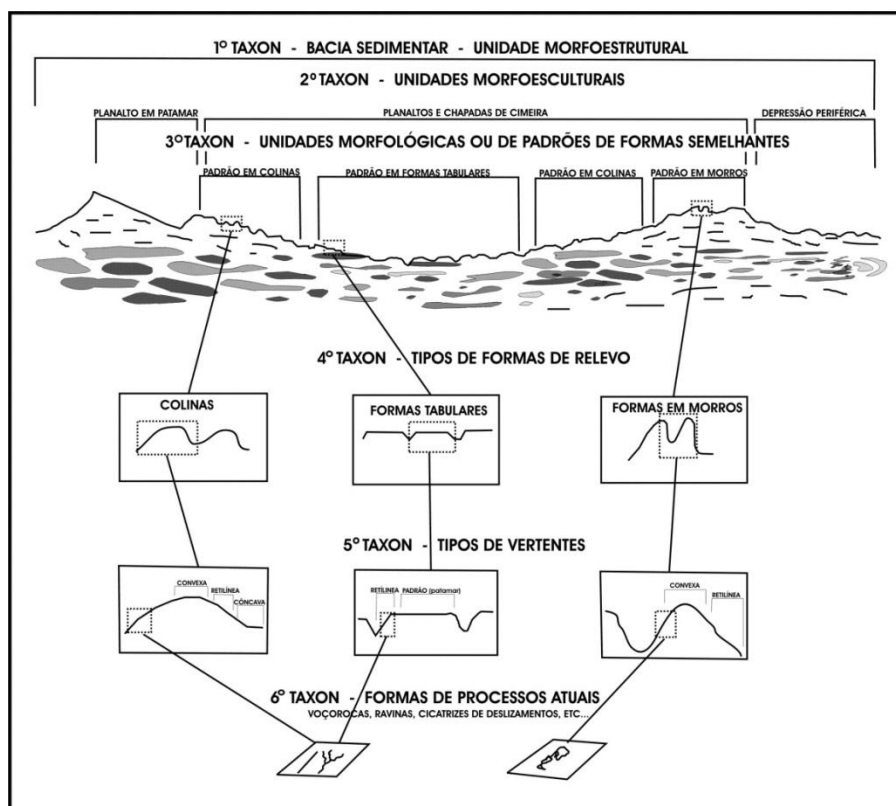


Figura 15: Diagrama esquemático sobre a taxonomia do relevo.

Fonte: Adaptado de Ross (1992, p. 22)

Tabela 2: Classificação das formas de relevo.

Classe hipsométrica	Classe clinográfica	Classe geomorfológica
0 a 100 metros	0 a 15%	Colinas
0 a 100 metros	15,1 a 100%	Morrotes
101 a 300 metros	0 a 15%	Morros de vertente suave
101 a 300 metros	15,1 a 100%	Morros
Maior que 300 metros	0 a 100%	Montanha

Fonte: Adaptado de IPT (1981).

2.5 Mapeamento Geológico

Com base no mapeamento geológico da Folha Cachoeira do Sul (SH-22-Y-A) na escala 1:250.000 realizado pela CPRM (2000) confeccionou-se o mapa geológico da SbHAJD. Este foi elaborado através da vetorização e recorte da área de estudo,

utilizando a mesma nomenclatura empregada pelo autor supracitado. Este mapa serviu para comparação dos dados existentes com os diagnosticados em campo.

2.6 Mapeamento das Barreiras Geoquímicas

As Barreiras Geoquímicas são feições que rompem ou alteram a migração química dos ambientes. Na área de estudo, a delimitação das barreiras teve por base a proposta de Perelman e Kasimov (1999). A partir das imagens de satélite o mapeamento resultou em cinco Barreiras Geoquímicas.

Os lineamentos de fundo de vale e de cristas foram determinados através de Modelos Numéricos de Terreno (MNT). As curvas de nível dos documentos cartográficos foram vetorizadas e elaboradas a matriz e a imagem sombreada, buscando as feições morfológicas do terreno. Também delimitou-se as cortinas verdes e as barragens convencionais e de rejeitos, através da interpretação visual das imagens do satélite CBERS-2B, instrumento HRC. Como ferramenta auxiliar, realizaram-se alguns perfis pedológicos para avaliar os limites espaciais das barragens de rejeitos.

2.7 Álgebra de Mapas

Presente a quantidade de informações produzidas pela metodologia da Geoquímica da Paisagem, se fez necessário desenvolver uma ferramenta computacional que permite automatizar o cruzamento dos dados. Atualmente, os SIGs incluem uma linguagem de manipulação de dados espaciais, que possibilitam executar procedimentos complexos de integração de dados. Neste trabalho optou-se por utilizar o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING). Neste programa os dados foram espacializados em formato de matriz com células de 30mx30m. Conforme a lógica proposta por Câmara (1995), utilizaram-se os métodos de operação de várias matrizes e interpolação de valores entre células, através dos operadores pontuais-locais, pois são os que apresentam os melhores resultados.

Como esta pesquisa buscou estabelecer Paisagens Geoquímicas, através de informações da biomassa, limnologia, geomorfologia e geologia e as diferentes

configurações entre estas. O exemplo abaixo demonstra a interpolação por álgebra de mapas das quatro variáveis citadas, com a Paisagem Geoquímica resultante.

```
{
  Tematico Grupo("Grupo"), Tipo("Tipo"), Familia("Familia"), Classe("Classe"), Genero("Genero"),
  Especie("Especie"), PaisagemGeoquímica ("PaisagemGeoquimica");
  Grupo=Recupere (Nome = "Grupo");
  Tipo =Recupere (Nome = "Tipo" );
  Familia =Recupere (Nome = "Familia" );
  Classe=Recupere (Nome = "Classe" );
  Genero =Recupere (Nome = "Genero" );
  Especie=Recupere (Nome = "Especie" );
  PaisagemGeoquímica=Novo(Nome="PaisagemGeoquímica", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
  PaisagemGeoquímica = Atribua (CategoriaFim = "PaisagemGeoquímica ")
  {
    "PGB1": (Grupo.Classe == "Floresta" && Tipo.Classe == "Acicufoliadas" && Familia.Classe
    == "Meridional" && Classe.Classe == "cálcio" && Genero.Classe "Colina" && Especie.Classe
    "Arenito")
  };
}
```

Obs: Na linguagem de programação é desprezada a acentuação e utilizada pontuação específica.

As rotinas em álgebra de mapas constam em anexo, para os três táxons das Paisagens Geoquímicas.

2.8 Mapeamento e Análise de Paisagens Geoquímicas

Conforme dito anteriormente, as Paisagens Geoquímicas são classificadas de acordo com os dados de vegetação e quantificação de biomassa, análises químicas da água, mapeamento geomorfológico e geológico. Após a interpolação dos resultados destes fatores são realizadas as análises e caracterizadas as diferentes classes.

Como o número de classes gerado na interpolação é muito grande, próximo de 100, optou-se pelo método de agrupamento proposto por Cavalcanti (2014), também chamado de *Upscaling, bottom-up* ou base-topo. Basicamente, consiste no agrupamento de classes dos níveis inferiores em unidades superiores, ou seja, são identificadas pequenas Paisagens Geoquímicas e, posteriormente, agrupadas em Paisagens Geoquímicas maiores (Figura 16).

Segundo Cavalcanti (2014), apesar de ocorrerem casos onde se subestime algum fator que é importante para a classificação de uma Paisagem Geoquímica, dentro da escala de mapeamento desta tese, a supressão é realizada apenas quando o elemento é irrelevante. O método da base-topo é indicado para quem

trabalha com áreas pequenas e escalas grandes (maiores que 1:25.000). Sendo assim, as 98 classes geradas pela matriz de Paisagens Geoquímicas foram agrupadas e reduzidas a 22.

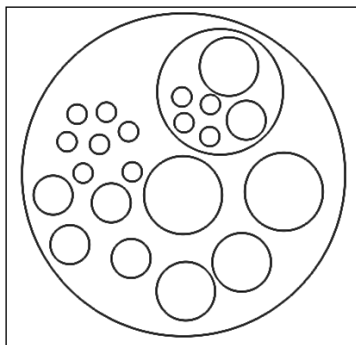


Figura 16: Método de agrupamento de Paisagens Geoquímicas homogêneas.

Utilizando-se da ferramenta de álgebra de mapas anterior, obtêm-se o seguinte resultado (exemplo):

- Paisagem Geoquímica Biogênica 1 – Caracterizada por uma vegetação tipicamente de Florestas, com vegetação de folha estreita (aciculifoliada) com predominância de araucárias e produção de biomassa-ano de 7,5 t/ha. Os principais constituintes químicos na água analisada são o Cálcio, gerando soluções básicas e solos do tipo chernozen. Na morfologia do terreno predominam colinas arredondadas com substrato arenítico.

O exemplo acima, se a área classificada apresentar interferência humana, na sua descrição deverão ser considerados, nas análises químicas e bacteriológicas, os poluentes de origem antropogênica. Dessa maneira, pode-se delimitar as Paisagens Geoquímicas Antropogênicas.

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

A SbHAJD está inserida na Bacia do Camaquã, a qual recobre as litologias do embasamento granítico-gnáissico e as sequências Vulcano-sedimentares deformadas e metamorfisadas, que formam o Escudo Sul-Rio-Grandense-ESRG (CHEMALE Jr, 2000). O ESRG encontra-se compartimentado em quatro associações petrotectônicas, sendo elas: Batólito de Pelotas, Terreno Tijucas, São Gabriel e Taquarembó (Figura 17).

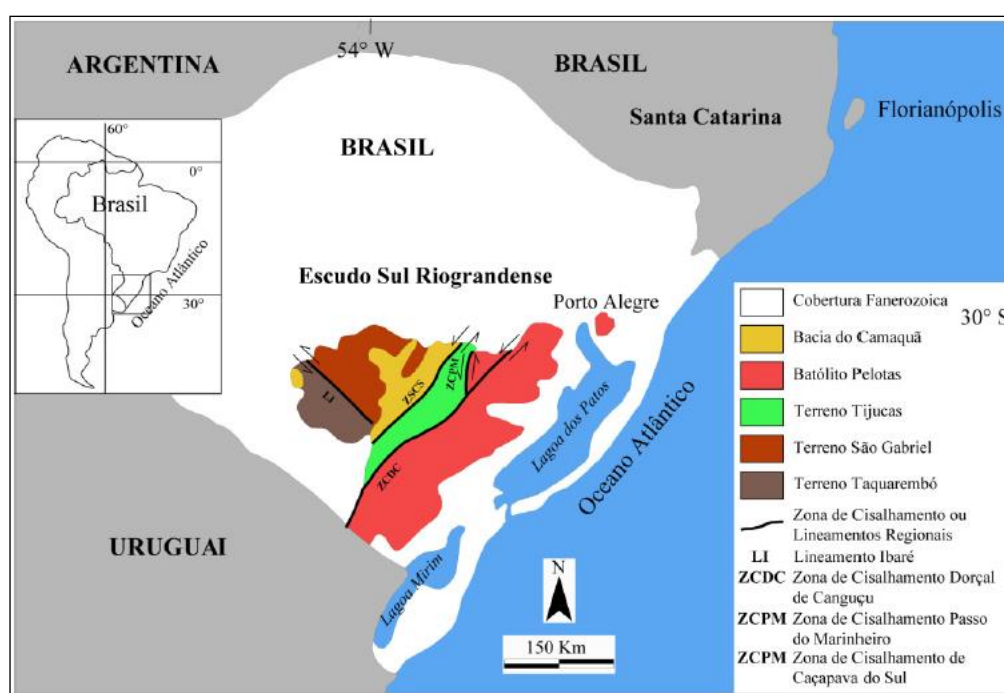


Figura 17: Mapa geológico simplificado das unidades geotectônicas do ESRG.

Fonte: Bicca (2013) modificado de Philipp (2010).

O Terreno Taquarembó é composto basicamente por rochas metamórficas de alto grau com idades variando de 2,5 a 2,1 Ga, onde predominam os granulitos félsicos e máficos, piroxenitos, mármore e gnaisses. Estas rochas foram afetadas por retrometamorfismo, por vezes, devido à intrusão de grande volume de magmas

graníticos Neoproterozóicos (BICCA, 2013). No Batólito de Pelotas predominam rochas graníticas intrudidas entre 650-550 Ma (PHILIPP e MACHADO, 2005) e retrabalhamento de uma crosta paleoproterozóica (2.3-2.0 Ga) e compartimentado segundo a atuação das zonas de cisalhamento.

O Terreno Tijucas é um conjunto de unidades gnáissicas, graníticas e de xistos, com alongamento NE-SW e limitado a oeste pelo Terreno São Gabriel, apresentando idade Paleoproterozóicas (2.3 – 2.0 Ga) e Neoproterozoicas (800 a 600 Ma). Este encontra-se limitado por falhas rúpteis e preenchidos por sedimentos siliciclásticos da Bacia do Camaquã ou truncado por rochas gnáissicas pré-brasilianas (BICCA, 2013).

Por fim, o Terreno São Gabriel é representado pela associação de rochas granítico-gnáissicas e vulcano-sedimentares com idade Neoproterozóica, com os principais processos formadores ocorridos entre 850 e 700 Ma (BICCA, 2013). É composto por três complexos onde predominam granitos sintranscorrentes formando corpos lenticulares alongados de direção NE-SW. Também ocorrem rochas vulcânicas, metavulcânicas e vulcanoclásticas metamorfizadas.

A Bacia do Camaquã encontra-se depositada discordantemente sobre os Terrenos Tijucas, Taquarembó e São Gabriel. Pela diversidade de arcaebouços, caracterizados por uma evolução estratigráfica diferenciada em cada área de ocorrência. Paim *et al.* (2000) realizou sua compartimentação em sub-bacias, facilitando a escala de análise.

Na proposta de sub-bacias de Paim *et al.* (2000), são enumeradas 6 áreas (Figura 18) resumidas em descrição por Albarnaz (2013):

1a) Sub-bacia Piquirí: está depositada na parte leste do ESRG, predominando sobre as rochas do Terreno Tijucas, apresentando um alongamento NE-SW;

1b) Sub-bacia Arroio Boicí: está depositada discordantemente sobre as rochas do Terreno Tijucas e a sul da sub-bacia Piquirí, com alongamento também no sentido NE-SW;

2) Sub-bacia Guaritas: está depositada sobre as rochas do Terreno Tijucas, a oeste das sub-bacias Piquirí e Arroio Boicí. A SbHAJD está localizada nesta sub-bacia;

3) Sub-bacia Santa Bárbara: está assentada sobre as rochas do Terreno São Gabriel a oeste da sub-bacia Guaritas e da cidade de Caçapava do Sul, estendendo-se a sul até a região leste da cidade de Lavras do Sul;

4a) Sub-bacia Ramada: também assentada sobre as rochas do Terreno São Gabriel e limitada a oeste pela região central da sub-bacia Santa Bárbara;

4b) Sub-bacia Taquarembó: está localizada na extremidade oeste da Bacia do Camaquã, a sudoeste da cidade de Dom Pedrito. Ela está depositada sobre as rochas que compõem o Terreno Taquarembó.

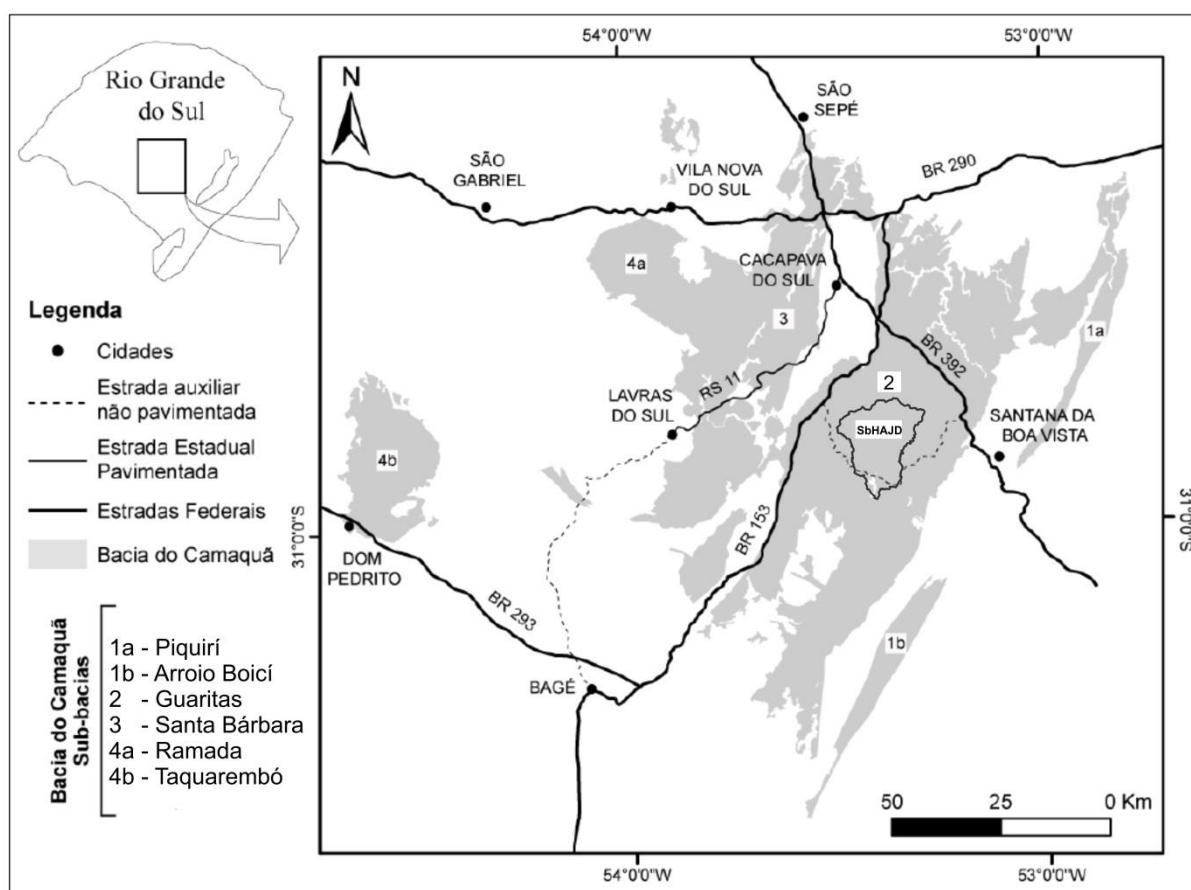


Figura 18: Mapa geológico regional demonstrando a localização das sub-bacias do Camaquã.

Fonte: Modificado de Paim *et al.* (2000)

Sendo assim, a SbHAJD está inserida na sub-bacia Guaritas, sobreposta ao Terreno Tijucas, sendo o embasamento de parte da Bacia do Camaquã. Detalhando as exposições litológicas da SbHAJD, ela é dividida em Depósitos Aluvionares Atuais e quatro formações e algumas com subdivisões em fácies, conforme mapa geológico (Figura 19) e descrição a partir de Paim *et al.* (2000) e CPRM (2000) a seguir.

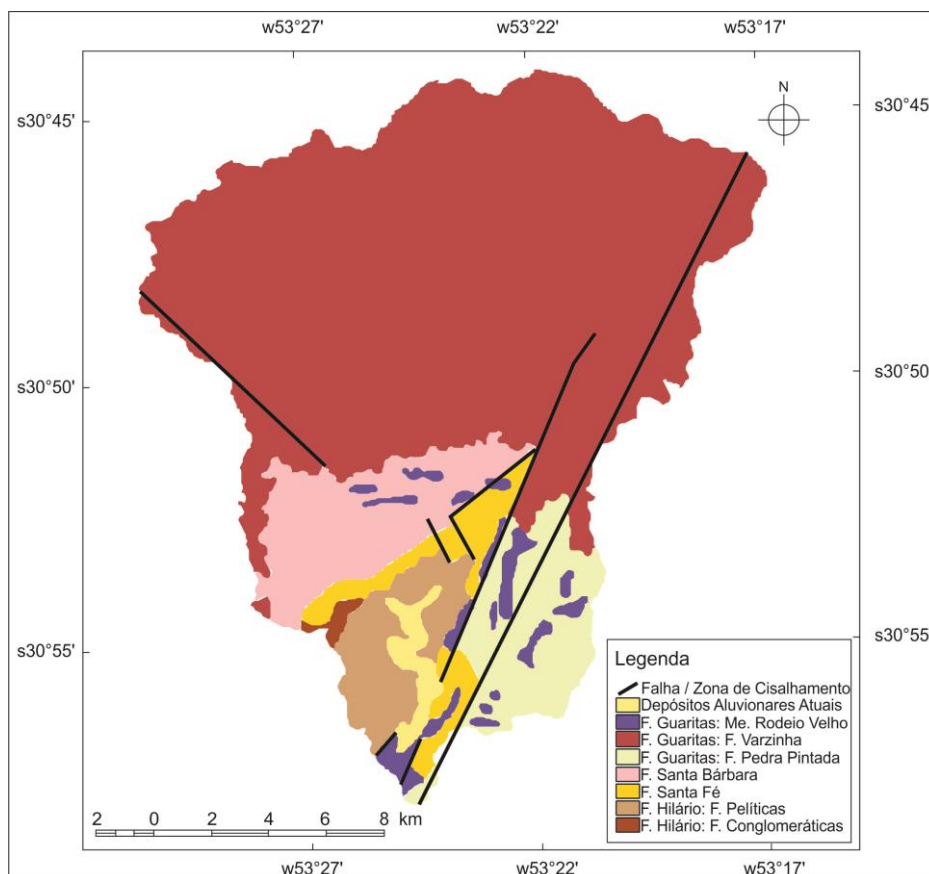


Figura 19: Mapa Geológico da SbHAJD.

Fonte: Adaptado de CPRM (2000).

A Fácies Conglomeráticas da Formação Hilário (Nhc), apresenta idade Neoproterozóica (592 Ma) e é constituída de conglomerados com clastos de vulcânicas e piroclásticas; litarenitos médios a grossos, conglomeráticos. Sobreposta, ocorre a Fácies Pelítica da Formação Hilário (Nhp), apresenta pelitos e arenitos em camadas tabulares, maciças ou com acamamento gradacional normal e inverso, laminação plano-paralela e *climbing ripples*.

A Formação Santa Fé (Esf), de idade Cambriana (525 Ma), está representada por conglomerados oligomíticos e polimíticos com predominância de clastos de vulcânicas ácidas e granitos, aflorando em camadas lenticulares com acamamento gradacional normal; subordinadamente arcóseos róseos, finos a grossos, conglomeráticos ou não, ocorrendo em camadas lenticulares com estratificação cruzada tangencial; pelitos avermelhados.

A Formação Santa Bárbara (EOsb), com idade Cambriana/Ordoviciano (485 Ma), está representada por pelitos e arenitos muito finos a médios, vermelhos a esbranquiçados, em camadas tabulares com laminação plano-paralela e *climbing*

ripples; camadas lenticulares de arenitos esbranquiçados, médios a grossos; arcóseos finos a médios a grossos conglomeráticos, róseos e esbranquiçados, lenticulares, com estratificação cruzada tangencial de pequeno e médio porte e laminação plano-paralela; conglomerados polimíticos com seixos de granito, xisto, quartzo, arenito e vulcânicas ácidas e intermediárias.

A Fácies Pedra Pintada da Formação Guaritas (Ogpp), apresenta idade Ordoviciano (460 Ma), sendo caracterizada por arenitos conglomeráticos com seixos de granitos, gnaisses, quartzos e quartzitos; arenitos médios, avermelhados, com estratificação cruzada acanalada de pequeno a médio porte. Arenitos finos a médios com estratificação cruzada acanalada de grande porte ou laminação plano-paralela. Arenitos finos lenticulares, arenitos com laminação plano-paralela e com marcas onduladas assimétricas no topo. Subordinadamente, arenitos muito finos e pelitos. De mesma idade, o Membro Rodeio Velho da Formação Guaritas (Ogrv) é constituída por basaltos de cor cinza-escura, geralmente amigdaloidais ou vesiculares, com estruturas de lava em corda ou “aa”; localmente litarenitos com depósitos vulcanoclásticos. Ainda de mesma idade, a Fácies Varzinha da Formação Guaritas (Ogv), possui conglomerados polimíticos na base, com seixos predominantemente de granitos e gnaisses, subordinadamente de quartzos, quartzitos, andesitos e riolitos, arenitos avermelhados, bem selecionados, com estratificação cruzada acanalada de grande porte; arenitos médios, conglomeráticos, avermelhados com estratificação acanalada de médio a pequeno porte; pelitos vermelhos, cinza a cinza-esverdeados, com intercalação de camadas lenticulares e tabulares de arenitos finos com estratificação cruzada tangencial.

Por fim, tem-se as coberturas Cenozóicas Quaternárias (0.01 Ma) com Depósitos Aluvionares Atuais (Qa1) de areias e cascalhos imaturos, mal classificados, ao longo das calhas dos cursos d’água; areias finas, siltes e argilas orgânicas nas planícies fluviais.

BARREIRAS GEOQUÍMICAS

A intensidade de migração dos diferentes tipos de elementos químicos varia de acordo com a distribuição das Barreiras Geoquímicas (PERELMAN, 1975). As Barreiras Geoquímicas podem setorizar as migrações químicas em pequenas áreas como uma barragem ou em vastos espaços como planícies sedimentares.

As limitações e dimensões entre Barreiras Geoquímicas podem ser naturais ou antropogênicas. As naturais estão presentes em inúmeros tipos de ambientes, sendo elas, cristas topográficas, fundos de vale (ambas lineamentos estruturais), diques, drenagens, entre outros. Já as antropogênicas mais citadas são cortinas verdes ou florestamentos com espécies exóticas, barragens, mantas de impermeabilização entre outras (PERELMAN, 1975).

Essas Barreiras Geoquímicas, em geral, causam variação da transferência mecânica de materiais particulados, como sedimentos. Também podem originar a acumulação de elementos químicos, como a eutrofização da água, com produção anômala de entes biológicos da fauna e flora. Mas, também, podem ser úteis como barreiras de migração de metais pesados em áreas de mineração, depósitos tecnogênicos, entre outros (SZUCS, 2006).

Na SbHAJD foi realizado o levantamento das principais Barreiras Geoquímicas através de imagens de satélite, mapas da CBC e dados de campo. Encontraram-se quatro classes principais de Barreiras Geoquímicas, sendo elas: barragem de rejeito recente, barragens convencionais, cortinas verdes e lineamentos estruturais (Figura 20). Esta última foi sub-dividida em lineamentos de crista e de fundo de vale, em função da sua gênese e influência geoquímica. Já as barragens foram descritas em função do seu tipo, ou seja, modelo construtivo e operacional a qual se destinam.

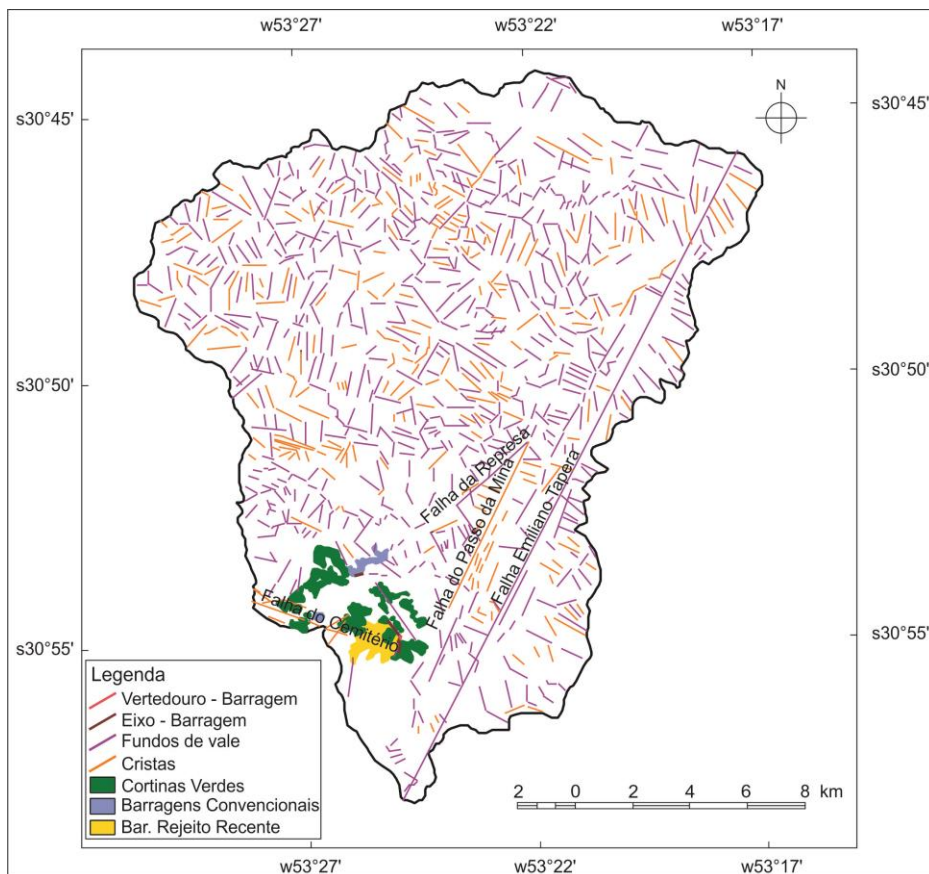


Figura 20: Barreiras Geoquímicas da SBHAJD.

4.1 Barragens de Rejeitos e Estéril

A extração de minerais metálicos é uma das atividades mais impactantes no ambiente (FIGUEIREDO, 2000). Este processo de extração dos minerais econômicos depende da retirada do material sem ou com baixos teores de minério desprezíveis economicamente, denominadas de estéril e das sobras minerais particuladas do beneficiamento, chamadas de rejeito (CVRD, 1992).

O material retirado das cavas de minério, dependendo de sua composição mineralógica, geralmente é depositado em dois tipos de estoques, chamados de pilhas de estéril e pilhas de rejeito (ALEKSEENKO, 1989). Esses conceitos são importantes porque apesar desses materiais muitas vezes aparecerem consorciados em sua deposição, eles reagem de maneira diferente com o ambiente onde foram depositados (FIGUEIREDO, 2000). Em geral, eles acumulam-se em locais planejados, principalmente os quimicamente afetados, sendo que os mais comuns são as barragens de rejeito.

As barragens de rejeito são planejadas para um estoque de material previamente cubado, sendo que são comuns os casos onde existe variação na quantidade do material a ser estocado. Segundo Espósito (2000) essa incerteza na quantidade do material gera alterações no projeto original da barragem, ou seja, a barragem será construída em função da demanda, aumentando a sua dimensão em virtude da necessidade.

A figura 21A apresenta um perfil esquemático de uma barragem de rejeitos planejada e executada sem expansão setorizada. Observa-se que o núcleo é impermeável, coeso e compacto. Em geral, e no caso da barragem de rejeitos das Minas do Camaquã, esse núcleo impermeável é construído com Argila bentonítica da classe das Esmectitas. Essa argila foi ativada sodicamente com tratamento químico com carbonato de Sódio, causando a troca catiônica por meio aquoso. Com esse tratamento a argila apresenta consistência tixotrópica, ou seja, próxima ao gel, onde o íon Sódio melhora sua viscosidade e inchamento, impermeabilizando a barragem (CBC, 1986).

A linha inclinada de enrocamento de proteção é a responsável pelo contato mecânico e a redução do ataque químico causado pelo material particulado e fluidizado (rejeito e água de decantação). Geralmente, esse material apresenta um diâmetro centimétrico, com blocos maiores com tamanho métrico.

Na face de escoramento da barragem temos um filtro de finos, formado essencialmente por areia ($0,64 \mu\text{m} \sim 2\text{mm}$), tendo como papel a captura do material solubilizado pela infiltração da água da chuva. Esse filtro retém as partículas sólidas e libera o fluido, impedindo a solifluxão da secção de barramento.

A drenagem interna funciona como uma camada que diminui a velocidade de percolação dos fluídos, dificultando o arraste de partículas da camada de ancoramento da barragem. Isso impede que exista um fluxo torrencial vertical e basal que leve ao arraste do material de contenção.

A camada de ancoramento basicamente tem a função de fornecer estabilidade as outras camadas. Ela foi construída com material estéril originado da abertura da cava de minério da mina Uruguai, sendo composta por blocos de dimensão métrica até fragmentos milimétricos.

Por fim, a deposição de rejeitos também foi feita sobre uma camada impermeável (Figura 21B). A CBC utilizou o mesmo material do núcleo impermeável da taipa, ou seja, Argila bentonítica com ativação sódica por carbonato de Sódio.

Essa camada apresenta uma espessura que varia de 20 a 35cm em formato tipo “colher”, côncava na margem receptora e plana na margem de contato com a taipa.

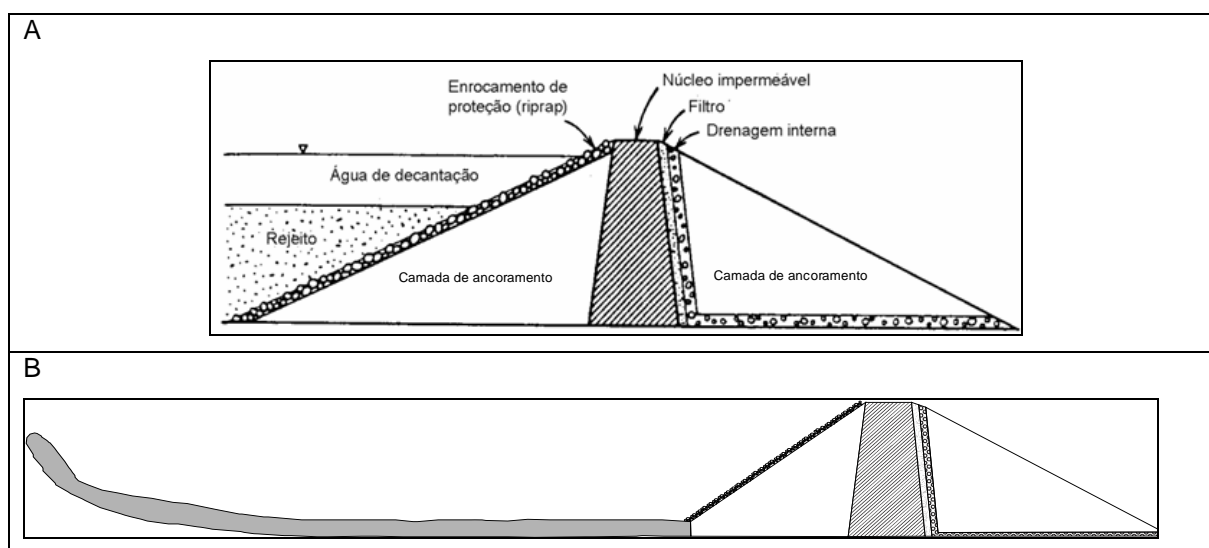


Figura 21: A) Bloco diagrama do corte transversal do modelo de barragem construído pela CBC; B) Bloco diagrama do corte transversal do modelo de deposição de rejeitos sobre camada impermeável.

Sendo assim, o modelo construtivo de barragem de rejeitos executado pela CBC é entendido por Espósito (2000) como de elevada eficiência para contenção de poluentes químicos. Isto porque, foram utilizados materiais impermeáveis tanto na base receptora de rejeitos, quanto na taipa, possibilitando assim, o tratamento dos efluentes gerados, principalmente a correção do pH.

4.2 Barragens Convencionais

As barragens convencionais são conceituadas pela sua utilidade, a grande maioria visa o abastecimento de água e a geração de energia elétrica através do barramento de drenagens superficiais (SZYMANSKI, 1999). Também existem exemplos de barragens de uso consorciado entre abastecimento e geração de energia, exemplo aplicado ao projeto original da barragem no arroio João Dias.

As etapas e projetos construtivos das barragens convencionais são diferentes da barragem de rejeitos, visto que são construídas em etapa única, pois carecem de um uso final pré-estabelecido e quantificado. O uso é determinado pela quantidade de água a ser acumulada, o tempo de retenção e a potência a ser gerada (LANÇAS *et al.*, 1988).

Nas Minas do Camaquã a barragem erguida no curso médio do arroio João Dias, chamada de barragem Água Limpa, foi construída no início dos anos de 1900 por belgas que mineravam Cobre e Ouro nas Minas do Camaquã. O projeto previa três turbinas de geração de energia elétrica e acumulação para o suprimento de água potável para 6.000 pessoas.

A capacidade do reservatório é de 720.000m³ de água. O barramento apresenta uma taipa de terra por maciço (Figura 22) com um comprimento de 238m e dois vertedouros de 10m de comprimento com secção retangular, soleira vertedora e escada dissipadora de energia (Figura 23).

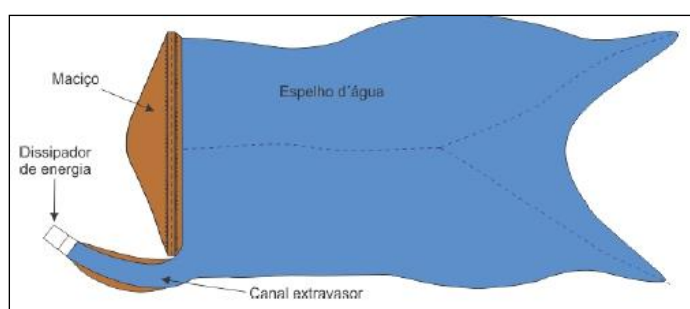


Figura 22: Modelo esquemático de taipa de terra por maciço.

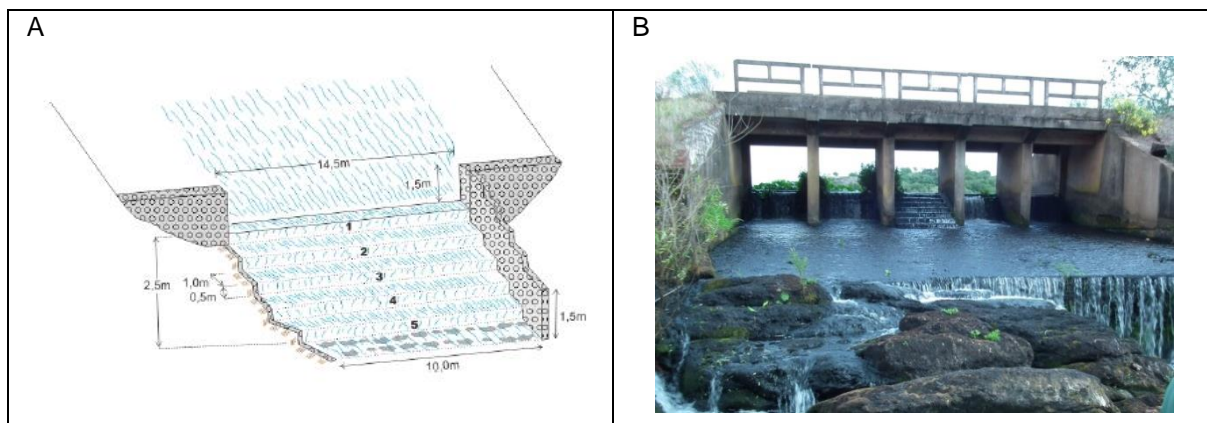


Figura 23: (A) Bloco diagrama demonstrando a soleira vertedora e a escada dissipadora de energia; (B) Soleira e escada dissipadora de energia na Barragem Água Limpa.

Esse tipo de barragem é entendido como uma Barreira Geoquímica porque segundo Alekseenko (1989), com o acúmulo da água poderão existir os seguintes tipos de alterações:

- Aumento das taxas de transpiração e/ou evapotranspiração, acarretando mudanças climáticas locais ou regionais;
- Aumento das taxas de sedimentação a montante em seus afluentes;

- Elevação do lençol freático, com hidromorfismo anômalo nos solos com mudanças nas trocas catiônicas;
- Alteração nos níveis de reprodução das comunidades macrófitas aquáticas, principalmente nas flutuantes;
- Influência nas características físicas e químicas e, conseqüentemente, na qualidade da água, entre outros;

Esse último tópico é o mais discutido na análise das Paisagens Geoquímicas, carecendo de uma avaliação mais profunda. Isso por que, com o barramento da água vai existir uma mudança na velocidade de seu deslocamento, elevando a temperatura da água nas camadas mais superficiais em relação a temperatura média do rio. Poderá ocorrer estratificação térmica e química, condicionando a seleção de seres típicos de faixas de determinados extratos.

Pode ocorrer também a eutrofização da água, com uma reação em cadeia, onde o resultado final é a quebra de equilíbrio ecológico, aumentando a produção de matéria orgânica em quantidade superior ao que o sistema é capaz de decompor. Essa alteração no equilíbrio ecológico é acompanhada de mudanças no metabolismo de todo o sistema (TUNDISI, 1988).

Resumidamente, a eutrofização acelera os processos metabólicos de um reservatório, causando um acentuado aumento, principalmente do Nitrogênio e do Fósforo. Esse fenômeno causa um aumento da biomassa de algas, macrófitas aquáticas e, conseqüentemente, o aumento da matéria orgânica nos sedimentos (TUNDISI, 1988).

Concomitante, a decomposição da matéria orgânica autóctone (*in situ*) ou alóctone (transportada) acarreta a eliminação parcial ou total do Oxigênio Dissolvido na água, o qual é consumido nas reações bioquímicas de estabilização da matéria biodegradável. Atividades microbianas como bactérias aeróbicas produzem reações oxidativas, afetando a vida aquática, podendo impossibilitar o desenvolvimento de peixes e outros seres aquáticos.

Mesmo que em alguns casos esses prejuízos apresentem temporariedade, uma vez que a quantidade de matéria orgânica inicial tende a diminuir, como consequência da própria estabilização biológica, o surgimento de compostos orgânicos secundários, além do gás sulfídrico e de outros compostos resultantes da atividade anaeróbica no leito da barragem, poderá ser a causa da impotabilidade

temporária ou causar prejuízos à vida aquática, principalmente aos peixes (ESTEVEES, 1988).

Com estas possíveis alterações causadas por barramentos em corpos d'água, vários autores recomendam a quantificação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) como parâmetro indicador das condições de poluição orgânica do meio. Este parâmetro é utilizado porque é possível avaliar os níveis de oxigênio disponíveis na água e, conseqüentemente, para a biota.

Na barragem Água Limpa foram construídas duas escadas dissipadoras de energia, que também funcionam como aeradores nos vertedouros. Essa escada aumenta a oxigenação da água, melhorando os níveis de Oxigênio Dissolvido disponíveis, pelo menos a jusante da barragem, mostrando assim a preocupação que os mineradores tinham com o ambiente há mais de 100 anos atrás.

4.3 Cortinas Verdes

As cortinas verdes são utilizadas como ferramentas de revegetação de áreas impactadas por agentes antropogênicos. Autores como Figueiredo (2000) classificam as cortinas verdes em dois grupos segundo seu objetivo:

- Tratamento Paisagístico;
- Tratamento de grandes áreas mineradas.

O tratamento paisagístico enfatiza o visual, o estético, objetivando a reconstrução na perspectiva da paisagem. Já o tratamento de grandes áreas mineradas busca reduzir os efeitos da erosão eólica e controlar a erosão por águas pluviais.

Na maioria das cortinas verdes, é realizado um consórcio de gramados com vegetação arbórea. Os gramados tem a função de retenção das partículas sólidas, evitando-se a poluição secundária do ar. A vegetação arbórea funciona como controlador da erosão, sendo uma barreira física ao transporte do material, proporcionando uma estrutura mais sólida ao solo, visto que o sistema radicular ancora o material particulado. Também diminui a velocidade de impacto da precipitação pluviométrica e eleva a porosidade da superfície, além de recompor a paisagem perturbada e reiniciar a cadeia de sucessão biológica (KOPEZINSKY, 2000).

Nas Minas do Camaquã no início dos anos 1980 a CBC foi notificada com termos de ajustamento de conduta impetrados pelo órgão ambiental competente, que solicitaram, inicialmente, a revegetação dos antigos depósitos de rejeito e estéril confeccionados entre 1890 e 1980.

Segundo informações verbais de ex-funcionários da CBC, nesses locais os trabalhos de recuperação começaram com a recomposição topográfica dos aterros de rejeitos e estéril, a cobertura com materiais argilosos neutros (em algumas áreas onde existe hidromorfismo), correção do pH e melhoria da fertilidade (inserção de solo orgânico com adição de Fósforo e Potássio). Basicamente o substrato utilizado é composto de 30% de terra argilosa, 30% de terra orgânica, 35% de composto bovino estabilizado e 5% de termofosfato (composto de Fósforo, Cálcio e Magnésio). Esse substrato além de servir de nutriente para as plantas, também apresenta a função de elevar o pH dos rejeitos que no momento da deposição é próximo de 2,0 (muito ácido) para patamares próximos a 4,0 (ácidos), similares a solos agricultáveis.

Sobre esse substrato foram plantadas mudas de *Pinus elliottii* com estágio de desenvolvimento de 6 meses (30 a 50cm), as quais apresentam atualmente uma idade variando entre 30 e 33 anos, diâmetro a altura do peito médio de 70cm e altura média de 7m (Figura 24). Pelo modelo de plantio, substrato e espécie utilizada, o crescimento foi rápido cumprindo com o seu papel: fixar o material particulado e melhorar o aspecto paisagístico.

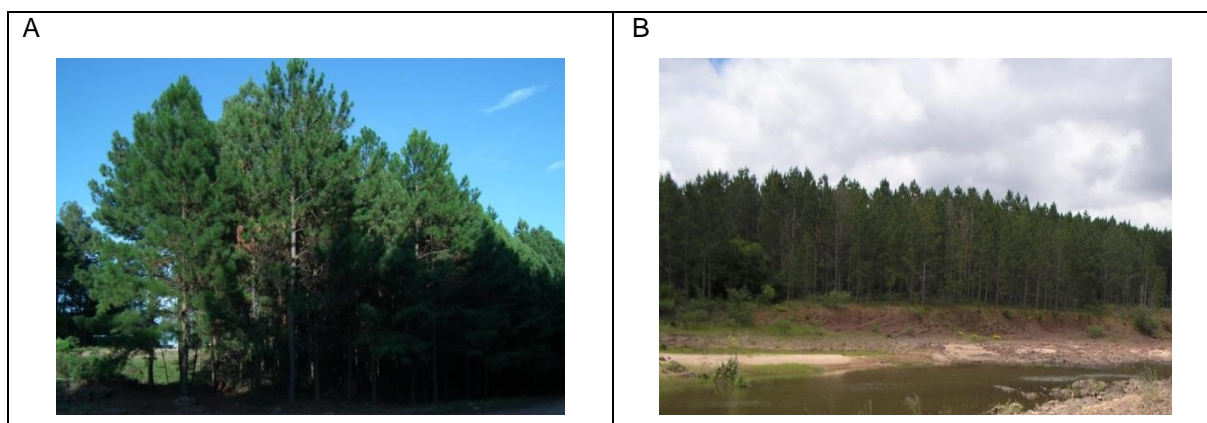


Figura 24: (A) Revegetação de depósito de estéril com *Pinus elliottii*; (B) Revegetação de depósito de rejeito com *Pinus elliottii*.

A partir de 1980 a CBC construiu uma barragem de rejeitos em um meandro do arroio João Dias. Essa barragem recebeu o maior volume de rejeitos de mineração das Minas do Camaquã. O volume de rejeitos medido é de 4.243.310m³,

ocupando uma área de 157,15ha. Com o fim da extração do minério e, conseqüentemente, o fim da deposição de rejeitos, a CBC começou o processo de revegetação em apenas 15ha, cerca de 9,55% da área total da barragem de rejeitos.

A espécie utilizada foi novamente o *Pinus elliottii*, sendo que o objetivo desta revegetação era apenas reter as partículas sólidas, evitando seu transporte pelo ar. A sistemática de plantio foi diferente dos outros depósitos de rejeito e estéril, sendo que apenas foi confeccionada uma cava cônica com diâmetro de 80cm e profundidade de 60cm, preenchida com solo orgânico para cada exemplar a ser plantado. Nesta sistemática não foi utilizado composto de correção de pH e nutricional, sendo que a planta não obteve desenvolvimento até sua maturidade. A planta se desenvolveu em um período de 18 anos (1996-2014) até uma estatura de 80cm e um diâmetro de 15cm (Figura 25A), estágio de vigor físico admitido para uma planta com 18 a 24 meses de desenvolvimento, ou seja, subdesenvolvida.

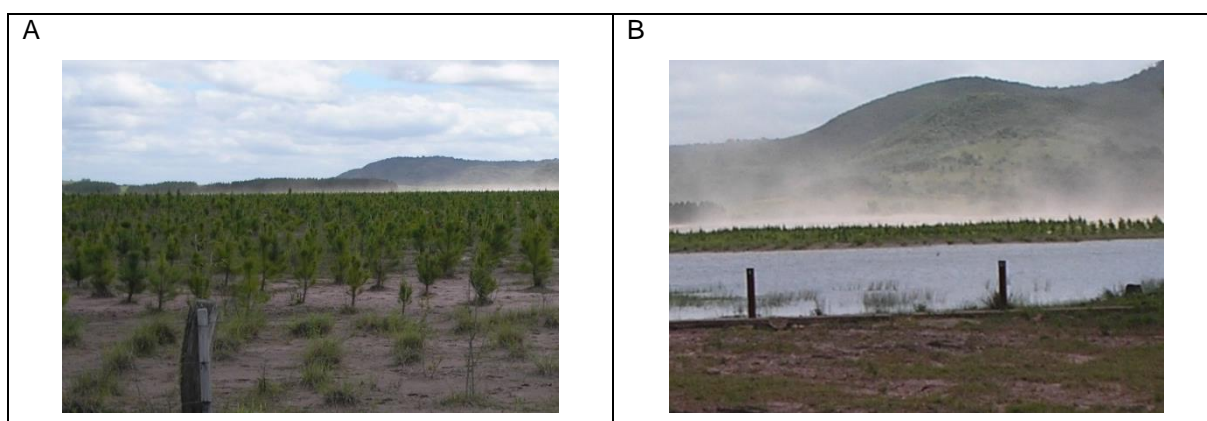


Figura 25: (A) *Pinus elliottii* subdesenvolvido sobre a barragem de rejeitos; (B) Rejeito mobilizado por corrente de ar.

Além do *Pinus elliottii* não ter se desenvolvido até a maturidade nessa área, mais de 90% da barragem de rejeitos ficou descoberta de cortina verde, o que acarreta o transporte frequente de rejeitos para a Vila das Minas do Camaquã (Figura 25B). Isto acontece porque a empresa entrou em processo de falência e a massa falida foi adquirida por outra empresa que não se responsabilizou pelo passivo ambiental.

Portanto, a cortina verde que deveria existir sobre a barragem de rejeitos não cumpre com sua funcionalidade, uma vez que apenas parte da área foi vegetada e a espécie utilizada encontra-se subdesenvolvida e alguns exemplares encontram-se em estágio de senescência.

4.4 Lineamentos Estruturais

Os lineamentos estruturais são conceituados por O'Leary *et al.* (1976) como feições mapeáveis na superfície terrestre, que podem ter forma linear, retilínea ou suavemente curvada, podendo ser simples ou composta. Conceito similar de lineamento é apresentado por Etchebehere *et al.* (2007), entendendo que são feições topográficas ou tonais observáveis nas imagens fotográficas, em formato linear que podem apresentar descontinuidades estruturais, assim como fraturas e ou falhas geológicas.

Perelman e Kasimov (1999) e Alekseenko (2003) utilizam os lineamentos, através de sua forma e tamanho para delimitar Barreiras Geoquímicas. Isto porque, as cristas são divisores morfológicos, também chamados de divisores de água. Já os fundos de vale ao contrário dos divisores de água, são captadores da água.

a) Lineamentos Estruturais de Crista

As cristas são importantes Barreiras Geoquímicas porque a precipitação é partilhada entre as faces da crista, ou seja, um divisor de águas, onde cada sentido de fluxo irá entrar em contato com suas peculiaridades geológicas, pedológicas, hidrogeológicas e biogeoquímicas (ALEKSEENKO, 2003). Na SbHAJD a densidade de cristas não é tão significativa quanto a dos fundos de vale, tendo em vista o predomínio de rochas sedimentares na área, que ao contrário das rochas ígneas e, principalmente, das metamórficas, morfológicamente tendem a formar platôs e domos. Nas rochas sedimentares as cristas são geralmente feições esculturais presentes em contatos estruturais, como basculamento de blocos por falha, cavalgamentos, entre outros (NUMMER, 1997).

Na SbHAJD a densidade de lineamentos de crista e fundos de vale é descrita por Toniolo *et al.* (2007) como estrutura secundária gerada pelo cisalhamento promovido pelas falhas principais NE-SW. Segundo o mesmo autor, os lineamentos são resultado de tensões tectônicas que atuaram com direção N-S no final do ciclo brasileiro.

No levantamento realizado na área de estudo, os lineamentos de crista estão presentes em quantidades menores que os de fundo de vale, em função das características do substrato litológico discutidas anteriormente. O comprimento total dos lineamentos de crista foi de 164.280,87m, onde os maiores comprimentos

apresentam direções N20E-N30E, N50W-N60W, N60W-N70W e N70W-N80W (Figura 26).

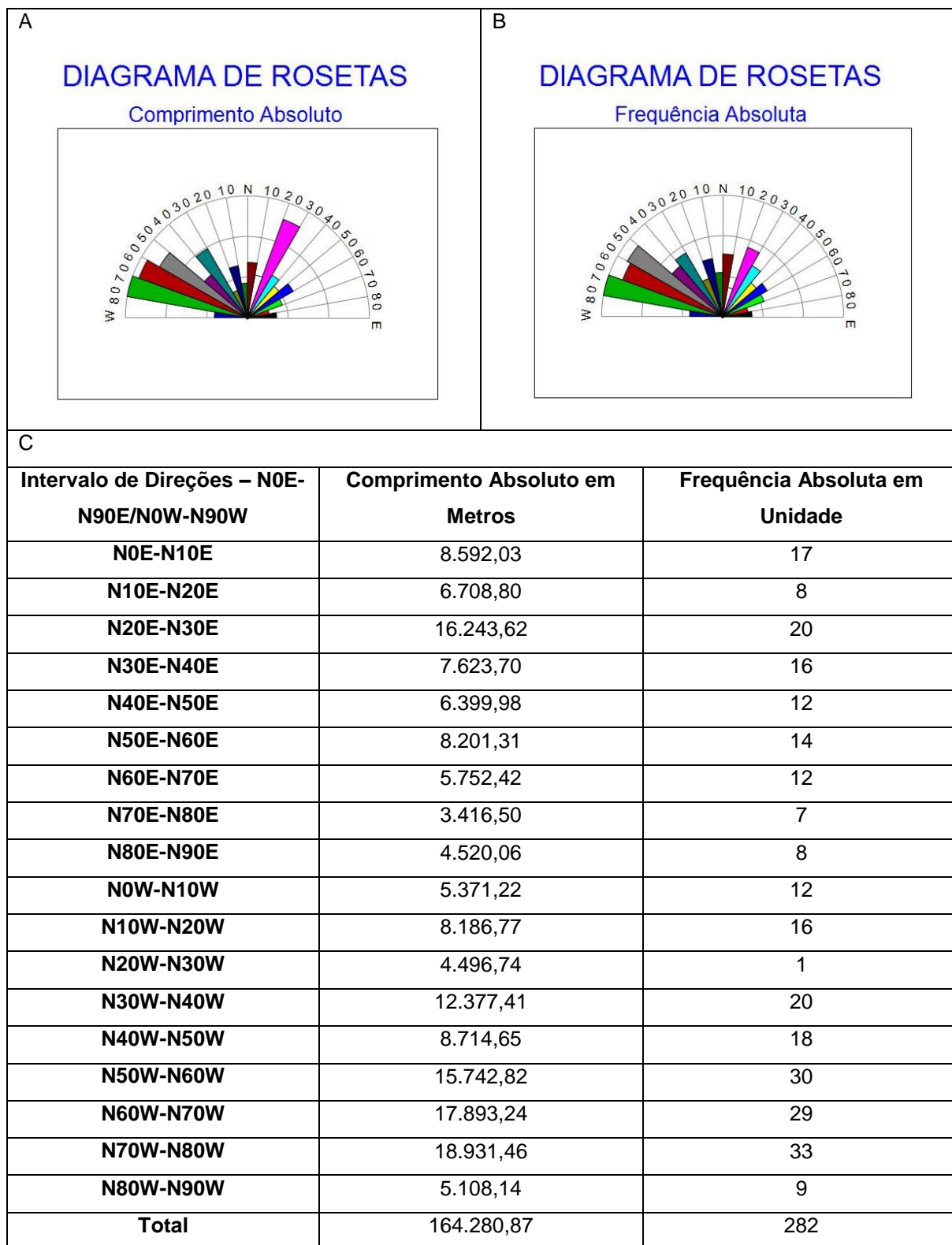


Figura 26: (A) Diagrama de roseta com o comprimento absoluto dos lineamentos de crista; (B) Diagrama de roseta da frequência absoluta dos lineamentos de crista; (C) Quantificação dos lineamentos de crista em seus comprimentos e frequências.

Importante salientar que o alinhamento de crista com maior comprimento unitário é o de direção N20E-N30E e segundo Troian (2009) foi gerado a partir dos esforços tectônicos que atuaram com direção N-S também no final do ciclo brasileiro. É uma zona de falhamento regional denominada de Falha Passo da Mina, a qual gerou uma sequência de basculamentos e conseqüentemente o divisor de águas oeste da Serra do Apertado.

As cristas de direção N50W a N80W são as dominantes em comprimento total e descritas por Toniolo *et al.* (2007) e Troian (2009) como pertencentes às estruturas regionais, principalmente da Falha do Cemitério, entendidas como zonas de cisalhamento de natureza rúptil-dúctil, com cinemática normal a oblíqua que promovem o abatimento de blocos para norte (BARROS, 2012). Esse sistema de falhamento é o responsável pelas mineralizações tanto na mina Uruguai quanto na São Luiz e é identificado pela sequência de cristas alinhadas.

Em frequência absoluta, ou seja, em quantidade de lineamentos, foram encontradas 282 cristas, sendo as de direção N50W a N80W as mais representativas (Figura 26). Isso porque, apesar de não exporem grandes extensões, são de elevada densidade localizada. Estudos como os de Nummer (1997) e Toniolo *et al.* (2007), indicam que as zonas de falhas e, conseqüentemente, os abatimentos dos blocos nestas direções foram gerados em locais com elevado número de eventos deformacionais.

4.5 Lineamentos Estruturais de Fundo de Vale

Analisando os lineamentos de fundo de vale da SbHAJD observa-se que a densidade é superior aos lineamentos de crista. Isto porque, a quantidade de vales entalhados é maior que a de cristas. Cabe salientar que os lineamentos de drenagem são atribuídos às zonas de falhas, onde a drenagem é encaixada na superfície estrutural mais frágil. Toniolo *et al.* (2007) entendem que o cisalhamento gerado no final do ciclo brasileiro de direção NE é de primeira ordem, ou seja, é resultado das tensões sobre a litologia de dimensões regionais. Já os lineamentos NW são em sua maioria de segunda ordem, ou seja, estruturas trativas⁷ locais

⁷ Estruturas trativas são feições estruturais causadas por cisalhamento simples com componente de extensão perpendicular à zona de falha principal ou de cisalhamento;

resultantes dos falhamentos principais. Sendo assim, na SbHAJD foram encontrados 689 lineamentos de fundo de vale, totalizando 396.031,63m de extensão (Figura 27).

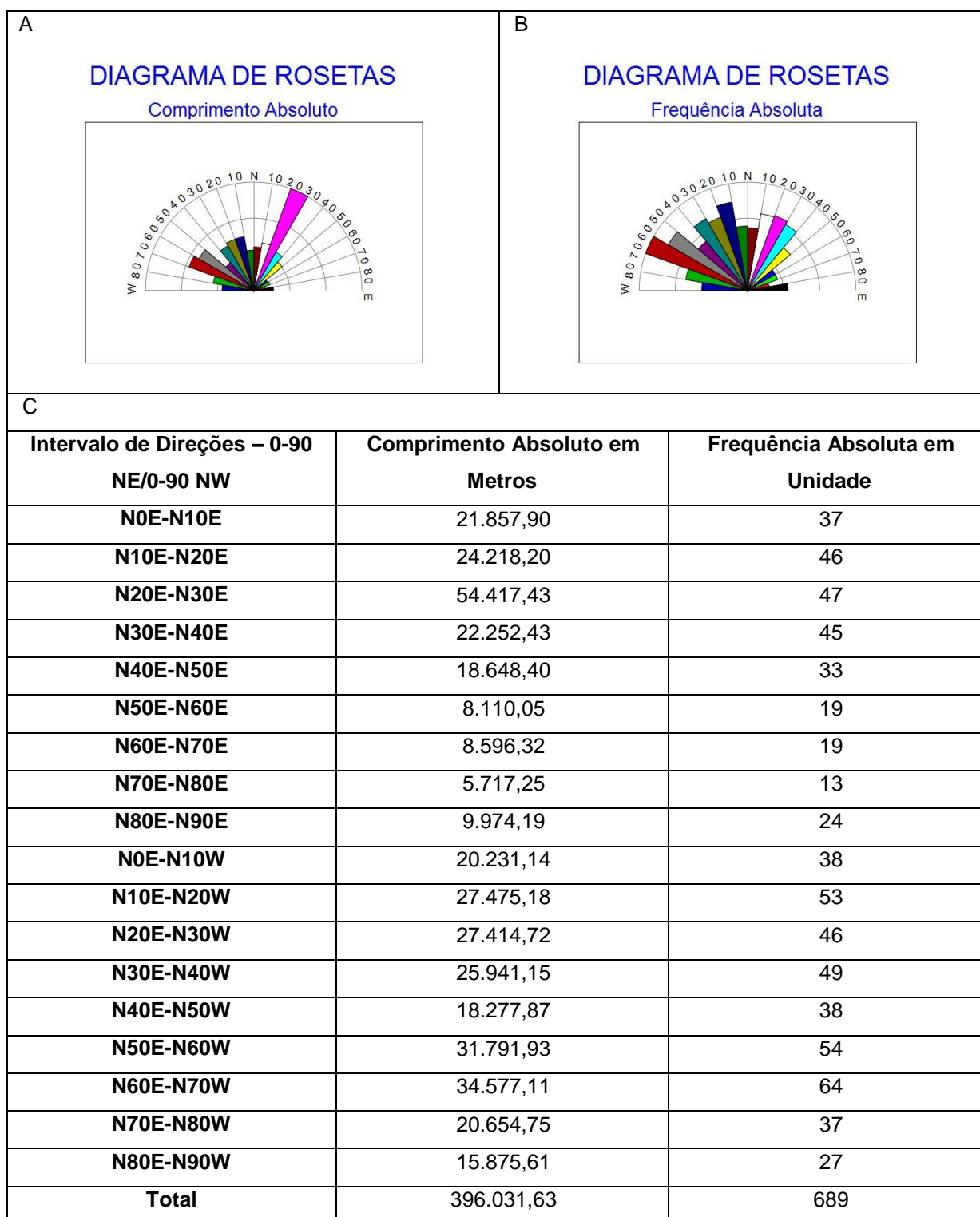


Figura 27: (A) Diagrama de roseta com o comprimento absoluto dos lineamentos de fundos de vale; (B) Diagrama de roseta da frequência absoluta dos lineamentos de fundos de vale; (C) Quantificação dos lineamentos de fundos de vale em seus comprimentos e frequências.

Em comprimento absoluto os lineamentos de direção N20E-N30E, associados a lineamentos de primeira ordem, são os mais importantes com 54.417,43m. Os lineamentos de segunda ordem ou locais são perpendiculares aos de primeira ordem e apresentam uma maior amplitude azimutal.

Em comprimento absoluto, os lineamentos de segunda ordem mais importantes são de direção N60W-N70W e N50W-N60W, sendo que a primeira direção descrita é a perpendicular aos lineamentos de fundo de vale de primeira ordem. Ou seja, são vales entalhados gerados por basculamentos de blocos e zonas de fragilidade litológica, visto o esforço estrutural causado por paleotensões.

Na análise da frequência absoluta fica exposta a difusão de lineamentos em todos os sentidos, sendo que nos de primeira ordem, as direções N10E-N40E estão presentes em maior número (Figura 27). Isto porque, as falhas Emiliano Tapera, da Represa e Passo da Mina, são expressivas e geram lineamentos paralelos de dimensão regional.

Os lineamentos de fundo de vale de direção N10W-N70W apresentaram uma alta frequência, sendo a maioria de segunda ordem, já que grande parte são perpendiculares aos falhamentos com vales encaixados de primeira ordem. A direção N60W-N70W é a única direção atrelada a um falhamento principal na direção NW. Esta se refere a Falha do Cemitério, a qual também apresenta uma série de vales paralelos à falha.

Realizado o levantamento das Barreiras Geoquímicas da SbHAJD pode-se tecer algumas considerações. Na escala de trabalho adotada, os trabalhos de campo são indispensáveis, pois a avaliação, extensão e compreensão de alguns fatores necessitam de conferência *in loco*. Exemplo disto é a avaliação das cotas dos vertedouros e estruturas das barragens, densidade da revegetação executada sobre rejeitos e estéril, influência dos lineamentos nas nascentes e drenagens, entre outros.

Constatou-se que a barragem de rejeito foi construída com o cuidado de se obter uma impermeabilização do substrato existente e rigidez da barreira de contenção, além do planejamento da cota de extravasamento do vertedouro. Também foi avaliada a dimensão e volume da barragem de abastecimento de água, além das estruturas criadas para diminuir o impacto do barramento de uma drenagem, onde uma obra de engenharia simples como a escada dissipadora de energia auxilia na diminuição da velocidade de fluxo e aeração da água.

As cortinas verdes foram inseridas em dois momentos, com resultados distintos, pois as espécies plantadas na década de 1980 apresentaram um bom desenvolvimento, próximo às cultivadas em solos orgânicos e ainda cumpriram com as funções de recomposição paisagística e fixação de material particulado. Já as cortinas verdes plantadas após o encerramento das atividades em 1996, não tiveram os mesmos resultados, visto que não foram aplicados compostos orgânicos e de correção de pH, o que prejudicou o desenvolvimento das plantas. Com esse desenvolvimento incipiente, a cortina verde da barragem de rejeitos não cumpriu com o seu propósito, que era impedir a mobilização de rejeitos por transporte aéreo.

Por fim a análise dos lineamentos estruturais permitiu o levantamento e classificação das barragens geoquímicas naturais. O levantamento demonstrou que os lineamentos de fundo de vale estão presentes em maior quantidade em relação aos de cristas topográficas. Já os maiores comprimentos de lineamentos tanto de crista quanto de fundos de vale são de direção NE, mais precisamente N20E-N30E, demonstrando o caráter regional destas estruturas. Em frequência os lineamentos de crista de direção N50W-N80W são dominantes com sistemas regionais. Já a frequência de lineamentos de fundo de vale é mais difusa, variando principalmente de N10W-N70W, sendo estruturas perpendiculares aos falhamentos principais e geradas por eventos trativos, principalmente por cisalhamento.

A partir do levantamento das Barreiras Geoquímicas discutido acima, pode-se tecer considerações sobre a migração de elementos químicos, como poluentes orgânicos e inorgânicos, mobilização de material particulado, densidade e dimensão de interflúvios. Estes dados consistem em ferramentas para compreender as taxas de desenvolvimento da vegetação, dos constituintes químicos das águas superficiais, entre outros, permitindo assim inferir a origem de elementos químicos e os possíveis locais de contribuição.

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Os fatores climáticos auxiliam na renovação das águas e são elementos fundamentais para integrar o ciclo hidrológico e o balanço hídrico (HANSEN, 2001). Eles possibilitam estimar as vazões máximas e mínimas dos cursos de água, prevendo a capacidade de dispersão dos agentes poluidores e a demanda para o abastecimento e a irrigação. Portanto, o estudo dos aspectos climáticos torna-se um fator preponderante na compreensão das dinâmicas do ambiente.

A posição geográfica da região Sul na faixa das latitudes médias e a presença a leste do oceano Atlântico, contribuem no condicionamento climático regional.

“A posição latitudinal da região Sul propicia intensa insolação e evaporação, além de forte concentração de núcleos de condensação. Assim, ocorre a contribuição no acréscimo de chuvas em seu território, sempre que esta região é atingida por frentes frias e outros importantes fenômenos de ascendência dinâmica do ar” (NIMER, 1990, p. 152).

Conforme as considerações anteriores, o clima da SbHAJD, segundo a classificação de Koeppen, é do tipo mesotérmico subtropical, com períodos de temperado, sendo melhor detalhado a seguir com base nos dados da Embrapa (2013).

Deve-se salientar que os dados climáticos foram avaliados através da série temporal que começou a ser registrada em 1931 até 2014, através de médias com intervalos de 10 anos, chamados de decêndios. Esta série temporal serviu de base para comparação dos dados mensais do intervalo de fevereiro de 2012 a janeiro de 2014 (normais), período no qual foram realizadas as amostragens de campo, tanto de biomassa (outubro de 2012 e de 2013), quanto limnológicas (janeiro de 2014).

5.1 Temperatura

Entre 1931 a 2013, as temperaturas médias mensais, a partir dos decêndios, conforme dados da EMBRAPA (2013), para a região de Caçapava do Sul, foram:

- média anual de 16,9°C
- média das máximas de 22,5°C
- média das mínimas de 12,2°C
- amplitude térmica anual de 10,3°C.

Deve-se salientar a significativa variação de temperatura (Figura 28) e condições meteorológicas, pois a região encontra-se numa faixa limítrofe entre a influência das massas de ar tropical e as massas de ar polar, com alternância, muitas vezes semanal, de frentes frias e frentes quentes (HANSEN, 2001).

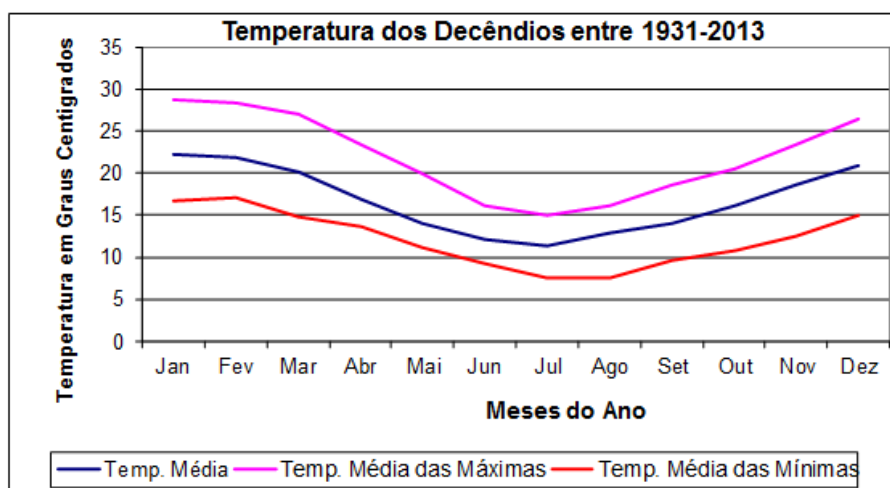


Figura 28: Temperaturas médias mensais a partir dos decêndios relativos ao período de 1931 a 2013.

Fonte: Embrapa (2014).

De acordo com o gráfico, pode se afirmar que as estações são bem definidas, com amplitudes médias de 7,3 graus entre as estações frias, quentes e meia estações. Este padrão climático já foi encontrado para outras regiões do ESRG e considerado o clima típico desta parte do estado do RS (NIMER, 1990).

A partir dos decêndios e a comparação com os dados climáticos do período de realização dos trabalhos de campo (Figura 29), foi possível constatar que entre fevereiro de 2012 e janeiro de 2014 não houveram eventos climáticos extremos que pudessem interferir nas amostragens.

Observa-se que na primeira amostragem de biomassa ocorrida no mês de outubro de 2012, a curva das normais desenvolvida desde fevereiro do mesmo ano

acompanhou a curva dos decêndios. Houve apenas um pequeno aumento médio de 1,7 graus na série comparável deste mês de amostragem, o que segundo Nimer (1990) está dentro das oscilações climáticas normais. Importante salientar que o mês de agosto de 2012 apresentou um aumento de 5,2 graus na média das temperaturas máximas das normais em relação aos decêndios, o que segundo Girardi-Deiro (1999), não afeta a biomassa, por ser uma amplitude discrepante média relacionada a um intervalo curto de tempo.

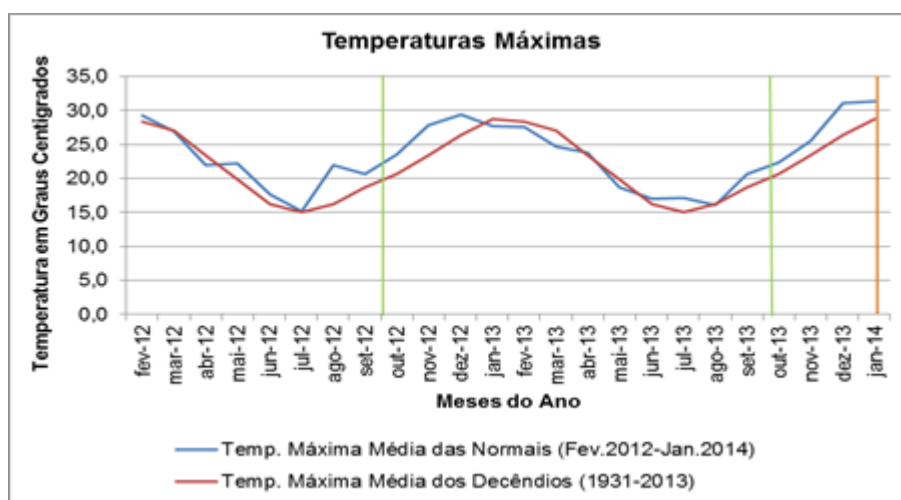


Figura 29: Comparação entre as temperaturas máximas dos decêndios e as normais dos períodos das amostragens de campo (vertical em verde – biomassa, vertical em laranja – limnológica).

Fonte: Embrapa (2014).

Na repetição da amostragem de biomassa em outubro de 2013, a amplitude entre a série dos decêndios e as normais, foi ainda menor, de 1,3 graus. Isso mostra que a série de amostragem de produção de biomassa não foi afetada por alternâncias de temperatura e, conseqüentemente, eventos extremos na variável temperaturas máximas.

Em dezembro de 2013, as temperaturas máximas foram 4,2 graus acima da média. As temperaturas bateram recordes de mais de 30 anos no RS e não foi diferente na SbHAJD, sendo que o mês subsequente apresentou temperaturas próximas as médias dos decêndios, o que foi suficiente para normalizar a série e não interferir nos parâmetros das coletas de água no final de janeiro de 2014.

Nas temperaturas médias (Figura 30), observa-se um novo aumento da temperatura em outubro de 2012, 1,8 graus acima dos decêndios e em outubro de 2013 um acréscimo de 0,8 graus. Conforme dito anteriormente, esse aumento não impactou significativamente na produção de biomassa, visto que não ocorreu

nenhum evento extremo. Em dezembro de 2013, as médias subiram pelos sucessivos dias de elevadas temperaturas, retornando a valores normais em janeiro de 2014. Segundo Hansen (2001) essa condição não influencia nos resultados das análises das amostras de água, visto que os 30 dias subsequentes foram suficientes para o ajuste dos parâmetros ambientais, como dito anteriormente.

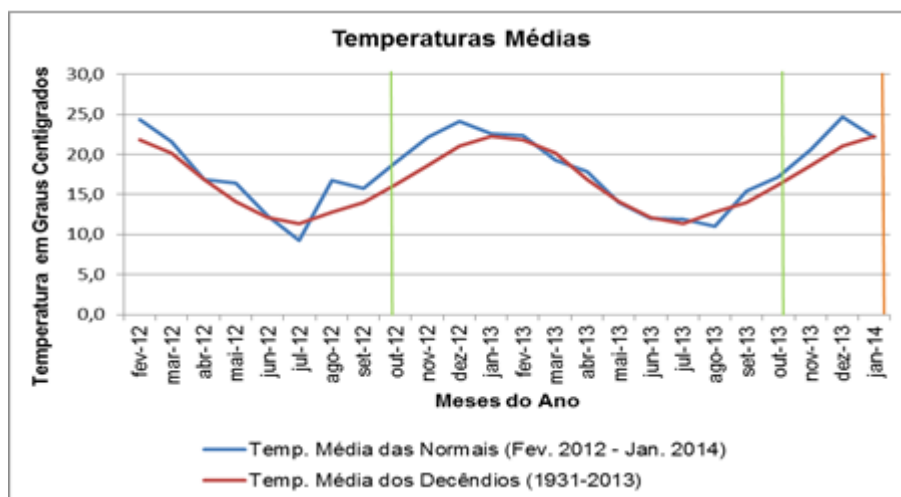


Figura 30: Comparação entre as temperaturas médias dos decêndios e as normais dos períodos das amostragens de campo (vertical em verde – biomassa, vertical em laranja – limnológica).

Fonte: Embrapa (2014).

As temperaturas médias mínimas das normais também apresentaram um pequeno aumento comparando-se com os decêndios (Figura 31). A maior diferença entre as duas séries aconteceu no mês de agosto de 2012, assim como ocorreu com as temperaturas máximas e médias. No mês de outubro de 2012 a amplitude entre as normais e os decêndios foi de 1,9 graus e em outubro de 2013 foi de 0,9 graus. Já em janeiro de 2014, a normal apresentou a mesma média mínima dos decêndios, pois a normalização da temperatura ocorreu após os eventos de calor registrados em dezembro de 2013.

Assim, pode-se afirmar que durante o período de amostragem de campo houve períodos de altas temperaturas se comparadas com as dos decêndios. Porém, isso não afetou as amostras de biomassa e água, já que houve tempo suficiente para o retorno às condições normais das variáveis, pois as coletas respeitaram o interstício de 30 dias em relação ao evento extremo.

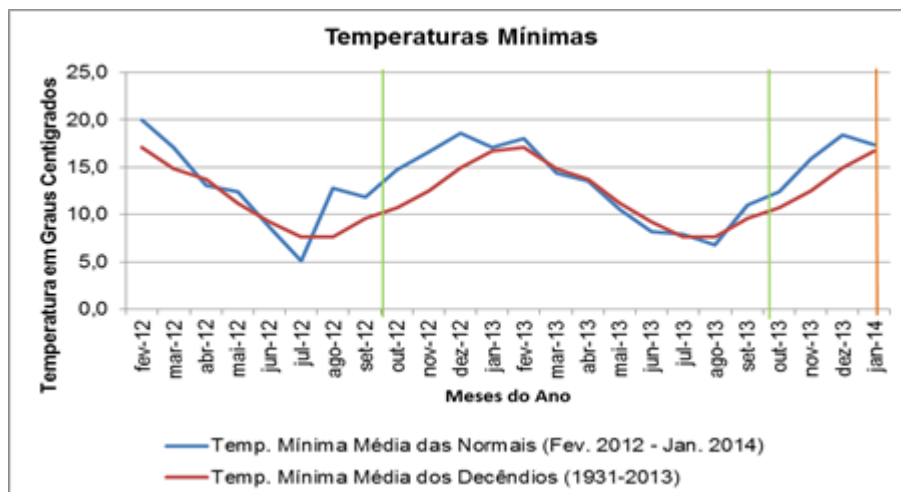


Figura 31: Comparação entre as temperaturas mínimas dos decênios e as normais dos períodos das amostragens de campo (vertical em verde – biomassa, vertical em laranja – limnológica).

Fonte: Embrapa (2014).

5.2 Precipitação Pluvial

Na SbHAJD os dias chuvosos variam em função das estações do ano. As médias de circulação atmosférica ou isoietas, apresentam precipitações oscilações entre 1.100 mm a 1.300 mm anualmente, com média mensal de 108 mm. O mês com a menor precipitação é julho, com média nos decênios de 84 mm, e a maior precipitação corresponde ao mês de dezembro com média de 129 mm.

Na comparação dos decênios com as normais (Figura 32), percebe-se discrepâncias na quantidade de precipitação, principalmente nos meses de maio de 2012 e março de 2013, com redução de até 66 mm. No mês de setembro de 2012 e janeiro e maio de 2013, as precipitações foram até 62 mm acima da média. Apesar destes valores serem elevados para a média destes meses, tanto no déficit quanto no superávit de chuvas, houve no mínimo um mês de intervalo entre os meses extremos e os de coleta de campo para a normalização do regime de chuvas, não interferindo nos fatores avaliados.

No geral, a precipitação pluvial entre 2012 e 2013 acompanhou a série dos decênios, com alguns eventos extremos diários que aumentaram o intervalo das curvas dos decênios, sendo que esta amplitude pode ser considerada normal.

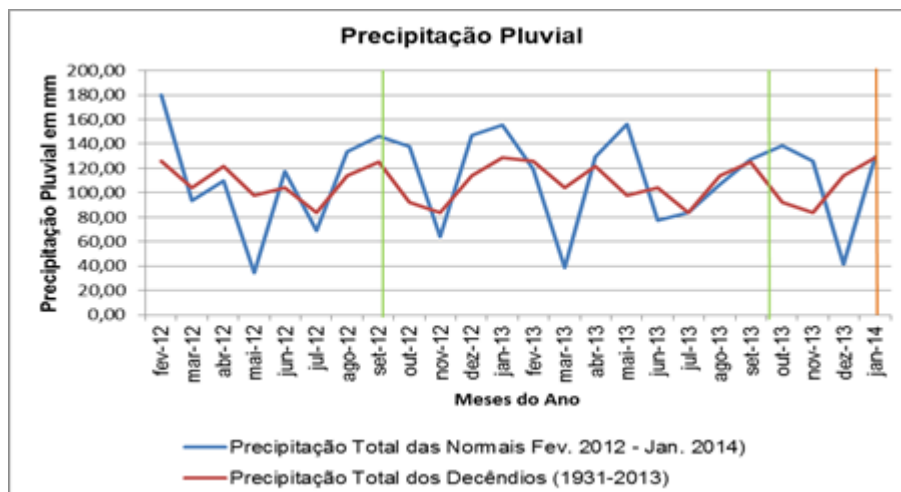


Figura 32: Comparação entre a precipitação pluvial dos decêndios e as normais dos períodos das amostragens de campo (vertical em verde – biomassa, vertical em laranja – limnológica).

Fonte: Embrapa (2014).

Com relação aos eventos extremos de pluviosidade, avalia-se que estes não ocorreram ou tiveram intensidade reduzida, visto que de fevereiro de 2012 a janeiro de 2014 não ocorreram chuvas diárias com mais de 100 mm. Corrobora para esta afirmação o número de dias com chuva neste período (Figura 33), o qual é compatível com a curva de dias de precipitação dos decêndios. A média simples dos decêndios é de 8,7 dias de chuva por mês, o mesmo valor encontrado para a série das normais.

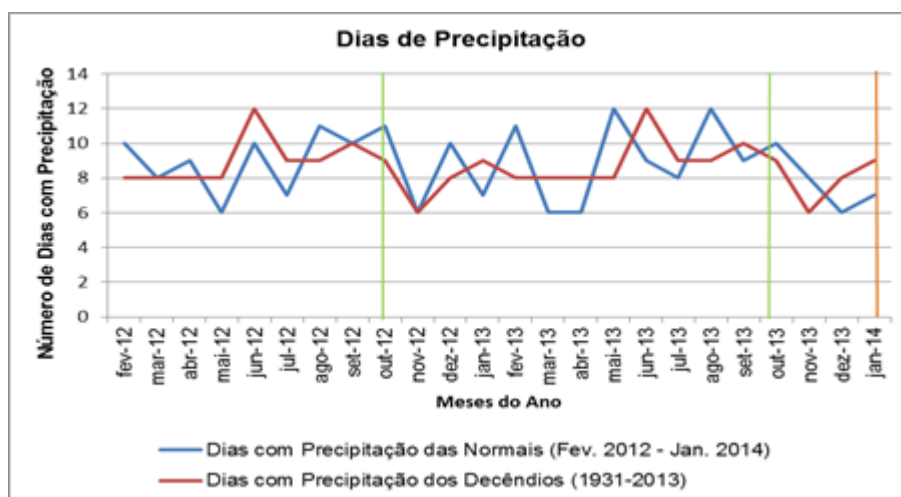


Figura 33: Comparação entre os dias de chuva dos decêndios e as normais dos períodos das amostragens de campo (vertical em verde – biomassa, vertical em laranja – limnológica).

Fonte: Embrapa (2014).

A média do desvio padrão da curva de dias de chuva foi de 2,1, ou seja, entre a série dos decêndios e das normais a quantidade de dias de chuva média foi de 2,1 dias para mais ou para menos. Cabe salientar que nos meses de janeiro e maio de 2013 houve redução no número de dias de chuva. Mesmo assim, a pluviosidade aumentou significativamente em relação aos decêndios devido a dois eventos pluviométricos intensos. Em janeiro de 2013 choveu, em apenas um dia, 82 mm e em maio do mesmo ano 84 mm, o que elevou os totais pluviométricos destes meses.

Sendo assim, observa-se que o regime de chuvas é bem distribuído durante o ano, com índices de pluviosidade maiores nos meses de verão e com redução principalmente no inverno.

5.3 Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar apresentou variações nos decêndios de 72% a 85%, com média simples situada em 80%. Ela, associada à intensidade dos ventos, exercem influência sobre a sensação térmica.

Os nevoeiros são mais frequentes nos meses de abril a agosto, onde naturalmente a umidade do ar apresenta taxas mais elevadas. As geadas, no inverno, são comuns e relacionam-se, predominantemente, às porções de relevo de maior amplitude topográfica, as quais tornam-se mais úmidas nestes meses.

Comparando-se a série das normais com a dos decêndios (Figura 34), pode-se observar que de fevereiro de 2012 a janeiro de 2014 a umidade apresentou uma redução média de 4,9%.

Nos meses da amostragem de biomassa, setembro de 2012 e 2013, a redução foi de 6,21% e 6,8% respectivamente, em relação aos decêndios. O principal fator que influenciou negativamente na umidade relativa do ar foi a redução dos dias de chuva.

No mês de janeiro de 2014, quando foi realizada a amostragem limnológica, a umidade relativa do ar foi próxima a do mês de janeiro da série dos decêndios. Nos decêndios a umidade média histórica foi de 75% e a normal em janeiro foi de 69,14%. Amplitudes médias de até 10% na umidade relativa do ar são consideradas normais por Nimer (1990), visto que eventos climáticos continentais agem na maior parte do estado do RS.

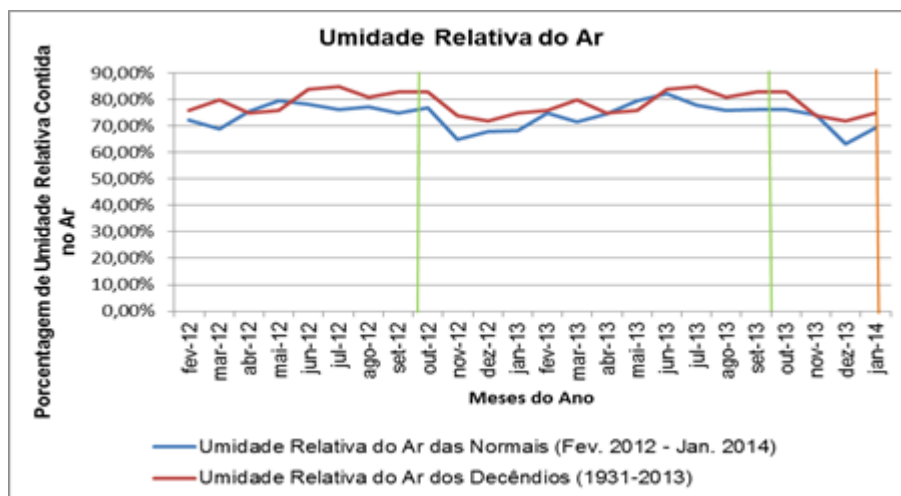


Figura 34: Comparação entre as porcentagens de umidade relativa do ar dos decênios e as normais dos períodos das amostragens de campo (vertical em verde – biomassa, vertical em laranja – limnológica).

Fonte: Embrapa (2014).

5.4 Radiação Solar

A radiação solar registrada é composta pela porção da radiação eletromagnética emitida pelo Sol que interage com a superfície da Terra. Do total de incidência, 30% a 40% retorna para o espaço pelo fenômeno do albedo solar. O resto da energia é registrada e quantificada pela unidade caloria-grama (*cal*) (VIANELLO e ALVES, 2001).

Apenas no mês de dezembro de 2013 houve discrepância significativa em relação às séries históricas. Esse mês apresentou uma incidência de radiação solar de $680 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ e a média para dezembro é de $512 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. Apesar disso, o valor acompanhou a média dos decênios do RS que é de $680,97 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ (Figura 35).

Pode-se também observar na figura 35, que a região de Caçapava do Sul apresenta uma média de índice de radiação solar inferior ao restante do RS. A topografia acidentada e consistência das altas camadas da atmosfera são fatores preponderantes nesse índice (VIANELLO e ALVES, 2001).

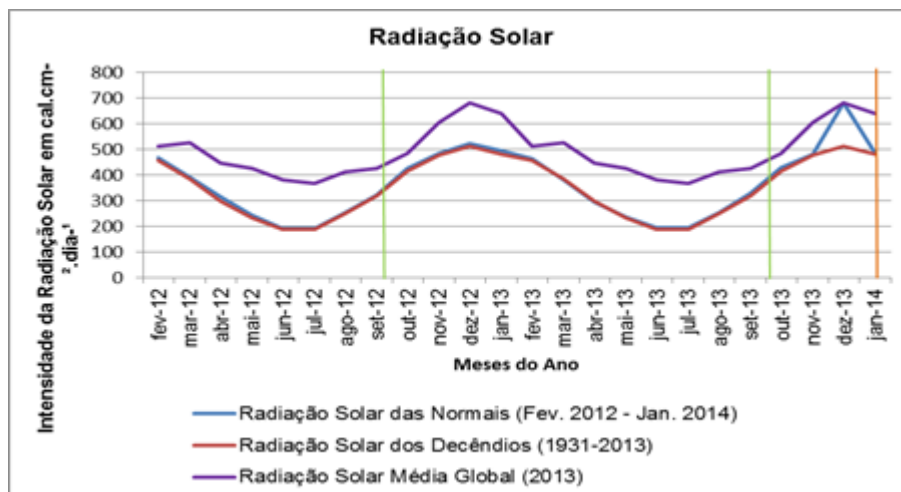


Figura 35: Comparação entre o índice de radiação solar dos decêndios, das normais e das médias do RS, para os períodos das amostragens de campo (vertical em verde – biomassa, vertical em laranja – limnológica).

Fonte: Embrapa (2014).

5.5 Insolação

A insolação média dos decêndios foi de 209 horas/mês e as normais foram de 214 horas/mês (Figura 36). Valor pouco superior às séries históricas, mas considerado normal para o período comparativo, pois a amplitude foi de apenas 1,9%.

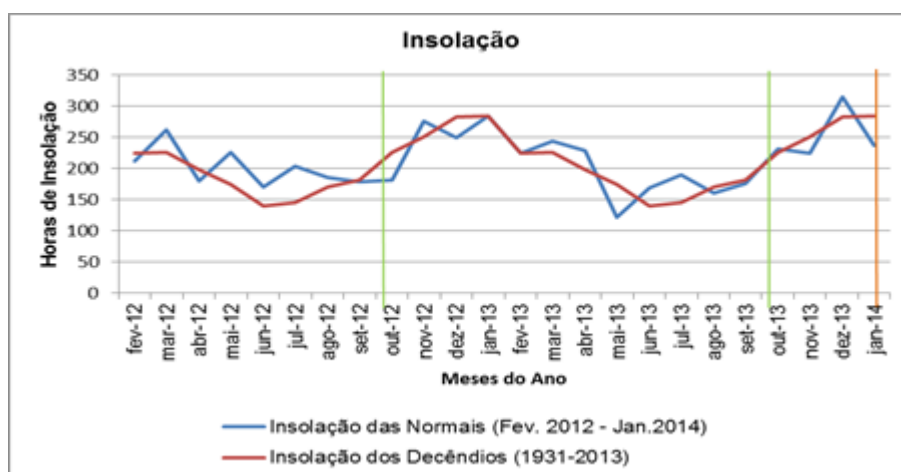


Figura 36: Comparação entre as horas de insolação dos decêndios e das normais para os períodos das amostragens de campo (vertical em verde – biomassa, vertical em laranja – limnológica).

Fonte: Embrapa (2014).

Os meses com maior número de horas de insolação são dezembro e janeiro, sendo que dezembro de 2013 apresentou o maior valor com 314,8 horas, visto o evento atípico acontecido neste mês e já discutido anteriormente. Os meses com a

menor insolação na análise dos decêndios são junho e julho, sendo que maio de 2013 foi o mês das normais que apresentou o menor valor, 122,6 horas. No resto dos meses das normais em comparação com os decêndios os valores foram pouco discrepantes e considerados normais para a série histórica.

Com base no levantamento realizado dos decêndios e das normais dos dados de temperatura, precipitação pluviométrica, dias com precipitação, umidade relativa do ar, radiação incidente e horas de insolação, podem-se tecer algumas considerações. Entre fevereiro de 2012 e janeiro de 2014, o evento climático mais extremo na série aconteceu no mês de dezembro de 2013. Houveram vários dias com altas temperaturas e elevados índices de radiação solar. Este cenário levou a um baixo índice pluviométrico e também de umidade relativa. Esse padrão se normalizou nos primeiros dias do mês de janeiro de 2014.

O acompanhamento dos índices das normais e a comparação com a série histórica, ou seja, os dados de 1931 a 2013 calculados com médias a cada dez anos, permitiu decidir os melhores períodos para o levantamento de campo, tanto de biomassa quanto da qualidade da água. Conforme a metodologia da Geoquímica da Paisagem de Perelman e Kasimov (1999), as amostragens de biomassa devem ser realizadas na estação clímax da produção da flora, ou seja, na primavera. As amostras limnológicas também devem ser feitas nesse período, pois em geral, esta estação apresenta condições climáticas amenas em grande parte do planeta.

Com base nesses fundamentos teóricos, considera-se que as amostragens foram realizadas nos períodos climáticos ideais, pois a biomassa foi amostrada no início da primavera, quando a maioria dos fatores climáticos das normais apresentavam taxas compatíveis com os decêndios. No acompanhamento do mês de dezembro de 2013 observaram-se elevadas taxas de insolação e temperatura, o que levou a adiar o campo até a normalização dos índices climáticos. Estes alcançaram a curva normal dos decêndios na metade do mês de janeiro de 2014, conduzindo as amostragens para o final deste mês.

Desse modo, o levantamento e acompanhamento dos dados climáticos serviram para a seleção dos melhores períodos para as amostragens de campo, diminuindo assim as possibilidades de alterações nos resultados da quantificação da biomassa e qualidade da água.

CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS

6.1 Solos da SbHAJD

Na concepção de Polynov (1915, 1956) e Perelman e Kasimov (1999), o solo é o fator mais importante na mobilidade geoquímica e reflexo das dinâmicas Geossistêmicas. Consiste no resultado inorgânico do intemperismo da rocha concomitante com as ações climáticas, aliados aos agentes biológicos. Isso resulta na construção de uma matriz com parte orgânica e inorgânica, onde se desenvolvem trocas de matéria e energia.

De acordo com a Embrapa (1999, p. 5), o solo é

“(...) uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem”.

Palmieri e Larach (2004, p. 66) apresentam uma definição de solo semelhante a anterior: “(...) um conjunto de corpos naturais tridimensionais, resultante da ação integrada do clima e organismos sobre o material de origem, condicionado pelo relevo em diferentes períodos de tempo (...)”.

Conceito complementar ao de solo é o de material orgânico, o qual segundo o IBGE (2007, p. 87):

“É aquele constituído por materiais orgânicos, originários de resíduos vegetais em diferentes estágios de decomposição, fragmentos de carvão finamente divididos, substâncias húmicas, biomassa meso e microbiana e outros compostos orgânicos naturalmente presentes no solo, que podem estar associados à material mineral em proporções variáveis.”

6.2 Origem dos Solos

A crosta terrestre, nas camadas superficiais do planeta Terra, apresenta como principais componentes químicos o Silício e o Alumínio, conhecidos também como Sial. Juntamente com o Oxigênio e o Ferro, estes quatro elementos são responsáveis por 87% da composição química desta camada (BETEJTIN, 1977). Outros elementos apresentam importância quantitativa na composição da crosta e conseqüentemente, na geração dos diferentes tipos de solos do planeta, sendo eles o Cálcio, Magnésio, Potássio, Sódio e Ferro. Desse modo, eles consistem nos principais elementos químicos considerados para classificar os solos da área de estudo.

O solo é o resultado da interação de materiais inorgânico e orgânicos, onde o primeiro é originado pelo intemperismo do substrato rochoso e o segundo determinado pelas dinâmicas dos seres vivos (LEPSCH, 1982). A determinação individual de cada componente dos fatores orgânicos é uma tarefa quase impossível e que não está contemplada nos objetivos desta pesquisa e por isso foram pormenorizados. Mas como as Paisagens Geoquímicas são dependentes das migrações químicas desenvolvidas nos horizontes do solo e principalmente os resultados pedológicos do substrato rochoso, os constituintes inorgânicos devem ser avaliados com maior detalhe.

Cabe destacar que o entendimento dos constituintes químicos passa pela avaliação dos minerais primários (minerais que sofreram alterações após cristalização) e secundários (minerais resultantes da desagregação e precipitação dos primários). Os minerais primários preponderantes na área de estudo são o quartzo, feldspato, piroxênio, mica e olivina.

O quartzo é parte constituinte das rochas sedimentares, principalmente dos arenitos e também dos fragmentos de granitoides e, portanto aparece na maior parte da área de estudo.

Os feldspatos classificam-se em alcalinos (Potássio-Sódicos) quando existem variâncias nas quantidades de Potássio e Sódio e em plagioclásio (calco-sódico) quando há uma mistura de Cálcio e Sódio em quantidades variáveis. O feldspato origina-se principalmente dos fragmentos de granitoides presentes nos conglomerados da área de estudo.

O piroxênio é um mineral ferro-magnesiano presente principalmente nos basaltos do Membro Rodeio Velho. Apresenta constituição química baseada no Ferro, Magnésio e Cálcio, sendo importante para a pedogênese, principalmente dos Chernossolos.

As micas são minerais compostos por Alumínio, silício e oxigênio, que por substituição isomórfica (substituição de átomo central por outro, sem modificação da estrutura) libera o Alumínio no processo inicial de intemperismo, sendo uma importante fonte deste elemento químico. Como as micas são silicatos hidratados de Alumínio, podem estar associadas a outros elementos como o Potássio e Sódio ou Ferro e Magnésio, e em quantidades menores ao cromo e lítio. Elas são importantes na pedogênese de solos formados a partir de rochas eruptivas e conglomerados com clastos da mesma litologia.

Por fim, as olivinas são responsáveis por adicionar Magnésio e Ferro em vários tipos de solos, também originados principalmente dos basaltos do Membro Rodeio Velho.

Já os minerais secundários são representados principalmente pelos vários tipos de argilas, como bilaminares 1:1, trilaminares 2:1 e tetralaminares 2:2. Essa classe de minerais é baseada nas quantidades de Alumínio e Silício, sendo o primeiro elemento o responsável na maioria da classificação das argilas. Quando esses minerais apresentam a capacidade de se expandir existe uma substituição do Alumínio pelo Magnésio, sendo assim possível a classificação dos vários tipos de solos saturados de argila (IBGE, 2003).

Para a classificação dos solos da SbHAD, Hansen e Fensterseifer (1999) realizaram 45 perfis com amostras para a análise química dos constituintes (Tabela 3). A partir dessas análises químicas podem ser feitas algumas considerações sobre a gênese e proveniência pedológica da área de estudo.

É evidente que elementos químicos como o Fósforo, Potássio, Alumínio, Magnésio, Sódio, Zinco, Cobre, Ferro, Cálcio e os elementos resultantes principais como argilas e bases são dependentes da matriz litológica local e dos materiais transportados, principalmente pela ação hídrica. A análise desses elementos e de seus teores é ferramenta de suma importância para a classificação dos solos.

Tabela 3: Amostras químicas dos solos da SbHAJD.

Coord. X	Coord. Y	Ponto	Solo	Argila (%)	Classe	pH	SMP (mg/L)	P (mg/L)	K (mg/L)	M.O. (%)	Al (cmolc/L)	Ca (cmolc/L)	Mg (cmolc/L)	H+Al (cmolc/L)	CTC (cmolc/L)	Bases% (CTC)	Al (%) (CTC)	S (mg/L)	Zn (mg/L)	Cu (mg/L)	B (mg/L)	Mn (mg/L)	Fe (%)	Cl (mg/L)
272433	6576606	1	RU	10	4	5	6,1	3	50	1,6	1	1,7	0,5	3,3	5,8	44	17,2	4	0,4	0,3	0,4	16	0,05	5
271581	6577239	2	SG	23	4	4,9	5,5	3	130	1,7	1,6	1,7	0,5	5,6	8	30,2	19,9	6	0,2	0,4	0,4	1	0,19	5
268330	6578534	3	RU	11	4	4,6	5,8	4	157	1,8	1,4	1,1	0,5	4,3	6	29,0	23,2	7	0,4	0,1	0,3	13	0,05	6
263406	6573096	4	SG	14	4	4,6	6,2	4	150	1,3	0,7	1,2	0,5	3	5,1	41,2	13,8	6	0,7	0,2	0,2	32	0,07	5
263534	6575280	5	SG	17	4	4,7	5,8	5	119	1,9	1,5	1,6	0,7	4,3	6,9	37,9	21,7	10	0,6	0,4	0,4	20	0,07	6
269553	6571062	6	PVA	15	4	5,2	6	50	144	3,4	0,2	1,6	1,1	3,6	9,8	63,7	2,0	9	35,5	1,7	0,4	23	0,09	8
269987	6572086	7	PVA	14	4	4,8	5,8	50	84	2,2	0,8	3	0,9	4,3	8,4	63,7	9,5	7	2,5	0,5	0,4	27	0,09	4
270180	6573261	8	PVA	16	4	4,6	5,6	3	85	1,1	2,4	0,6	0,2	5,1	6,1	16,6	39,0	8	0,2	0,1	0,3	11	0,06	3
271355	6576651	9	ARRL	18	4	4,6	5,6	3	72	3,2	2,6	1,4	0,3	5,1	9,2	16,6	28,2	9	0,4	0,2	0,3	6	0,36	6
270180	6578519	10	SG	23	4	4,6	5,5	4	60	1,8	2	1,3	0,2	5,6	7,3	22,9	27,6	9	0,3	0,5	0,3	80	0,14	12
266388	6579986	11	RU	22	4	4,9	5	5	63	1,8	2,3	3,4	0,4	8,8	12,7	31,0	18,0	7	8,3	1,4	0,3	1	0,22	5
266143	6579928	12	RU	12	4	4,8	6,2	2	52	0,5	1,5	3,3	0,4	3	6,8	56,2	22,0	2	0,1	0,1	0,3	6	0,16	8
266348	6581076	13	SG	42	4	5	5,6	2	69	1,3	1,6	2,2	0,3	5,1	7,8	34,4	22,0	4	0,2	0,1	0,2	1	0,06	4
267369	6582263	14	SG	26	4	4,6	4,6	2	64	2	5	1,9	0,3	12,6	15	15,8	33,4	11	0,2	0,1	0,2	23	0,12	3
267308	6582645	15	RL	26	3	5,3	5,4	4	73	2	0,2	9,4	1	6,1	16,7	63,2	1,2	11	1	0,3	0,4	34	0,23	4
267467	6583101	16	RL	21	3	5,5	5,6	3	79	3,5	0,1	10	0,7	5,1	16,7	69,3	0,6	6	2,4	0,4	0,3	4	0,28	0
267183	6585398	17	RL	10	4	4,9	5,2	6	106	3,5	1,9	3,9	0,7	5,1	12,3	40,4	15,4	10	0,5	0,4	0,4	20	0,13	6
266760	6589415	18	RU	12	5	5,9	6,8	23	114	1,7	0	4	0,8	1,7	6,8	74,5	0,0	3	1,5	0,4	0,2	6	0,07	3
267345	6589925	19	RL	14	4	4,7	5,8	6	141	1,6	1,5	8	0,4	4,3	5,8	26,7	25,7	14	0,4	0,2	0,2	62	0,05	9
278202	6590716	20	RL	13	4	5	5,3	50	150	4,7	0,6	3,7	2,1	6,7	12,9	48,0	4,7	19	2,2	0,3	0,3	3	0,15	10
276902	6590906	21	RL	9	4	4,6	5,7	3	38	1,1	2,2	0,7	0,1	4,7	5,6	16,1	39,5	13,3	0,2	0,2	0,4	2	0,12	6
272320	6591549	22	RL	14	5	4,9	6,5	3	48	1	0,6	1,6	0,4	2,3	4,4	48,2	13,7	2,7	0,2	0,2	0,3	10	0,04	5
275870	6590549	23	ARRL	11	4	4,7	5,6	7	150	3,1	1,1	2,1	0,8	5,1	4,4	39,0	13,1	2,7	0,9	0,4	0,3	18	0,16	16
274234	6589449	24	ARRL	20	4	5,1	6,2	50	144	1	0,5	1,5	1	3	8,4	49,0	8,6	12,4	0,7	0,5	0,3	5	0,08	10
273344	6588628	25	ARRL	16	4	4,7	5,2	3	93	1,3	2,8	1,5	0,4	7,3	5,8	16,4	31,9	12,4	0,1	0	0,4	1	0,11	5
269334	6588422	26	RU	7	4	4,9	5,4	7	150	3	1,3	2,7	0,9	6,1	5,8	39,4	31,9	8,5	5,2	1,8	0,4	51	0,19	8
263508	6581142	27	PVA	14	5	4,9	6,1	21	65	1,2	1,1	1,4	0,5	3,3	10,1	38,7	20,7	6	0,4	0,2	0,4	9	0,06	7
264129	6580776	28	PVA	22	4	4,4	5	5	72	2,5	2,4	1,4	0,5	8,8	5,3	55,7	22,1	12,5	0,3	0,5	0,3	10	0,15	8
264824	6581199	29	PVA	17	4	4,4	5,9	3	45	1	1	4,1	0,7	3,9	10,9	19,2	11,3	2,7	0,3	0,5	0,3	21	0,14	3
264726	6581712	30	PVA	22	4	4,9	5,4	2	109	1,7	2,2	1	0,5	6,1	10,9	22,5	27,7	15,6	0,3	0,2	0,3	6	0,07	8
265129	6584131	31	AR	13	4	5,2	5,5	3	49	2,9	0,4	9,1	1,4	5,6	7,9	65,5	2,5	6,8	1	0,9	0,5	45	0,41	6
263410	6586357	32	RL	13	4	5,1	5,9	7	150	1,7	0,7	1,3	0,6	5,6	16,2	36,9	2,5	20,6	0,6	0,4	0,4	22	0,16	14
259912	6591812	33	RR	17	4	4,8	5,6	2	25	1,2	1,9	1	0,2	5,1	6,2	19,7	29,7	7,2	0,1	0,3	0,2	2	0,1	5
264763	6593854	34	RR	11	4	4,7	4,7	2	26	2,6	3,6	0,7	0,2	11,5	6,4	7,70	28,7	3,8	0,2	0,3	0,2	0	0,09	14
265706	6586981	35	ARRL	17	4	4,8	5,7	5	35	1,7	1,3	2,4	0,2	4,7	12,5	43,4	15,7	6,5	0,6	0,3	0,3	23	0,16	12
263702	6587239	36	RL	19	4	5,4	5,5	24	37	4,8	0,1	14,5	1,1	5,6	8,3	73,6	0,5	18,6	8,5	1,5	0,4	25	0,4	6
270584	6579725	37	SG	19	4	5,1	5,8	6	118	3,6	0,2	6,9	1,8	4,3	21,2	67,8	1,5	18	5,1	1,2	0,4	41	0,37	6
269805	6581573	38	RL	23	4	4,7	5,4	7	68	2,5	1,7	1,5	6	6,1	21,2	27,1	20,2	20,2	6,3	0,7	0,2	49	0,2	7
270614	6581457	39	SG	30	4	5,3	5,4	3	60	3,8	0,4	6,2	4,1	6,1	8,4	63,0	2,4	8,5	1,7	3	0,3	46	0,57	7
272638	6580339	40	ARRL	27	3	5,2	5,2	50	79	4,3	0,2	11,5	4,1	7,3	16,6	63,0	1,6	4,2	1	0,1	0,4	11	0,22	11
273374	6580107	41	RU	11	3	4,9	4,9	50	148	4,2	0,4	11	3,6	9,6	22,4	60,9	0,9	19,4	9,7	0,3	0,4	42	0,43	10
274459	6578968	42	MD	27	3	4,9	4,9	50	150	4,7	0,6	3,7	2,1	6,7	24,6	48,0	4,7	19	2,2	0,3	0,3	62	0,15	10
285480	6597424	43	RR	13	4	4,8	5,6	2	25	1,2	1,9	1	0,2	5,1	12,9	19,7	29,7	7,2	0,1	0,3	0,2	2	0,1	5
261250	6598074	44	RR	14	4	4,6	5,6	3	85	1,1	2,4	0,6	0,2	5,1	6,4	16,6	39,0	8	0,2	0,1	0,3	11	0,06	3
275498	6574808	45	RR	13	4	5,1	5,9	7	150	1,7	0,7	1,3	0,6	3,9	6,1	36,9	11,3	20,6	0,6	0,4	0,4	22	0,16	14

A área de estudo, apresenta uma gênese pedológica intrinsicamente relacionada com o substrato litológico local e pouco dependente dos materiais transportados, sendo que as variabilidades químicas demonstram esta consideração. Exemplo desta afirmação é a distribuição do Alumínio, elemento característico dos solos argilosos, visto a concentração de argilominerais, que são compostos por silicatos de Alumínio (Figura 37).

Em geral, o Alumínio é oriundo das rochas pelíticas e arenitos finos de Fácies Pelíticas da Formação Hilário, Formação Santa Bárbara e a Fácies Varzinha da Formação Guaritas. Os solos que apresentam classificação determinante pelo elevado teor de Alumínio e, conseqüentemente, de argila são o Argissolo Vermelho-Amarelo, Planossolo Hidromórfico e Neossolo Flúvico. Pelo baixo teor dos mesmos elementos tem-se os Neossolos Litólicos e Regolíticos.

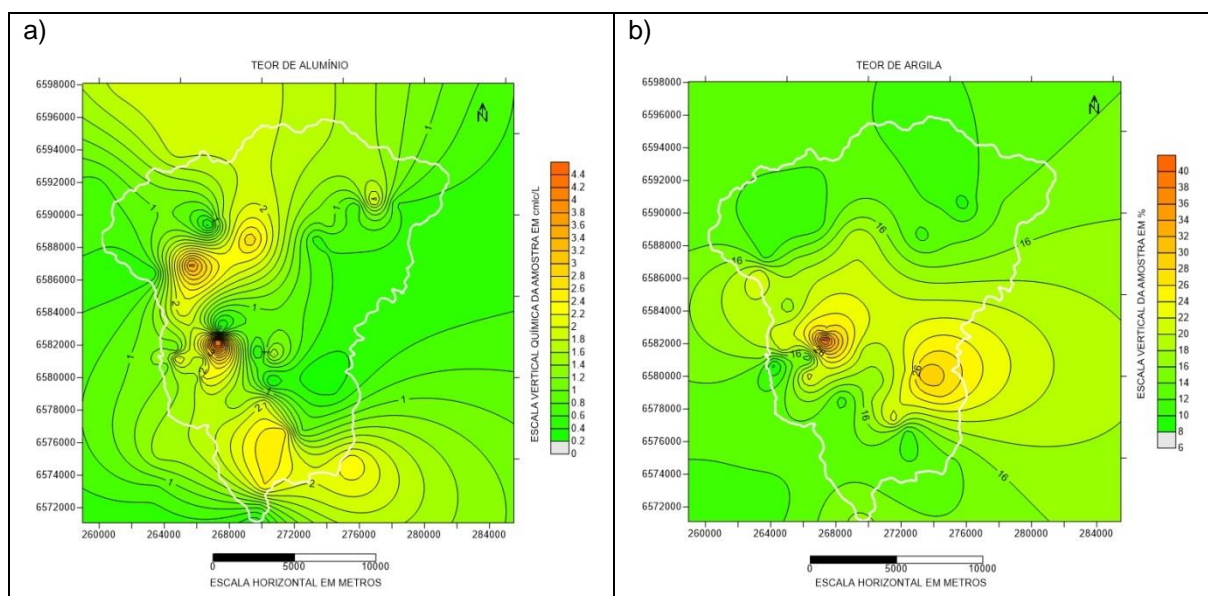


Figura 37: (a) Distribuição dos teores de Alumínio na SbHAJD; (b) Distribuição dos teores de argila na SbHAJD

Outros elementos importantes, com teores associados à litologia são o Cálcio, o Magnésio e o Ferro encontrados no Chernossolo Rêndzico. Esse solo apresentou sua gênese atrelada aos basaltos do Membro Rodeio Velho da Formação Guaritas. Principalmente o Cálcio e o Magnésio (Figura 38) foram determinantes na classificação, pois apresentaram níveis relevantes apenas neste tipo de solo. Cabe destacar que encontraram-se pontos isolados com altos teores de Cálcio e Magnésio nos solos adjacentes, mas sem vínculo com a pedologia regional. Eles correspondem a pequenos afloramentos do Membro Rodeio Velho, onde o

intemperismo libera tais elementos e eles percolam nos solos pré-existentis, originando manchas pedoquímicas (PERELMAN e KASIMOV, 1999).

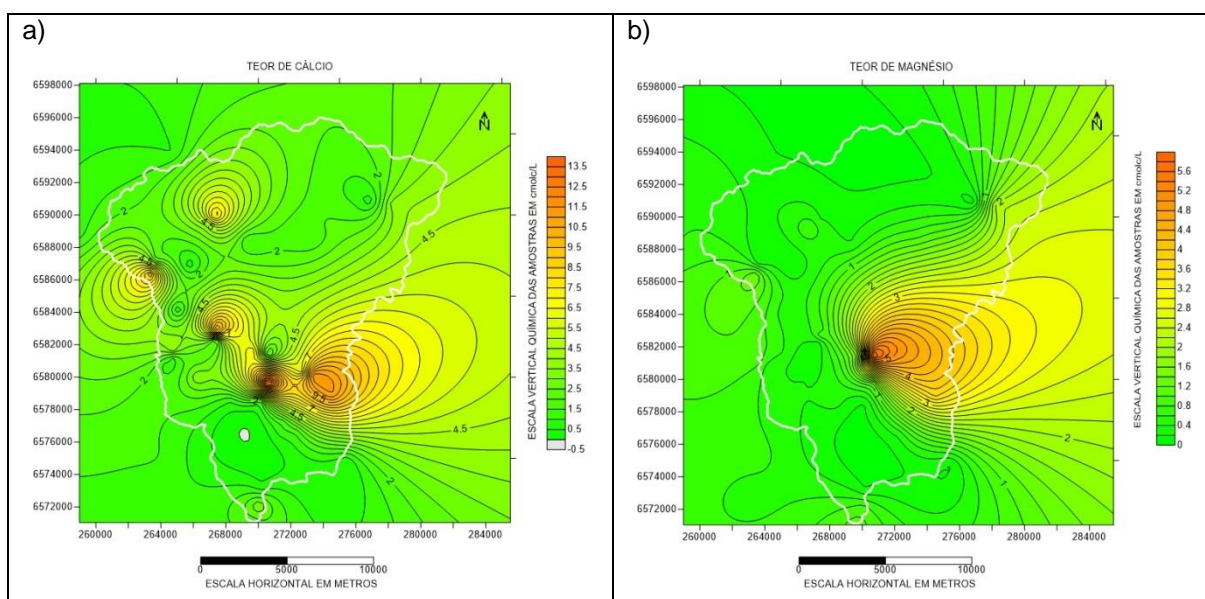


Figura 38: (a) Teores de Cálcio encontrados na SbHAJD; (b) Teores de Magnésio encontrados na SbHAJD.

Os altos teores de Fósforo (Figura 39a) foram importantes para a classificação do Argissolo Vermelho-Amarelo, sendo sua origem atribuída diretamente ao intemperismo dos conglomerados que contém fragmentos de rochas graníticas, principalmente da Formação Santa Bárbara e a Fácies Pedra Pintada da Formação Guaritas. Quando existe um baixo teor de Fósforo, geralmente a classificação é restrita a solos arenosos como os Neossolos, facilitando a individualização destes (IBGE, 2003).

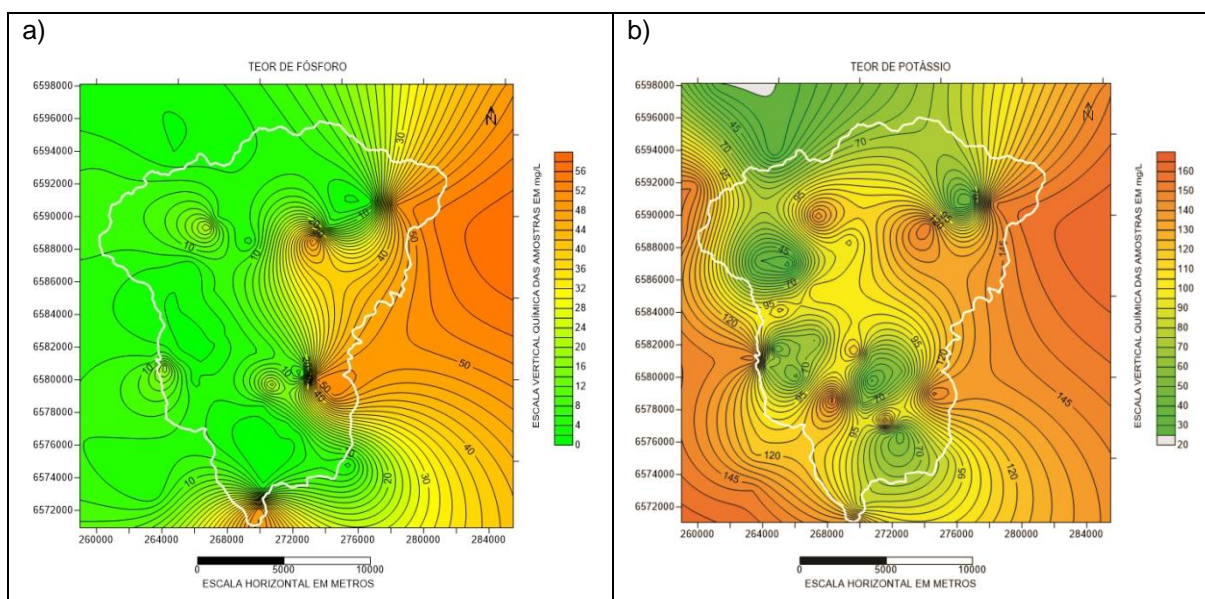


Figura 39: (a) Teores de Fósforo encontrados na SbHAJD; (b) Teores de Potássio encontrados na SbHAJD.

Já o Potássio (Figura 39b) apresentou teores relevantes na classificação dos Neossolos Flúvico e Regolítico. No caso do Flúvico, pelo elevado teor e do Regolítico pela baixa concentração de Potássio. O Neossolo Flúvico apresenta sua gênese baseada no material transportado, que após o intemperismo dos clastos de granito presentes nos conglomerados, principalmente da Formação Guaritas, são transportados para os depósitos quaternários, os quais dão origem a este solo. Conseqüentemente, os solos formados na Formação Guaritas, como o Neossolo Regolítico, apresentam baixa disponibilidade de Potássio, pois este já foi transportado.

Por fim, os teores de Cobre (Figura 40a) e de Zinco (Figura 40b) são importantes para a separação dos Neossolos, pois os Flúvicos tendem a concentrar estes elementos, principalmente nos horizontes sobrepostos às camadas de argila. Já os Neossolos Litólicos tendem a preservar parte dos teores destes elementos, gerando níveis intermediários. Por fim, os Neossolos Regolíticos tendem a apresentar baixos índices de Zinco e Cobre, principalmente pela falta de argila para a fixação destes elementos, os quais são solubilizados na parcela arenosa (PERELMAN e KASIMOV, 1999).

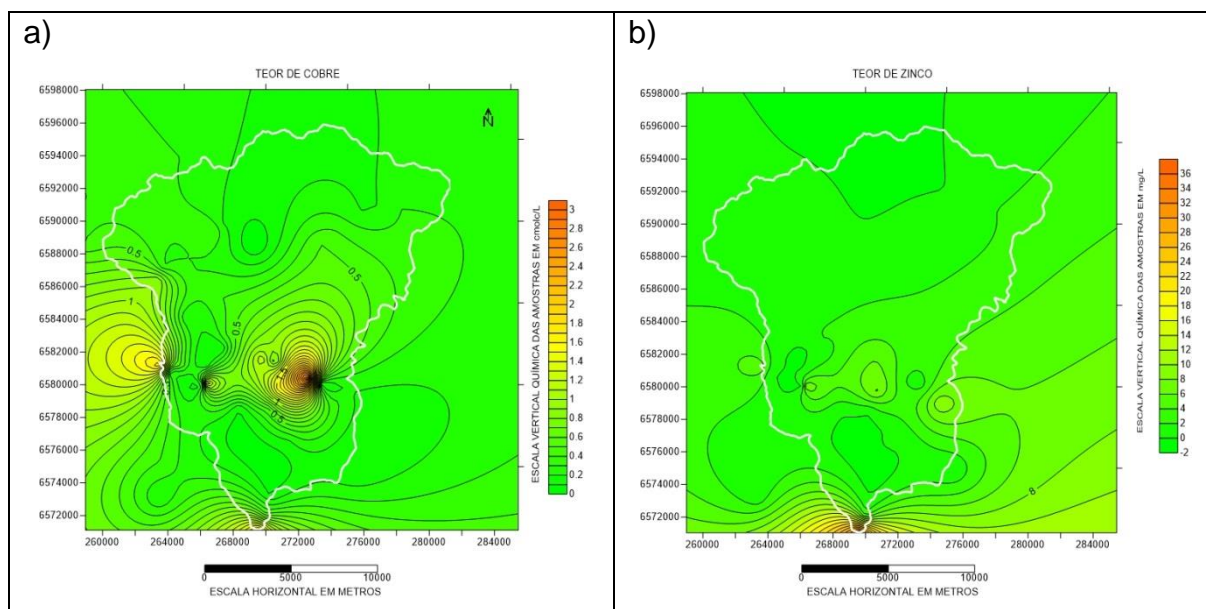


Figura 40: (a) Teores de Cobre encontrados na SbHAJD; (b) Teores de Zinco encontrados na SbHAJD.

Com base nessa breve discussão pedoquímica pode-se tecer algumas considerações. A formação dos solos da SbHAJD é dependente diretamente dos elementos químicos constituintes no substrato litológico. Apesar de outros fatores serem importantes para a compreensão da formação pedológica, como a matéria

orgânica, os elementos químicos inorgânicos junto com os perfis de solo são a principal ferramenta para a classificação dos solos.

Para a descrição dos perfis de solo foram utilizados os critérios de Gerco (3ª fase), definidos pelo IBGE (2007), para o horizonte A e B.

Com relação aos tipos de horizonte A:

a) Horizonte A proeminente: as características deste horizonte são comparáveis àquelas do A chernozêmico, no que se refere à cor, teor de carbono orgânico, consistência, estrutura e espessura, diferindo essencialmente, por apresentar saturação por bases (V%) inferior a 65% (IBGE, 2007).

b) Horizonte A fraco: é um horizonte mineral superficial fracamente desenvolvido, seja pelo reduzido teor de colóides minerais ou orgânicos ou por condições externas de clima e vegetação. Todos os solos com horizonte A inferior a 5 cm enquadram-se nesta classe.

c) Horizonte A chernozêmico: é um horizonte mineral superficial, relativamente espesso, escuro, com alta saturação por bases, estrutura suficientemente desenvolvida e saturação por bases (V%) igual ou superior a 65%.

d) Horizonte A antrópico: é o horizonte formado ou modificado pelo uso contínuo do solo pelo homem, como lugar de residência ou cultivo, por períodos prolongados, com adições de material orgânico em mistura ou não com material mineral, ocorrendo às vezes, fragmentos de cerâmicas e restos de ossos e conchas (IBGE, 2007, p. 93).

Com relação aos tipos de horizonte B:

a) Horizonte B textural: É um horizonte mineral subsuperficial com textura franco-arenosa ou mais fina. Caracteriza-se também pelo incremento de argila em relação aos demais horizontes, principalmente ao A, resultante da acumulação ou concentração de processo como iluviação, infiltração de argila, destruição ou perda de argila do horizonte A por erosão diferencial (OLIVEIRA, 2008). É típico da classe dos solos argilosos.

b) Horizonte B incipiente: é um horizonte subsuperficial, subjacente ao horizonte A, Ap ou AB, que sofreu alteração física e química em grau não muito avançado, porém suficiente para o desenvolvimento de cor ou de estrutura (IBGE, 2007, p. 101).

Também são avaliadas as fases do relevo, onde:

a) Plano: superfície de relevo desgastado ou horizontal com declives menores que 3%;

b) Suave ondulado: superfície de relevo pouco movimentada, apresentando declives de 3 a 8%;

c) Ondulado: superfície de relevo pouco movimentada com predominância de declives variando de 8 a 20%;

d) Forte ondulado: superfície de relevo movimentada com predominância de declives de 20 a 45%.

Por fim, analisa-se a classe de drenagem, onde:

a) Bem drenado - a água é removida do solo com facilidade, porém não rapidamente; os solos com esta classe de drenagem comumente apresentam textura argilosa ou média, não ocorrendo normalmente mosqueados de redução, entretanto, quando presente o mosqueado é profundo, localizando-se a mais de 150 cm da superfície do solo e também a mais de 30 cm do topo do horizonte B ou do horizonte C, se não existir B (IBGE, 2007, p. 196).

b) Mal drenado - a água é removida do solo tão lentamente que este permanece úmido por uma grande parte do ano. O lençol freático comumente está à superfície ou próximo a ela durante uma considerável parte do ano. As condições de má drenagem são devidas ao lençol freático elevado, camada lentamente permeável no perfil, adição de água através de translocação lateral interna ou alguma combinação destas condições (IBGE, 2007, p. 197).

6.3 Descrição das classes de solos

As classes de solos identificadas na área da SbHAJD, por Hansen e Fensterseifer (1999) e revistas por Bruch (2009), foram enquadradas até o segundo nível categórico, e são elas: Afloramento de Rocha, Argissolos Vermelho-Amarelos, Chernossolo Rêndzico, Horizonte A antrópico, Neossolo Flúvico, Neossolo Litólico, Neossolo Regolítico e Planossolo hidromórfico. O enquadramento das classes foi realizado de acordo com a classificação de solos da Embrapa (1999).

6.3.1 Afloramentos de Rocha

Os Afloramentos de Rocha (Figura 41) em sua maioria, ocorrem nas áreas de montante da SbHAJD, formando platôs isolados elevados na topografia. Foram mapeados para facilitar a individualização dos diferentes tipos de solos e associações. Apresentam as litologias expostas da região com intercalações de arenitos, arenitos conglomeráticos, conglomerados areníticos e conglomerados predominantes, mais raramente por pelitos e rochas vulcânicas.

São áreas-fonte de sedimentos, como produto do intemperismo físico e químico, facilitando o transporte das terras altas para as mais baixas, ou seja, a erosão sobrepuja os processos de deposição que, aliadas à matéria orgânica, principiam a formação do horizonte inicial que serve de substrato para a vida vegetal. Esta unidade apresenta área total de 8,62 km² e não possui aptidão agrícola.



Figura 41: Afloramento de rocha.

6.3.2 Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA)

Estes solos apresentam características marcantes: aumento de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial B que é do tipo textural (Bt), geralmente acompanhado de boa diferenciação também de cores e outras características. As cores do horizonte Bt variam de amareladas a avermelhadas, e as do horizonte A, são sempre mais escuras.

Nos trabalhos de campo foi diagnosticada a variabilidade da espessura desses solos, mas em geral são pouco profundos ou profundos (IBGE, 2003). É

nítida a identificação dos horizontes devido a variação nas características morfológicas e analíticas como a cor, textura e estrutura entre os horizontes. Em geral, os Argissolos apresentam textura variada podendo ocorrer cascalhos, calhaus e matacões.

Geralmente este tipo de solo ocorre em situações de relevo mais acidentado. É utilizável para a agricultura, desde que não ocorra em áreas de declividade elevada, pois são extremamente susceptíveis à erosão hídrica (LEPSCH, 1982).

Na SbHAJD, os Argissolos Vermelho-Amarelos (Figura 42) ocorrem em relevo de colinas, com energia de média a alta, associados aos depósitos coluvionares e eluvionares. São normalmente bem drenados, com argila de atividade baixa (Tb). Os horizontes apresentam sub-horizonte A1 (0 cm – 15 cm de profundidade), A2 proeminente mais consolidado e de aspecto homogêneo e horizonte B textural mais argiloso que o A; o sub-horizonte B2 apresenta fragmentos com cerosidade a sua volta sobrepostos ao horizonte C. São solos distróficos, não Hidromórficos pela boa porosidade permitindo a permeabilidade das águas superficiais verticalmente.

Estes solos apresentam uma formação atrelada às rochas da Formação Santa Bárbara e a Fácies Pedra Pintada da Formação Guaritas. Do substrato litológico os Argissolos herdaram a saturação de argila, principalmente no horizonte B, tendo em vista as elevadas quantidades de silicatos de Alumínio presentes nas rochas. As análises químicas demonstraram que a fração sólida deste solo, em média 17,14% é argila, sendo um elemento preponderante para a sua classificação. Outro elemento importante na classificação é o Alumínio nativo, o qual foi encontrado com valores médios de 1,44 cmolc/L, o que segundo EMBRAPA (1999) está dentro dos padrões da classificação. Por fim, outro elemento químico que merece destaque é o Fósforo. Apresentou teores médios de 19,14 mg/L, alcançando em alguns pontos a 50 mg/L, sendo comum nesta classe de solo a existência de concentrações localizadas de Fósforo em função do horizonte B impermeável. Os níveis de Fósforo inorgânico são atribuídos aos clastos de rochas graníticas e gnaisses dos conglomerados das formações geológicas supracitadas e que segundo Perelman e Kasimov (1999) é um processo recorrente nos Argissolos.

De todas as amostras de solos analisadas por Hansen e Fensterseifer (1999), somente 12,2% se enquadram nesta classe e apresentam um predomínio de textura média. A área total desta unidade é de 17,93 km².



Figura 42: Argissolo Vermelho-Amarelo.

A sua aptidão agrícola é restrita pela exposição de rochas associadas e declividade. A fertilidade desses solos é baixa, necessitando elevado uso de fertilizantes e moderada calagem. Faz-se necessário a aplicação de medidas de controle erosivo. É utilizável em cultivos anuais adaptados e perenes, como reflorestamento e fruticultura.

6.3.3 Horizonte A Antrópico

Na concepção de EMBRAPA (1999), o Horizonte A Antrópico é formado ou modificado pelo uso contínuo do solo, pelo homem, como lugar de residência ou cultivo, por períodos prolongados, com adições de material orgânico em mistura ou não com material mineral.

O Horizonte A antrópico assemelha-se aos horizontes A Chernozêmico ou A húmico e difere destes por apresentar teor de Pentóxido de Fósforo (P_2O_5) solúvel em ácido nítrico mais elevado que na parte inferior do *solum*.

Na SbHAJD, esta unidade corresponde às áreas mineradas e seus entornos, sobre patamares planos de rejeitos de mineração e também aos locais onde a cava foi preenchida e recuperada, parcialmente, pelo plantio de pinus e eucaliptos. Também faz parte desta classe a área da Vila da Minas do Camaquã (Figura 43).

O Horizonte A Antrópico repousa sobre Planossolos Hidromórficos distróficos, com horizonte A do tipo proeminente, Neossolos Litólicos e associações de Afloramento de Rocha mais Neossolos Litólicos, com pH de 4,7 a 5, ou seja, ácidos

a levemente ácidos, com teor de argila em torno de 12%. A superfície desta unidade é de 6,5 km² (HANSEN e FENSTERSEIFER, 1999).

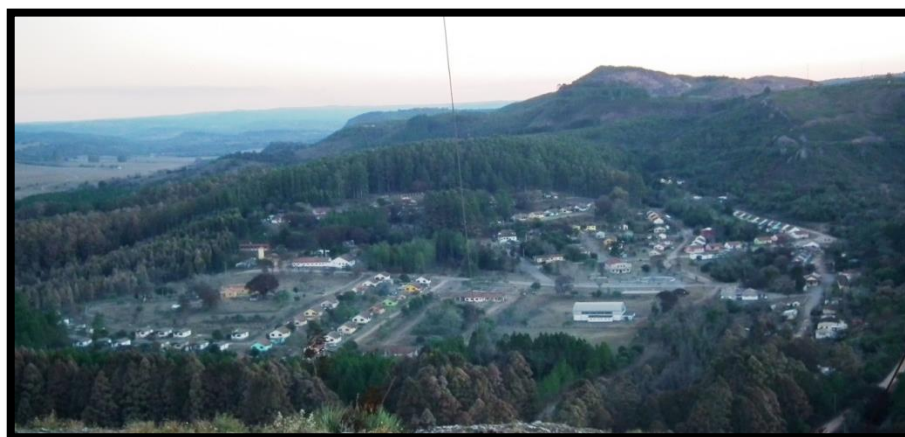


Figura 43: Vila das Minas do Camaquã.

6.3.4 Chernossolo Rêndzico

Na classificação da EMBRAPA (1999), os Chernossolos são aqueles constituídos por material mineral que têm como característica diferenciais: alta saturação por bases e horizonte A chernozêmico sobrejacente ao horizonte B textural ou B incipiente com argila de atividade alta, ou sobre horizonte C carbonático ou horizonte cálcico, ou ainda sobre a rocha, quando o horizonte A apresentar concentração de carbonato de Cálcio. O horizonte A chernozêmico pode ter espessura inferior a 10 cm, quando seguido de horizonte B com caráter ebânico.

Na área de estudo, os Chernossolos Rêndzico (Figura 44) encontram-se em áreas planas ou levemente onduladas e associam-se às rochas de composição intermediária à básica relativas ao Membro Rodeio Velho, Formação Santa Bárbara do Grupo Camaquã.

O Chernossolo Rêndzico possui uma boa drenagem, não Hidromórfico, com horizonte A chernozêmico, B incipiente e C, contendo teores elevados de matéria orgânica (1,5% a 2%), Cálcio (6 cmolc/L a 11 cmolc/L), com valores alto a médio de bases trocáveis; pouco ácidos (pH 4 a 5). Como estes solos se originam principalmente de basaltos vesiculares, foram encontrados também altos teores de Ferro (0,43%), e Magnésio (3,6 cmolc/L) o que justifica a origem deles a partir de uma rocha máfica (PERELMAN e KASIMOV, 1999). São caracterizados como

eutróficos, pois apresentam saturação de bases acima de 50% e possuem textura média.

Os Chernossolos Rêndzicos são de pequena ocorrência na área de estudo, abrangendo uma área de 2,5 km².



Figura 44: Chernossolo Rêndzico com saturação orgânica no horizonte A e de Cálcio no horizonte C.

Estes solos apresentam aptidão agrícola, pois têm boa fertilidade natural para diferentes tipos de cultivos, necessitando de pequena aplicação de fertilizantes. A adubação deve ser feita com macronutrientes primários, principalmente o Potássio. O seu manejo deve ser feito através de rotação de cultura, plantio em faixas e evitar a aragem e queimas (comum na região). Devem ser adotadas medidas de controle de pastoreio para minimizar a perda da proteção vegetal, conseqüentemente a erosão laminar do horizonte fértil. Para culturas anuais adaptadas ficam restritos aos locais de maior declividade e de difícil acesso (HANSEN e FENSTERSEIFER, 1999).

6.3.5 Neossolo Flúvico

Os Neossolos Flúvicos (aluviais) em geral são pouco desenvolvidos, de idade jovem em fase inicial de formação. Desenvolvem-se sobre sedimentos recentes, de origem fluvial, formando camadas alternadas e muitas vezes, por classes texturais distintas. Têm grande importância agrícola, em muitas regiões do mundo, com destaque para a produção de alimentos (LEPSCH, 1982).

Esses solos apresentam gênese fracamente desenvolvida, são pouco profundos a profundos, de mal a bem drenados, argilosos, silte-argilosos ou textura média. Não apresentam diferenciação entre a cor dos horizontes, predominando cores claras ou pálidas (EMBRAPA, 1999).

Segundo o IBGE (2003), eles são formados em deposições fluviais do Holoceno do período Quaternário, sofrendo acréscimos de sedimentos por ocasião de inundações. Podem estar localizados nas calhas de drenagem, em áreas de relevo movimentado.

Na SbHAJD, os Neossolos Flúvicos (Figura 45) estão relacionados com relevos planos ou suavemente ondulados, principalmente dos Depósitos Aluvionares. Predominam ao longo de planícies de inundação dos sistemas de drenagens, representados por córregos e arroios da SbHAJD, principalmente sob matas ciliares. Quimicamente eles apresentam uma variabilidade significativa, pois são oriundos de transporte, sendo reflexo do material fonte. Na  rea de estudo, em função da sua satura o de argila, apresentaram significativos teores de Alumínio (16,19%) e bases (47,89%). Os teores de Potássio (104,86 mg/L) também foram significativos, o que mostra que o intemperismo dos clastos de granito libera o feldspato rico em Potássio e que é transportado para as áreas onde esses solos são formados.



Figura 45: Chernossolo Rêndzico na planície fluvial do arroio João Dias.

Originam-se a partir de sedimentos das planícies fluviais com perfil imaturo; não há clara distinção entre os horizontes, mas, por vezes, existe um sub-horizonte

A, chernozêmico a proeminente, com conteúdo de matéria orgânica, diretamente sobre o C, com ausência do horizonte B textural e incipiente. A predominância é de textura média, laminados, estratificados, mal drenados, Hidromórficos, alternando de poucos centímetros até metros de profundidade. A área desta unidade é de 38,1 km².

6.3.6 Neossolo Litólico

Os Neossolos Litólicos também são solos jovens e pouco desenvolvidos, com horizonte A sobre o contato lítico. Apresentam espessura do horizonte A menor que 20 cm, admitindo-se menos de 40 cm quando 50% ou mais de material for orgânico, excluindo as partes vivas. É constituído por tecido vegetal na forma de ramos finos, raízes finas, cascas de árvores, folhas, parcialmente decompostas (EMBRAPA, 1999).

Estes solos apresentam severa restrição ao aprofundamento do sistema radicular das plantas, posto que o contato lítico ocorre a pouca profundidade. Esse fato determina um reduzido volume de água e de nutrientes disponíveis para as plantas e pequeno volume para o sistema radicular ancorá-las, especialmente árvores que apresentem sistema radicular mais profundo. Agrava essa limitação o fato de grande parte desses solos ocorrerem em relevo fortemente ondulado e, em muitos casos, com rochas expostas (OLIVEIRA, 2008).

Na área de estudo, estão associados aos afloramentos de rocha, nas encostas íngremes, junto a depósitos de tálus. Em sua maioria, recobrem as rochas da Formação Santa Bárbara e a Fácies Várzinha da Formação Guaritas. Nestas litologias predominam os pelitos, arenitos e conglomerados com fragmentos de granitos e quartzo. Por serem solos mais jovens os níveis de argila são baixos, visto que os fragmentos ainda não foram totalmente desagregados para a liberação da argila (EMBRAPA, 1999).

Apresentam importantes características químicas, preponderantemente com relação a Capacidade de Troca de Cátions (CTC) as quais são elevadas nos Neossolos, principalmente nos Litólicos. Na área de estudo foram encontrados níveis médios de 11,00 cmolc/L, valor dentro dos padrões, de acordo com a Embrapa (1999) e o IBGE (2003). Esse valor é atribuído a alta concentração de fragmentos rochosos nos solos e baixos teores de argila o que facilita a troca de cátions, mas

diminui diretamente a retenção de Alumínio (0,88 cmolc/L) e Fósforo (11,78 mg/L) e concentra o Ferro (0,20%).

São solos distróficos com horizonte A proeminente a fraco; os eutróficos possuem horizonte A chernozêmico e são rasos, sendo não Hidromórficos, com predominância de textura média e dependentes da área fonte do relevo. O solo formado é carreado para as porções mais baixas dos arroios João Dias e Marmeleiro e ocorrem normalmente associados às áreas com afloramentos rochosos.

Os Neossolos Litólicos apresentam perfil com horizonte A sobre o C ou diretamente sobre a rocha. Estão geralmente sobre rochas, com vegetação rasteira variada, e mostram alta suscetibilidade à erosão. Esse tipo de solo possui uma área total de 75,65 km². Na SbHAJD existem “ilhas de solos” constituídas de Neossolos Litólicos (Figura 46) associados aos Afloramentos de Rocha (Figura 47), que perfazem um total de 74,3 km².



Figura 46: Neossolo Litólico.



Figura 47: Afloramento de rocha associado ao Neossolo Litólico.

6.3.7 Neossolo Regolítico

Os Neossolos Regolíticos são semelhantes aos Neossolos Litólicos, especialmente aqueles que estão em contato lítico logo após 50 cm de profundidade. Neles, o volume de água e de nutrientes disponíveis para as plantas é igualmente baixo, além de oferecerem, como aqueles, pequena ancoragem a elas. É comum possuírem saprólito a pouca profundidade. Esse material é, em geral, relativamente brando, não oferecendo, portanto, maiores restrições aos aprofundamentos do sistema radicular.

Apresentam textura variada, predominando a arenosa. Por definição, todos os sub-níveis possuem teor de minerais primários alteráveis superiores a 4%, sendo comum a presença de elevados teores desses minerais, dando a esses solos excepcional reserva em nutrientes. Em geral, os Neossolos Regolíticos, exibem elevada condutividade hidráulica saturada e pequena capacidade de retenção de água. Em alguns casos, condicionam restrições devido a presença de teores relativamente elevados de Sódio, na zona de enraizamento (OLIVEIRA, 2008).

Na área de estudo, estes solos encontram-se junto aos depósitos coluviais intermediários das encostas com declividade acentuada, nas proximidades dos Neossolos Litólicos e afloramentos de rocha. Eles recobrem parte da Fácies Várzinha da Formação Guaritas e, assim como os Litólicos, são formados a partir de pelitos, arenitos e conglomerados com seixos de quartzo. Quimicamente apresentam baixos teores de argila (13,6%), altos teores de Alumínio (27,76%) oriundo do intemperismo dos pelitos que liberam silicatos de Alumínio. Pela pouca disponibilidade e variabilidade de elementos químicos eles são caracterizados como pobres, pois são baixos os níveis de Fósforo (3,2 mg/L), Potássio (62,2 mg/L), Cálcio (0,92 cmolc/L) e Magnésio (0,28 cmolc/L). Segundo Perelman e Kasimov (1999), pelo caráter mais arenoso, nem os metais são concentrados, levando a baixos níveis de Ferro (0,10%), Zinco (0,20 mg/L) e Cobre (0,30 mg/L).

Na SbHAJD, os Neossolos Regolíticos (Figura 48) apresentam um horizonte A superior pouco profundo, com aspecto homogêneo, sem laminações ou estratificações. Em geral possuem linhas de pedra, com granocrescência ascendente. Formam comumente perfis com horizontes A-C e A-C-R. Variam de mal drenados à Hidromórficos, com horizonte A do tipo chernozêmico, proeminente e,

por vezes, fraco, sem B textural e com uma textura média. A área total desta unidade é de 57,8 km² (HANSEN e FENSTERSEIFER, 1999).

Esta classe de solo possui restrições no que se refere a mecanização pelas linhas de pedra junto à superfície, dificultando o manejo da terra, além de apresentar baixa fertilidade. Formaram-se em condições climáticas pretéritas áridas ou semi-áridas, onde o processo erosivo se sobrepunha ao pedogenético, transportando para outros locais os sedimentos mais finos, como areia, silte e argila (BRUCH, 2009).

Para o uso agrícola, eles necessitam de moderada calagem e elevado uso de fertilizantes. Devido a alta pedregosidade, precisam de cuidados com o seu manejo, pois são próprios para a manutenção de pastagens. O horizonte orgânico é bastante frágil, portanto deve-se evitar queimadas para não deixá-los descobertos e, conseqüentemente, erodi-los (HANSEN e FENSTERSEIFER, 1999, p. 234).



Figura 48: Neossolo Regolítico.

6.3.8 Planossolo Hidromórfico

São solos mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado e geralmente com acentuada concentração de argila, com permeabilidade lenta ou muito lenta. Pode ocorrer qualquer tipo de horizonte A, horizonte E, nem sempre horizonte E álbico, seguidos de horizonte B plânico, tendo seqüência de horizontes A, AB, ou A, E (álbico ou não) ou Eg, seguidos de Bt, Btg, Btm ou Btmg (IBGE, 2007).

Os Planossolos Hidromórficos apresentam sérias limitações físicas. A baixa condutividade hidráulica do horizonte plânico determina a formação de um lençol freático suspenso temporário nos períodos chuvosos do horizonte suprajacente, causando sérios distúrbios nas plantas menos adaptadas a essa condição de hidromorfismo temporário, como o cafeeiro e plantas citrícolas.

Predominantemente, estes solos ocorrem em áreas de relevo plano ou suavemente ondulado, onde as condições ambientais e do próprio solo favorecem a vigência periódica anual de excesso de água, mesmo que de curta duração (EMBRAPA, 1999).

Na SbHAJD, os Planossolos Hidromórficos (Figura 49) em geral recobrem depósitos lacustres, ou fluviais cenozóicos, situados em depressões planas associados às zonas de várzea e planícies ou suavemente onduladas do terreno. Associam-se a Fácies Pelítica da Formação Hilário e Formação Santa Bárbara, sendo originados principalmente pela desagregação dos pelitos levando a uma saturação de argila no horizonte B. Os teores médios de argila foram amostrados em 24,25 % e os de Alumínio em 1,63 cmolc/L, demonstrando a formação destes solos a partir da saturação dos silicatos de Alumínio. Também são importantes os teores de Ferro (0,37%) oriundo dos pelitos e arenitos. Esse elemento junto com o Alumínio, acelera a capacidade de troca de cátions, a qual leva à expansão e entupimento dos poros nas camadas de base e hidromorfismo nas camadas superiores.

Caracterizam-se pelo horizonte A com pouca espessura, em torno de 70 cm. Apresentam horizonte B iluvial, com textura argilosa de atividade alta, com má drenagem, sendo Hidromórficos e com a maior variação granulométrica de todos os solos descritos. A área de recobrimento desta unidade é de 28 km².

São solos favoráveis para o cultivo de pastagens, soja, milho e arroz irrigado, sendo recomendado o controle de drenagem para mantimento do grau ideal de umidade. Para tanto aconselha-se o plantio em terraços em cultura orizícola e em curvas de nível em demais culturas. A variação de fertilidade está atrelada as diversas áreas fonte, responsáveis pela deposição e posterior pedogênese (BRUCH, 2009).

São áreas suscetíveis às inundações nos períodos de maior pluviosidade. Quando descobertos de vegetação tendem a formar sulcos, que podem evoluir para

ravinas e se atingir o lençol freático, formando voçorocas. Não apresentam maiores restrições para culturas anuais (HANSEN e FENSTERSEIFER, 1999).



Figura 49: Planossolo Hidromórfico.

6.4 Síntese e Mapa de Solos

Conforme descrito anteriormente, os solos da SbHAJD (Figura 50) tem sua formação ligada diretamente a litologia local. Para o uso agrícola, apresentam dificuldade para a mecanização dos cultivos, pelo alto índice de pedregosidade e afloramento rochoso. Assim, os solos apresentados são recomendados, em sua maioria, para os campos com pastagens naturais e a silvicultura e, em áreas menores, para culturas anuais adaptadas e perenes.

Para Hansen e Fensterseifer (1999), as classes de fragilidade à erosão na SbHAJD, variam de nula a muito forte. No que se refere aos Neossolos Litólicos, eles apresentam uma forte fragilidade a erosão, pelas áreas de relevo fortemente ondulado representadas pela Formação Guaritas, e pela textura areia e pouco desenvolvida do solo, o que torna dispendioso o controle erosivo. Características erosivas semelhantes a dos Neossolos Litólicos podem ser atribuídas aos Neossolos Regolíticos. A área ocupada pelas duas classes é de 132,1 km², o que representa 61% da área total da sub-bacia.

No que se refere aos Chernossolos Rêndzicos, Planossolos Hidromórficos e Argissolos Vermelho-Amarelos, estes apresentam indicações de uso para culturas anuais e perenes, necessitando de medidas conservacionistas para a preservação da fertilidade. As medidas de proteção devem ser tomadas principalmente quando

os solos forem descobertos para plantio e fertilização, para evitar-se a erosão pluvial, hídrica e eólica. São de pequena ocorrência na SbHAJD, ocupando apenas 15,8% da área ou 48,9 km².

Atribuições semelhantes podem ser aplicadas aos Neossolos Flúvicos, acrescentando-se as restrições de períodos de maior pluviosidade, onde áreas desses solos são inundadas, e por sua má drenagem, ficando impossibilitadas de uso. Os Planossolos Hidromórficos apresentam as mesmas restrições no que se refere a susceptibilidade à inundação.

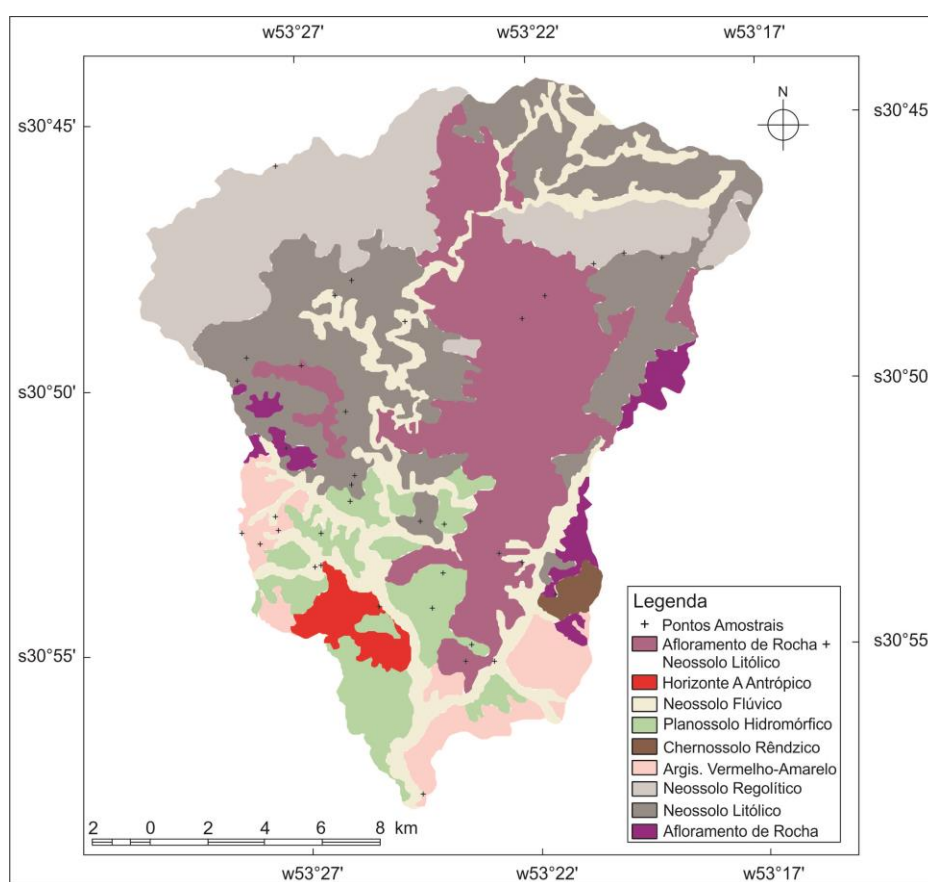


Figura 50: Mapa de solos da SbHAJD.

CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

A SbHAJD apresenta amplitude topográfica de 239m (Figura 51), com cotas que variam de 359m nas porções mais elevadas do setor nordeste. Ali, o relevo apresenta uma alta energia, com declividades superiores a 30%, formando altiplanos (maior que 200m) com estrutura ondulada, inclinada e tabular horizontal, onde localizam-se as nascentes do arroio João Dias.

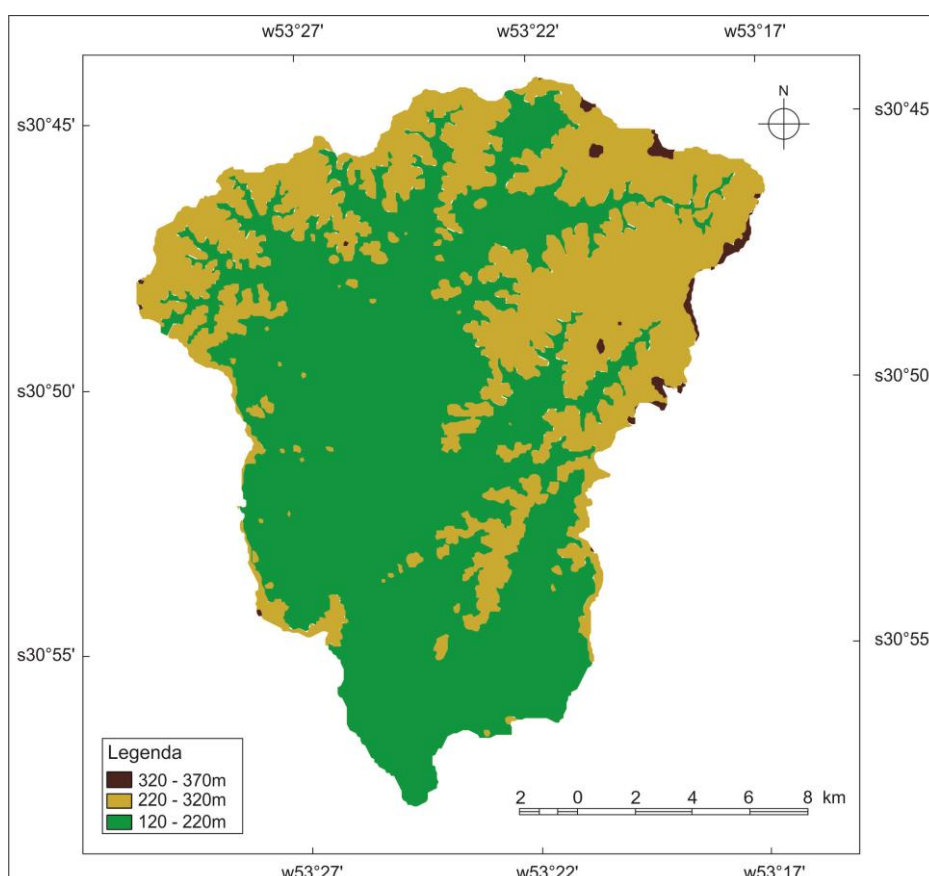


Figura 51: Hipsometria da SbHAJD.

Próximo ao exutório da SbHAJD encontram-se as menores altitudes, em torno de 120m, com áreas de planícies aluviais e de inundação e, declividades inferiores a 15% (BRUCH, 2009) (Figura 52).

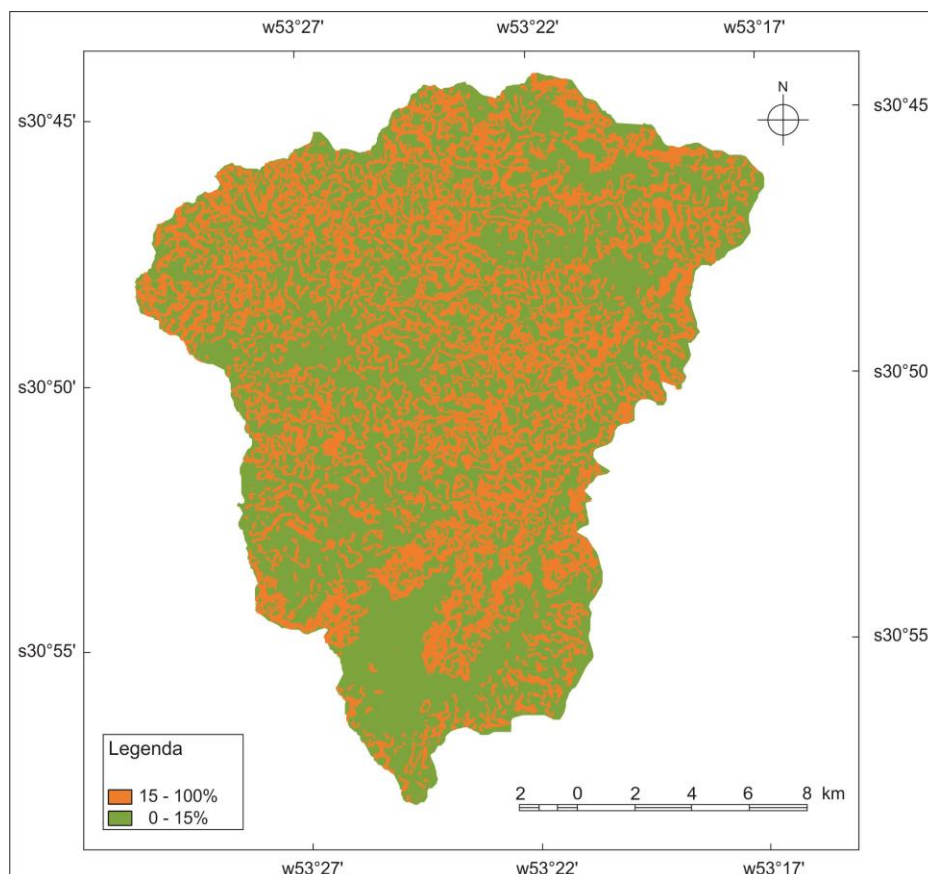


Figura 52: Mapa clinográfico da SbHAJD.

A SbHAJD apresenta pedoformas com estrutura de relevo tabulares que predominam sobre as formas convexas, representando paisagens com platôs ruiniformes, colinas (coxilhas) e morros testemunhos a montante do médio curso do arroio João Dias. Enquanto que a jusante, expõe uma superfície de denudação aplainada inferior com algumas cristas alinhadas (HANSEN e FENSTERSEIFER, 1999). Trata-se de um relevo tectônico com estruturas inclinadas, falhadas e tabulares, formando vales escarpados, segundo alinhamentos estruturais NE-SW (Figura 53). Algumas porções proeminentes do relevo, devido aos basculamentos (Morro da Cruz e elevações próximas), formam feições com cristas alinhadas. A região dessa sub-bacia, de montante a jusante, apresenta superfícies de erosão e solos residuais (BRUCH, 2009).

A declividade geral é menor do que 15% e o relevo regional da sub-bacia é acidentado e ruiniforme, com uma série de feições esculturais naturais de elevada estética ambiental, denominada localmente de Guaritas.

Com base nestas características gerais, e segundo a proposta de classificação do padrão de formas de relevo proposta por IPT (1981), a SbHAJD foi

subdividida em 23 áreas. Estas áreas foram individualizadas a partir da base das cotas altimétricas de cada forma, conforme proposta apresentada e discutida no capítulo metodológico.

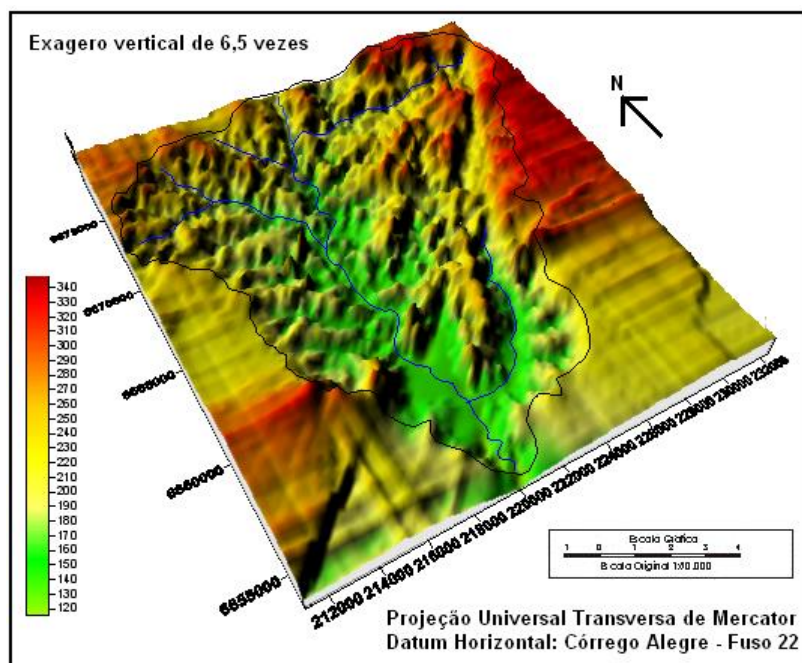


Figura 53: Bloco diagrama com modelado de relevo da SbHAJD, em escala original de 1:50.000.

O mapa clinográfico foi dividido em 23 mapas derivados. Já o mapa hipsométrico, foi gerado novamente para cada área, a partir da determinação da cota de base das formas de relevo.

7.1 Mapeamento dos tipos de formas de relevo

A área 01 (Figura 54) apresenta-se compartimentada em três tipos de formas de relevo. A primeira são as áreas planas, representadas pela planície fluvial do arroio João Dias. Com uma área de 0,596 km², distribuídas em três locais, sendo os dois mais ao sul, meandros abandonados. O solo predominante é o Neossolo Flúvico, com proeminente concentração de matéria orgânica, tendo em vista a cobertura vegetal permanente. Em períodos de eventos pluviométricos extremos, os terrenos apresentam-se alagados, mas por curtos espaços de tempo (inferior a dois dias). A declividade do terreno é inferior a 2% e a amplitude topográfica entre 139 e 141m.

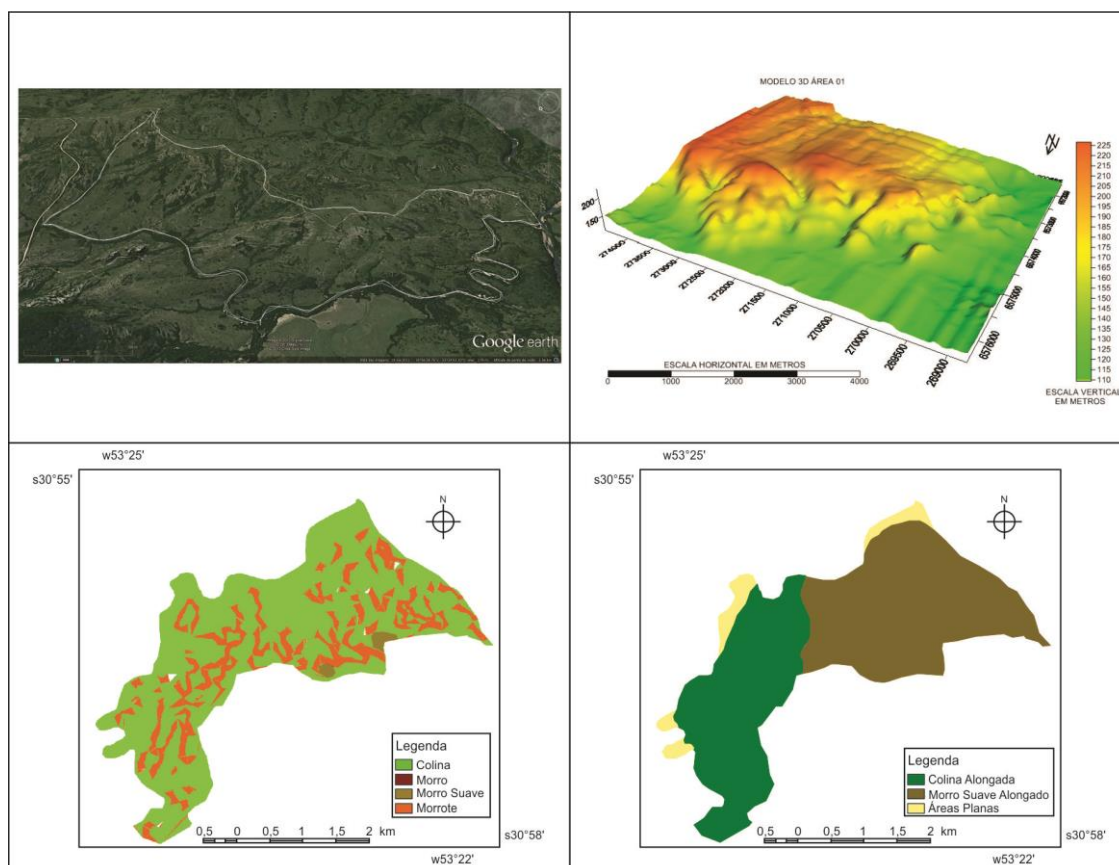


Figura 54: Formas de relevo da Área 01.

Sequencialmente, temos as Colinas alongadas na direção norte-sul, formadas pelos terrenos dissecados do Cerro do Cascavel a leste. Apresenta uma área de 4,155 km², compartimentada em três colinas subsequentes, sendo os topos convexos e as vertentes retilíneas, em sua maioria. O solo é o Argissolo Vermelho-Amarelo, caracterizado por depósitos coluvionares e eluvionares de média profundidade (menor que 2m) e bem desenvolvido. A declividade varia de 0 a 15%, predominando os 6% e com amplitude topográfica variando entre 121 e 198m.

Por fim, a nordeste da área, encontram-se Morros Suaves alongados na direção Sudeste-Noroeste, marcando o início da Serra do Apertado. Com uma área de 5,224 km², e dividido em duas formas, ambas com topo convexo e vertente retilínea. O solo característico na base da forma é o Planossolo Hidromórfico, oriundo das deposições de sedimentos cenozoicos, com profundidade inferior a 70 cm e do meio ao topo da forma o Argissolo Vermelho-Amarelo é o dominante. A inclinação do terreno varia de 0 a 15%, predominando os 12% e a hipsometria entre 122 e 232m.

A área 2 (Figura 55), localizada na parte sudoeste da SbHAJD, apresenta-se dividida em três setores. Os terrenos às margens do arroio João Dias correspondem a áreas planas, ocupando 0,324 km². Em geral, são meandros abandonados, cobertos por mata ciliar. O solo predominante é o Neossolo Flúvico, com concentração de matéria orgânica reduzida a normal, visto a rarefeita cobertura vegetal. Em períodos de eventos climáticos extremos, os terrenos apresentam-se alagados, mas por curtos períodos de tempo (inferior a dois dias). A declividade do terreno é inferior a 2% e a amplitude topográfica entre 120 e 142m.

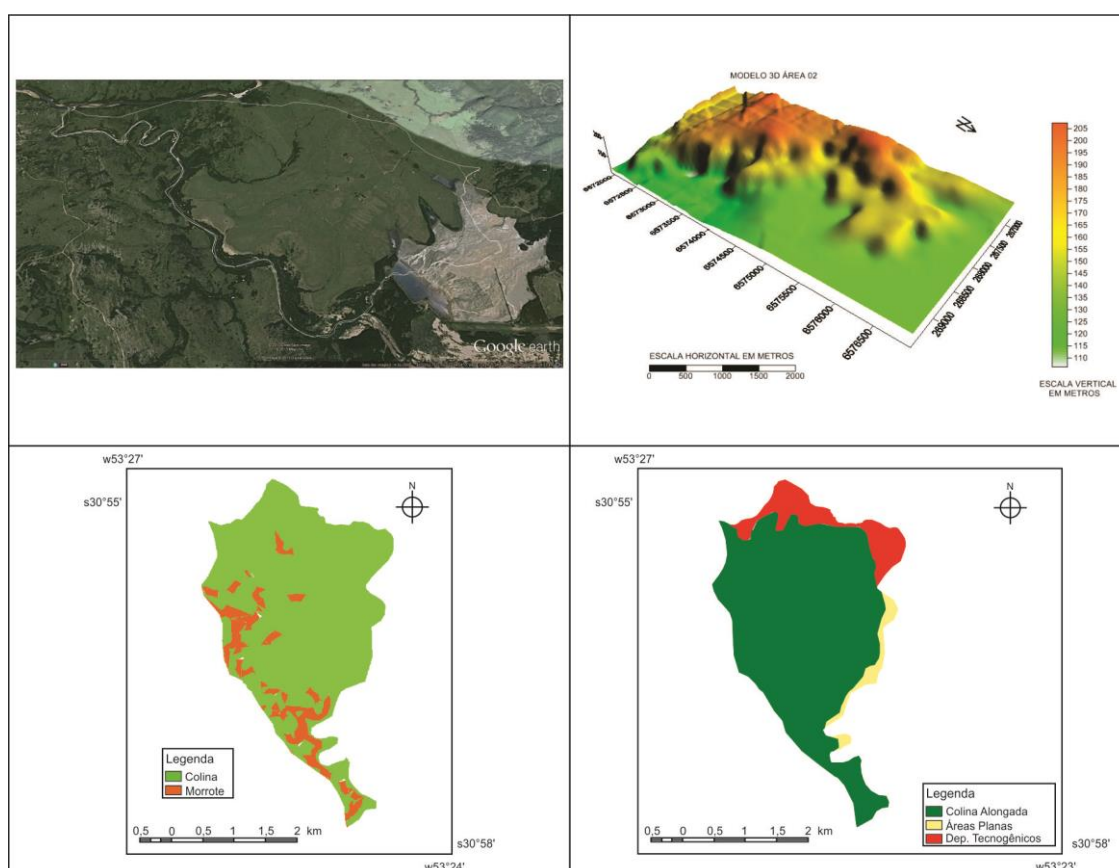


Figura 55: Formas de relevo da Área 02.

Na parte norte e leste, existem depósitos tecnogênicos, oriundos da deposição de rejeitos de mineração, ocupando uma área de 0,971 km². O depósito a norte é de granulometria inferior a 2 mm e situa-se sobre um arroio desviado no ano de 1980. O depósito a leste é de rejeitos mais antigos, de até 100 anos atrás. Apresenta uma granulometria de 1 a 3mm e está depositado no leito maior do arroio João Dias. A declividade do terreno é inferior a 2% e a amplitude topográfica está compreendida entre os 137 e 141m.

Na parte oeste da área, encontram-se colinas alongadas na direção norte-sul, formadas pela dissecação da formação Guaritas. Apresenta uma área de 7,356 km², dividida em duas colinas subsequentes, apresentando topos convexos e vertentes retilíneas alongadas. O solo é o Planossolo Hidromórfico, oriundo das deposições de sedimentos cenozoicos, com profundidade inferior a 70 cm. A declividade varia de 0 a 15%, predominando os 6% e com amplitude topográfica variando entre 121 e 208m.

A área 3 (Figura 56) divide-se em 4 formas de relevo. A sudeste e no centro da área localizam-se os depósitos tecnogênicos oriundos dos processos de beneficiamento de minério de Cobre, como material estéril, rejeitos e a planta industrial da CBC, ocupando 2,52 km². Os depósitos no centro da área correspondem principalmente a material estéril e os do setor sudeste, são compostos principalmente de rejeitos com granulometria inferior a 2 mm e depositados sobre meandros abandonados do arroio João Dias. A declividade predominante é inferior a 2% e amplitude topográfica entre 137 e 141m nos depósitos de rejeitos. Na área industrial e depósitos de estéril a declividade está entre 15 e 30%, com amplitude topográfica variando de 198 a 281m.

Na parte sul e sudoeste da área 3, existe uma sequência de Morros Alongados na direção noroeste-sudeste, ocupando 3,35 km² e separados pela área de mineração. São dois morros alongados, com topos convexos e vertentes em sua maioria retilíneas e algumas côncavas. O solo predominante é o Argissolo Vermelho-Amarelo e a profundidade média é de 150 cm. A clinografia predominante é de 26%, variando de 15 a 85%, com amplitude topográfica de 185 a 342m.

No setor noroeste da área 3 encontra-se um Morrote Alongado de direção Norte-Sul, formado pela dissecação do Morro alongado a sul. Ocupa uma área de 0,58 km² e apresenta vertentes retilíneas, predominando as convexas e o topo convexo. O solo predominante é o Planossolo Hidromórfico do meio a base da forma e espessura média de 60 cm e do meio ao topo, ocorre o Argissolo Vermelho-Amarelo, cuja profundidade média é de 200 cm. A clinografia varia de 15 a 60%, prevalecendo os 22%. A amplitude topográfica varia de 181 a 262 m.

A forma a nordeste é composta por uma sequência de Colinas Alongadas originadas pela dissecação dos Morros e Morrotes a oeste e sudoeste, totalizando uma área de 3,36 km². A maior parte da área urbana do distrito de Minas do Camaquã foi construída sobre estas colinas, visto que é a área com menor

declividade e a mais próxima das minas de extração de minerais metálicos. É uma sequência de 7 colinas alongadas na direção sudoeste-nordeste, com topos convexos e vertentes de retilíneas a convexas. O solo predominante é o Planossolo Hidromórfico, com profundidade média de 70 cm, sendo que nas áreas mais baixas, principalmente próximas ao arroio João Dias, encontram-se manchas de Neossolo Flúvico com espessura média de 90 cm. A clinografia varia de 6 a 11% e a amplitude topográfica varia de 141 a 180m.

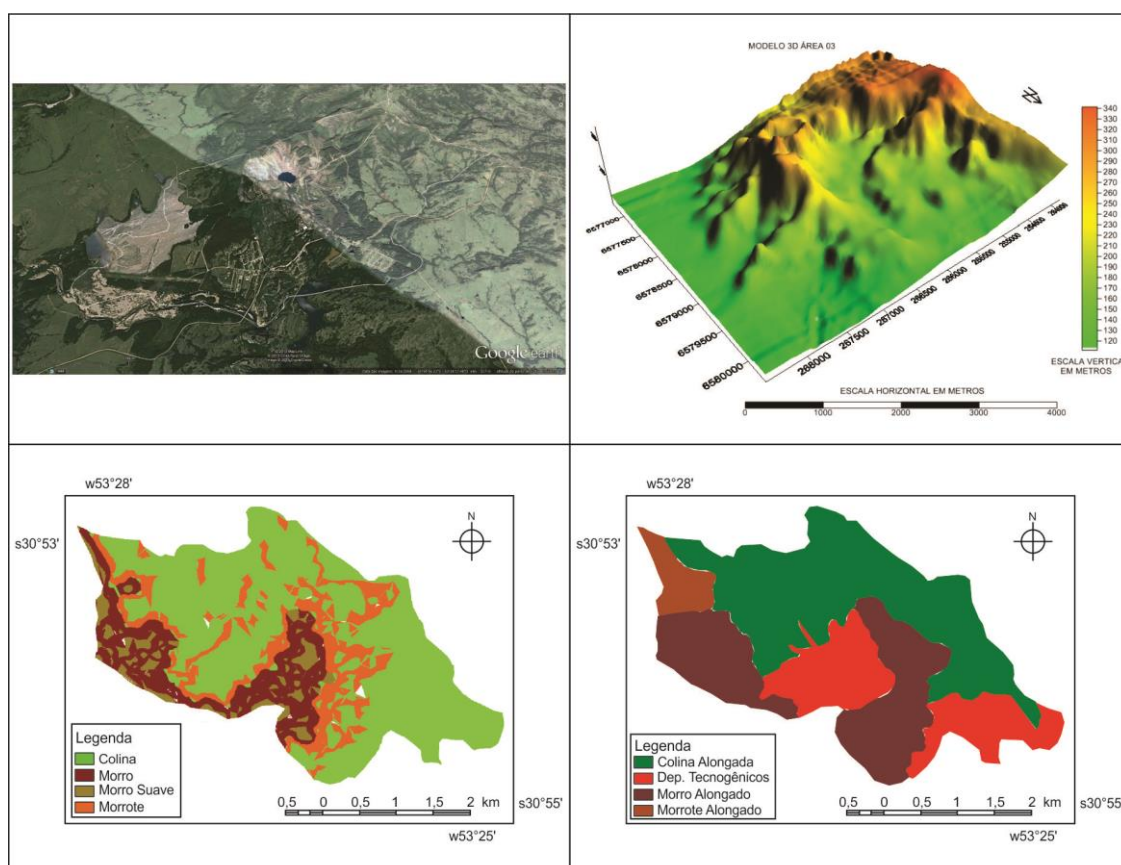


Figura 56: Formas de relevo da Área 03.

A classificação geomorfológica da área 4 (Figura 57) fica dividida em 5 formas. No centro da forma encontra-se um Morro Alongado de topo convexo com direção norte-sul que ocupa uma área de 3,17 km². Esta forma encontra-se na junção da falha Passo da Mina a oeste e da falha Emiliano Tapera a leste. Apresenta uma série de vertentes côncavas da meia vertente em direção ao topo e convexas da meia vertente em direção a base. O solo característico é o Neossolo Litólico associado a afloramentos de rocha, com profundidade rasa (menor que 20 cm). Na base da forma apresentam-se manchas de Planossolo Hidromórfico, com

espessura média de 60 cm. A clinografia varia de 16 a 46% e a amplitude topográfica de 140 a 283 metros.

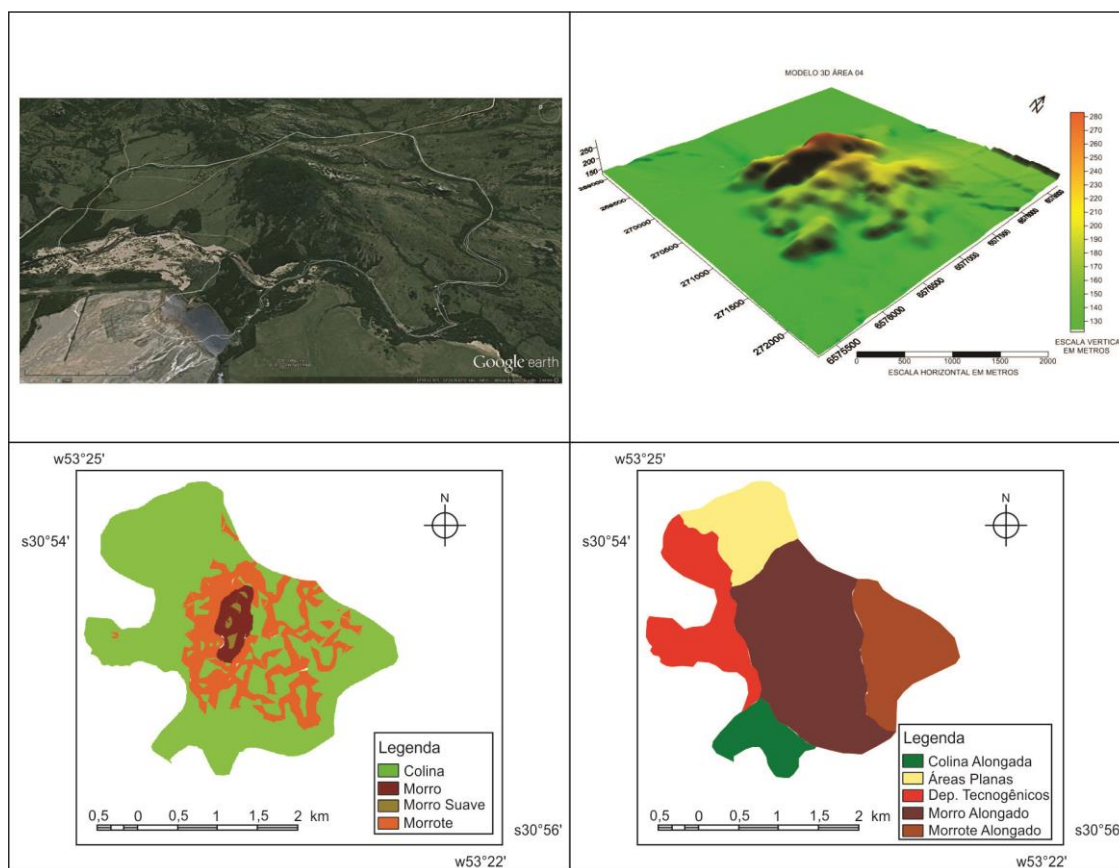


Figura 57: Formas de relevo da Área 04.

A leste situa-se um Morrote Alongado de topo convexo com direção norte-sul com área de 1,33 km². Apresenta uma sequência de vertentes côncavas, tendendo a retilíneas na base da forma. O solo característico é a associação do Neossolo Litólico com os afloramentos de rocha, onde a profundidade não ultrapassa os 30 cm. A declividade varia entre 15,4 a 35% e a amplitude topográfica de 140 a 281m.

Na parte norte da área encontra-se uma sequência de Áreas Planas, formadas pela deposição de sedimentos da planície de inundação do arroio João Dias, ocupando uma área de 1,01 km². O solo característico é o Planossolo Hidromórfico, com espessura média de 60 cm e textura granulométrica variável, principalmente arenosa. Em períodos chuvosos, esses solos apresentam-se alagados ou com o nível freático elevado. A declividade do terreno é inferior a 3% e a amplitude topográfica entre 140 e 161m.

Por fim, a norte existe a continuação dos depósitos tecnogênicos das áreas 2 e 3. Porém, este depósito é oriundo do rompimento da barragem de rejeitos

localizada a oeste, acidente ocorrido em 1981 e que causou um atulhamento e desvio do arroio João Dias. A granulometria do depósito varia de 1 a 3mm para o material mais fino e até 3mm para o material mais grosso. Este último foi utilizado para a construção da taipa da barragem rompida. A inclinação do terreno é inferior a 2% e a amplitude topográfica entre 137 e 141m, recobrendo 1,30 km².

A área 5 (Figura 58) está dividida em duas formas. As colinas alongadas de topo convexo e de direção leste-oeste, marcam o início da Serra do Apertado. Recobrem a maior parte dos terrenos a sul, oeste e norte, totalizando 9,68 km². A maioria das vertentes é retilínea, com algumas convexas a sul e côncavas a norte.

O solo predominante é o Argissolo Vermelho-Amarelo na parte sul, com profundidade que varia de 100 a 200 cm, bem drenados e com boa porosidade. A declividade varia de 2 a 14,8% e a amplitude topográfica de 140 a 238m.

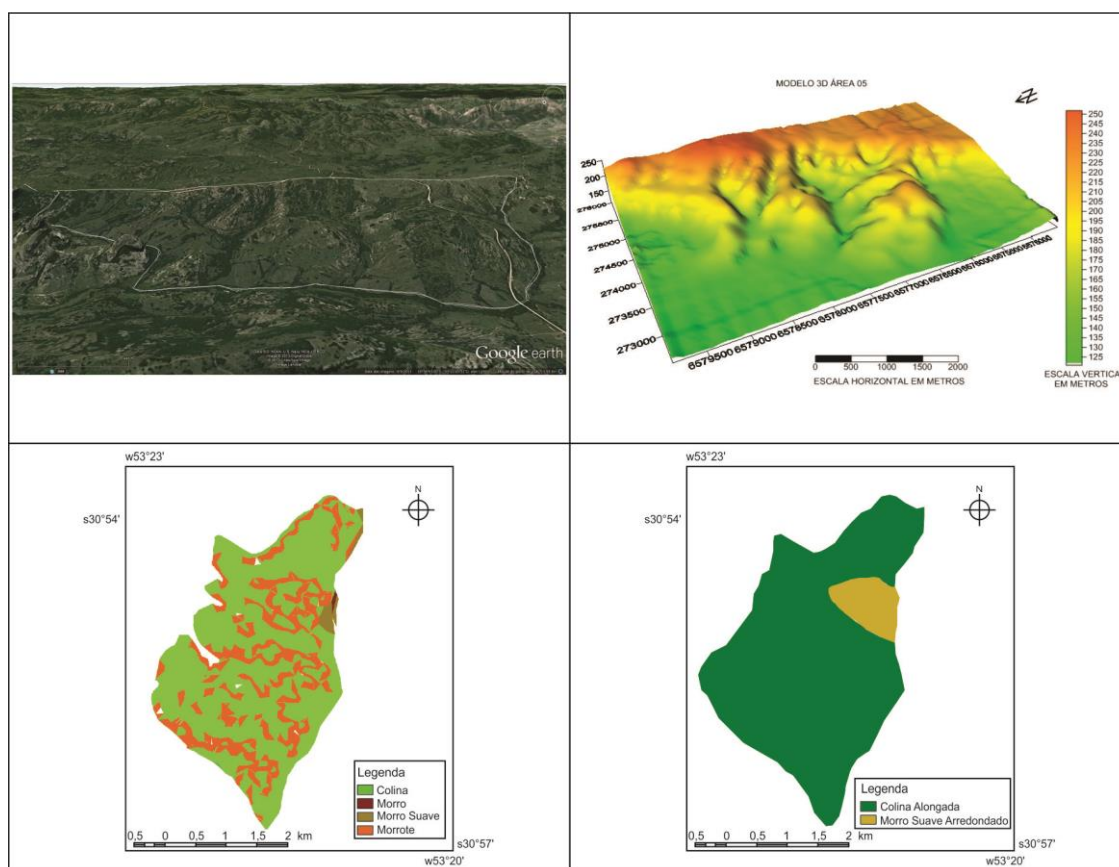


Figura 58: Formas de relevo da Área 05.

A nordeste localiza-se um morro de vertente suave arredondado de topo convexo e direção leste-oeste, ocupando uma área de 0,78 km². As vertentes variam de retilíneas a convexas e uma delas é em anfiteatro. O solo é incipiente, onde a rocha aflora na maior parte da área, com pequenas porções de Argissolo Vermelho-

Amarelo na base da forma. A declividade varia de 8 a 14,5% e a hipsometria entre 156 e 258m.

A área 6 (Figura 59) está dividida em três formas. Nas partes mais baixas situam-se as Colinas Alongadas de topo convexo e direção leste-oeste, formadas pelo material coluvial dos Morros e Morrotes adjacentes, totalizando 0,91km². As vertentes são em sua maioria retilíneas, com algumas convexas. O solo na parte oeste é o Neossolo Flúvico, com profundidade média de 40 cm e textura média e na parte leste, encontram-se o Chernossolo Rêndzico, variando de poucos centímetros, até metros de espessura. A declividade varia de 2 a 15% e a amplitude topográfica de 145 a 186m.

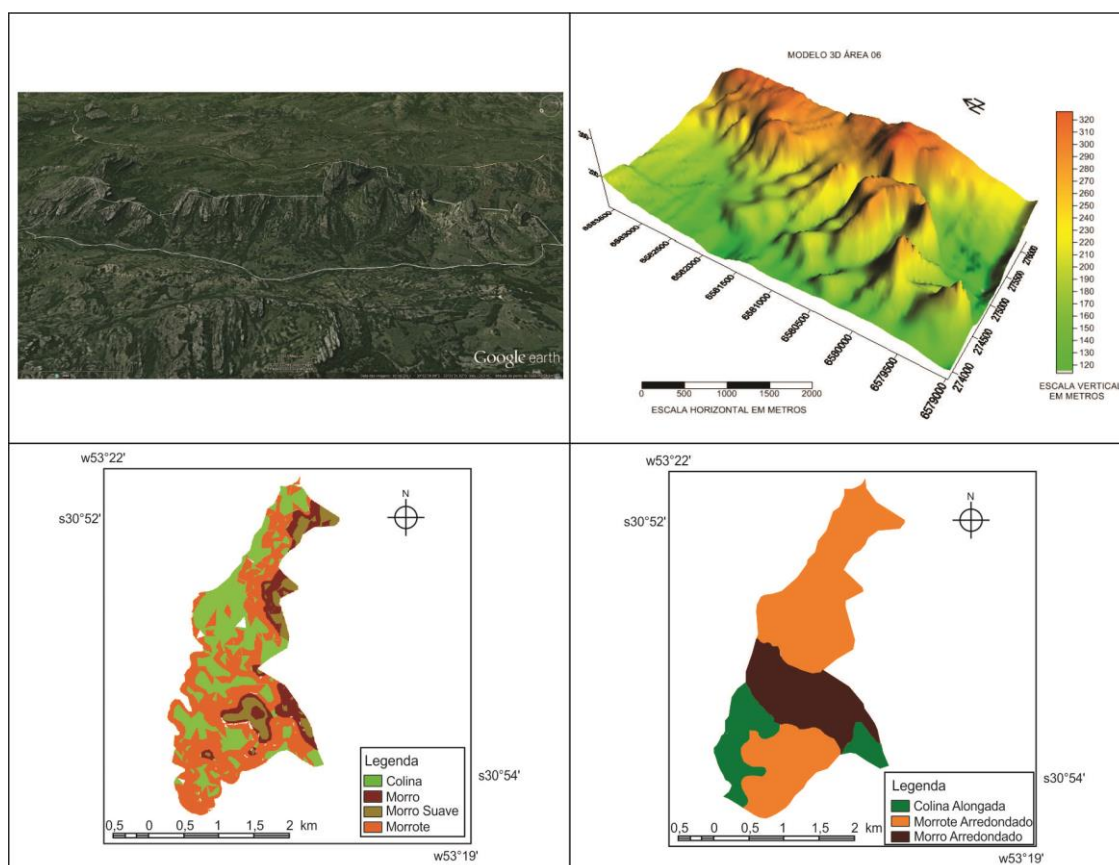


Figura 59: Formas de relevo da Área 06.

Na parte sul e norte da área aparecem os Morrotes Arredondados de topo convexo e direção leste-oeste, pertencentes a Serra do Apertado e limitados pela falha de mesmo nome. Ocupam uma área de 3,46 km², sendo as vertentes em sua maioria côncavas da base a meia vertente e convexas de meia vertente até o topo. O solo característico é o Afloramento de Rocha com pequenas manchas de solo

incipiente. Há, também, pequenas porções de Neossolo Flúvico na base das formas. A declividade varia de 17 a 90% e a amplitude topográfica de 232 a 321m.

No centro da área 6 encontra-se uma sequência de Morros Arredondados de topo convexo e direção leste-oeste, ocupando uma área de 1,37 km². As vertentes são retilíneas e algumas verticais em ângulo praticamente reto. O solo predominante é o Afloramento de Rocha com pequenas manchas de solo incipiente, sendo que pequenas porções de Neossolo Flúvico são encontrados na base das formas e próximo ao arroio Marmeleiro. A declividade varia de 16 a 98% e a amplitude topográfica de 162 a 324m.

O mapeamento geomorfológico da área 7 (Figura 60) apresenta a individualização de duas áreas.

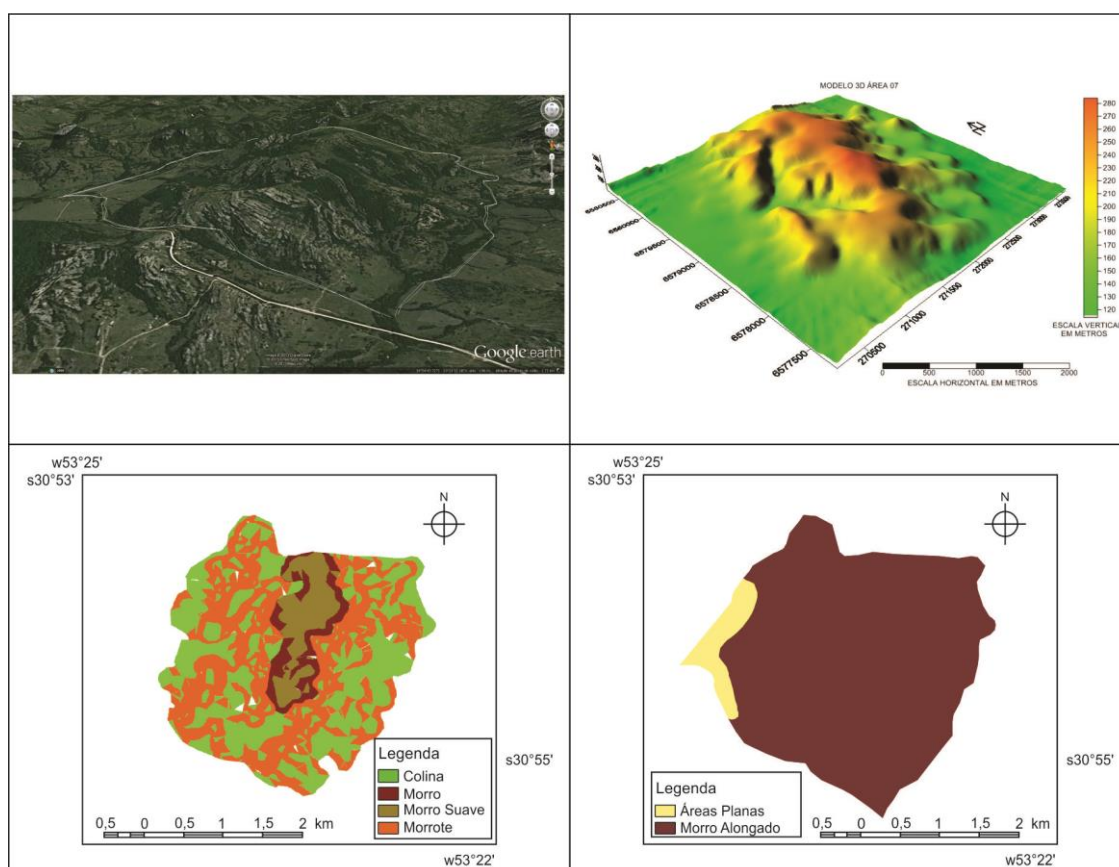


Figura 60: Formas de relevo da Área 07.

A oeste há uma Área Plana que caracteriza o leito maior do arroio Passo da Mina, ocupando uma área de 0,51 km². O solo é representado pelo Planossolo Hidromórfico, com textura argilosa de atividade alta e profundidade média de 60 cm. Por períodos reduzidos, esses solos podem apresentar saturação elevada e formar

sulcos de ravinamento. A declividade é inferior a 2% e a amplitude topográfica entre 1 e 5m.

O restante da área 7 é composta de Morros Alongados de topo convexo e direção nordeste-sudoeste, vertentes convexas, ocupando 8,30 km². Estas formas pertencem a Serra do Passo da Mina, marcando os basculamentos causados pela falha de mesmo nome. O solo predominante é a associação de Afloramento de Rocha e Neossolo Litólico, em que a espessura é menor de 20 cm. A declividade varia de 15,6 a 55% e a amplitude topográfica orbita entre 144 a 281m.

A área 8 (Figura 61) é composta por seis tipos de formas de relevo. A sudoeste tem-se os Depósitos Tecnogênicos gerados a partir da deposição de rejeitos de mineração e material estéril entre os anos de 1890 e 1945. A granulometria varia de 3 a 2 mm no material fino e até no material mais grosso. Recobrendo os depósitos, tem-se uma cobertura vegetal de espécies exóticas, principalmente o Pinus. A inclinação do terreno é inferior a 2% e a amplitude topográfica entre 138 e 142m, totalizando uma área de 0,36 km².

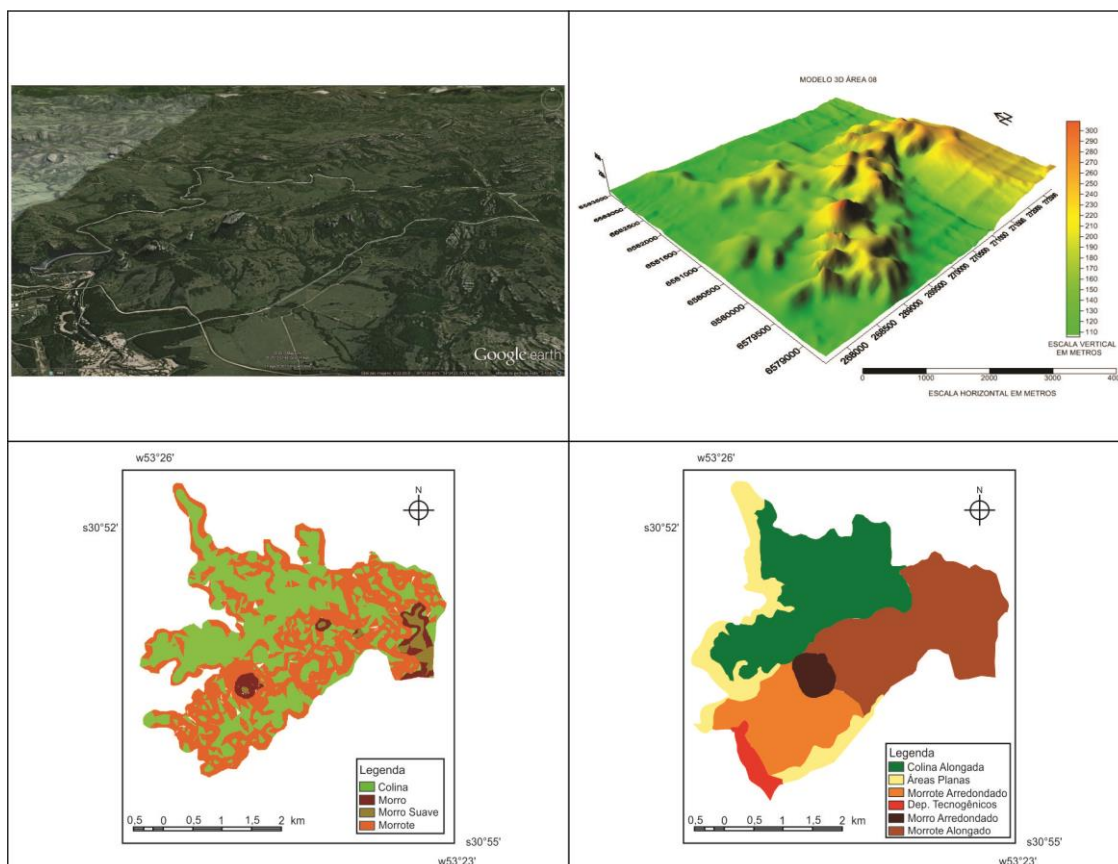


Figura 61: Formas de relevo da Área 08.

A oeste e sul há uma sequência de Áreas Planas, formadas pela sedimentação do arroios João Dias e Passo da Mina, ocupando uma área de 1,97 km². O solo característico é o Neossolo Flúvico, com classe textural média e presença de matéria orgânica e espessura média de 60 centímetros. A declividade é inferior a 2% e a amplitude topográfica entre 140 e 145m.

No centro-Sudoeste da área 8 localizam-se Morrotes Arredondados de topo convexo e direção nordeste-sudoeste, formados pelos basculamentos da falha do Cemitério e denominados de sequência Morro da Cruz. Apresentam uma série de vertentes retilíneas, composta e verticais, tendo em vista a ruptura topográfica gerada pelo falhamento. O solo característico é o Planossolo Hidromórfico na base das formas, com espessura média de 70cm e com má drenagem devido a sua textura argilosa de atividade alta (expansiva). No topo das formas há associação de afloramentos de rocha e Neossolo Litólico, com espessura reduzida, inferior a 20 cm. A declividade varia de 15,5 a 100% e a amplitude topográfica fica entre os 140 e 232m, ocupando uma área de 2,32 km².

No centro da forma tem-se um Morro Arredondado de topo convexo, com o predomínio de vertentes retilíneas, algumas côncavas e verticais geradas por falhamento. A formação é sequencial a anterior, ou seja, foi causada pelos basculamentos da falha do Cemitério, sendo a continuação da sequência Morro da Cruz. O solo predominante é o Afloramento de Rocha associado ao Neossolo Litólico, com formação incipiente e espessura inferior a 20 cm. A declividade varia de 17,2 a 100% e a amplitude topográfica de 160 a 302m, ocupando uma área de 0,42 km².

Na parte leste da área 8 situa-se uma sequência de Morrotes Alongados de topo convexo e direção nordeste-sudoeste e vertentes retilíneas. Estas formas marcam o encontro das falhas do Cemitério e Passo da Mina. O solo dominante é o Afloramento de Rocha associado com Neossolo Litólico com formação incipiente e espessura inferior a 20 cm. Na base das formas há lentes de Planossolo Hidromórfico, formadas pelos depósitos aluvio-coluvionares. A declividade varia de 15,4 a 35,9% e a amplitude topográfica de 145 a 240m, ocupando uma área de 4,57 km².

Por fim, a norte ocorre uma série de Colinas Alongadas de topo convexo de direção noroeste-sudeste com vertentes compostas em sua maioria. São formas oriundas das falhas secundárias da falha do Cemitério. O solo predominante é o

Planossolo Hidromórfico, com profundidade inferior a 70 cm, sendo mal drenado e de textura argilosa alta. Encontram-se também lentes de Neossolo Litólico, principalmente nos topos e com espessura não superior a 50 cm. A declividade varia de 1 a 14,1% e a amplitude topográfica compreendida entre 145 e 217m, ocupando uma área de 4,64 km².

A área 9 (Figura 62) é composta de três formas de relevo. A leste das margens do arroio João Dias, há uma sequência de Áreas Planas formadas pela deposição de sedimentos. O solo característico é o Neossolo Flúvico com alta concentração de matéria orgânica, Hidromórficos e espessura média de 1,2m. A declividade média é de 1,2% e a amplitude topográfica é de 140 a 144m, ocupando uma área de 1,01 km².

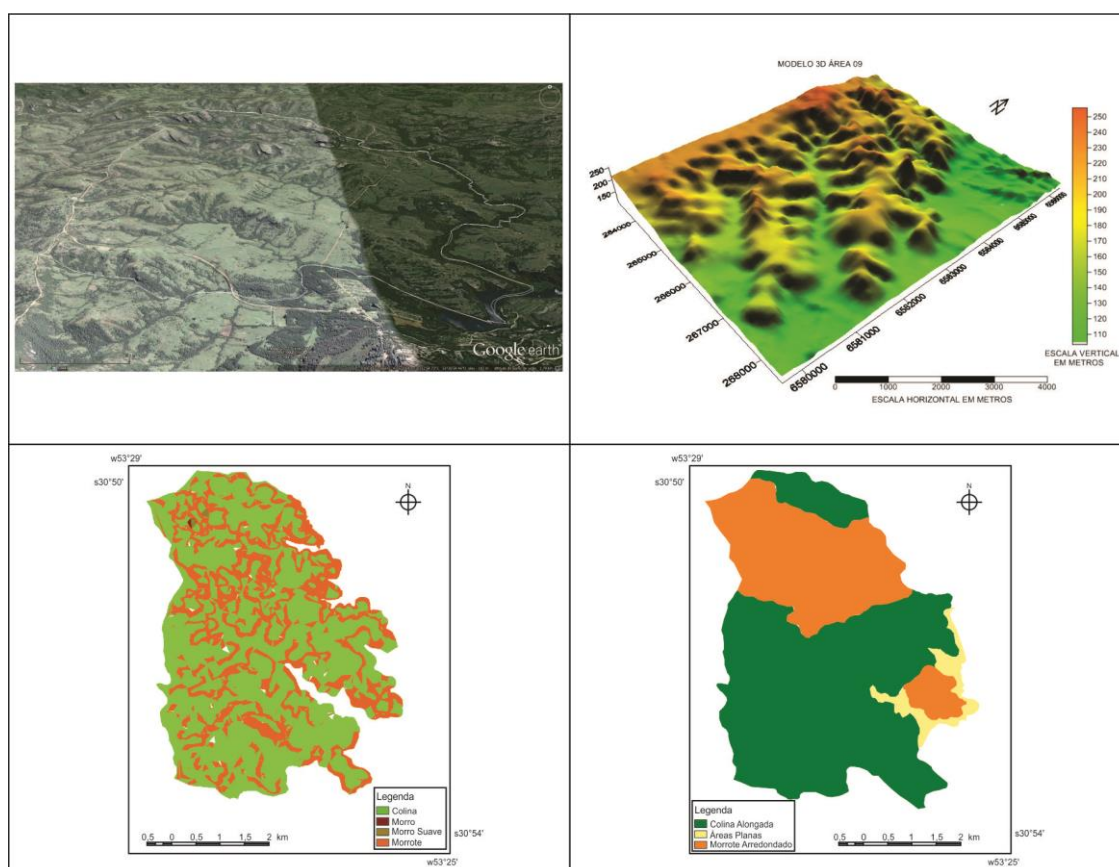


Figura 62: Formas de relevo da Área 09.

No centro-sul e uma pequena área a norte onde foram mapeadas Colinas Alongadas de topo convexo, de direção noroeste-sudeste, onde a maioria das vertentes são retilíneas alongadas. Correspondem a depósitos coluvionares originados pelo desgaste da formação Guaritas a norte. Os solos predominantes são os Planossolo Hidromórfico, localizados nas áreas mais baixas, apresentando uma

profundidade média de 80 cm, má drenagem e textura argilosa. Nas partes mais elevadas das formas ocorrem o Argissolo Vermelho-Amarelo com profundidade média de 1m, bem desenvolvido e argila de baixa atividade. A declividade varia de 4 a 12% e a amplitude topográfica fica entre 141 e 223m, ocupando 16,42 km².

Na parte centro-norte e a sudeste da área 9 aparece uma sequência de Morrotes Arredondados de topo aplainado, com o predomínio de vertentes convexas e verticais e algumas compostas em quantidade menor. Essas formas marcam o início sul da formação Guaritas, a qual apresenta uma série de Morrotes e Morros testemunhos. O solo predominante é o Neossolo Litólico, com baixa profundidade, menor que 50 cm e não Hidromórfico. Secundariamente encontram-se Afloramentos de Rocha, com intercalações de arenitos e conglomerados. A declividade varia de 18,7 a 41,4% com amplitude topográfica entre os 143 e 236m, ocupando uma área de 8,21 km².

Na área 10 (Figura 63) há quatro formas de relevo. A leste, existem dois setores com Áreas Planas formadas pela deposição de sedimentos do arroio João Dias. O solo predominante é o Neossolo Flúvico com alta concentração de matéria orgânica, Hidromórfico e espessura média de 100 cm. A declividade média é de 1,2% e a amplitude topográfica varia de 142 a 163m, ocupando uma área de 1,07 km².

A sul expõe-se uma área com Colinas Arredondadas de topo plano, com vertentes compostas alongadas e verticais. Em geral são formas de testemunhos da formação Guaritas, as quais encontram-se altamente desgastadas se comparadas com as demais. O solo predominante é a associação de Afloramento de Rocha com Neossolo Litólico com baixa profundidade, menor que 40 cm e não Hidromórfico. A declividade varia de 1 a 13,7% e a amplitude topográfica fica entre 141 e 223m, ocupando 16,42 km².

No centro tem-se uma sequência de Colinas Alongadas de topo convexo, de direção noroeste-sudeste e vertentes compostas e côncavas, formadas pela deposição de colúvios da erosão da formação Guaritas que é circundante. Cabe salientar a elevada quantidade de drenagens, originada pelo sistema de falhamento secundário. O solo predominante é o Neossolo Litólico, com horizontes proeminentes, rasos e profundidade inferior a 50 cm. A declividade varia de 2 a 14,7%, com amplitude topográfica entre 138 e 266m, ocupando uma área de 17,94 km².

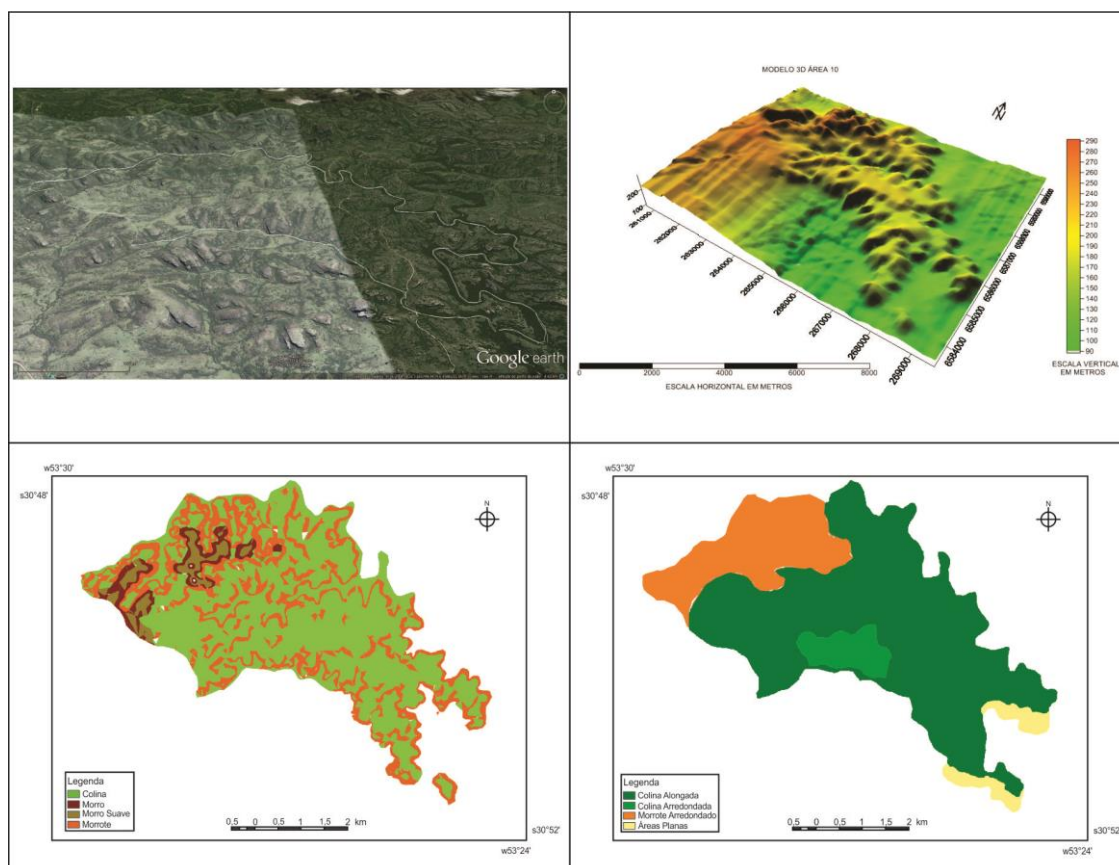


Figura 63: Formas de relevo da Área 10.

A noroeste encontra-se uma área com Morrotes Arredondados de topo convexo, com vertentes compostas e convexas. São formas que marcam o limite oeste da formação Guaritas e balizadas pelo sistema de falhamentos incidente tanto a leste como a oeste. O solo predominante é o Neossolo Regolítico, com espessura média de 70 cm, com granocrescência ascendente e linhas de pedra. A declividade varia de 17,5 a 45,1%, com amplitude topográfica entre os 192 e 259m, totalizando uma área de 5,36 km².

Na área 11 (Figura 64) ocorrem cinco tipos de formas de relevo. A oeste situam-se Áreas Planas formadas na planície de inundação do arroio João Dias. O solo predominante é o Neossolo Flúvico com média a alta concentração de matéria orgânica, Hidromórfico e espessura média de 100 a 140cm. A declividade média é de 1,2% e a amplitude topográfica varia de 140 a 153m, ocupando uma área de 0,82 km².

Na parte sudeste existem duas áreas com Colinas Arredondadas de topo convexo, com vertentes côncavas a noroeste e convexas alongadas a sudeste. São depósitos coluvionares gerados a partir da falha do Cemitério. O solo predominante

é a associação de Afloramento de Rocha com Neossolo Litólico com baixa profundidade, menor que 40 cm e não Hidromórficos. A declividade varia de 1 a 15% e a amplitude topográfica fica entre 138 e 203m, ocupando 1,73 km².

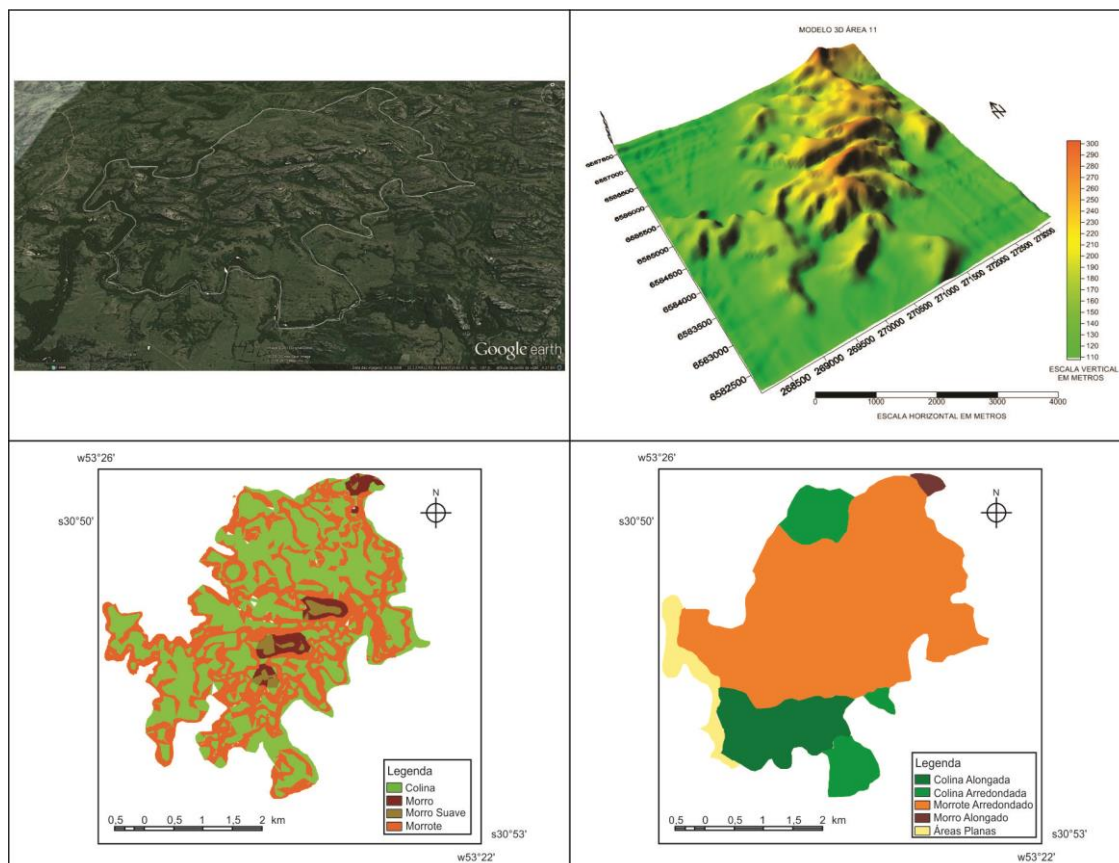


Figura 64: Formas de relevo da Área 11.

A sul e norte encontra-se uma série de Colinas Alongadas de topo aplainado de direção leste-oeste, com vertentes côncavas e retilíneas. São testemunhos marginais da formação Guaritas. O solo predominante é o Neossolo Regolítico, com espessura média de 60 cm, granocrescência ascendente e linhas de pedra. A declividade varia de 2 a 14,1% e a amplitude topográfica fica entre 142 e 202m, ocupando 2,13 km².

O centro da área é ocupado por Morrotes Arredondados de topo aplainado com vertentes compostas, côncavas e verticais. São testemunhos da formação Guaritas marcando seu início no limite sul. O solo predominante é a associação de Afloramento de Rocha com Neossolo Litólico, apresentando profundidade inferior a 40 cm e textura média. A declividade varia de 15,9 a 98%, com amplitude topográfica variando entre 154 e 251m, ocupando uma área de 11,33 km².

No setor nordeste da área 11, tem-se um Morro Alongado de topo convexo, com direção nordeste-sudoeste, predominando vertentes compostas e também algumas convexas. O solo dominante é a associação de Afloramento de Rocha com o Neossolo Litólico, de formação incipiente, espessura inferior a 30 cm e com horizonte proeminente fraco. A declividade varia de 16,1 a 53,3% e a amplitude topográfica de 198 a 304m, ocupando uma área de 0,13 km².

A área 12 (Figura 65) é formada por três tipos de formas de relevo. A noroeste e nordeste tem-se Colinas Arredondadas de topo convexo, com vertentes em sua maioria retilíneas e algumas côncavas. São depósitos coluvionares gerados a partir das formas elevadas adjacentes.

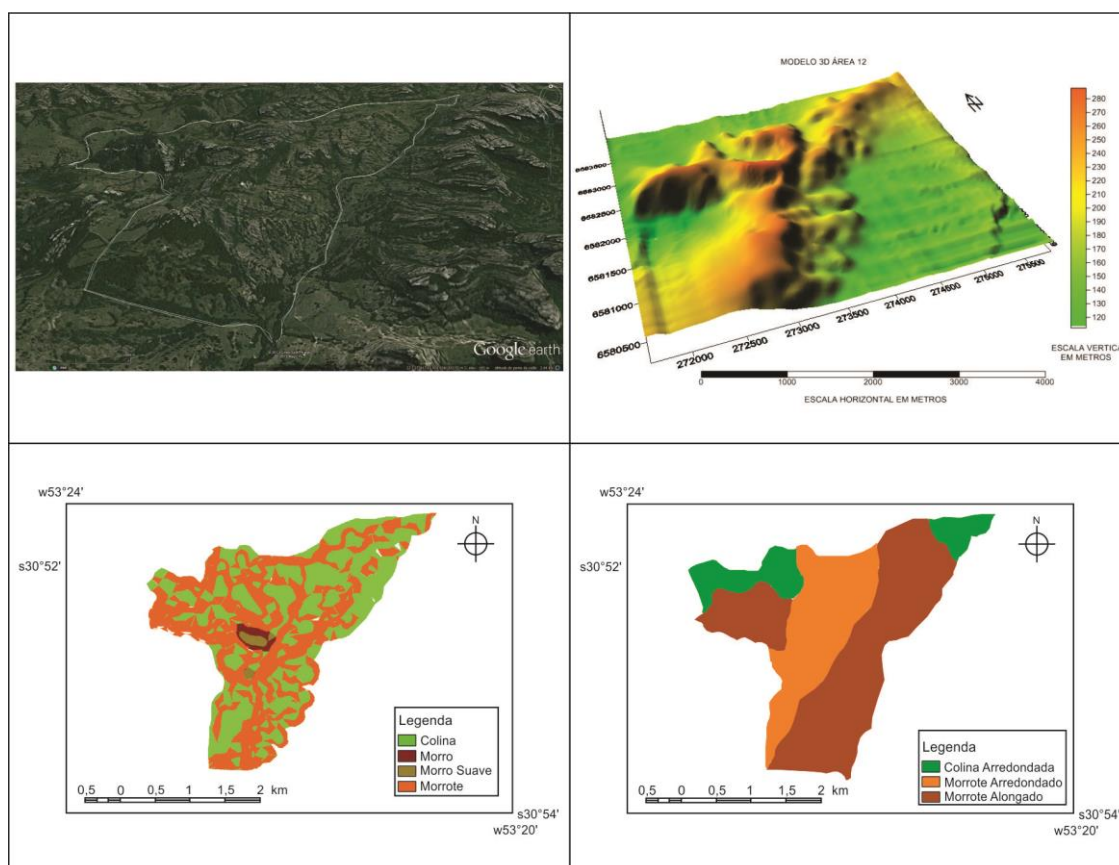


Figura 65: Formas de relevo da Área 12.

O solo predominante é a associação de Afloramento de Rocha com Neossolo Litólico com baixa profundidade, menor que 50 cm e não Hidromórfico. Encontram-se também lentes menores de Planossolo Hidromórfico, com profundidade média de 70 cm, principalmente próximo às drenagens encaixadas. A declividade varia de 3 a 14% e a amplitude topográfica fica entre 158 e 241m, ocupando 1,05 km².

A leste e oeste situam-se Morrotes Alongados de topo convexo e direção preferencial de nordeste-sudoeste, com predominância de vertentes compostas e algumas convexas. São formas geradas no encontro da falha do Cemitério com a do Passo da Mina. O solo predominante é a associação de Afloramento de Rocha com Neossolo Litólico com baixa profundidade, menor que 50 cm. A declividade varia entre 15,5 e 35%, com amplitude topográfica variando entre 158 e 238m, ocupando uma área de 4,21 km².

Na parte central da área há Morrotes Arredondados de topo convexo e vertentes retilíneas. São formas geradas no encontro da falha do Cemitério com a do Passo da Mina. O solo predominante é a associação de Afloramento de Rocha com Neossolo Litólico com baixa profundidade, menor que 30 cm e textura média. A declividade está entre 15,4 e 37%, com amplitude topográfica entre 180 e 235m, ocupando uma área de 2,19 km².

A área 13 (Figura 66) representa cinco tipos de formas de relevo. No setor nordeste existem duas Colinas Arredondadas de topo convexo, com vertentes predominantemente retilíneas e alongadas. São depósitos coluvionares gerados pela Serra do Apertado de um lado e de outro pelo início da formação Guaritas no seu limite leste. O solo predominante é o Neossolo Litólico com baixa profundidade, menor que 50 cm e não Hidromórfico, expondo alguns sulcos de ravinamento. A declividade varia de 3 a 13% e a amplitude topográfica fica entre 200 e 259m, ocupando uma área de 1,12 km².

A oeste há uma Colina Alongada de topo convexo de direção leste-oeste, com vertentes côncavas e retilíneas. São depósitos coluvionares gerados pela formação Guaritas no seu limite sudeste. O solo predominante é o Afloramento de Rocha associado ao Neossolo Litólico, com baixa profundidade, menor que 50 cm e textura média. A declividade está entre 2,2 a 15% e a amplitude topográfica fica entre 160 e 181m, ocupando 0,95 km².

No centro da área 13 tem-se Morrotes Arredondados de topo aplainado com vertentes compostas, côncavas e convexas. São formas pertencentes à Serra do Rincão da Cavalhada, geradas por falhamentos secundários da Serra do Apertado. O solo predominante é a associação de Afloramento de Rocha com Neossolo Litólico, apresentando profundidade média de 30 cm e algumas lentes mais rasas de 20 cm, com textura média. A declividade varia de 15,5 a 88%, com amplitude topográfica entre 181 e 273m, ocupando uma área de 2,36 km².

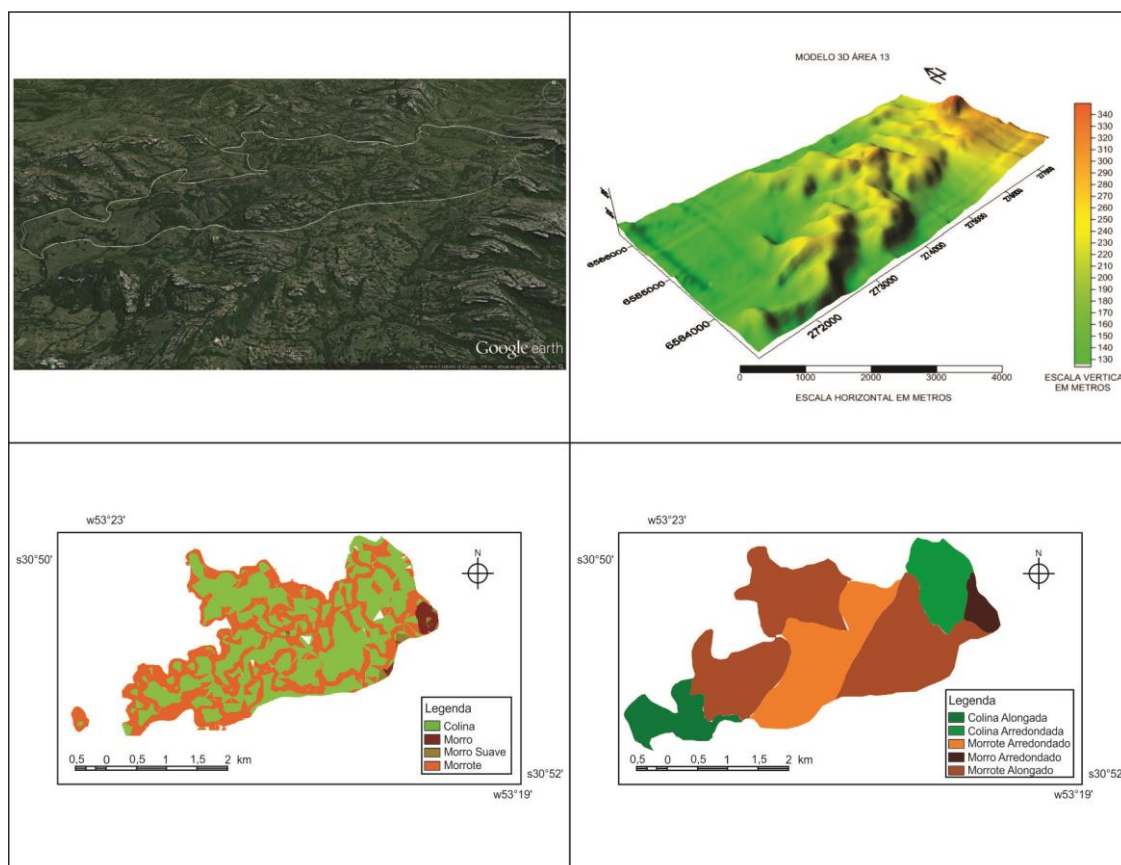


Figura 66: Formas de relevo da Área 13.

No quadrante noroeste e sudeste encontra-se uma sequência de Morrotes Alongados de topo convexo e direção leste-oeste com vertentes compostas, côncavas e convexas. São formas pertencentes à Serra do Rincão da Cavahada, sendo estas menos afetadas por falhamentos em relação às adjacentes. O solo predominante é a associação de Afloramento de Rocha com Neossolo Litólico, apresentando profundidade média de 40 cm, com textura média. A declividade varia de 15,7 a 93%, com amplitude topográfica entre 163 e 263m, ocupando uma área de 5,44 km².

No setor nordeste da área 13 existe um Morro Arredondado de topo aplainado, com predomínio de vertentes verticais e algumas côncavas. É uma forma isolada da Serra do Apertado, limitada por falhamento secundário. Na maior parte da forma não existe solo significativo, sendo que na base há formação de solo incipiente, atribuído a Neossolo Litólico e espessura inferior a 30 cm. A declividade varia de 26,7 a 100% e a amplitude topográfica de 221 a 346m, ocupando uma área de 0,29 km².

Na área 14 (Figura 67) foram mapeados três tipos de formas possíveis de serem individualizadas. A oeste tem-se Colinas Arredondadas de topo convexo, com vertentes predominantemente retilíneas e alongadas. É a continuação dos testemunhos marginais da formação da Serra do Apertado e limitados por falhamentos secundários, já citados na área 13. São depósitos coluvionares gerados pela Serra do Apertado de um lado e dos Morrotes da formação Guaritas no seu limite leste. O solo predominante é o Neossolo Litólico com baixa profundidade, menor que 50 cm e não Hidromórfico. A declividade está entre 3,2 a 14% e a amplitude topográfica fica entre 203 e 260m, ocupando uma área de 1,89 km².

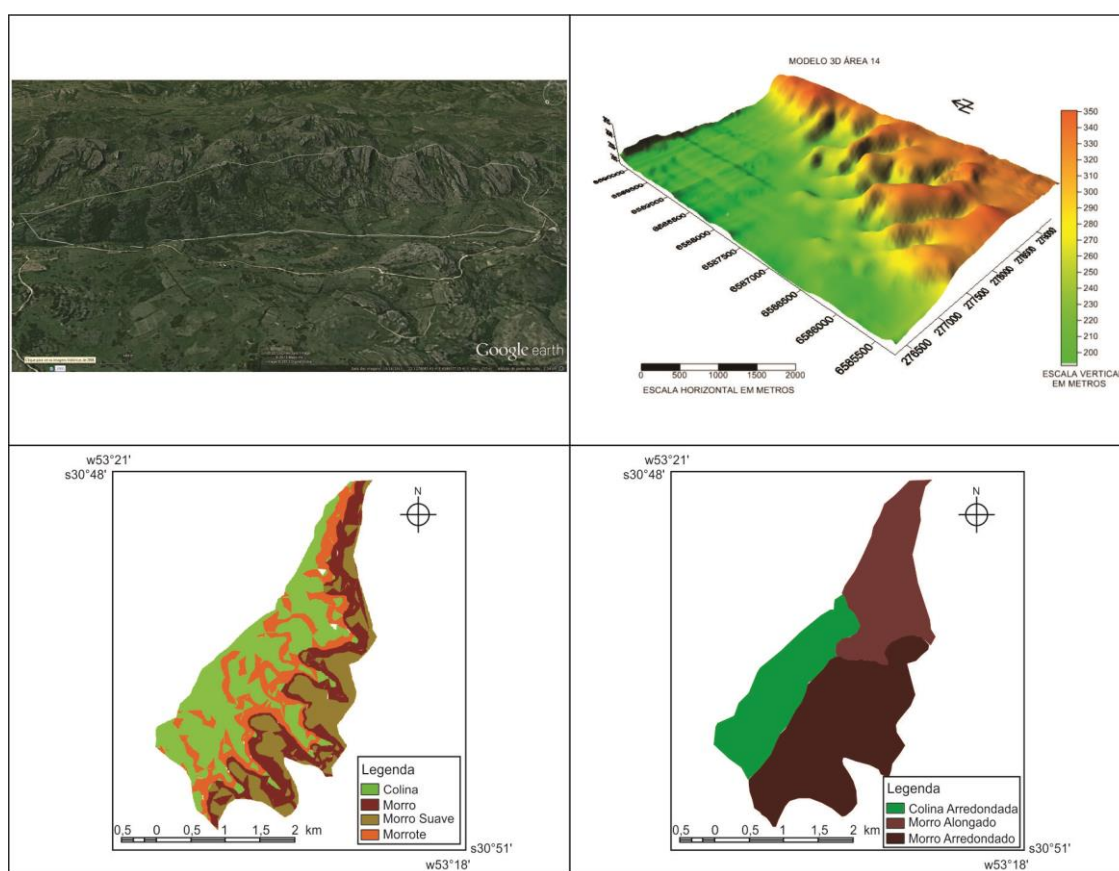


Figura 67: Formas de relevo da Área 14.

No centro-sudeste há uma sequência de Morros Arredondados de topo aplainado, predominando vertentes verticais e algumas côncavas. São formas que marcam o limite norte da Serra do Apertado, com um número expressivo de falhamentos secundários. Apenas na base oeste da forma existe solo significativo, mesmo que incipiente. Encontram-se manchas de Neossolo Litólico com espessura inferior a 30 cm. A declividade varia de 16,9 a 100% e a amplitude topográfica de 220 a 340m, ocupando uma área de 3,45 km².

Na parte norte da área 14 ocorre uma sequência de Morros Alongados de topo convexo e direção norte-sul, predominando vertentes retilíneas e algumas côncavas. É uma série de morros que limita a Serra do Apertado com o passo da Varzinha. O solo predominante é a associação de Afloramento de Rocha com Neossolo Litólico, apresentando profundidade média de 40 cm, com textura média. A declividade está entre 17,4 e 30,4% e a amplitude topográfica de 241 a 345m, ocupando uma área de 2,05 km².

A área 15 (Figura 68) é composta por cinco tipos de formas de relevo. No sudeste existem duas Colinas Arredondadas de topo convexo, com vertentes predominantemente retilíneas alongadas e algumas compostas. São depósitos coluvionares gerados pela Serra do Apertado de um lado e de outro pela dissecação dos morrotes da formação Guaritas no seu limite leste.

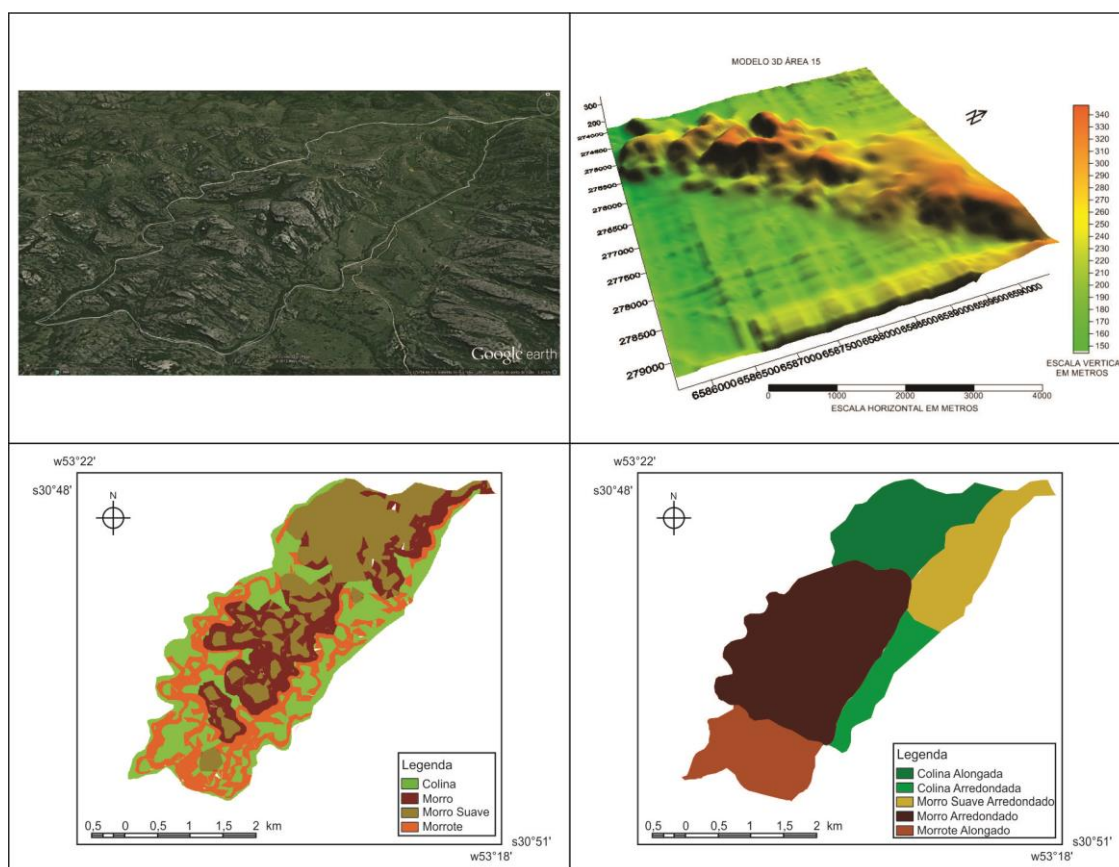


Figura 68: Formas de relevo da Área 15.

O solo predominante é o Neossolo Litólico com baixa profundidade, menor que 50 cm e não Hidromórfico, expondo alguns sulcos de ravinamento, pouco profundos. A declividade varia de 2,6 a 15% e a amplitude topográfica fica entre 202 e 256m, ocupando uma área de 0,90 km².

No norte tem-se uma sequência de Colinas Alongadas de topo plano de direção nordeste-sudoeste, com vertentes retilíneas alongadas. São depósitos coluvionares gerados a partir das formas do Rincão da Cavalhada. O solo predominante é o Neossolo Litólico, com baixa profundidade, menor que 40 cm e distrófico (altamente ácido). A declividade varia de 2,8 a 14,6% e a amplitude topográfica fica entre 240 e 318m, ocupando 2,16 km².

Na parte sul da área 15 ocorrem Morrotes Alongados de topo convexo com direção nordeste-sudoeste, predominando vertentes retilíneas e algumas compostas. São formas pertencentes à Serra do Rincão da Cavalhada, geradas por falhamentos secundários da Serra do Apertado. O solo predominante é a associação de Afloramento de Rocha com Neossolo Litólico, apresentando profundidade média de 20 cm, com textura média e distrófico. A declividade fica entre 15,4 e 44,5%, com amplitude topográfica variando entre 179 e 267m, ocupando uma área de 1,73 km².

A nordeste há uma sequência de Morros de Vertente Suave Arredondados de topo convexo com vertentes retilíneas e convexas. São formas pertencentes à Serra do passo da Varzinha e compartimentada por falhamentos secundários do limite norte da falha da Serra do Apertado. O solo predominante é o Neossolo Litólico, apresentando profundidade média de 30 cm, com textura média. A declividade varia de 2 a 14,4%, com amplitude topográfica entre 218 e 321m, ocupando uma área de 1,79 km².

No centro da área 15 tem-se uma sequência de Morros Arredondados de topo convexo, predominando vertentes retilíneas e algumas verticais. É um conjunto de formas que marcam o limite leste da Serra do Apertado, densamente caracterizado por falhamentos. O solo predominante é a associação de afloramentos de rocha com o Neossolo Litólico, apresentando profundidade média de 40 cm, com textura média e distrófico. A declividade está entre 17 a 100% e a amplitude topográfica de 211 a 323m, ocupando uma área de 4,95 km².

Na área 16 (Figura 69) foram individualizadas 8 formas de relevo. A sudoeste e nordeste há uma sequência de Colinas Alongadas de topo convexo com a maioria das orientações de direção leste-oeste, com vertentes compostas e retilíneas. São depósitos coluvionares gerados a partir das formas do Rincão da Cavalhada a nordeste e da formação Guaritas no centro da área. O solo predominante é o Neossolo Regolítico, com profundidade superior a 50 cm, linhas de pedra e granocrescência ascendente. Em áreas menores encontram-se lentes de Neossolo

Litólico, com espessura média de 50 cm. A declividade varia de 3,5 a 14,1% e a amplitude topográfica fica entre 141 e 220m, ocupando 8,17 km².

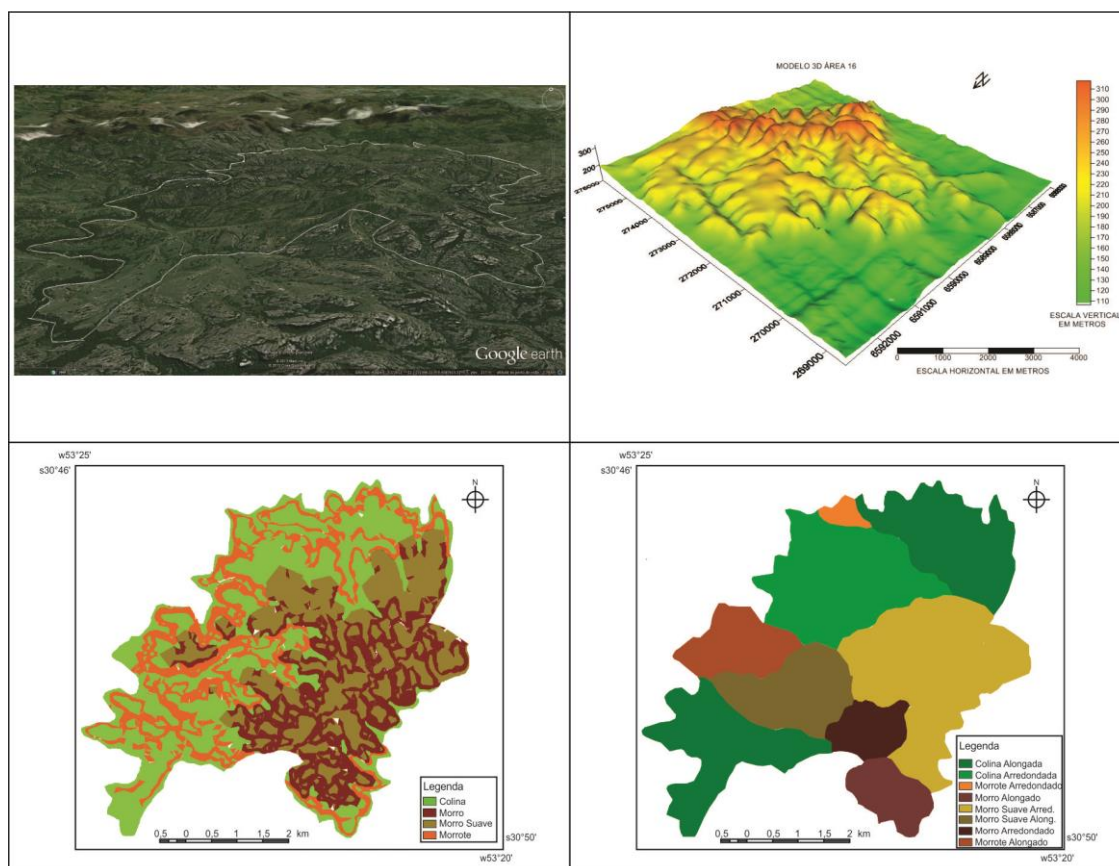


Figura 69: Formas de relevo da Área 16.

No sudeste existem duas Colinas Arredondadas de topo aplainado, com vertentes predominantemente retilíneas, côncavas e algumas verticais. São testemunhos da formação Guaritas, fortemente rebaixados pelo intemperismo, favorecido pela densidade de falhamentos estruturais. O solo predominante é a associação de Afloramento de Rocha com o Neossolo Litólico com baixa profundidade, menor que 30 cm e com textura média e distrófico. A declividade varia de 5,1 a 15% e a amplitude topográfica varia entre 160 e 241m, ocupando uma área de 5,76 km².

A norte encontra-se um Morrote Arredondado de topo plano e vertentes verticais e retilíneas. É um testemunho isolado da formação Guaritas, com escarpas de falha em todos os lados. Não existe solo aparente, apenas o substrato rochoso aflorante. A declividade varia de 37 a 100%, com amplitude topográfica entre 180 e 216m, ocupando uma área de 0,34 km².

No limite oeste da área tem-se uma sequência de Morrotes Alongados de topo plano e direção leste-oeste e vertentes verticais e retilíneas. Trata-se de testemunhos isolados da formação Guaritas, com escarpas de falha em todos os lados, gerando vertentes encaixadas com vales em “V” e “U”. O solo predominante é a associação de Afloramento de Rocha com Neossolo Litólico, apresentando profundidade média de 30 cm, textura média e distrófico. A declividade varia de 16,4 a 98%, com amplitude topográfica entre 141 e 238m, ocupando uma área de 2,19 km².

Na parte leste da forma encontra-se um conjunto de Morros de Vertente Suave Arredondados de topo convexo, com vertentes retilíneas e convexas. São formas pertencentes à formação Guaritas e individualizadas por falhamentos secundários da falha da Serra do Apertado. O solo predominante é a associação de Afloramento de Rocha com Neossolo Litólico, apresentando profundidade média de 40 cm e textura média. A declividade varia de 4 a 14,9%, com amplitude topográfica variando entre 182 e 300m, ocupando uma área de 7,36 km².

No centro da área encontra-se um conjunto de Morros de Vertente Suave Alongados de topo convexo e direção leste oeste, com vertentes côncavas, convexas e compostas. São formas retrabalhadas pertencentes à formação Guaritas. O solo predominante é a associação de Afloramento de Rocha com Neossolo Litólico, apresentando profundidade média de 50 cm, com textura média e distrófico. A declividade varia de 1,9 a 14,7%, com amplitude topográfica variando entre 164 e 280m, ocupando uma área de 3,05 km².

No setor centro-sudeste da área 16 tem-se um Morro Arredondado de topo convexo, predominando vertentes côncavas e retilíneas. É uma das formas geradas por falhamentos secundários da Serra do Apertado, no centro da formação Guaritas. O solo predominante é a associação de afloramentos de rocha com o Neossolo Litólico, apresentando profundidade média de 50 cm, com textura média e distrófico. A declividade varia de 18,8 a 37,8% e a amplitude topográfica de 210 a 316m, ocupando uma área de 1,35 km².

Na parte sudeste da área há uma sequência de Morros Alongados de topo convexo e direção norte-sul, predominando vertentes retilíneas e convexas. São formas geradas por falhamentos secundários da Serra do Apertado, no centro da formação Guaritas. O solo predominante é a associação de afloramentos de rocha com o Neossolo Litólico, apresentando profundidade média de 40 cm, com textura

média e distrófico. A declividade varia de 16,4 a 41,3% e a amplitude topográfica de 180 a 302m, ocupando uma área de 1,57 km².

Na área 17 (Figura 70) existe 4 tipos de formas de relevo. A sudoeste, noroeste e nordeste ocorre um conjunto de Colinas Alongadas de topo convexo com direção leste-oeste e vertentes compostas, côncavas e retilíneas. São depósitos coluvionares localizados nas partes mais baixas da Serra do Capão do Cedro. O solo predominante é o Neossolo Litólico, com profundidade inferior a 50 cm e não Hidromórfico. A declividade varia de 6,8 a 14,9% e a amplitude topográfica situa-se entre 157 e 221m, ocupando 4,68 km².

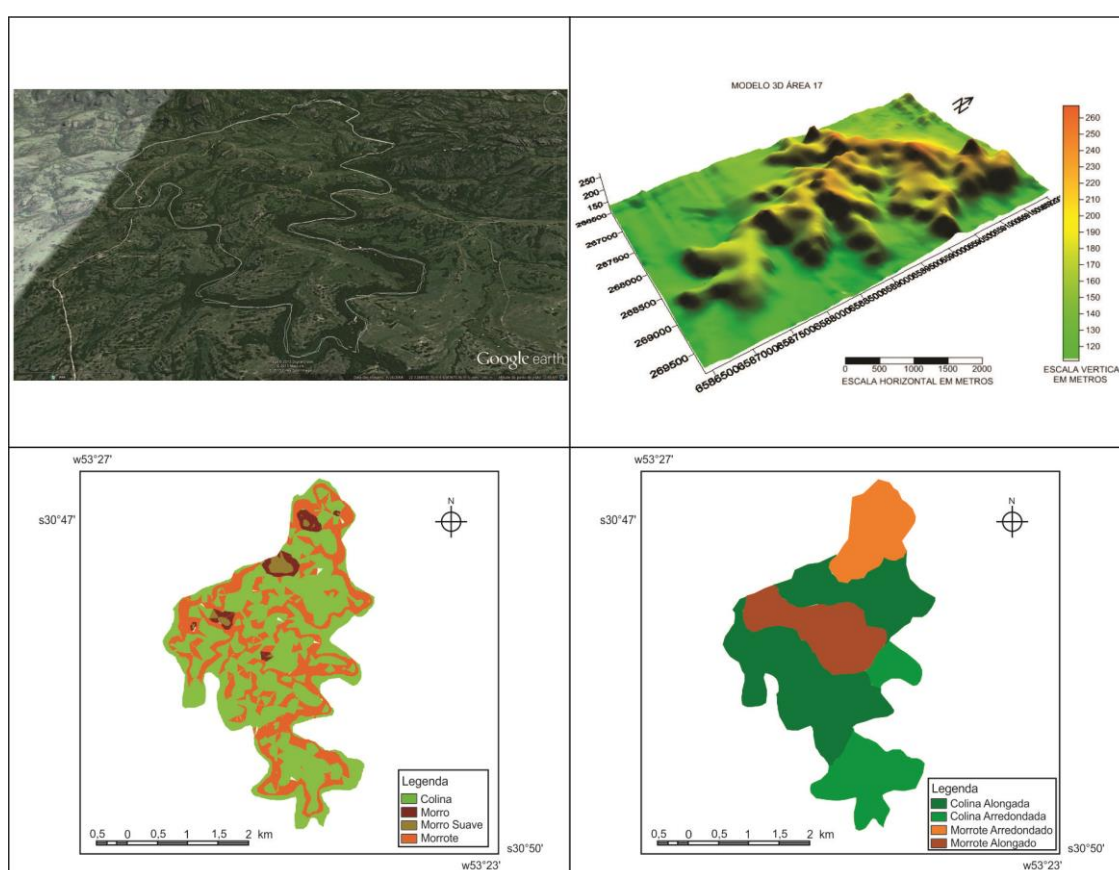


Figura 70: Formas de relevo da Área 17.

A leste e sudeste existem duas Colinas Arredondadas de topo convexo, com vertentes predominantemente retilíneas e côncavas. São depósitos coluvionares localizados nas partes mais baixas da Serra do Capão do Cedro, isolados por falhamento secundários. O solo predominante é o Neossolo Litólico com baixa profundidade, menor que 50 cm, com textura média e distrófico. A declividade varia de 5,4 a 14,3% e a amplitude topográfica varia entre 138 e 285m, ocupando uma área de 1,90 km².

No centro da área 17 encontra-se uma sequência de Morrotes Alongados de topo convexo com direção leste-oeste e vertentes convexas e retilíneas. É um conjunto de formas desgastadas da formação Guaritas e da Serra do Capão do Cedro. O solo predominante é o Neossolo Litólico, com profundidade inferior a 50 cm, distrófico e não Hidromórfico. A declividade varia de 15,2 a 46,1%, com amplitude topográfica entre 167 e 244m, ocupando uma área de 1,76 km².

No norte encontra-se uma sequência de Morrotes Arredondados de topo convexo com vertentes retilíneas e verticais. É um conjunto de formas desgastadas da formação Guaritas e da Serra do Capão do Cedro, separado por falhamento secundários. O solo predominante é o Neossolo Litólico, com profundidade inferior a 40 cm, distrófico e não Hidromórfico. A declividade varia de 15,8 a 98,1%, com amplitude topográfica fica entre 163 e 243m, ocupando uma área de 1,36 km².

A área 18 (Figura 71) está compartimentada em duas formas de relevo. No norte existem dois Morrotes Alongados de topo convexo, um com direção nordeste-sudoeste e outro com direção leste-oeste e vertentes côncavas, convexas e compostas. É um conjunto de formas características da Serra do Capão do Cedro, afetado por falhas. O solo predominante é o Neossolo Regolítico, com espessura média de 80 cm, sem estratificações, mas com presença de linhas de pedra. A declividade varia de 15,9 a 81,9%, com amplitude topográfica entre 210 e 303m, ocupando uma área de 2,08 km².

No setor sul tem-se uma sequência de Morros Alongados de topo convexo e direção leste-oeste, predominando vertentes côncavas, convexas e compostas. É um conjunto de formas características da Serra do Capão do Cedro, afetado por controle estrutural. O solo característico é o Neossolo Regolítico, com espessura média de 90 cm, sem estratificações e laminação, mas com presença de linhas de pedra. A declividade varia de 21 a 70,5%, com amplitude topográfica entre 200 e 323m, ocupando uma área de 5,16 km².

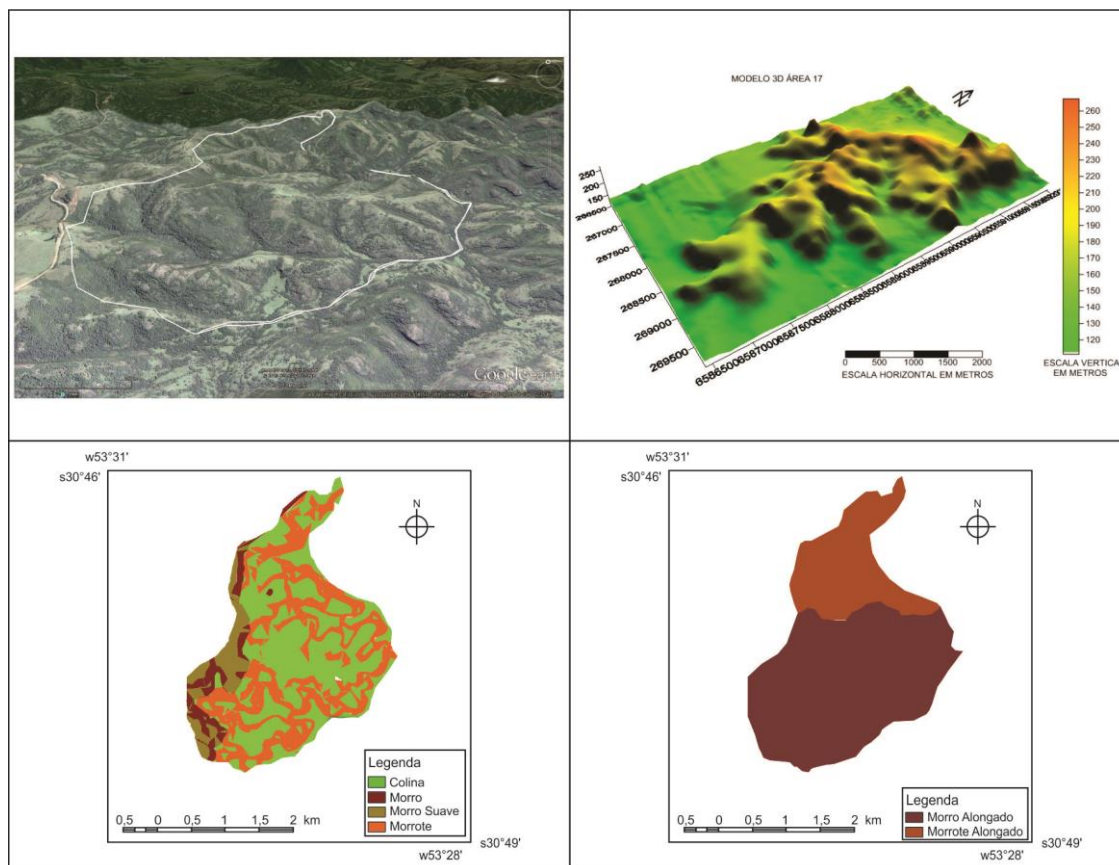


Figura 71: Formas de relevo da Área 18.

Na área 19 (Figura 72) é possível individualizar 4 formas de relevo. No sul há uma sequência de Colinas Alongadas de topo convexo com a maioria das orientações de direção nordeste-sudoeste, com vertentes compostas e retilíneas. São depósitos coluvionares gerados a partir das formas circundantes do Rincão da Cavahada. O solo predominante é o Neossolo Litólico, com profundidade inferior a 50 cm, não Hidromórfico e distrófico. A declividade varia de 1,3 a 14,7% e a amplitude topográfica situa-se entre 180 e 221m, ocupando 1,45 km².

No limite noroeste da área há uma sequência de Morrotes Alongados de topo convexo, com direção nordeste-sudoeste e vertentes retilíneas, côncavas e convexas. É um conjunto de formas que marca o limite norte da formação Guaritas, com falhamentos secundários paralelos. O solo característico é o Neossolo Regolítico, com espessura média de 60 cm, sem estratificações, mas com presença de linhas de pedra. A declividade varia de 15,4 a 41,5%, com amplitude topográfica entre 209 e 299m, ocupando uma área de 2,19 km².

Na parte central da área 19 tem-se uma sequência de Morros Arredondados de topo convexo, predominando vertentes retilíneas, com a presença de vertentes

verticais e côncavas. É um conjunto de formas pertencentes à formação Guaritas, bem individualizados, visto a ruptura topográfica vertical a qual apresentam na paisagem. O solo característico é o Neossolo Regolítico, com espessura média de 50 cm, sem estratificações, mas com presença de linhas de pedra. Em pequenas áreas encontram-se afloramentos de rocha, sem formação de solo aparente. A declividade varia de 23,9 a 100% e a amplitude topográfica é de 183 a 305m, ocupando uma área de 7,58 km².

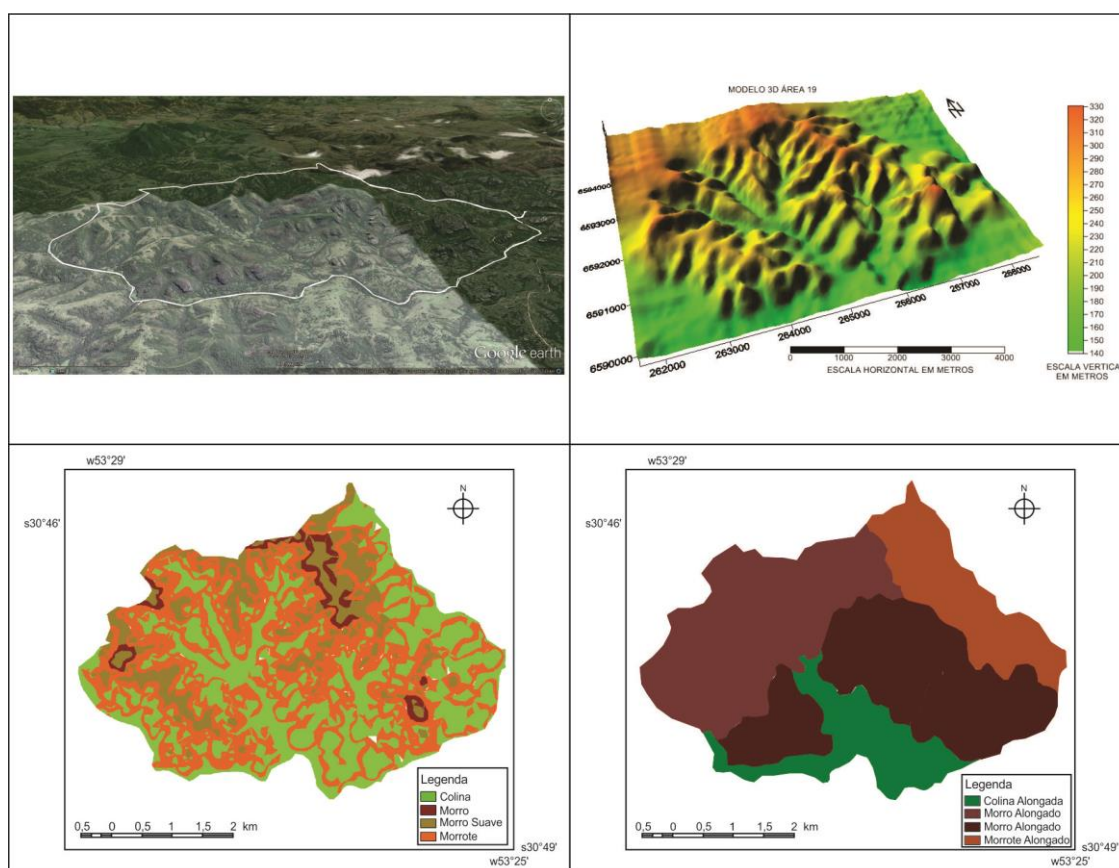


Figura 72: Formas de relevo da Área 19.

Na parte noroeste da área ocorre uma sequência de Morros Alongados de topo convexo e direção preferencial norte-sul e secundariamente leste-oeste, predominando vertentes retilíneas, com algumas convexas e compostas. São formas geradas por falhamentos secundários na Serra do Passo da Areia, limítrofe com a formação Guaritas. O solo predominante é o Neossolo Regolítico, com espessura média de 60 cm, sem estratificações, mas com presença de linhas de pedra. A declividade varia de 21 a 49% e a amplitude topográfica é de 198 a 304m, ocupando uma área de 7,36 km².

A área 20 (Figura 73) encontra-se dividida em 4 tipos de formas de relevo. A nordeste encontra-se um Morrote Alongado de topo convexo com direção noroeste-sudeste e vertentes retilíneas. É uma forma que marca o limite norte da formação Guaritas, com falhamentos secundários paralelos. O solo característico é o Neossolo Regolítico, com espessura média de 50 cm e sem estratificações. A declividade varia de 17 a 34,4 %, com amplitude topográfica variando entre 220 e 251m. A área total é de 0,22 km².

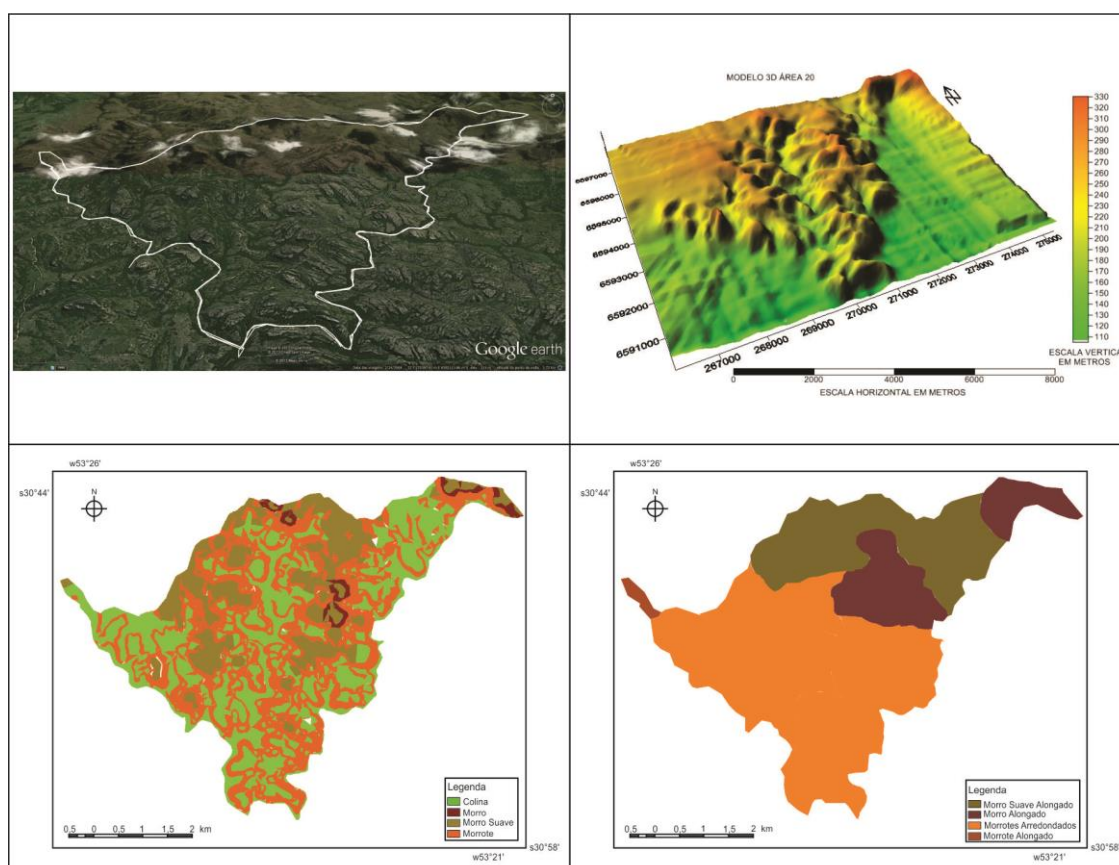


Figura 73: Formas de relevo da Área 20.

No sul encontra-se uma sequência de Morrotes Arredondados de topo aplainado com vertentes retilíneas e verticais. É um conjunto de formas desgastadas da formação Guaritas em seu limite norte e da Serra do Capão do Cedro a leste, separado por falhamentos secundários. O solo predominante é o Neossolo Litólico, com profundidade inferior a 50 cm, distrófico e não Hidromórfico. Também há áreas menores com Neossolo Regolítico, com espessura média de 60 cm, e sem estratificações e com presença de linhas de pedra. A declividade varia de 21,8 a 97,7%, com amplitude topográfica entre 183 e 278m, ocupando uma área de 14,92 km².

Na parte norte da área 20 ocorre um conjunto de Morros de Vertente Suave Alongados de topo convexo e direção norte-sul, com vertentes côncavas, convexas e compostas. São formas retrabalhadas a norte da formação Guaritas, com densidade mínima de falhamentos. O solo predominante é o Neossolo Litólico, apresentando profundidade média inferior a 50 cm, com textura média e distrófico. A declividade varia de 2,2 a 15%, com amplitude topográfica variando entre 178 e 285m, ocupando uma área de 6,25 km².

Na parte central e nordeste da área existe uma sequência de Morros Alongados de topo convexo e direção leste-oeste, predominando vertentes retilíneas, com algumas convexas e compostas. São formas que marcam o limite da parte aflorante da formação Guaritas. O solo predominante é a associação de afloramentos de rocha com o Neossolo Litólico, apresentando profundidade média de 40 cm, com textura média e distrófico. A declividade varia de 18,4 a 54% e a amplitude topográfica oscila entre 182 e 308m, ocupando uma área de 4,06 km².

A área 21 (Figura 74) está compartimentada em dois grupos de formas de relevo. No sul tem-se uma sequência de Morrotes Alongados de topo convexo com direção nordeste-sudoeste e vertentes predominantemente compostas e convexas. É um conjunto de formas que também marcam o limite aflorante da formação Guaritas. O solo característico é o Neossolo Regolítico, com espessura média superior a 80 cm, e sem estratificações. A declividade varia de 26,6 a 57%, com amplitude topográfica entre os 183 e 274m, ocupando uma área de 9,11 km².

Na parte norte da área localiza-se uma sequência de Morros Alongados de topo convexo e direção leste-oeste, predominando vertentes côncavas e convexas. São formas que limitam a SbHAJD, apresentando baixa densidade de falhamentos. O solo predominante é Neossolo Regolítico, com espessura média de 70 cm, sem estratificações, mas com presença de linhas de pedra. A declividade varia de 20 a 58,4% e a amplitude topográfica de 240 a 341m, ocupando uma área de 5,50 km².

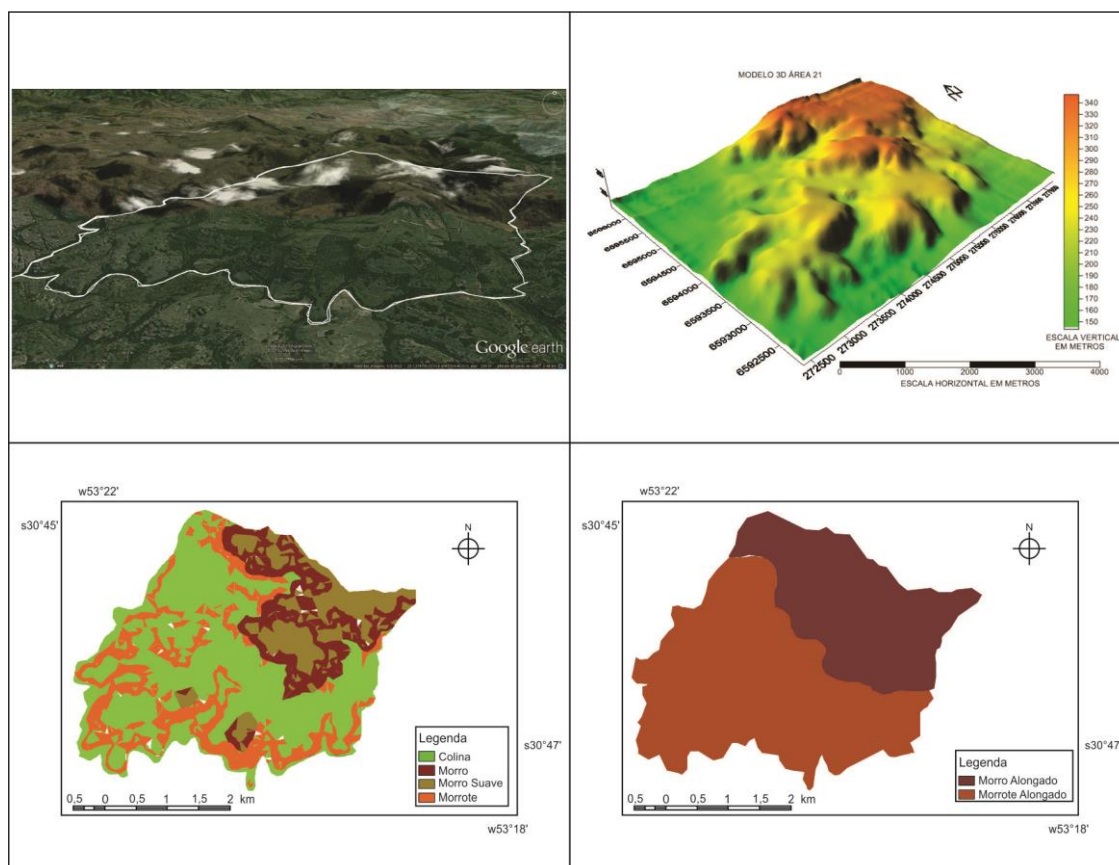


Figura 74: Formas de relevo da Área 21.

Na área 22 (Figura 75) encontram-se dois grupos de formas de relevo. No sul há um conjunto de Morrotes Alongados de topo convexo com direção nordeste-sudoeste e vertentes predominantemente compostas e convexas, com algumas côncavas. É um conjunto de formas que marcam o limite aflorante da formação Guaritas na face nordeste. O solo predominante é o Neossolo Litólico, apresentando profundidade média de 50 cm, com textura média. Nos fundos de vale ocorrem áreas com Neossolo Flúvico, com espessura média de 70 cm e textura argilosa de atividade alta. A declividade varia de 15,4 a 50,7 %, com amplitude topográfica entre 221 e 284m, ocupando uma área de 5,04 km².

Na parte norte da área tem-se uma sequência de Morros Alongados de topo convexo e direção leste-oeste, predominando vertentes côncavas e convexas. Nestas formas encontram-se as nascentes do arroio João Dias. A densidade de falhamentos nesta área é reduzida, se comparada ao restante da SbHAJD. O solo predominante é o Neossolo Litólico, apresentando profundidade média de 50 cm, com textura média. Nos fundos de vale encontram-se áreas de Neossolo Flúvico, com espessura média de 80 cm e textura argilosa de atividade alta. A declividade

varia de 16,4 a 34,4 %, com amplitude topográfica entre os 238 e 341m, ocupando uma área de 1,30 km².

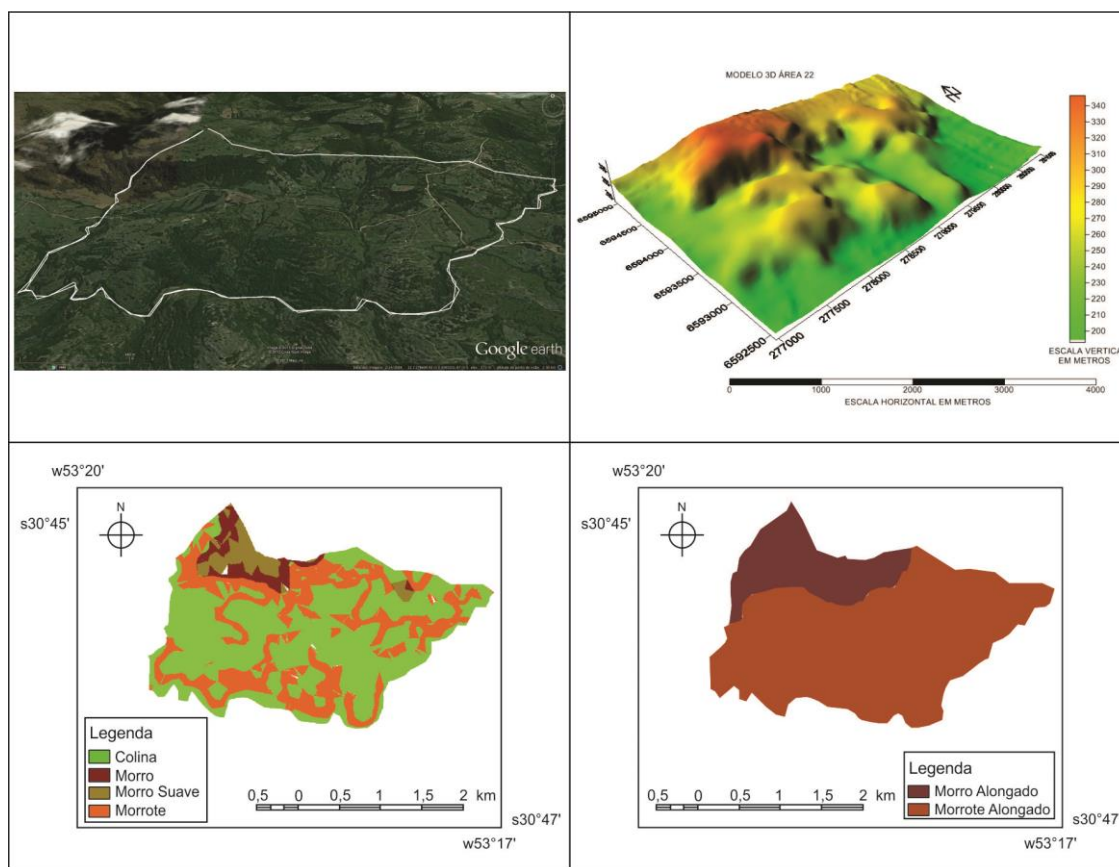


Figura 75: Formas de relevo da Área 22.

Por fim, a área 23 (Figura 76) está compartimentada em três tipos de formas. No sudoeste há Colinas Alongadas de topo convexo com a maioria das orientações de direção noroeste-sudeste, com vertentes compostas e retilíneas. São depósitos coluvionares gerados a partir das formas do Rincão da Cavalhada a nordeste e da formação Guaritas a oeste da área. O solo predominante é o Neossolo Regolítico, com profundidade superior a 60 cm, linhas de pedra e granocrescência ascendente. Em áreas menores ocorrem lentes de Neossolo Litólico, com espessura média de 60 cm. A declividade varia de 2,3 a 14,5% e a amplitude topográfica situa-se entre 198 e 292m, ocupando 2,0 km².

A noroeste e nordeste tem-se uma sequência de Morrotes Alongados de topo convexo, direção predominante norte-sul e vertentes côncavas e retilíneas. São formas residuais do Rincão da Cavalhada e estão amplamente rebaixadas. O solo predominante é o Neossolo Regolítico, com espessura média de 70 cm, sem estratificações, mas com presença de linhas de pedra. A declividade varia de 15,4 a

42,6%, com amplitude topográfica entre os 206 e 304m, ocupando uma área de 3,97 km².

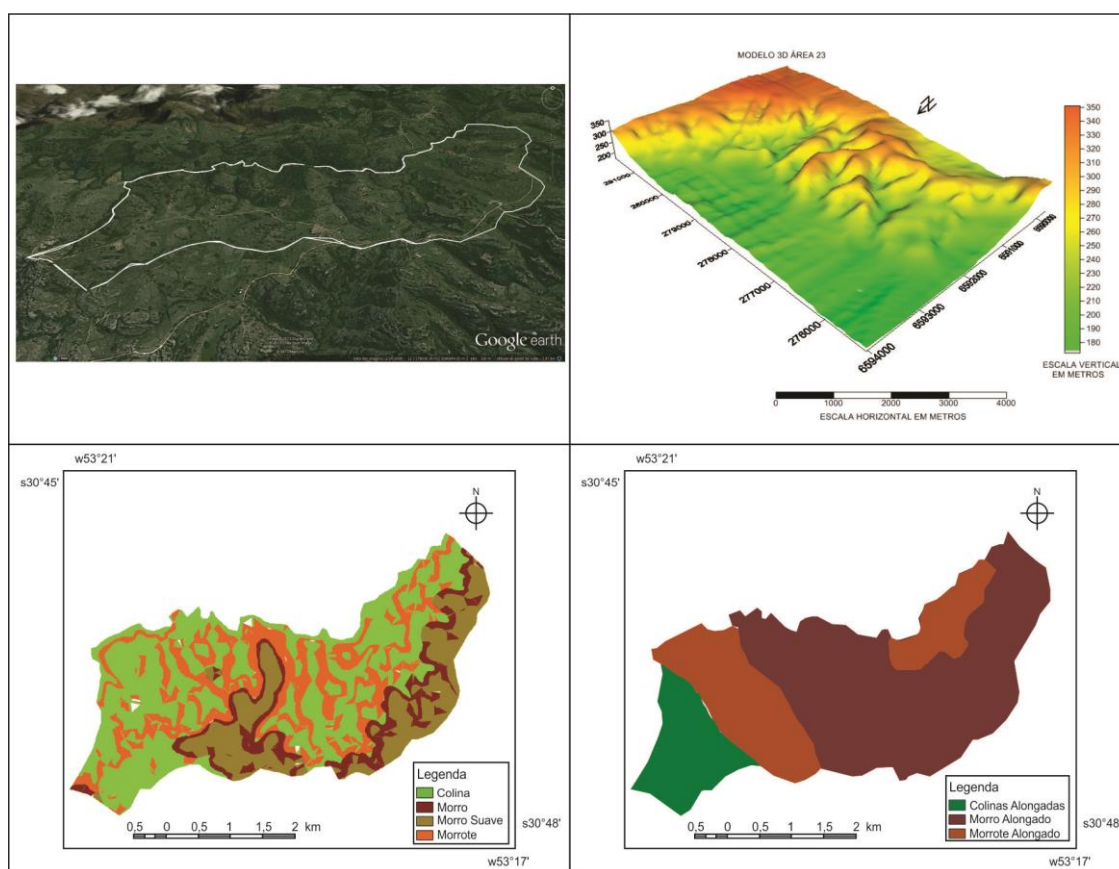


Figura 76: Formas de relevo da Área 23.

Na parte central da área há uma sequência de Morros Alongados de topo convexo e direção norte-sul, com vertentes retilíneas e côncavas. São morros pertencentes à Serra do Rincão da Cavahada e encontram-se individualizados por falhamentos secundários. O solo predominante é o Neossolo Regolítico, com espessura média de 70 cm, sem estratificações e com a presença de linhas de pedra. Em áreas menores há lentes de Neossolo Litólico, com espessura média de 50 cm. A declividade varia de 17,7 a 57,9%, com amplitude topográfica entre 202 e 338m, ocupando uma área de 8,37 km².

7.2 Mapeamento Geomorfológico da SbHAJD

Através da técnica de mosaico, juntaram-se os mapas derivados das 23 áreas delimitadas a partir das cotas altimétricas de base semelhante, gerando o mapa geomorfológico da SbHAJD (Figura 77). Cabe destacar que o mapeamento

geomorfológico contempla a delimitação do padrão de formas semelhantes, ou seja, o 4º táxon da proposta de Ross (1992). Vislumbrando melhorar a descrição da gênese das formas, foram descritas as informações do modelado de topo e de vertentes, as quais competem ao 5º táxon.

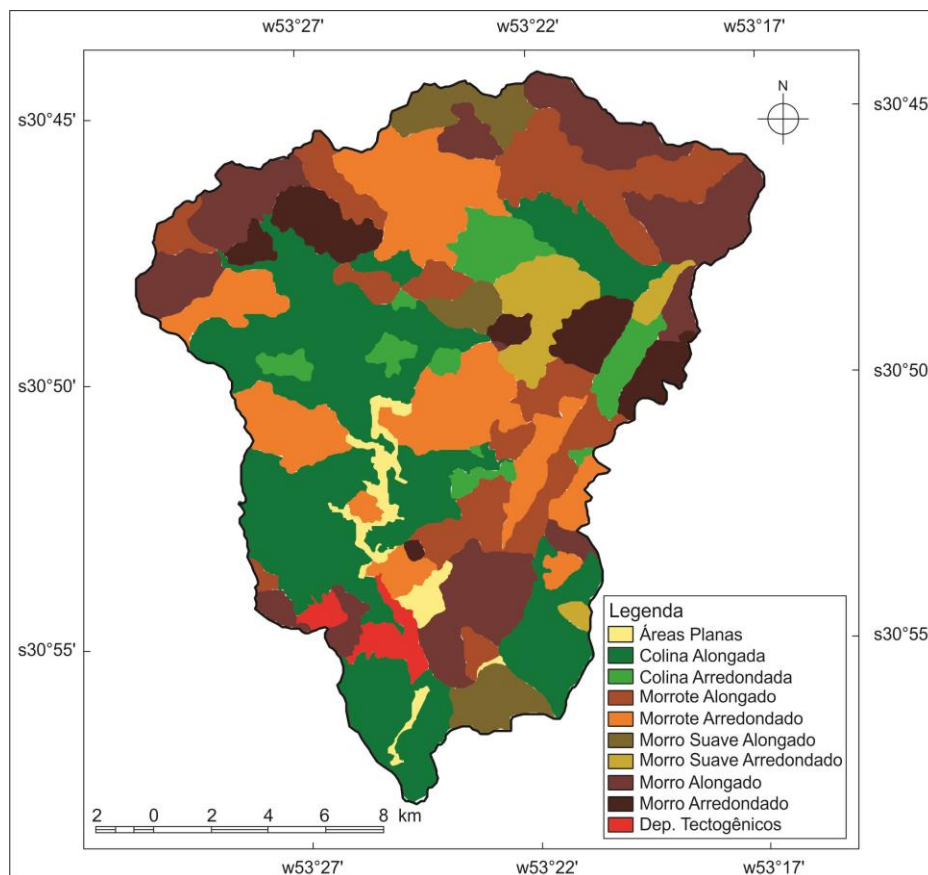


Figura 77: Mapa Geomorfológico.

O mapeamento geomorfológico resultou em 10 classes de formas de relevo:

a) Depósitos Tecnogênicos

São as únicas unidades que apresentam gênese antrópica. Dividem-se em três áreas, as quais correspondem aos antigos depósitos de rejeitos, aos rejeitos recentes e à área industrial da CBC, totalizando 5,15 km². Os antigos depósitos de rejeitos caracterizam-se por sedimentos assentados no médio curso do arroio João Dias (Figura 78). Foram depositados em dois momentos distintos: o primeiro, pela atividade de mineração nas Minas do Camaquã entre os anos de 1890 e 1972 e o segundo, quando houve o rompimento da barragem de rejeitos em 1981. São sedimentos de granulometria fina depositados em altitudes que variam entre 137 e 141m. Já os depósitos tecnogênicos da área industrial da CBC são mais heterogêneos. Variam desde blocos com tamanho métrico até material estéril de

granulometria fina. A amplitude topográfica é maior em função das cavas de minério e oscilam de 198 a 281m.



Figura 78: Depósitos tecnogênicos no leito do Arroio João Dias.

b) Áreas Planas

Caracterizam-se principalmente pelas planícies de inundação dos arroios João Dias e Marmeleiro (Figura 79), predominando um processo de agradação, onde basicamente há deposição de material proveniente das vertentes transportado por processos fluviais quando, principalmente, da ocorrência de episódios de chuvas torrenciais (BRUCH, 2009). A área dessa unidade geomorfológica é de 7,31 km² e a sua declividade é inferior a 3% e a amplitude topográfica varia entre 138 e 163m. O solo está representado pelo Neossolo Flúvico, sendo pouco desenvolvido, sem distinção entre os horizontes e, por vezes, existe um sub-horizonte A com extensa camada de sedimentos fluviais.



Figura 79: Planície fluvial do Arroio João Dias.

c) Colinas Arredondadas

Esta unidade é formada por colinas arredondadas (Figura 80), predominando os topos convexos em 72% das formas. A declividade varia de 1 a 15%, com amplitude topográfica entre 138 e 285m. Em 48% das formas as vertentes são

retilíneas e em 42% são côncavas. Em geral, são formas isoladas originadas pelo rebaixamento dos morros testemunhos da Formação Guaritas. A proximidade das drenagens entre os interflúvios (menor que 500m) demonstra o controle estrutural existente, onde os lineamentos de direção N10E-N20E são os predominantes. Os solos apresentam uma variedade de fragmentos rochosos, prevalecendo os Neossolos Litólicos. A área total desta unidade é de 15,77 km².



Figura 80: Colinas Arredondadas de topo convexo.

d) Colinas Alongadas

As colinas alongadas possuem topo convexo em 92% das formas mapeadas (Figura 81). A declividade varia de 0 a 15%, com amplitude topográfica compreendida entre as cotas de 121 e 266m. O predomínio é de vertentes retilíneas, ocorrendo também vertentes côncavas e convexas. São formas originadas a partir do intemperismo sobre as rochas das Formações Guaritas e Santa Bárbara.



Figura 81: Colinas Alongadas de topo convexo.

Na Fácies Varzinha da Formação Guaritas, as colinas alongadas apresentam formas de depósitos de tálus. Nos locais onde as formas são depósitos de encosta,

os solos predominantes são os Neossolos Litólicos, com presença de clastos e nas outras áreas predominam os Planossolos Hidromórficos recobrimo, principalmente, a formação Santa Bárbara. O controle estrutural existe, mas é mais evidente nas formas que esculpem a Formação Guaritas, com direção preferencial de N10E-N20E, a qual também é a direção preferencial do alongamento das cristas das formas. A área total de colinas alongadas é de 74,29 km².

e) Morrotes Arredondados

Os Morrotes Arredondados apresentam em 65% das formas o topo convexo (Figura 82). A clinografia varia entre 15,4 e 100% e a amplitude topográfica está compreendida entre as cotas de 140 e 321m. Distinguiram-se vertentes côncavas, convexas, compostas, retilíneas e verticais em quantidades próximas, demonstrando a heterogeneidade desta unidade.



Figura 82: Morrotes Arredondados.

Em geral são formas preservadas e isoladas pela regressão horizontal das vertentes da Fácies Varzinha da Formação Guaritas. Estruturalmente, nesta unidade predominam lineamentos de fundo de vale, de direção preferencial de N70E-N80E, não apresentando estiramento longitudinal, visto que as formas são arredondadas, dificultando o mapeamento da sua continuidade espacial. Os solos predominantes correspondem à associação de Afloramento de Rocha e Neossolo Litólico. A área desta unidade é de 51,90 km².

f) Morrotes Alongados

Os Morrotes Alongados (Figura 83) apresentam semelhança com os Morrotes Arredondados. Exibem em 95% das formas o topo convexo, com clinografia variando entre 15 e 98% e a amplitude topográfica situada entre os 140 e 304m. As vertentes são diversas, predominando as côncavas, convexas, compostas. São formas

geradas em limites estruturais e em bordas de formações geológicas. Predominam os estiramentos de formas com direções N50W-N60W, principalmente nas formas sobre a Formação Santa Fé e Fácies Varzinha da Formação Guaritas. O substrato pedológico é composto basicamente pelos Neossolos Litólicos e Regolíticos, demonstrando a influência da litologia na esculturação das formas. A área total de Morrotes Alongados é 44,55 km².



Figura 83: Morrotes Alongados.

g) Morros de Vertente Suave Arredondados

Os Morros Suaves Arredondados apresentam apenas topos convexos, com declividades variando entre 2 e 14,9%. A amplitude topográfica situa-se entre as cotas de 156 e 321m, com vertentes retilíneas e convexas, com amplo comprimento de rampa (Figura 84). É um conjunto de formas geradas a partir da associação de rochas ígneas e sedimentares, demonstrando os processos de regressões verticais e horizontais das vertentes.



Figura 84: Morros de Vertente Suave Arredondadas com vertentes alongadas.

Deve-se salientar que na proximidade destas formas existe um intenso controle estrutural, com vasto conjunto de lineamentos de fundo de vale na direção

N30W-N40W. O solo predominante é a associação de Afloramento de Rocha com Neossolo Litólico, com ilhas de Chernossolo Rêndzico. A superfície desta unidade é de 9,92 km².

h) Morros de Vertente Suave Alongados

Os Morros de Vertente Suave Alongados expõem apenas topos convexos (Figura 85). A clinografia oscila entre 0 e 15%, com hipsometria entre 122 e 285m, predominando as vertentes côncavas e convexas.



Figura 85: Morros de Vertente Suave Alongados.

São formas geradas por processo de “empurrão” tectônico sobre a Fácies Varzinha da Formação Guaritas, com dobras relacionadas a falhas inversas, com crenulações ao longo do limite dos alongamentos morfológicos. Como o sistema de falhas é exemplificado por crenulações, a extensão destas é de mapeamento em escala de detalhe. As poucas que foram determinadas apresentaram direção preferencial de N20W-N30W. Predomina a associação de Afloramento de Rocha com Neossolo Litólico com áreas de Argissolo Vermelho-Amarelo. Os Morros de Vertente Suave Alongados ocupam 14,52 km².

i) Morros Arredondados

Os Morros Arredondados apresentam topos convexos e alguns aplainados (Figura 86). A clinografia está entre 16 e 100% e a amplitude topográfica está entre as cotas de 160 e 340m. Do total 71% das vertentes são verticais, com depósitos de talus na base das formas. Estas exposições são isoladas pelo conjunto de falhamentos preferencial de direção N60W-N70W, atuando sobre a Fácies Varzinha da Formação Guaritas. Estes morros são as formas clássicas atribuídas a Formação Guaritas. O solo predominante é a associação de Afloramentos de Rocha com

Neossolos Litólicos. Na base das formas ocorrem os Neossolos Regolíticos. A área mapeada desta unidade é de 18,05 km².



Figura 86: Morros Arredondados de topo aplainado.

j) Morros Alongados

Os Morros Alongados apresentam apenas topos convexos (Figura 87) em todas as formas avaliadas. A declividade está entre 15 e 85% com amplitude topográfica variando de 138 a 342m. As vertentes encontradas são do tipo retilínea, côncava e convexa, em quantidades próximas. São formas determinadas pelo controle estrutural, principalmente por basculamentos e processos de erosão diferencial, predominando as direções N20E-N30E e N40W-N50W. A litologia predominante é a Formação Guaritas, nas Fácies Pedra Pintada, Varzinha e do Membro Rodeio Velho. Os solos ocorrentes são os Neossolos Litólicos, Regolíticos e a associação de Afloramentos de Rocha e Neossolo Litólico. A área contemplada por Morros Alongados é de 50,53 km².



Figura 87: Morros Alongados de topo convexo.

CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS

A hidrografia é vista por vários pesquisadores como parte do reflexo da dinâmica pretérita e atual da superfície terrestre (LUKYANCHENKO,2003). Segundo Justus (1990), pode-se considerar a drenagem como um “produto do relevo”, condicionado aos aspectos “determinantes” litotectônicos. Assim, parte dos aspectos morfológicos atuais decorre do arranjo e evolução da drenagem durante o Cenozóico, sobre um substrato geológico, na qual, os rios, em parte, se adaptaram.

No Quaternário, foram comuns as alterações nos níveis dos mares, onde ocorreram longos períodos de transgressões e regressões marinhas, associadas a mudanças climáticas. Para Justus (1990) as flutuações climáticas tiveram influência na atuação dos processos morfogenéticos fluviais, no interior e no litoral. A vazão é um dos componentes das correntes de águas, que sofreu alterações na sua potência e implicações no padrão de fluxo dos canais.

Para Christofolletti (1980), a bacia hidrográfica é produto de um equilíbrio dinâmico, pois resulta da interação de diversos fatores intervenientes (físicos e biológicos), presentes e passados, onde as águas correntes constituem o principal agente de interação. A presença de uma ou mais feições marcantes não significa, o predomínio de determinado fator interveniente (litologia, tectônica e relevo), mas tão somente o resultado do equilíbrio dinâmico dos componentes interagentes nesse sistema.

Durante o decorrer do tempo geológico mudanças climáticas e tectônicas são eventos presentes. Estes eventos conjugados com as alterações humanas gravam na paisagem, uma dinâmica, a hidrografia. Com efeito, observa-se essa dinâmica pela presença de formas herdadas e pelo caráter de instabilidade na maioria dos rios da região Sul brasileira. As feições estruturais condicionam encaixamento da drenagem em áreas de diversidade litológica, que ocorre na região de rochas

sedimentares e ígneas da unidade geológica da Bacia do Camaquã, no Escudo Sul-Rio-Grandense.

Conforme a classificação adotada pelo IBGE, a SbHAJD, pertence à bacia hidrográfica do rio Camaquã, a qual encontra-se inserida na Bacia Hidrográfica Litorânea. Segundo Laybauer (1995), o regime fluviométrico dos rios da bacia hidrográfica do Camaquã é o sub-tropical, que abrange vasta região, desde os limites da Depressão Central Gaúcha até os limites sul do Escudo Sul-Rio-Grandense. Em geral, os rios desta região apresentam perfis longitudinais com declives acentuados e por vezes leitos acidentados em seu curso superior.

Com relação as drenagens, a SbHAJD apresenta o arroio João Dias como curso principal e mais três importantes tributários, os arroios Marmeleiro, Capão do Cedro e o Emiliano Tapera.

O arroio João Dias nasce nos altos da Serra do Apertado e Cerro do Martin, com sua nascente mais elevada localizada a 359m de altitude e deságua na localidade de Passo da Barquinha com 121m de altitude, totalizando 52 km de extensão. A sede do Distrito de Minas do Camaquã foi construída às margens do seu curso médio-inferior, onde também foi edificada a barragem de captação de água, para o abastecimento dos moradores.

O arroio Marmeleiro é o maior tributário da SbHAJD. Nasce nos altos da Serra do Apertado e Cerro do Quilombo a cerca de 350m de altitude, com um total de 13 km de extensão. Os outros tributários importantes, principalmente os da margem direita do arroio João Dias, não possuem nome definido (BRUCH, 2009).

Os divisores de águas que limitam a área estão representados ao norte pelas elevações conhecidas como Serra do Rincão da Cavalhada e do Capão do Cedro, que separa a SbHAJD das bacias do arroio Passo da Areia e Rio Irapuá, ambas bacias pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Jacuí. A oeste, a Serra do Rochoso constitui o interflúvio da SbHAJD com a bacia do Arroio do Banhado. À leste, a Serra do Apertado constitui o interflúvio da SbHAJD com bacia do arroio Pessegueiro. Ao sul, na foz do arroio João Dias no rio Camaquã, localiza-se a prainha do Otávio (Figura 88), na localidade de Passo da Barquinha (BRUCH, 2009).



Figura 88: Foz do arroio João Dias no rio Camaquã, localidade conhecida como prainha do Otávio.

Referindo-se ao gerenciamento dos recursos hídricos, segundo a Secretaria do Meio Ambiente do RS, a SbHAJD pertence a L030 Camaquã, região Litoral. Segundo os dados, a SbHAJD possui uma área de 309 km², com densidade de drenagem de 1,55 km/km² e uma vazão média de 6,25m³/s (WEBER e BRUCH, 2008).

8.1 Padrão de Drenagem

Na concepção de Christofolletti (1980), os arranjos espaciais dos cursos fluviais podem ser influenciados em sua atividade morfogenética pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região. Segundo Justus (1990), o padrão de drenagem é um produto dos processos genéticos formadores do relevo e das conseqüentes atividades de intemperismo químico, físico e biológico.

Ainda, de acordo com Christofolletti (1980), os padrões de drenagem classificam-se em seis tipos: dendrítico, treliça, retangular, paralelo, radial e anelar. Na SbHAJD são encontrados os 4 primeiros padrões (Figura 89), em que o dendrítico ocupa a maior parte da área.

Christofoletti (1980) atribui o padrão de drenagem dendrítico a áreas de substrato litológico com camadas horizontais, com pouca a média densidade de fraturas. Os cursos fluviais são distribuídos em todas as direções sobre a superfície do terreno e se unem formando ângulos agudos de graduações variadas, mas não apresentam ângulos de 90° . Na SbHAJD esse padrão é o predominante (Figura 90), ocupando uma área de $232,95 \text{ km}^2$.

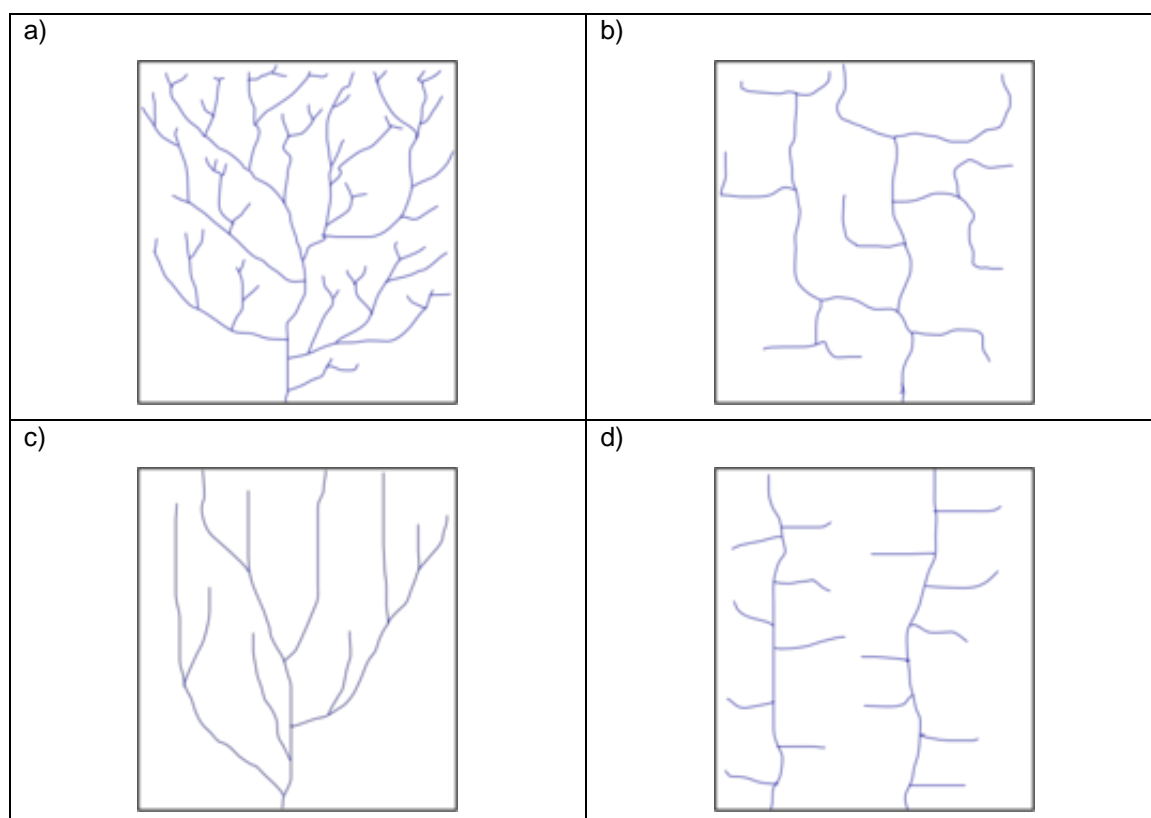


Figura 89: (a) Padrão de drenagem dendrítico, (b) retangular, (c) paralelo e (d) treliça.

Fonte: Adaptado de Christofoletti (1980).

Apesar de apresentar sub-padrões na área de estudo, a classificação genérica foi adotada aqui, visto que, não é o objetivo da tese abordar as sub-classificações. Cabe salientar que na parte do baixo curso do arroio João Dias é significativo o comprimento do padrão do tipo dendrítico anastomosado, pois nos seus últimos 4,1 km, ou seja, nas áreas planas da sub-bacia, o índice de sinuosidade atribui tais características ao arroio.

O padrão de drenagem retangular ocupa uma área de $36,25 \text{ km}^2$, e sobrepõe-se às rochas sedimentares densamente falhadas. Normalmente este padrão é uma evolução da configuração em treliça, visto que alguns canais começam a se conectar e evoluem então para o padrão retangular. É comum a atribuição do

padrão retangular a litologias distribuídas em camadas horizontais com diferentes resistências (CHRISTOFOLETTI, 1980; SUMMERFIELD, 1991).

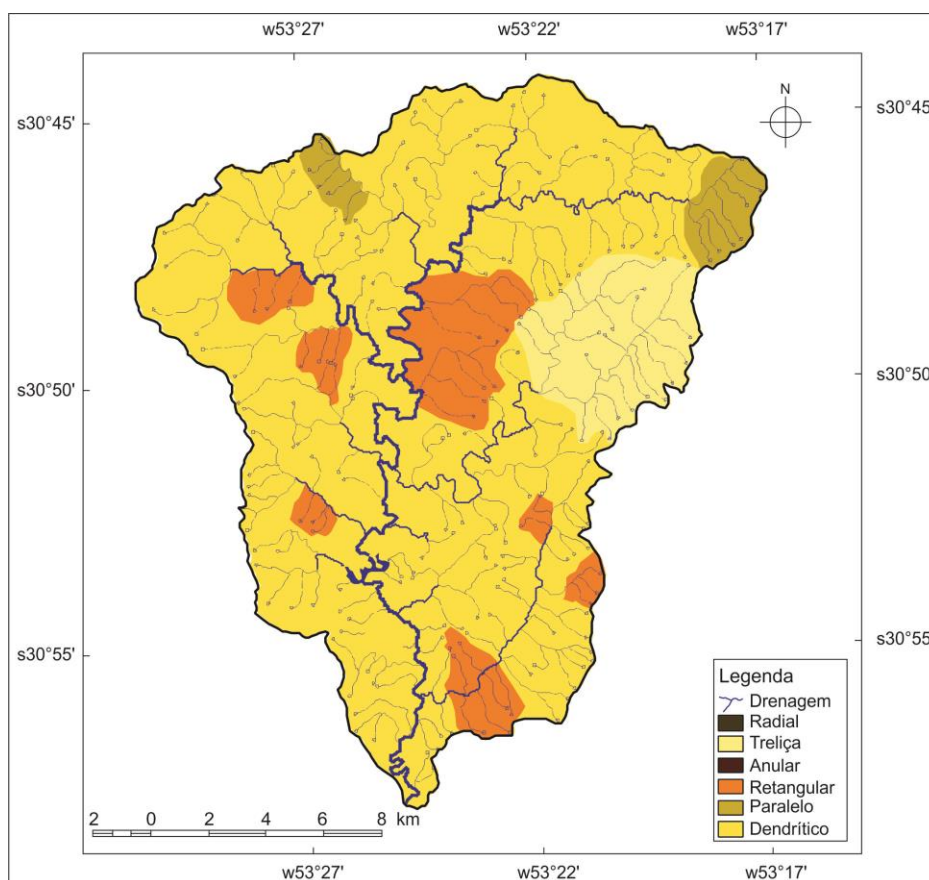


Figura 90: Distribuição dos padrões de drenagem na SbHAJD.

O padrão em treliça abrange uma área de 28,60 km², encaixado principalmente na falha Emiliano Tapera e ao seu redor. Apresenta uma configuração de canais principais consequentes, drenando áreas paralelamente e recebendo afluentes subsequentes que fluem em direção transversal aos primeiros. Em geral esse padrão apresenta confluências em ângulos retos e drenagens principais distribuídas paralelamente.

Por fim, estendendo-se por uma área de 11,20 km², o padrão de drenagem paralelo é encontrado onde ocorrem as nascentes do arroio João Dias, no extremo nordeste da bacia e em pequena área com drenagens menores no norte da área de estudo. Os cursos secundários escoam praticamente paralelamente uns aos outros e drenam apenas um dos lados do canal principal. Segundo Christofolletti (1980), este tipo de drenagem localiza-se em áreas onde há presença de vertentes em declividades acentuadas ou onde existem controles estruturais que motivam a presença de espaçamento regular, quase paralelo entre os canais fluviais.

Complementando, Summerfield (1991) explica que esse padrão é comum em áreas com lineamentos topográficos e falhamentos paralelos.

Os padrões de drenagem mais comuns na área de estudo são a drenagem dendrítica e subdendrítica, onde predomina a influência das camadas de rochas sedimentares, as quais possuem resistência litológica variável e pelas diferenças abruptas de declividade. Também, encontra-se na área de estudo o padrão paralelo, principalmente pelo número significativo de falhamentos e acentuada declividade.

8.2 Abastecimento público de água e rede de esgoto

Na SbHAJD existe uma estação de tratamento de água localizada nas Minas do Camaquã e que capta água da barragem no arroio João Dias. A barragem foi construída no início de 1900 e a estação de tratamento em 1967. A vazão é de 2,00 Ls^{-1} , o que equivale ao consumo de 200 casas. O sistema possui caixas de areia e cascalho com 30m de decantação e piscina e filtro lento de desinfecção. O potencial do sistema é de 7,00 Ls^{-1} , para abastecimento residencial.

A atual rede de captação, tratamento e distribuição está sob responsabilidade da CORSAN, desde 2007, mas já esteve sob controle da CBC e da Associação de Moradores das Minas do Camaquã. A rede total possui uma extensão de 17 km, porém acredita-se ser maior, ainda que não conste em nenhum registro oficial. Há previsão de expansão da distribuição da água para domicílios mais afastados da Vila e da manutenção do encanamento da rede mestra, visto que esta, em alguns pontos, é centenária. Na área rural, em geral, a captação é feita em nascentes, em alguns pequenos cursos e na minoria dos casos existem poços tubulares (BRUCH, 2009).

Dados referentes ao ano de 2007 indicam que a rede de infra-estrutura de esgoto sanitário atende a 115 domicílios; fossa séptica, com 69 domicílios; vala com 28 domicílios e rio com 131 domicílios. Importante ressaltar que obras de ampliação da linha de esgoto estão sendo realizadas.

Em relação ao destino dos resíduos urbanos produzidos pelos domicílios da Vila das Minas do Camaquã, estes são recolhidos pela prefeitura de Caçapava do sul semanalmente e levados para um aterro sanitário próximo da cidade. Com

relação aos resíduos produzidos na área rural, eles geralmente são queimados e/ou enterrados.

8.3 Problemas da dinâmica das águas ligados à ação humana

As intervenções humanas contribuíram com alterações em ecossistemas, com mudanças significativas no comportamento dos corpos hídricos e bacias hidrográficas. Para Cunha e Guerra (1996), em ambientes naturais, é normal o processo de formação de solos, lixiviação, erosão, deslizamentos, modificações do regime hidrológico e de cobertura vegetal, mesmo sem a interferência humana. Porém, quando o homem desmata para fazer agricultura, constrói, transforma o ambiente, acaba rompendo um equilíbrio dinâmico, potencializando os processos naturais, provocando consequências negativas para a sociedade.

Durante o período de elaboração desta tese e de trabalhos anteriores, constataram-se problemas como: o assoreamento do arroio João Dias e de alguns de seus tributários; a retificação de trechos da rede de drenagem e a ampliação das áreas de pastagens, agrícolas e de silvicultura até as margens dos cursos fluviais.

No alto e médio curso do arroio João Dias, em geral, as águas são transparentes. Porém, durante trabalho de campo realizado em julho de 2010 nas localidades de Rincão da Cavahada e Passo da Varzinha, após chuva de 28 minutos e de pequena intensidade, constatou-se que a água dos arroios próximos tornaram-se barrentas. Segundo Baptista (2003), isto é sintoma da intensidade de processo erosivo, com perda de solo rápida por escoamento superficial.

8.4 A problemática da retificação de canais fluviais

Autores como Beltrame (1994), Thorne *et al.* (1997), Cunha (1998), Vieira e Cunha (2001) e Cunha (2003), afirmam que a retificação de canais fluviais altera a dinâmica natural dos rios. A ausência de estudos prévios de todos os componentes que atuam na bacia, antes das obras, provoca impactos não previstos nos projetos de engenharia. Obras de retificação e barramento visam atenuar ou até mesmo sanar problemas de enchentes, drenar terras alagadas para proposições humanas e de aproveitamento de energia. Na SbHAJD a construção da barragem água limpa foi

realizada com os propósitos citados anteriormente, mas as intervenções modificaram a calha do arroio João Dias e de alguns dos seus tributários, acarretando impactos na planície de inundação.

Esse tipo de obra de engenharia gera discordâncias entre pesquisadores. A maioria deles a considera imprópria. Segundo Cunha (1998, p. 243), a retificação de canais acarreta danos ao ambiente a saber: mudança no padrão de drenagem, pois há redução no comprimento do canal; perda de meandros; aprofundamento e alargamento do canal; diminuição da rugosidade do leito e aumento de seu gradiente.

Perante este quadro, os rios em geral, tendem a elaborar formas de deposição na sua foz (VIEIRA e CUNHA, 2001). Com isto, percebe-se que as implicações advindas da mudança de traçado e retificação de canais, não são consideradas danosas para as populações ribeirinhas. Contudo o impacto destas retificações somente é percebido quando ocorrem inundações na região envolvida.

Para Justus (1990), os processos morfodinâmicos relacionados ao escoamento fluvial abrangem os modelados de acumulação fluvial e as margens dos rios diretamente atingidos pela inundação. Nestes modelados a implantação de serviços de infra-estrutura como água, luz e vias de circulação torna-se onerosa e problemática, pois mesmo pequenas alterações na morfologia dos terrenos podem levar a mudanças significativas na geometria das drenagens. Esse cenário geralmente conduz a um cenário de enchentes com prejuízo natural e humano (VIEIRA e CUNHA, 2001).

8.5 A retificação do Arroio João Dias

O processo de impacto e, conseqüentemente, de alterações geométricas do arroio João Dias é histórico. Tal arroio sofreu as mazelas da exploração de minerais metálicos nas Minas do Camaquã. Segundo Leinz e Almeida (1941), desde 1890 foram depositados rejeitos da mineração na sua planície de inundação. Estes primeiros depósitos constituem os aterros onde foi assentada cerca de 40% da Vila das Minas do Camaquã (BRUCH, 2009).

Os rejeitos depositados na planície de inundação do arroio João Dias foram transportados para dentro da calha fluvial, os quais, segundo DOCEGEO (1975),

foram a principal causa das enchentes que se desenvolveram entre os anos de 1942 e 1974. Para combater as sucessivas enchentes, a CBC iniciou em 1972 a revegetação de antigos depósitos de rejeito na planície de inundação. Também, nesse período, parte do curso médio-inferior foi dragado, visando restabelecer a calha do arroio. O trecho dragado inicia na ponte da RS-625 sobre o arroio João Dias e finaliza no início do campo de pouso das Minas do Camaquã. A seção dragada possui um comprimento de 853m e 22,5m de largura (Figura 91). Como não havia conhecimento da geometria do leito original do arroio, o curso foi canalizado e, conseqüentemente, retificado.



Figura 91: Antiga calha do arroio João Dias (azul claro) e o canal dragado e retificado (azul escuro).

Fonte: Arquivo CBC, adaptado de Bruch (2009).

De acordo com a DOCEGEO (1975), as obras de retificação realizadas pela CBC obtiveram resultados satisfatórios, em relação ao regime das cheias. Mas a referida obra obstruiu alguns tributários, dificultando a drenagem de áreas no entorno do arroio João Dias. Dessa maneira, a retificação do arroio aumentou a velocidade do fluxo da corrente e a competência de transporte de sedimentos, aspectos que aceleraram o processo de assoreamento da foz do arroio João Dias no rio Camaquã (Figura 92) (BRUCH, 2009).



Figura 92: Depósitos de sedimentos na foz do arroio João Dias e rio Camaquã (laranja).

Fonte: Arquivo CBC, adaptado de Bruch (2009).

No mês de agosto de 1980 foram finalizadas as obras de construção da barragem de rejeitos do Projeto Expansão Camaquã (PEC). Esta obra foi realizada a partir do desvio e retificação de um meandro do arroio João Dias (Figura 93). Sendo assim, foi feita a retificação do canal, que possui um comprimento total de 1.660m, 25m de largura e 3m de profundidade.

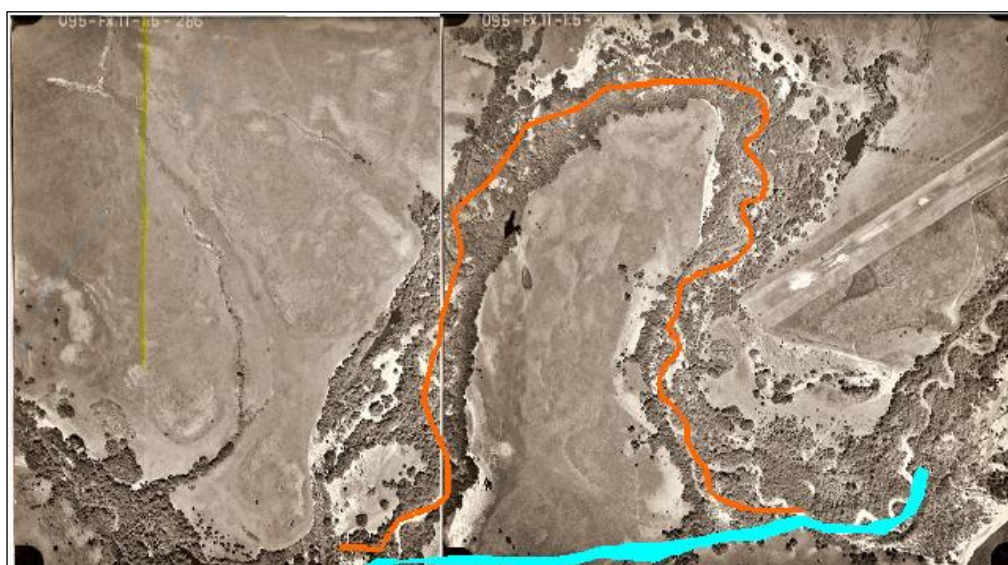


Figura 93: Antigo meandro do arroio João Dias (laranja) e retificação do arroio João Dias para a construção da barragem de rejeitos (azul).

Fonte: Arquivo CBC, adaptado de Bruch (2009).

A retificação do canal acabou provocando uma reação em cadeia, onde os tributários e o curso principal promoveram a retomada erosiva do canal e, com isso, o aumento da carga sólida transportada para o curso inferior. Para CBC (1984), a escolha pela retificação do meandro do arroio João Dias, para a construção da barragem de rejeitos foi equivocada, tanto que em 1981 ela se rompeu (Figura 94). Houve a ejeção de material até a foz no rio Camaquã. Também foram encontrados vestígios do material depositado na barragem no curso inferior do rio, na seção que passa pela cidade de Cristal (BRUCH, 2009).



Figura 94: Barragem de rejeito (vermelho), taipa que sofreu rompimento (amarelo) e material ejetado no Arroio João Dias (laranja).

Fonte: Google Earth.

Naquela ocasião, foram realizados vários levantamentos para apurar as causas do incidente, sendo que todas apontam para a obstrução dos tributários intermitentes pela barragem de rejeitos, a qual sob chuvas mais intensas, não encontra válvula de descarga e acumula a carga das chuvas no seu único vertedouro. Como este não foi dimensionado para tamanha quantidade de água, ocorreu o rompimento, mesmo que naquela época a barragem tivesse poucos rejeitos se comparados com a sua capacidade (CBC, 1984).

Desse modo, o assoreamento acelerado do curso médio-inferior até a foz é resultado da falta de planejamento. É importante considerar todos os demais componentes que atuam na bacia hidrográfica, como, por exemplo, os processos erosivos das encostas, os padrões de uso e ocupação da terra e a ausência de mata ciliar em trechos significativos ao longo dos cursos d'água (BRUCH, 2009).

CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS

Para a avaliação da qualidade das águas da SbHAJD cabe discutir a influência que cada parâmetro exerce e de que maneira eles se correlacionam entre si. A seguir, descreve-se brevemente cada variável determinada para avaliar a qualidade das águas superficiais da bacia.

a) Sólidos Totais

Os sólidos totais correspondem a toda fração orgânica e inorgânica constituinte em um líquido sob formas moleculares, ionizadas ou micro-granulares. Segundo Sperling (2011), dentre as principais substâncias encontradas em águas superficiais temos o Sódio, Cálcio, Nitrato, Magnésio, Fosfato, Sulfato, Cloreto, Carbonato e partículas orgânicas.

As concentrações desse parâmetro podem indicar o potencial de fotossíntese, visto que os sólidos dissolvidos interferem na transparência, incidência de luz e também na temperatura da água. Peterka e Kubecka (2011), acrescentam que os sólidos totais modificam a densidade da água e isto influencia diretamente nas trocas químicas entre as células dos organismos.

b) Temperatura

A avaliação da temperatura é importante porque ela afeta vários parâmetros físico-químicos da água, como a tensão superficial e viscosidade, além de alterar a velocidade das reações químicas. Com isso, podem acontecer mudanças no metabolismo dos organismos e na solubilidade dos gases dissolvidos. Esse parâmetro é importante para compreender a variabilidade de outros, como o Oxigênio Dissolvido.

Segundo ANA (2014), as variações da temperatura nos corpos hídricos podem ser de origem natural, com oscilações ao longo do dia e das estações do ano e antropogênica, principalmente pelo lançamento de dejetos industriais e águas de resfriamento.

c) Potencial Hidrogeniônico – pH

O Potencial Hidrogeniônico, também conhecido como pH, é o indicador das condições alcalinas ou ácidas da água, sendo realizada a medição dos níveis de concentração de hidrogênio (H^+). Os valores de pH variam de 0 a 14, onde o intervalo 7 corresponde ao meio neutro (água pura) e os valores menores que 7 a soluções ácidas e maiores que 7 a soluções alcalinas.

Segundo Laybauer (1999), a alcalinidade é representada pela capacidade de neutralização de ácidos de um sistema aquoso e é dependente do conteúdo de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos existentes na água. Para Szucs (2006), quanto mais alcalino o meio aquoso, menor será a alteração do pH causado por dejetos orgânicos ou inorgânicos, ou seja, mais estável será o sistema.

d) Oxigênio Dissolvido

O Oxigênio Dissolvido é um parâmetro de suma importância na análise da qualidade da água, pois está relacionado diretamente com a manutenção da vida dos organismos aeróbicos (BONUMÁ, 2006). O Oxigênio Dissolvido é incorporado à solução por agitação mecânica, através do vento, corrente ou agitação.

Para a solubilização deste elemento, fatores como salinidade, temperatura e pressão, interferem diretamente. Segundo Laybauer (1999), a saturação possível de Oxigênio Dissolvido aumenta com a diminuição da temperatura, onde a $5^{\circ}C$ a saturação chega a 90% e a $25^{\circ}C$ chega a 60%.

A redução dos níveis de oxigênio são em geral causados pela decomposição de matéria orgânica, respiração de organismos vivos e pela oxidação de organismos metálicos como o Ferro e o Manganês.

e) Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a capacidade que o meio aquoso possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions, sendo que quanto maior a presença destes íons maior será a condutividade elétrica.

Segundo Laybauer (1999) e Szucs (2006), soluções com muitos componentes inorgânicos são boas condutoras e más condutoras quando apresentam muita matéria orgânica. A temperatura também influencia diretamente a condutividade, onde a cada grau centígrado em média a atividade iônica aumenta 2%.

f) Turbidez

O conceito de Turbidez é atribuído a qualquer partícula insolúvel finamente dividida de qualquer natureza, que possa estar suspensa na água, prejudicando a passagem da luz e atribuindo a água uma aparência turva. A Turbidez pode estar relacionada tanto a constituintes inorgânicos e orgânicos. Os inorgânicos correspondem a argilas, silicatos, carbonato de Cálcio, hidróxido de Ferro e Enxofre. Exemplos de orgânicos são os microorganismos, vegetais finamente divididos, entre outros (APHA, 1995 e LAYBAUER, 1999).

As variações da Turbidez são significativas entre as estações do ano e podem apresentar amplos intervalos de mínimas e máximas, de acordo com os eventos de precipitação e variações climáticas (SZUCS, 2006). A avaliação deste parâmetro é importante, pois a redução da passagem da luz prejudica a fotossíntese, consequentemente interfere na concentração de Oxigênio Dissolvido nas águas.

g) Demanda Bioquímica (DBO) e Química de Oxigênio (DQO)

Segundo a APHA (1995) a Demanda Química de Oxigênio é um parâmetro utilizado para avaliar a quantidade de matéria orgânica presente na amostra e que é suscetível à oxidação por um oxidante forte. Alguns autores relacionam a DQO com a DBO, sendo que a DBO é conceituada pela quantidade de oxigênio molecular necessário para a estabilização da matéria orgânica mineralizada por atividades de microorganismos.

Portanto, a diferença entre os dois parâmetros de avaliação de demandas de oxigênio, é que a DBO valoriza processos biológicos e a DQO processos químicos, ou seja, estimam o oxigênio por processos diferentes.

h) Coliformes Termotolerantes

Segundo a CETESB (2014), coliformes termotolerantes são microorganismos capazes de fermentar a lactose a 44-45°C, principalmente a bactéria *Escherichia coli*. Ela é originada exclusivamente por fezes, com densidade elevada em constituintes fecais de humanos, mamíferos e pássaros, sendo raramente encontrada em água e solo que não tenha recebido contaminação fecal. Em casos excepcionais, esta bactéria ocorre em águas com altos teores de matéria orgânica, como por exemplo, efluentes industriais, material vegetal e solo em processo de decomposição.

A mensuração dos coliformes termotolerantes é importante pois a legislação brasileira e também a APHA (1998) consideram esse parâmetro relevante indicador

da qualidade microbiológica das águas superficiais destinadas ao abastecimento, recreação, irrigação e piscicultura.

i) Metais em águas superficiais

A dicotomia na análise de metais em águas é inerente, visto que, podem ter influência positiva ou negativa em função da concentração apresentada. Elementos traços como Magnésio, Ferro, Zinco, Cobre, entre outros são indispensáveis aos seres vivos, atuando no metabolismo da fauna e flora aquática, principalmente nos processos fisiológicos, fotossíntese, cadeia respiratória e fixação de nitrogênio.

Segundo Perelman e Kasimov (1999), em ambiente aquático continental, as principais fontes de elementos traços de origem natural são a precipitação atmosférica, erosão de solos e intemperismo de rochas ricas nestes materiais. De origem antrópica temos a partir das atividades industriais, garimpo, efluentes domésticos, águas superficiais correntes em áreas cultivadas com adubos químicos e defensivos agrícolas.

Segundo Esteves (1988), Laybauer (1999) e Szucs (2006), o Cobre e o Chumbo estão entre os elementos traços que apresentam o menor limiar entre necessidade e toxicidade para os seres vivos. Portanto, e junto com o Ferro, estes elementos devem ser mensurados com a maior exatidão possível, para possibilitar a avaliação da influência nos seres vivos.

j) Nitrato

O Nitrato (NO_3^-) é uma das formas bioquimicamente interconvertíveis de nitrogênio encontrado em ambientes aquáticos. Apresenta suma importância para os ecossistemas porque é uma das principais fontes de nitrogênio para os produtores primários. Cabe salientar também que o excesso de Nitrato (acima de 10mg/L) pode acarretar alterações no metabolismo da hemoglobina, dificultando o transporte de oxigênio na corrente sanguínea, principalmente nas crianças (APHA, 1995).

O Nitrato é facilmente encontrado na natureza, sendo constituinte de proteínas, clorofila e outros compostos biológicos. Também pode ter origem antropogênica, principalmente, pelo lançamento de esgotos domésticos e industriais, fertilizantes e dejetos de animais.

k) Fósforo

O Fósforo presente em águas naturais, tanto iônico como formando complexos, encontra-se sob a forma de Fósforo (LAYBAUER, 1999). Na natureza, o Fósforo exerce importante papel na nutrição de plantas aquáticas. No caso de

excesso de Fósforo, pode acontecer o fenômeno conhecido como eutrofização, ou seja, demasiada produção de biomassa vegetal.

A presença de Fosfato é atribuída a processos naturais e antropogênicos. Naturalmente esse elemento é oriundo de rochas ígneas e sedimentares e decomposição de matéria orgânica. A origem antropogênica, assim como a do Nitrato, pode ser atribuída ao despejo de esgotos domésticos e industriais, excrementos de animais, fertilizantes e pesticidas (SZUCS, 2006).

l) Cloreto

O Cloreto é um ânion de cloro (Cl^-) oriundo da percolação da água por solos e rochas (CETESB, 2014). Nas águas superficiais são importantes fontes de Cloretos os esgotos sanitários. O Cloreto também está presente em altos teores (acima de 15 mg/L) em efluentes de indústrias de petróleo, indústrias farmacêuticas, curtumes, entre outras.

Apesar de não apresentar risco eminente à saúde humana, teores acima de 250 mg/L podem causar hipertensão arterial e insuficiência cardíaca congestiva (CETESB, 2014). Os efeitos mais diretos do Cloreto são de corrosão de estruturas hidráulicas e alteração da pressão osmótica em células de microorganismos.

9.1 Avaliação da qualidade das águas da SbHAJD

As águas da SbHAJD apresentaram ampla variação nas concentrações dos parâmetros avaliados nos 32 pontos de coleta (Figura 14, capítulo 2.3). A tabela 4 apresenta os resultados, assim como as coordenadas de localização de cada ponto de amostragem, com a data e hora da coleta. A seguir, consta a discussão dos resultados de cada parâmetro avaliado.

Tabela 4: Resultados dos parâmetros químicos, bacteriológicos e de metais nas águas da SbHAJD.

PONTO	DATA	HORA	°C	Coord.X	Coord.Y	OD	NITRATO	FOSFATO	CLORETO	DQO	COLIFOR.	SDT	TURBIDEZ	pH	CHUMBO	COBRE	FERRO
Und.						mg/L O ₂	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	UNT		mg/L	mg/L	mg/L
Lim. Det.						0,01	0,30	0,01	1,0	5,0	100	1	1	0,01	0,01	0,005	0,01
1	29/01/2014	07:55:33	25,78	276912	6587408	4,89	<0,30	0,01	1,5	7,0	106	40	43	6,89	<0,01	<0,005	0,629
2	29/01/2014	09:09:48	25,95	269531	6582643	5,00	0,50	0,02	1,6	13,0	513	26	28	6,70	<0,01	<0,005	0,505
3	29/01/2014	09:57:16	26,20	267471	6579362	4,06	<0,30	0,01	2,7	6,1	1638	32	88	6,68	<0,01	<0,005	0,934
4	29/01/2014	10:29:01	26,56	268578	6578447	6,06	<0,30	0,02	4,7	<5	250	35	151	6,66	<0,01	0,048	1,100
5	29/01/2014	11:29:43	27,68	269518	6576956	4,75	5,20	0,03	1,8	<5	125	58	192	6,73	<0,01	0,056	1,500
6	29/01/2014	11:47:14	28,57	269007	6577047	3,22	6,40	0,05	6,4	<5	<100	91	244	6,68	0,55	0,254	3,990
7	30/01/2014	07:54:00	20,59	279967	6593189	6,30	<0,30	0,01	1,1	<5	<100	29	55	6,93	<0,01	<0,005	0,214
8	30/01/2014	08:20:36	20,77	279307	6593438	6,56	<0,30	0,01	1,4	<5	<100	24	47	6,90	<0,01	<0,005	0,399
9	30/01/2014	09:38:37	21,61	277465	6593730	5,53	<0,30	0,01	1,4	5,2	132	33	60	6,87	<0,01	<0,005	0,432
10	30/01/2014	10:48:02	22,28	277219	6593796	5,88	0,50	0,02	1,1	6,3	244	26	56	6,87	<0,01	<0,005	0,444
11	30/01/2014	12:05:35	21,68	275083	6593893	6,53	<0,30	0,01	1,1	<5	108	28	51	6,84	<0,01	<0,005	0,388
12	30/01/2014	12:16:18	21,96	274783	6594087	6,19	<0,30	0,01	1,5	5,0	<100	30	47	6,82	<0,01	<0,005	0,395
13	31/01/2014	08:14:58	21,92	268976	6588780	4,08	<0,30	0,01	1,5	<5	<100	18	38	6,74	<0,01	<0,005	0,905
14	31/01/2014	08:41:39	23,22	267121	6588407	7,64	<0,30	0,01	1,4	<5	<100	14	57	6,72	<0,01	<0,005	0,277
15	31/01/2014	10:01:56	24,98	267354	6584052	5,13	<0,30	0,02	1,3	<5	155	11	79	6,75	<0,01	<0,005	0,445
16	31/01/2014	11:18:14	25,62	266733	6581692	4,01	0,60	0,03	1,5	8,3	530	18	34	6,72	<0,01	<0,005	0,915
17	31/01/2014	12:29:07	23,46	266302	6580370	5,55	0,60	0,02	5,5	7,9	481	107	47	6,77	<0,01	<0,005	0,485
18	31/01/2014	14:49:25	27,48	268148	6579206	6,90	3,40	0,05	2,9	14,1	1151	29	120	6,69	0,14	0,184	0,366
19	01/02/2014	07:06:26	23,38	268278	6579122	6,54	3,00	0,05	3,1	9,8	988	29	104	6,76	0,10	0,182	0,384
20	01/02/2014	08:23:26	24,88	270592	6579319	6,01	0,80	0,05	1,5	8,8	833	18	66	6,78	<0,01	<0,005	0,433
21	01/02/2014	09:34:52	24,42	270647	6579891	6,80	0,50	0,03	1,4	7,9	498	21	59	6,77	<0,01	<0,005	0,447
22	01/02/2014	11:00:42	25,05	272502	6576841	8,10	0,90	0,05	1,4	9,5	1033	19	40	6,67	<0,01	<0,005	0,211
23	01/02/2014	12:23:26	25,80	262879	6590138	9,40	<0,30	0,01	1,0	<5	<100	29	74	6,79	<0,01	<0,005	0,204
24	01/02/2014	12:34:52	25,95	265338	6590342	7,88	<0,30	0,01	1,1	<15	<100	41	70	6,81	<0,01	<0,005	0,404
25	01/02/2014	14:00:42	26,81	271583	6589704	5,44	0,40	0,01	1,2	5,2	194	20	46	6,79	<0,01	<0,005	0,156
26	02/02/2014	07:16:11	22,15	272107	6595042	6,19	<0,30	0,01	1,4	<5	<100	47	60	6,81	<0,01	<0,005	0,388
27	02/02/2014	08:01:55	22,50	274440	6592664	5,22	0,40	0,02	1,1	5,9	326	28	52	6,70	<0,01	<0,005	0,655
28	02/02/2014	09:22:41	23,90	269112	6571807	5,07	0,40	0,02	1,8	5,0	274	19	42	6,72	<0,01	0,035	0,644
29	02/02/2014	10:07:05	24,10	269698	6575599	4,84	0,50	0,03	2,2	6,3	466	23	41	6,74	<0,01	0,017	0,814
30	02/02/2014	11:33:51	24,55	275625	6583717	6,47	<0,30	0,01	1,0	<5	<100	43	48	6,84	<0,01	<0,005	0,377
31	02/02/2014	12:08:40	24,64	274375	6587766	8,57	<0,30	0,01	1,1	<5	<100	48	58	6,80	<0,01	<0,005	0,156
32	02/02/2014	12:56:58	24,71	269972	6593700	6,99	<0,30	0,01	1,4	<5	<100	50	68	6,85	<0,01	<0,005	0,214

a) Potencial Hidrogeniônico - pH

Conforme os resultados encontrados (Figura 95) nos pontos amostrados na SbHAJD pode-se enquadrar todas as amostras dentro do intervalo de águas pouco ácidas com pH entre 6,0 e 6,99 (Figura 94) (SPERLING, 2011).

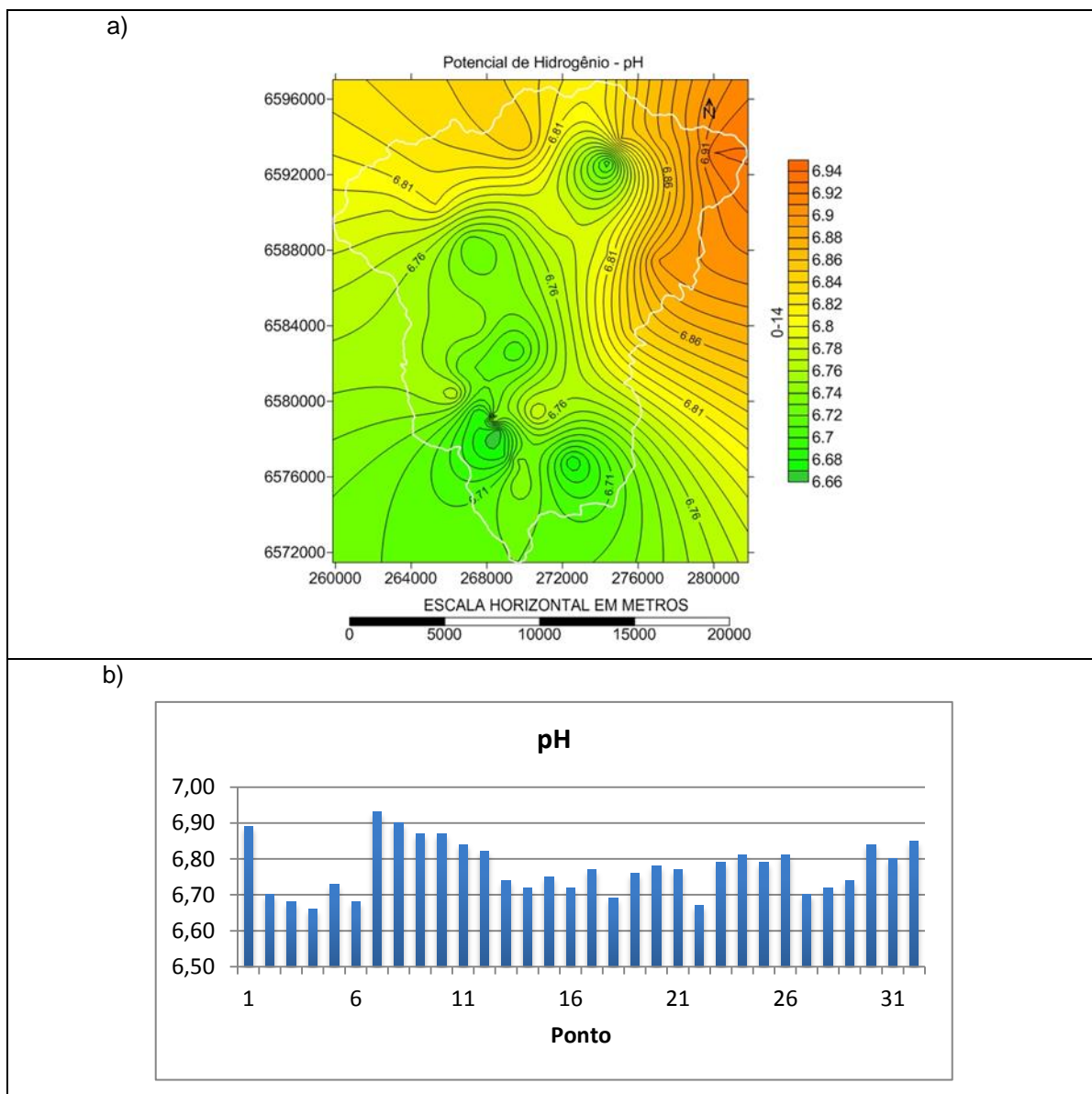


Figura 95: (a) Distribuição espacial do pH na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de pH nos pontos de coleta.

O ponto 4 foi o que apresentou maior acidez (pH 6,66). Localiza-se nos antigos depósitos de rejeito dos anos de 1909 até 1975 às margens do arroio João Dias. Os pontos 3, 5, 6 e 22 apresentaram valores próximos aos do ponto 4. Segundo Laybauer (1999) esses valores, apesar de serem semelhantes ao *background* de águas superficiais, indicam que existe a liberação de sulfetos, principalmente da pirita presente nos depósitos de rejeito. Para Szucs (2006), como os depósitos de rejeito não apresentam controle de acidificação, a liberação de

sulfetos para as drenagens é inevitável tornando as águas mais ácidas. Apesar desta liberação, os níveis são baixos comparados com outros locais como nas drenagens próximas aos rejeitos da Mina Mirny na Rússia, onde o pH da drenagem é 2,8 e na Mina Montana onde o pH é 2,5 (PERELMAN e VOROBEV, 1995).

Os pontos que apresentaram o pH mais próximo de neutro foram o 7 (pH 6,93), o ponto 8 (pH 6,90) e o ponto 1 (6,89). Ambos os pontos estão em locais onde os solos são formados por rochas básicas, o que segundo Perelman e Kasimov (1999), corrobora com drenagens levemente ácidas a neutras. Também importante salientar que os resultados de pH desta pesquisa são semelhantes aos de Laybauer (1999), que encontrou um pH médio de 6,9 com mínimo em 6,7 e máximo em 7,24. Diferentemente dos resultados de CBC (1996), a qual detectou pHs mais básicos, sempre superiores a 7,0, principalmente próximo à barragem de rejeitos onde os valores de pH alcançaram 7,44.

b) Oxigênio Dissolvido (OD)

O OD é indispensável para a manutenção da vida dos seres vivos aquáticos. Fatores como a temperatura e salinidade influenciam diretamente, sendo que na área de estudo a temperatura apresenta maior importância na avaliação dos resultados (LAYBAUER, 1995). Segundo metodologias consagradas de análise limnológicas, como as de Szucs (2006) e CETESB (2014), campanhas de coleta de vários pontos devem contemplar as temperaturas ambientais. LUKYANCHENKO (2003) encontrou amplitudes aceitáveis de 20°C a 30°C, que geraram uma amplitude na saturação de OD entre 86 e 92%.

As análises dos níveis de OD da SbHAJD demonstraram uma alta correlação dos resultados com dois fatores. O primeiro tange à topografia (Figura 96a), onde a ruptura topográfica funciona como degrau de oxigenação ou aeração. Há várias quedas de água, as quais colaboram para aumentar as taxas de oxigênio. As maiores concentrações de OD (Figura 96b) foram registradas nas áreas de maior declividade e maior cobertura do solo por vegetação natural e sem uso agropecuário. Isso permite afirmar que houve pequena ou inexistente carga de poluição orgânica nestes locais. A maior concentração de OD foi no ponto 23 com 9,40 mg/L (Figura 96c).

Os níveis de OD são reduzidos diretamente pela decomposição de matéria orgânica e da oxidação química do íon Ferro. Na barragem Água Limpa (Ponto 3), onde existe um tempo de residência maior e elevado consumo de oxigênio pela

atividade biológica, devido à poluição orgânica existente, o nível de OD encontrado foi baixo (4,06 mg/L). No vertedouro da barragem de rejeitos (Ponto 5) o valor foi ainda mais baixo (3,22 mg/L). Para Sinding (1999) esses valores são considerados normais em drenagens onde existe a liberação do íon Ferro.

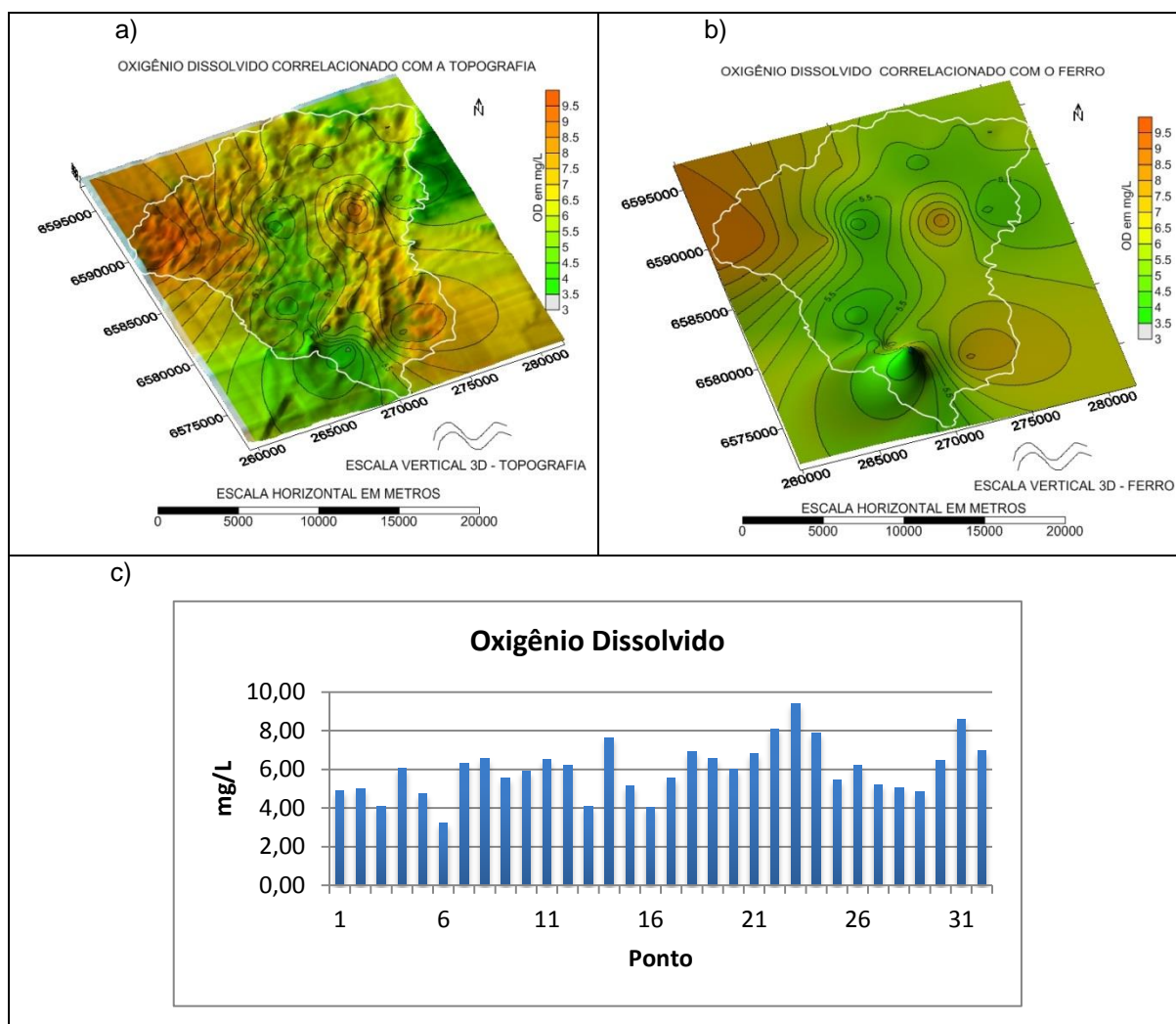


Figura 96: (a) Correlação do OD com a topografia; (b) Correlação do OD com o Ion Ferro; (c) Gráfico com os níveis de OD nos pontos de coleta.

OD tiveram resultado médio de 5,99 mg/L, valor semelhante ao encontrado por Laybauer (1999) que foi 5,7 mg/L e pela CBC (1996) com 6,20 (mg/L).

c) Demanda Química de Oxigênio - DQO

A análise da DQO é importante porque permite distinguir a avaliação da matéria orgânica dos fatores abióticos nos níveis de OD, principalmente no caso do despejo de esgotos sanitários (CETESB, 2014). Como dito anteriormente, a DQO estima a quantidade de matéria orgânica presente na amostra e que é suscetível a oxidação por um oxidante forte.

Na avaliação deste parâmetro na SbHAJD pode-se constatar que apresentou paridade com os resultados encontrados por Laybauer (1995) e CBC (1996) e Laybauer (1999), ou seja, historicamente este parâmetro possui valores constantes. Os resultados encontrados pelo presente estudo e pelos autores citados são decorrentes da influência do uso do solo, o que pode ser comprovado com a espacialização do dado (Figura 97a).

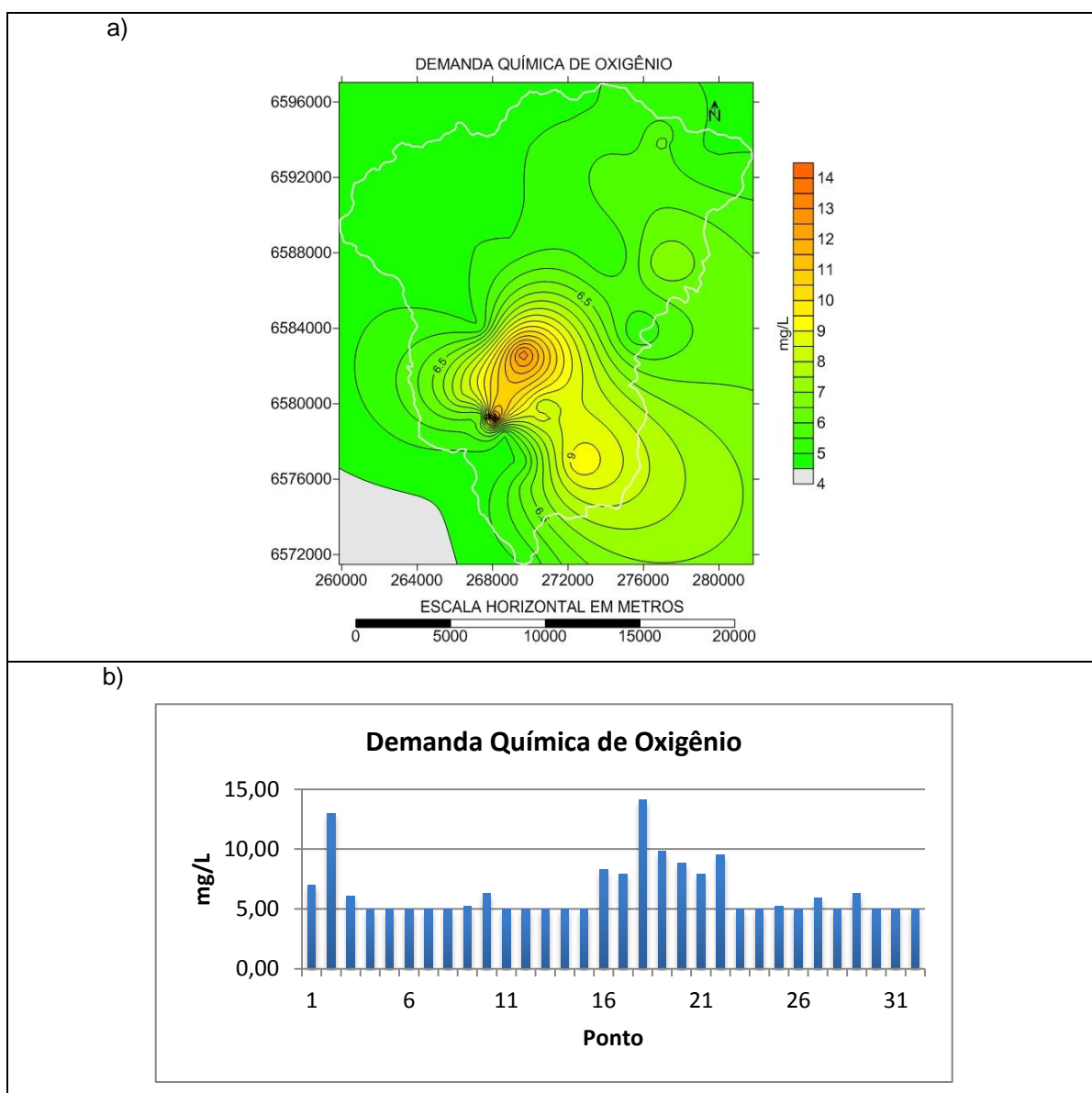


Figura 97: (a) Distribuição da DQO na SbHAJD; (b) Gráfico com os níveis de DQO nos pontos de coleta.

Os maiores valores de DQO corresponderam aos pontos 2 e 18 com 13 mg/L e 14,1 mg/L, respectivamente (Figura 97b). No ponto 2 relaciona-se com o despejo de dejetos da criação intensiva de bovinos, ao norte da localidade de Pedra do Bagual, a 6km da Barragem Água Limpa. A quantidade de dejetos que é lançada a uma distância reduzida da barragem, eleva a concentração de matéria orgânica no

manancial, pois a distância entre o ponto de lançamento do dejetos e o ponto de barramento é pequena para que ocorra a depuração da matéria orgânica e, conseqüentemente, a diminuição do consumo de oxigênio da água. Essa situação acaba por aumentar a DQO na barragem e com o passar do tempo isto piora, pois o corpo receptor é uma barragem com longo tempo de recarga (LAYBAUER, 1995).

No ponto 18 o alto valor está relacionado com o possível lançamento de esgotos domésticos pela Vila das Minas do Camaquã diretamente no arroio João Dias. Isso foi confirmado em conversas com funcionários da subestação da Corsan, na localidade, que informaram que o esgoto doméstico é despejado diretamente no arroio.

Já os melhores resultados foram registrados em 15 pontos com valores inferiores a 5 mg/L, visto que este é o nível de detecção do equipamento utilizado. Em geral, estes pontos, estão concentrados em áreas de mata nativa e sem a influência de atividades agropecuárias. Importante salientar, também, que nos pontos 4, 5 e 6, todos próximos a barragem de rejeitos, os resultados ficaram dentro do limite de detecção.

d) Sólidos Dissolvidos Totais - SDT

Como dito anteriormente, os SDT são a matéria em solução ou em estado coloidal fixados por filtro específico. Na SbHAJD os valores médios ficaram em torno de 34 mg/L, próximos aos 30 mg/L fixados por Perelman e Kasimov (1999) para áreas com alto grau de proteção da cobertura vegetal.

Os melhores valores corresponderam aos pontos 14 e 15, com 14 mg/L e 11mg/L, respectivamente, localizados no sul da localidade de Capão do Cedro (Figura 98a). Nestes pontos os valores são baixos porque os locais drenados são áreas com predominância de rochas expostas, o que diminui muito a existência de sedimentos que possam ser transportados pela rede de drenagem e, dessa maneira, constituírem os sólidos dissolvidos locais.

As maiores concentrações de SDT ocorreram nos pontos 17, 6 e 5, com 107 mg/L, 91 mg/L e 58 mg/L, respectivamente (Figura 98b). No caso do ponto 17, a possível justificativa é que a área drenada naquele ponto, apresentou solo descoberto que estava sendo preparado para as culturas de inverno, especificamente, plantio de milho para silagem. Essa situação favorece a perda de solo, mesmo em baixas precipitações (HANSEN e FENSTERSAIFER, 1999).

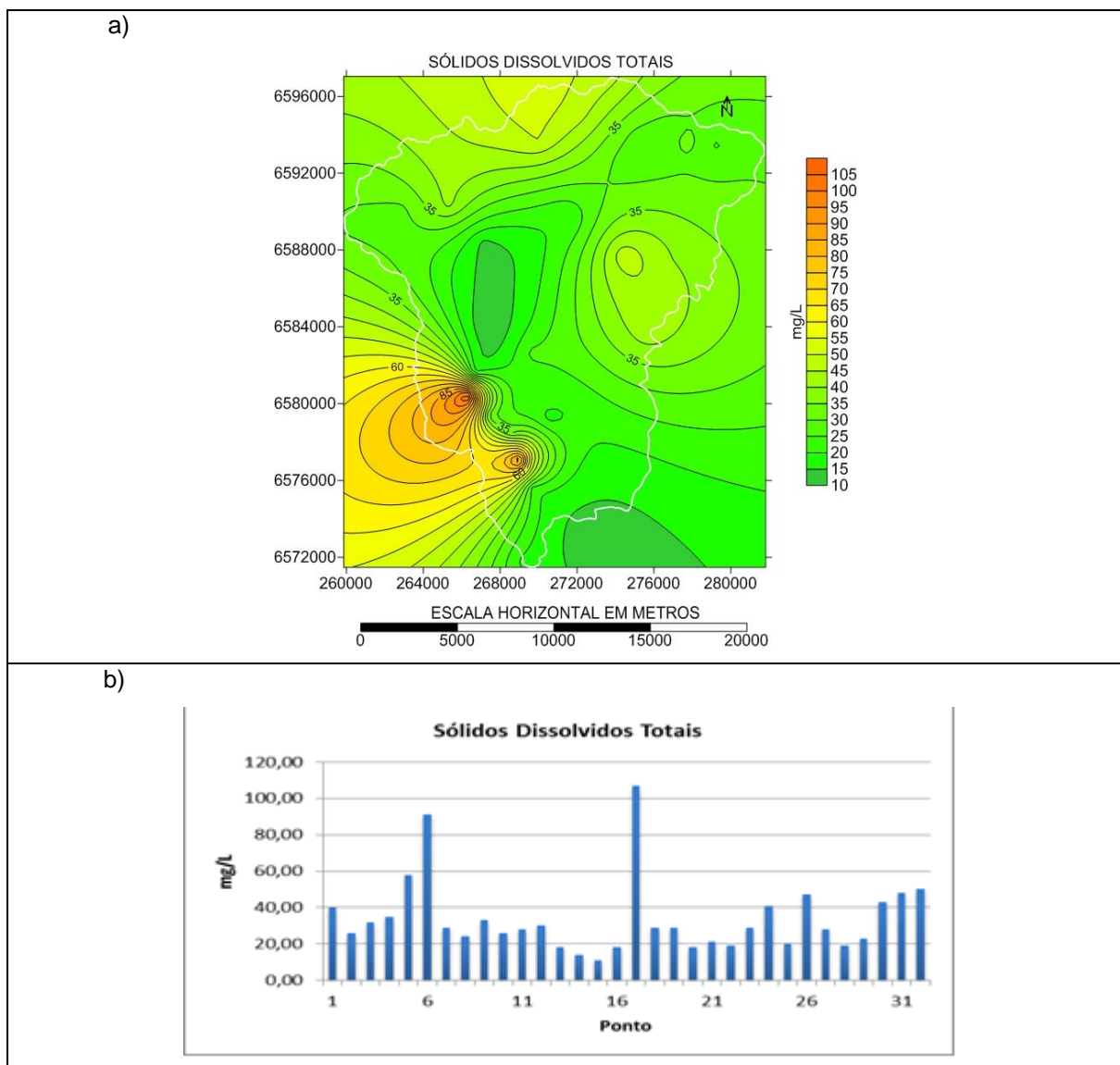


Figura 98: (a) Distribuição dos SDT na SbHAJD; (b) Gráfico com os níveis de SDT nos pontos de coleta.

O ponto 6 localiza-se no vertedouro da barragem de rejeitos, a qual permite o transporte dos sedimentos para a calha do arroio. Ocorre a condução de sedimentos porque não existe controle decantação que evite a mobilização das partículas. Por fim, o ponto 5 só não apresentou valores mais elevados de SDT porque a concentração originada na barragem de rejeitos é diluída com as águas das drenagens à montante, diminuindo as concentrações deste parâmetro.

e) Condutividade Elétrica

Este parâmetro possui uma correlação direta com a quantidade de SDT e matéria orgânica presente na água (SZUCS, 2006). A média da condutividade das águas da SbHAJD foi de 67,89 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os valores discrepantes a este, correspondem a áreas localizadas próximas a mina da CBC (Figura 99a).

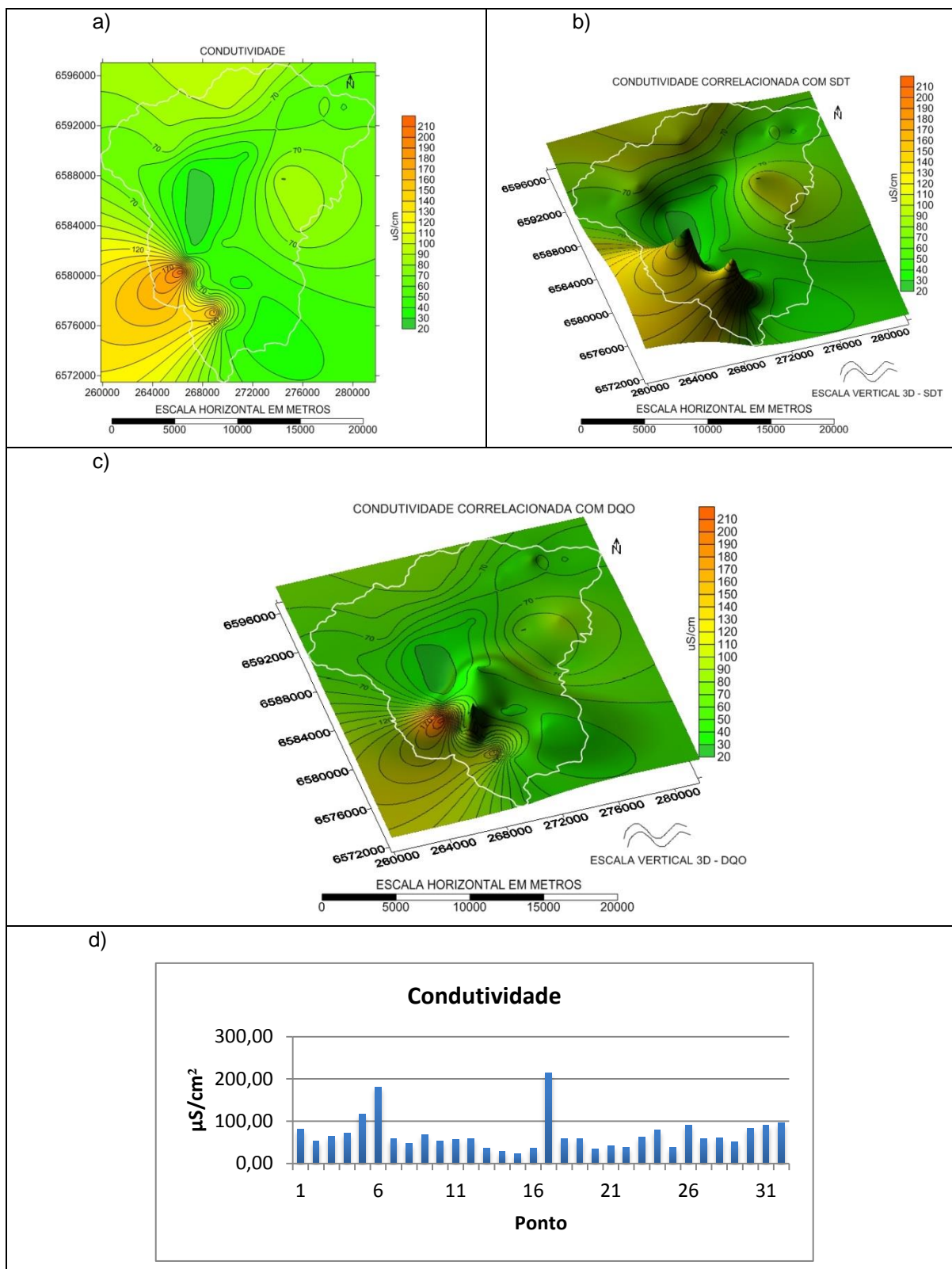


Figura 99: (a) Distribuição da Condutividade na SbHAJD; (b) Correlação da Condutividade com os SDT; (c) Correlação da Condutividade com a DQO (d) Gráfico com os valores de Condutividade nos pontos de coleta.

Segundo Peterka e Kubecka (2011) águas com condutividade elétrica (CE) entre 50 e 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ apresentam boa condutividade e são semi-saturadas de partículas micro-granulares.

Os maiores valores de CE foram encontrados nos pontos 17, 6 e 5 com 214 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 181 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 116 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente (Figura 99d). Eles apresentam correlação direta com os valores de SDT (Figura 99b). O ponto 17 refere-se a áreas com solo exposto, citado anteriormente, a qual facilita o transporte de sedimentos para a drenagem. Os pontos 5 e 6 referem-se, respectivamente, às coletas feitas na barragem de rejeitos e no ponto logo a jusante, em que a alta condutividade é atribuída a concentração de sedimentos mobilizados neste depósito.

Os menores valores foram encontrados nos pontos 15 e 14 com 22 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 28 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente. Ainda que esses pontos não apresentem os maiores valores de DQO, as concentrações ainda são altas, e há correlação com a matéria orgânica, o que conduz a uma baixa condutividade (Figura 99c). Isso se fundamenta na afirmação de Sperling (2011) sobre a diminuição iônica causada principalmente pelo carbono orgânico. Os valores de CE não são mais baixos, porque existem áreas próximas de solo exposto, que aportam sedimentos às drenagens, aumentando os valores do parâmetro.

f) Turbidez

Segundo Sperling (2011) e CETESB (2014) a Turbidez apresenta correlação direta com os SDT, sendo o parâmetro mais utilizado na avaliação de águas com fins de abastecimento público e o SDT como parâmetro para quantificação do impacto ambiental (CETESB, 2014). A diferença básica segundo Sperling (2011) é que a Turbidez apresenta maior importância para o estabelecimento de processos de coagulação-floculação, sedimentação e filtração. Já os SDT são melhores correlacionados com a cor e apresentam correlação direta com os efluentes industriais e urbanos.

Sendo assim, a Turbidez das águas da SbHAJD apresentaram resultados elevados mais aceitáveis, com valores próximos entre os pontos (Figura 100a). A média encontrada nas 32 amostras foi de 71 UNTs, superior a média de 50 UNTs sugerida e entendida como limite máximo para áreas agricultáveis por Bazilevich (1965). Mas Laybauer (1995) afirma ser um resultado dentro da média para áreas com solo exposto. Cabe destacar também que a média só não foi menor porque os

pontos próximos a barragem de rejeitos apresentaram valores 3 vezes maiores (Figura 100b).

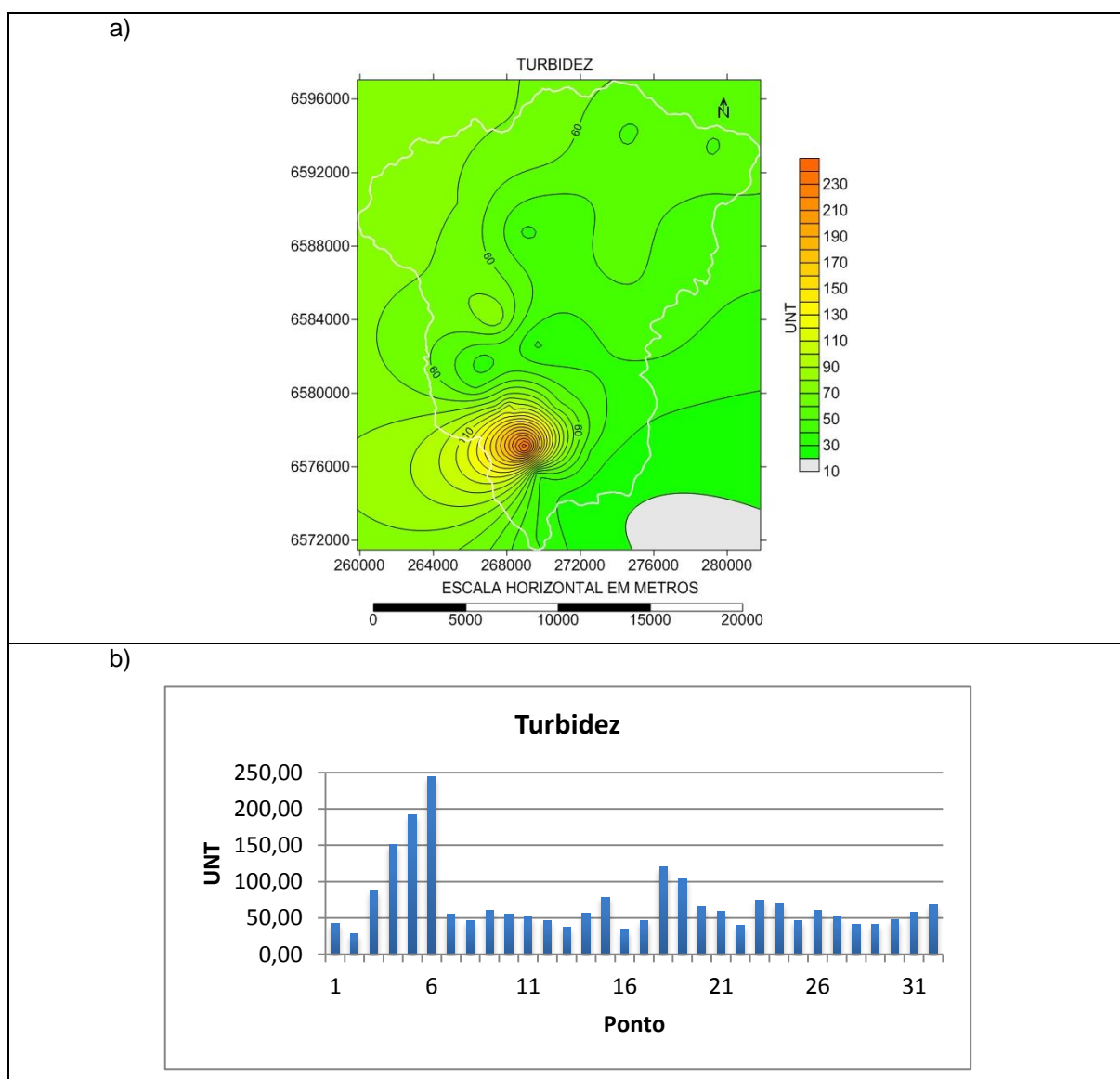


Figura 100: (a) Distribuição da Turbidez na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de Turbidez nos pontos de coleta.

Os maiores valores foram encontrados nos pontos 4, 5 e 6, com 151 UNTs, 192 UNTs e 244 UNTs, respectivamente. Estão relacionados com os rejeitos em suspensão, principalmente com os depósitos mais antigos, dos anos de 1909 até 1975 e no caso do ponto 6, do vertedouro da barragem de rejeitos utilizada entre 1980 e 1996. A situação não é mais preocupante porque não se tratam de pontos de captação de água para abastecimento público.

Os menores índices foram diagnosticados nos pontos 13, 16 e 22, com 38 UNTs, 34 UNTs e 40 UNTs, respectivamente. Valores considerados baixos para

pesquisadores como Laybauer (1999) e Szucs (2006). Mas Bazilevich (1965) e Peterka e Kubecka (2011), relatam que em locais com práticas conservacionistas do solo os valores tendem a ser próximos a 10 UNTs, ou seja, bem inferiores aos mínimos encontrados. Em geral, esses pontos drenam áreas onde predominam afloramentos de rocha, diminuindo a disponibilidade de sedimentos e uma inexistência do uso do solo para atividades econômicas e mesmo assim os valores diagnosticados estão acima do ideal.

g) Nitrato

O Nitrato (NO_3) é uma das formas mais comuns de nitrogênio nas águas e valores superiores a 1,0 mg/L geralmente são atribuídos ao lançamento de esgotos no corpo hídrico (SPERLING, 2011). Níveis de NO_3 superiores a 2,0 mg/L podem ser encontrados facilmente em lagos e lagoas, principalmente aqueles que sofrem alguma interferência antrópica, levando-os a eutrofização (CETESB, 2014). Em geral, o NO_3 é um dos parâmetros que podem inferir o despejo de esgotos, pois ele é o resultado a ação de bactérias nitrificantes, principalmente sobre compostos orgânicos que são oxidados.

Dos 32 pontos amostrados, 17 apresentaram valores inferiores ao limite de detecção do equipamento (0,30 mg/L). A média das amostras foi de 0,85 mg/L. Tal resultado não reflete a distribuição do NO_3 tendo em vista a amplitude do intervalo dos dados e a concentração dos maiores valores próximo à Vila das Minas do Camaquã (Figura 101a).

As menores concentrações foram encontradas em pontos onde a intervenção do homem no ambiente é menor, entre eles os pontos 1, 14, 15, 23 e 32, todos eles com resultados inferiores a 0,30 mg/L (Figura 101b). Os piores resultados foram encontrados nos pontos 5, 6, 18 e 19, com 5,2 mg/L, 6,4 mg/L, 3,4 mg/L e 3,0 mg/L, respectivamente. O problema principal é que 20m a montante do ponto 18 existe o lançamento direto de parte do esgoto doméstico da Vila das Minas do Camaquã, de acordo com informações da Corsan e conforme discutido anteriormente (quando tratou-se da DQO). As concentrações de NO_3 aumentam a jusante deste ponto devido a criação intensiva de bovinos, a qual baseia-se no plantio de pastagens com uso de fertilizantes que fornecem o nitrogênio que é convertido em NO_3 . Colabora com os altos valores de NO_3 a matéria orgânica (principalmente a mata ciliar de parte do arroio João Dias) soterrada pelos sedimentos oriundos do rompimento da barragem de rejeitos em 1981 (LAYBAUER, 1999).

Nos pontos 28 e 29 próximos à foz no rio Camaquã os valores são menores, 0,40 mg/L e 0,50 mg/L, respectivamente. Isso demonstra a capacidade de diluição que o arroio João Dias possui, principalmente após o recebimento das águas do arroio Marmeleiro, 2 km a jusante da barragem de rejeitos.

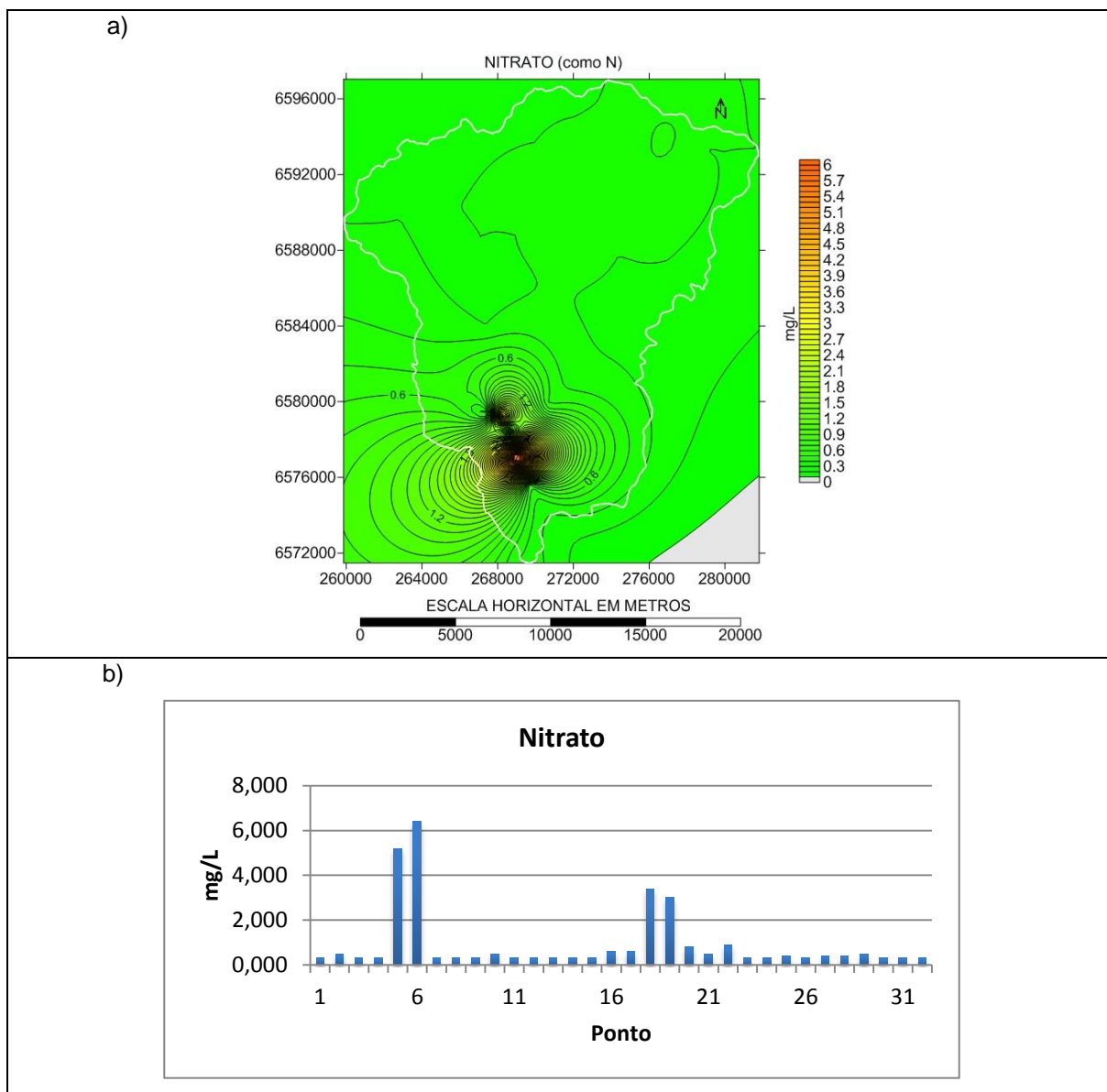


Figura 101: (a) Distribuição da concentração de NO_3 na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de NO_3 nos pontos de coleta.

h) Fosfato

O Fosfato pode ser de origem natural, quando o Fósforo é solubilizado de rochas ígneas e sedimentares, ou de origem antrópica, principalmente pelo despejo de esgotos domésticos e industriais (SZUCS, 2006). Na SbHAJD, segundo CBC (1996), o incremento de Fosfato de origem natural é mínimo, onde o valor encontrado na pesquisa supra citada não ultrapassa 0,03 mg/L. A média de Fosfato

encontrada nos 32 pontos de coleta foi de 0,021 mg/L, o que ficou compatível com os dados de CBC (1996) e Laybauer (1999). Assim como o NO_3 , as maiores concentrações de Fosfato localizam-se em pontos próximos à Vila das Minas do Camaquã (Figura 102a).

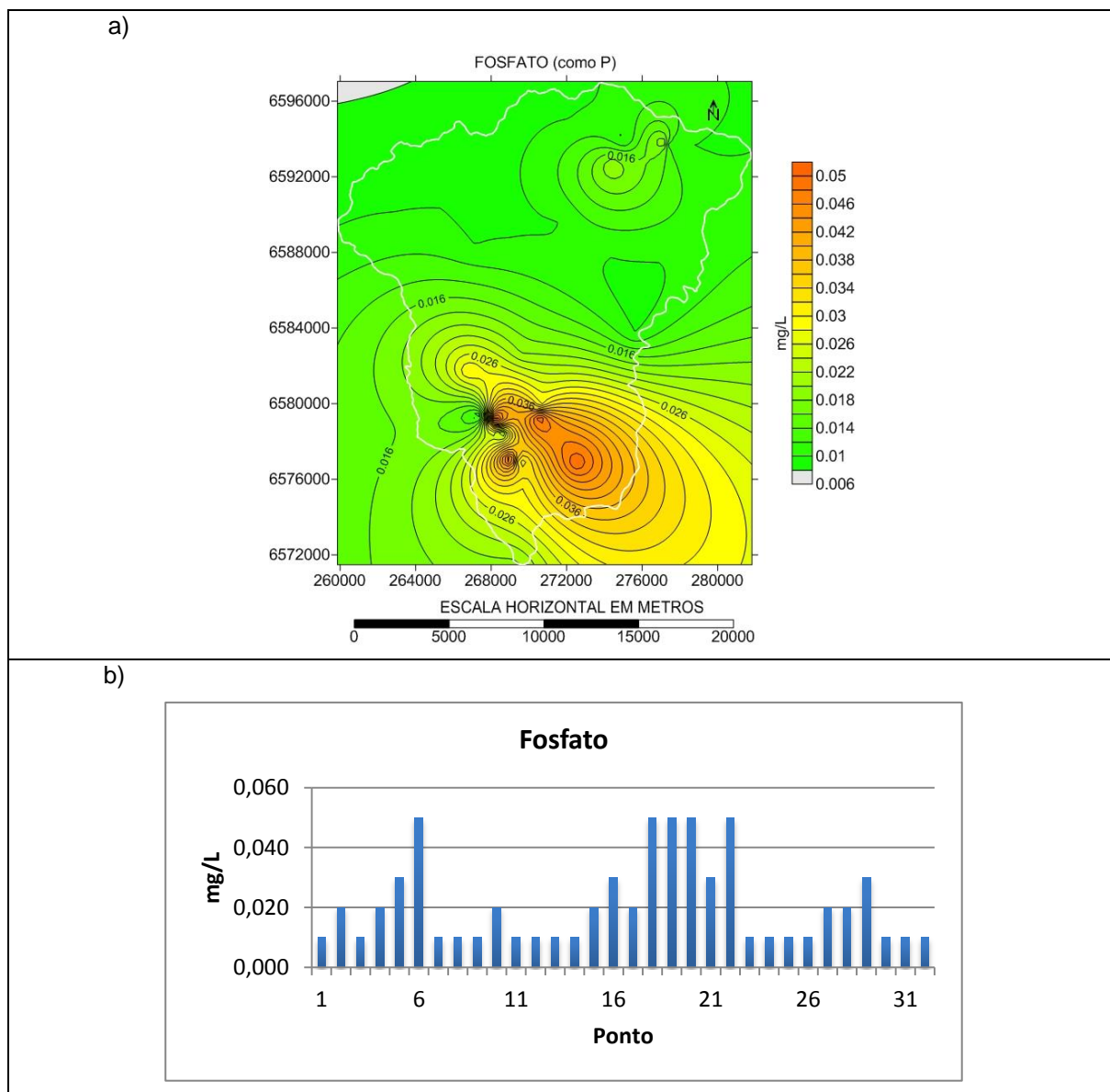


Figura 102: (a) Distribuição da concentração de Fosfato na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de Fosfato nos pontos de coleta.

Os maiores valores de Fosfato foram encontrados nos pontos 6, 18, 19, 20 e 22, com 0,50 mg/L (Figura 102b). Assim como o NO_3 , isso indica a presença de esgotos domésticos nas águas do arroio João Dias e segundo Sinding (2011), pode também relacionar-se com o uso de pesticidas agrícolas. Como já foi dito, os pontos 6, 18 e 19 podem ter seus valores associados ao despejo de esgotos domésticos da Vila das Minas do Camaquã. Já nos pontos 20 e 22 existe o cultivo de culturas de

inverno e da criação intensiva de animais, principalmente de bovinos, o que pode contribuir com estes valores.

Não se pode afirmar a plena relação do Fosfato com as rochas da região como proposto por CBC (1996). Mas é possível a associação pelo menos parcial, pois existem rochas ígneas em áreas próximas aos pontos de coleta, o que também justificaria valores intermediários de 0,30 mg/L nos pontos 16 e 21. Já os valores intermediários encontrados nos pontos 5 e 29 podem ser atribuídos à diluição decorrente do recebimento de águas de afluentes do arroio João Dias, principalmente do arroio Marmeleiro.

Os menores valores do Fosfato, assim como de NO_3 foram encontrados nos locais com maior grau de proteção da cobertura do solo e menor uso do solo para atividades agrícolas. Isso ficou claro com o valor de 0,10 mg/L encontrado em 16 pontos, entre eles os pontos 1, 14, 23, 24 e 32.

i) Cloreto

O Cloreto é um dos parâmetros com maior margem de erro entre os aqui analisados, isso porque pode ser de origem antropogênica quanto de origem natural, onde a litologia influencia diretamente. Em áreas de mineração, o uso do Cloreto é importante por ser um ânion de cloro (Cl^-) que se liga a um cátion metálico para a floculação do mineral. Parte do Cloreto fica preservado nos rejeitos e depositado nas barragens e, posteriormente, liberado em contato com outro sal (PERELMAN e VOROBIEV, 1995).

Nos 32 pontos analisados obteve-se uma média de 1,9 mg/L de Cloretos. Esse resultado é inferior a média de 2,8 mg/L encontrada por CBC (1996) e 3,0 mg/L por Laybauer (1995).

As maiores concentrações de Cloretos estão localizadas próximas à Vila das Minas do Camaquã (Figura 103a). Os pontos 4, 6, 17, 18 e 19 apresentaram os maiores valores, com 4,7 mg/L, 6,4 mg/L, 5,5 mg/L, 2,9 mg/L e 3,1 mg/L, respectivamente (Figura 103b). São números elevados para águas superficiais. Segundo a CETESB (2014), para águas naturais as concentrações devem estar próximas a 1 mg/L, para ambientes não desérticos. Os resultados dos pontos 4 e 6 relacionam-se com os depósitos de rejeito, os quais liberam principalmente Cloreto de Cobre (CuCl) (CBC, 1996). Laybauer (1995) atribui os altos valores de Cloretos nos pontos 18 e 19 ao lançamento de esgotos domésticos da Vila das Minas do Camaquã. Deve-se salientar que nesses pontos existem antigos depósitos de rejeito

que também liberam Cloretos. De acordo com a CBC (1996), além do ClCu, o Cloreto de Ferro também tem importante participação na solução. O ponto 17 também apresentou elevado valor do parâmetro, podendo estar associado ao uso de fertilizantes, onde o Cloreto de Potássio é de uso comum em solos agricultáveis.

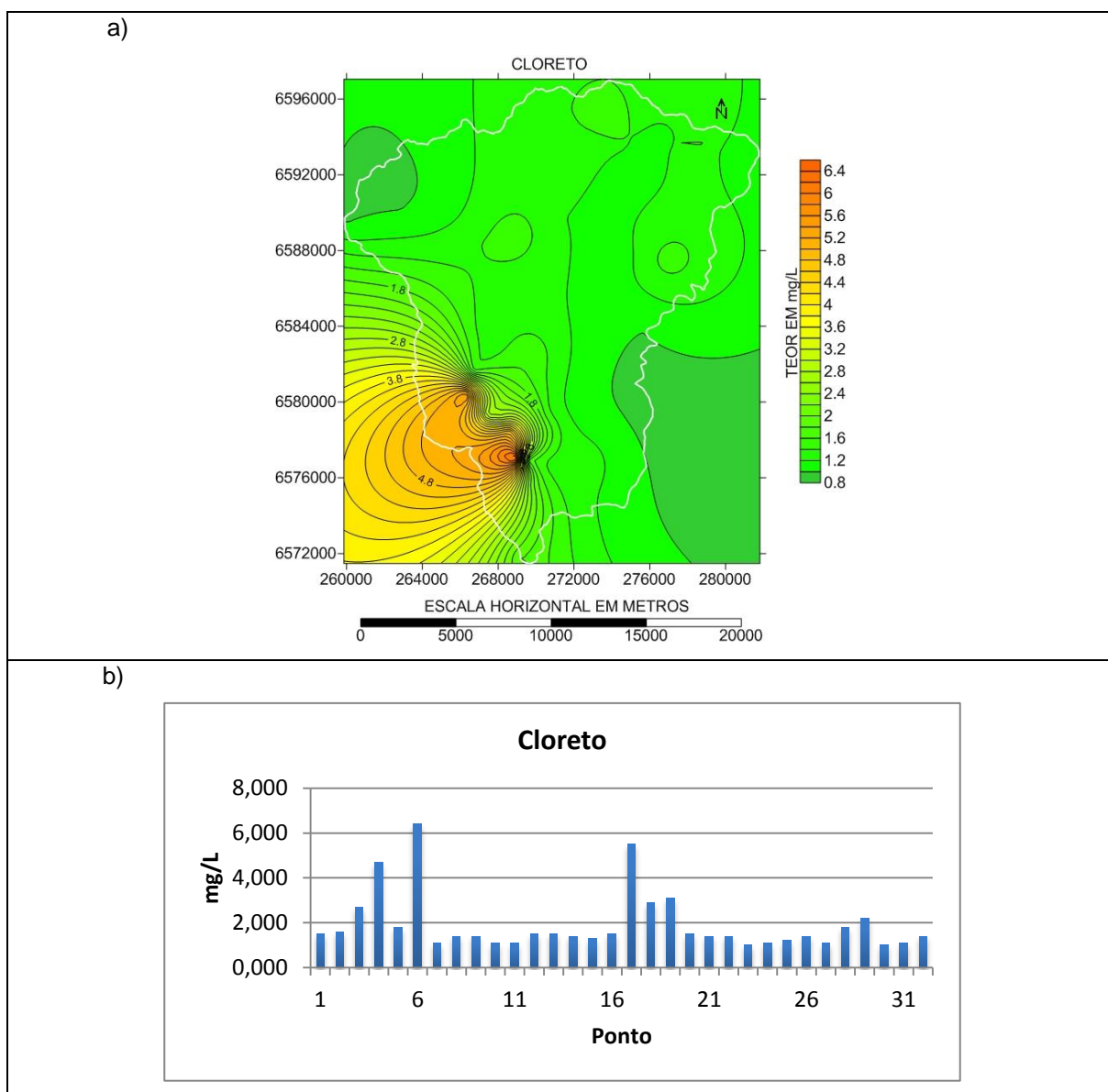


Figura 103: (a) Distribuição da concentração de Cloretos na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de Cloretos nos pontos de coleta.

Os valores mais baixos de Cloreto (inferior a 1,1 mg/L) foram encontrados nos pontos 7, 10, 11, 24, 30 e 31, que estão situados em sua maioria na porção norte do Rincão da Cavalhada, lugar pouco habitado, relativamente conservado e sem uso para atividades agropecuárias. Esse cenário leva a uma ausência de esgotos industriais e domésticos.

j) Coliformes Termotolerantes

São microorganismos que indicam a contaminação da água por fezes humanas e de animais. É um parâmetro importante para a detecção do lançamento no corpo hídrico de esgotos cloacais (CETESB, 2014).

A média encontrada foi de 328 NMP/100ml, valor próximo dos 300 NMP/100ml encontrado por Laybauer (1999). Os valores mais elevados de coliformes termotolerantes foram encontrados em duas localidades: Vila das Minas do Camaquã e em Rodeio Velho (Figura 104a).

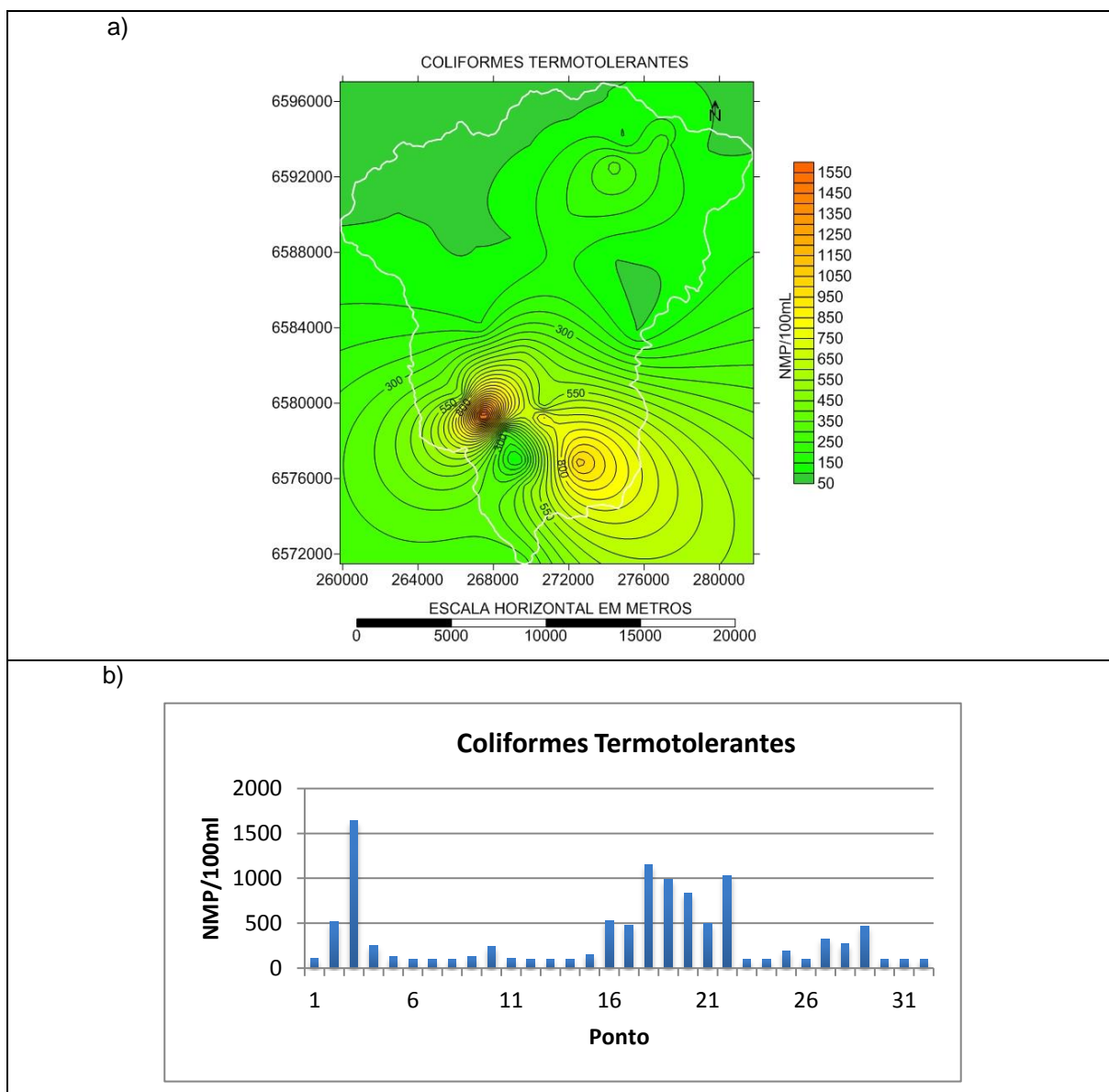


Figura 104: (a) Distribuição da concentração de Coliformes Termotolerantes na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de Coliformes Termotolerantes nos pontos de coleta.

As amostras com as maiores contagens foram encontradas nas águas do arroio João Dias e Marmeleiro nos pontos 3, 18 e 22, com 1.638 NMP/100ml, 1.151

NMP/100ml e 1.033 NMP/100ml, respectivamente (Figura 104b). O ponto 3 refere-se à barragem Água Limpa, da qual a Corsan retira água para o tratamento convencional e posterior abastecimento da população das Minas do Camaquã. O ponto 18 fica próximo à antiga indústria de beneficiamento de minério, que funcionou de 1909 até 1975, onde atualmente existe o balneário da Vila. Já o ponto 22 situa-se perto da aglomeração rural de Rodeio Velho.

Também registraram elevadas concentrações de coliformes termotolerantes, foram os pontos 2 (513 NMP/100ml), 16 (530 NMP/100ml), 19 (988 NMP/100ml) e 20 (833 NMP/100ml). Nos pontos 2, 16 e 20, possivelmente os altos valores estão associados a dejetos de animais, principalmente de bovinos. Já o ponto 19, próximo à Vila das Minas do Camaquã, deve estar recebendo esgotos domésticos da população residente.

Novamente, os melhores índices correspondem aos pontos mais isolados da sub-bacia, onde praticamente não existem atividades humanas e predominam afloramentos de rocha. Dentre eles, 12 pontos apresentaram valores abaixo do nível de detecção (100 NMP/100ml) e em 6 pontos os valores variaram entre 100 e 200 NMP/100ml.

k) Chumbo

A disponibilidade de Chumbo na SbHAJD é pouco expressiva (Figura 105a). Apenas três pontos apresentaram valores acima do nível de detecção. Os pontos 6, 18 e 19 tiveram resultados de 0,55 mg/L, 0,14 mg/L e 0,10 mg/L, respectivamente (Figura 105b). O ponto 6 refere-se ao vertedouro da barragem de rejeitos, onde foi encontrado o valor mais alto. Laybauer (1995) detectou uma concentração de 7,43 mg/L no mesmo ponto, bem superior a da presente pesquisa.

Naquela pesquisa as coletas foram realizadas em regime de longa estiagem, onde a diluição do elemento foi reduzida, aumentando a sua concentração. Já, o presente estudo foi realizado em período climático dentro da média dos decêndios. Assim, acredita-se que o resultado de 0,55 mg/L é mais representativo de uma série histórica. Os dados levantados por CBC (1996) demonstraram resultados que oscilaram entre 0,11 mg/L e 0,70 mg/L em pontos próximos aos avaliados aqui.

Com relação aos pontos 18 e 19, estes referem-se às áreas dos antigos rejeitos depositados entre 1909 e 1975. Os dados de Laybauer (1995) e CBC (1996) mostraram valores similares aos levantados aqui. As pesquisas citadas encontraram concentrações próximas a 0,10 mg/L em todos os pontos. Apesar dos mais de 100

anos de alguns depósitos de rejeito, estes continuam liberando Chumbo para o ambiente, mesmo que em quantidades mínimas. Peterka e Kubecka (2011) ao avaliar uma série de minas na Rússia, encontraram o mesmo cenário, onde a liberação de Chumbo perpetua-se por várias décadas.

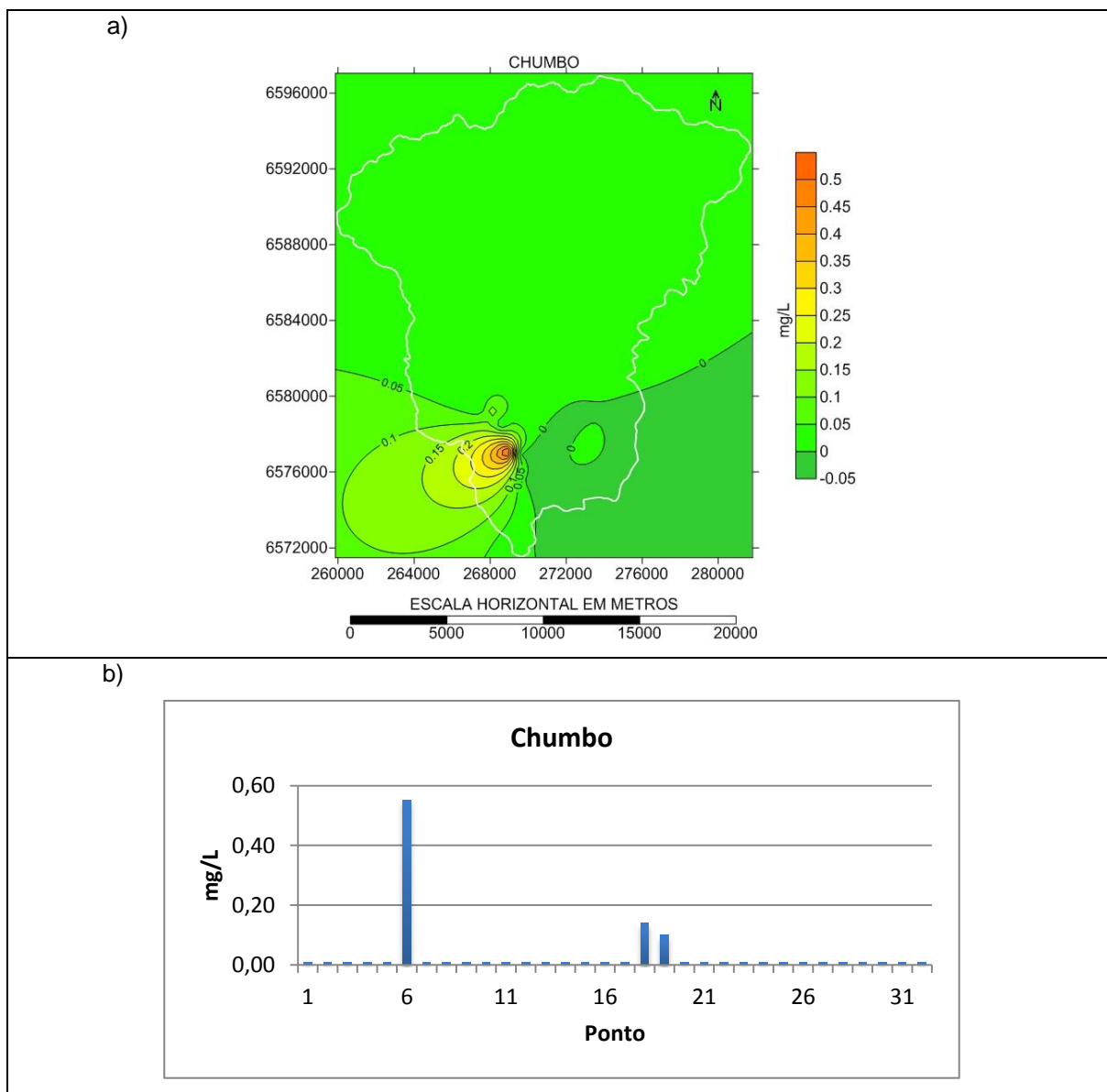


Figura 105: (a) Distribuição da concentração de Chumbo na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de Chumbo nos pontos de coleta.

Nas amostras coletadas a jusante dos pontos 6, 18 e 19, os valores ficaram abaixo do nível de detecção porque existe o incremento das águas do arroio Marmeleiro no arroio João Dias, o que leva à diluição do Chumbo nos outros pontos de amostragem.

l) Cobre

Segundo Laybauer (1995), o Cobre é um elemento anômalo na região das Minas do Camaquã, enriquecendo vários compartimentos geoquímicos e tornando difícil estabelecer um *background* regional. Pela sua variabilidade no ambiente, o desvio padrão é elevado perante as médias regionais (CBC, 1996).

Todos os pontos com resultados acima do nível de detecção (0,005 mg/L) estão situados a jusante da barragem de captação de água (Figura 106a).

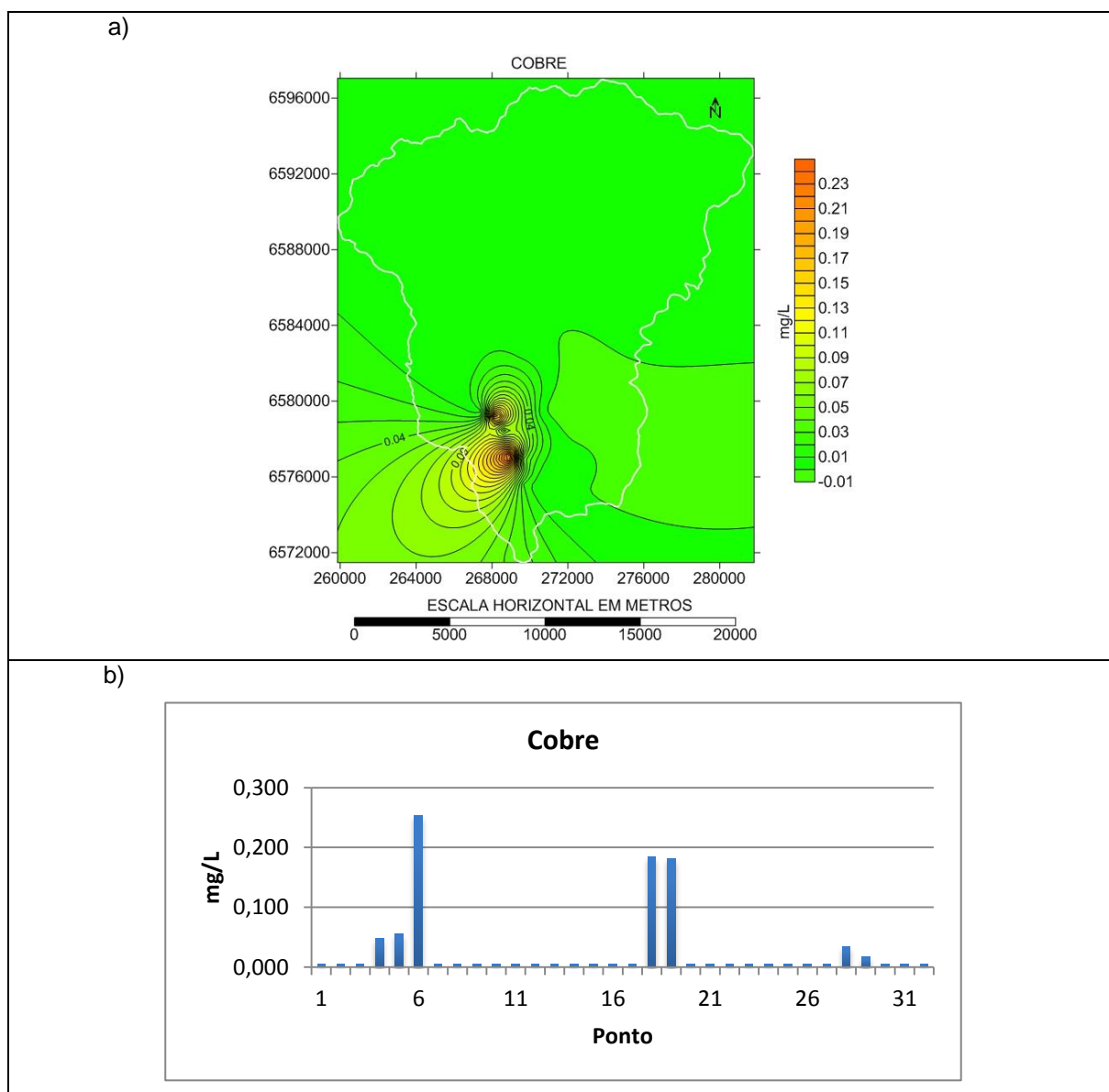


Figura 106: (a) Distribuição da concentração de Cobre na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de Cobre nos pontos de coleta.

Nos pontos 4, 5, 6, 18, 19, 28 e 29 a concentração média ficou em 0,105 mg/L de Cobre. O ponto que apresentou maior concentração foi novamente o 6, na barragem de rejeitos, com 0,254 mg/L (Figura 106b). Nos pontos 18 e 19, os valores

também foram significativos, 0,184 mg/L e 0,182 mg/L, respectivamente. Esses números são inferiores aos encontrados por Laybauer (1995) e CBC (1996), onde a média situa-se em 200 mg/L.

Assim como o Chumbo, na barragem de rejeito e nos antigos depósitos na calha do curso médio-inferior do arroio João Dias, existe a liberação de Cobre, mesmo em concentrações pequenas, sendo elas estáveis no tempo. Os pontos 28 e 29 apresentaram resultados baixos, porém acima dos valores encontrados por Laybauer (1995) e CBC (1996). Apesar de serem pontos que recebem águas de afluentes do arroio João Dias, as águas acrescidas não foram suficientes para alcançar as concentrações consideradas ambientalmente seguras: abaixo de 0,015 mg/L (SZUCS, 2006; SPERLING, 2011).

m) Ferro

O Ferro é um elemento presente nas águas superficiais da região das Minas do Camaquã, em função da constituição lito-pedológica (LAYBAUER, 1995). A justificativa para a ampla disposição deste elemento químico nas águas da SbHAJD é a presença de hematita nos sedimentos da rede de drenagem. Eles são oriundos do intemperismo das rochas sedimentares (arenitos e conglomerados) e dos basaltos presentes na região (LAYBAUER, 1999). O extravasamento das águas da barragem de rejeitos, com sedimentos ricos em óxidos de Ferro, também contribui para aumentar as concentrações em alguns pontos de coleta apresentados na figura 107a.

A figura 107b mostra que a maior concentração está no ponto 6, referente ao vertedouro da barragem de rejeitos, com 3,99 mg/L. Esse valor é inferior, mas próximo ao encontrado por Laybauer (1995) que foi de 5,4 mg/L. Os pontos 4 e 5 também apresentaram valores considerados por Sinding (1999) elevados, com 1,10 mg/L e 1,50 mg/L, respectivamente. Esses pontos localizam-se na calha do arroio João Dias que foi atulhada pelo rompimento da barragem de rejeitos em 1981, sendo que os sedimentos ainda continuam liberando Ferro. Nos pontos 18 e 19 que se referem a antigos depósitos de rejeito, os valores encontrados são inferiores ao do *background* fixado por Laybauer (1995) que é de 0,60 mg/L. Isso se deve, segundo Laybauer (1999) a liberação do Ferro pelos sedimentos por mais de 50 anos, que no período atual encontram-se estáveis.

A média da concentração de Ferro encontrada nesta pesquisa foi de 0,619 mg/L, sendo que valores próximos a 1,00 mg/L em geral estão localizados nos

pontos onde a litologia é composta por basaltos do Membro Rodeio Velho. As concentrações próximas a 0,60 mg/L em geral referem-se as rochas sedimentares. Cenário semelhante foi discutido por Perelman e Kasimov (1999) e Gustavsson *et al.* (2001), que relacionam o Ferro oriundo de litologias com o presente nas águas superficiais.

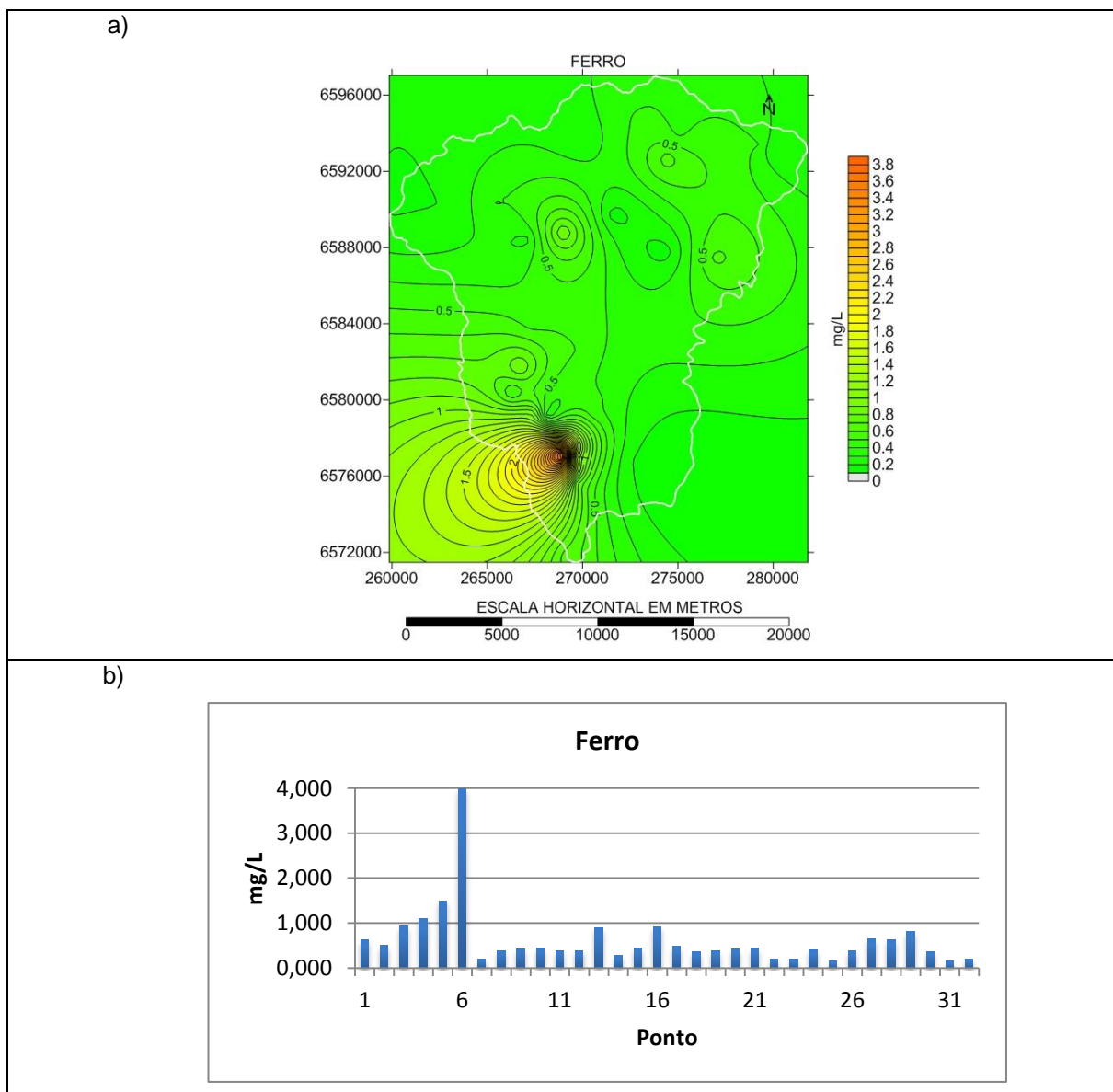


Figura 107: (a) Distribuição da concentração de Ferro na SbHAJD; (b) Gráfico com os valores de Ferro nos pontos de coleta.

Importante salientar que as águas do arroio Marmeleiro que desaguam no arroio João Dias, a jusante da barragem de rejeitos, contribuem para a dissolução e diminuição das concentrações. Com a mistura destas águas, o ponto da foz do arroio João Dias no rio Camaquã, apresentou concentrações de 0,644 mg/L, valor

próximo ao *background* determinado por Laybauer (1995) em função das litologias existentes.

Baseado nos resultados apresentados na discussão acima, podem-se tecer algumas considerações. Primeiramente, os esgotos domésticos lançados pelas residências da Vila das Minas do Camaquã afetam diretamente a qualidade da água, principalmente os parâmetros Coliformes Termotolerantes, DQO, NO_3 , Fósforo e Cloretos. Estes parâmetros tiveram concentrações elevadas em localidades do interior, tipicamente rurais, como por exemplo em Rodeio Velho.

Os antigos depósitos de rejeito, próximos ao moinho dos ingleses, apesar de estarem com os sedimentos estabilizados por barreiras de contenção, ainda disponibilizam metais pesados para o arroio João Dias. Também contribui com os níveis de Cobre e Ferro nas águas do arroio João Dias, o extravasamento da barragem de rejeitos construída em 1980 e utilizada até 1996. Ainda, o Ferro é liberado naturalmente das rochas da região, sendo que o *background* encontrado nesta pesquisa é compatível ao determinado por Laybauer (1995).

Nas áreas agricultáveis da SbHAJD, os pontos ao norte da localidade de Pedra do Bagual, apresentaram elevados valores de NO_3 , Cloreto e Fósforo, o que demonstra o uso de agroquímicos como adubos e fertilizantes. Associado a esta característica de uso do solo, os valores de Turbidez, condutividade e SDT, também tiveram valores elevados se comparados a outros pontos da sub-bacia, o que indica a existência de processos erosivos dos solos em propriedades rurais desta localidade.

Os melhores resultados nos parâmetros analisados ficaram por conta das áreas localizadas na parte norte da bacia, principalmente em Rincão do Cedro e Rincão da Cavalhada. No caso de Rincão do Cedro, os valores de OD foram excelentes, segundo os valores de referência preconizados por Laybauer (1995). Um dos principais motivos para esse bom desempenho é a oxigenação natural da água causada pelo elevado número de rupturas topográficas (pequenas cachoeiras) existentes e da acentuada declividade no percurso das drenagens.

Sendo assim, ficou claro que existe o lançamento de esgotos domésticos no curso médio-inferior do arroio João Dias, na Vila das Minas do Camaquã. Também pode-se afirmar que os dejetos de animais colaboram para o aumento da poluição orgânica das águas da sub-bacia. Além disso, alguns metais pesados foram detectados. Parte deles origina-se das litologias existentes e outra parte é

solubilizada nos rejeitos depositados em dois locais: um, próximo à usina de beneficiamento dos ingleses e o outro, cerca da barragem de rejeitos de 1981. Por fim, existe a participação de contaminantes originados em áreas agricultáveis da bacia, principalmente oriundos do uso de agroquímicos.

9.2 Comparação dos resultados com a legislação vigente

Buscando avaliar o grau de impacto ambiental nas águas da SbHAJD, os resultados foram comparados com a legislação ambiental vigente, elaborada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução nº357, de 17 de março de 2005. Esta resolução vem normatizar a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, buscando atender às necessidades das comunidades aquáticas e o compromisso com a saúde e o bem estar humano (TROLEIS, 2009).

A resolução 357/05, em seu artigo 4 (p.4), divide as águas superficiais doces em 5 classes, onde cada uma destas possui as características de possíveis usos:

I - classe especial: águas destinadas:

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

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) a proteção das comunidades aquáticas;
- c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) a proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) a proteção das comunidades aquáticas;
- c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) a aquicultura e a atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

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

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

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

A mesma resolução, em seu capítulo III, artigos 14, 15, 16 e 17 atribui as condições e padrões de qualidade com os limites individuais de cada parâmetro, os quais apresentam-se na Tabela 5:

Tabela 5: Limites estabelecidos pela Resolução 357/05 do Conama, para os constituintes químicos, bacteriológicos e metais em ambientes lóticos avaliados na SbHAJD.

Parâmetro	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Oxigênio Dissolvido	mg/L O ₂	Não Inferior a 6,0	Não Inferior a 5,0	Não Inferior a 4,0	Não Inferior a 2,0
Nitrato	mg/L	10,0	10,0	10,0	-
Fosfato	mg/L	0,10	0,10	0,15	-
Cloreto	mg/L	250	250	250	-
DQO	mg/L	Entre 0 e 20	Entre 0 e 20	Entre 0 e 20	-
Col. Term.	N.M.P./100 ml	200	1.000	2.500	-
SDT	mg/L	500	500	500	-
Turbidez	UNT	40	100	100	-
pH	-	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0	-
Chumbo	mg/L	0,01	0,01	0,033	-
Cobre	mg/L	0,009	0,009	0,013	-
Ferro	mg/L	0,30	0,30	5,00	-

Fonte: Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Os resultados das 32 amostras coletadas na SbHAJD foram relacionados com os padrões e limites estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/05, buscando classificar seus destinos e usos. A tabela 6 mostra os resultados das amostragens realizadas na área de estudo entre os meses de janeiro e fevereiro de 2014, e as cores demonstram em qual classe cada resultado se encontra.

A grande maioria dos parâmetros analisados estão nos limites considerados para a Classe 1 da resolução CONAMA nº 357/05 (Figura 108). A ampla quantidade de pontos está dentro da Classe 1 porque os limites entre as Classes 1, 2 e 3 nos parâmetros NO₃, Cloreto, DQO, SDT e pH é o mesmo.

Tabela 6: Resultados do enquadramento das amostragens químicas, bacteriológica e de metais da SbHAJD.

Ponto	OD	NITRATO	FOSFATO	CLORETO	DQO	COLIFOR.	SDT	TURBIDEZ	pH	CHUMBO	COBRE	FERRO
1	4,89	<0,30	0,01	1,5	7,0	106	40	43	6,89	<0,01	<0,005	0,629
2	5,00	0,50	0,02	1,6	13,0	513	26	28	6,70	<0,01	<0,005	0,505
3	4,06	<0,30	0,01	2,7	6,1	1638	32	88	6,68	<0,01	<0,005	0,934
4	6,06	<0,30	0,02	4,7	<5	250	35	151	6,66	<0,01	0,048	1,100
5	4,75	5,20	0,03	1,8	<5	125	58	192	6,73	<0,01	0,056	1,500
6	3,22	6,40	0,05	6,4	<5	<100	91	244	6,68	0,55	0,254	3,990
7	6,30	<0,30	0,01	1,1	<5	<100	29	55	6,93	<0,01	<0,005	0,214
8	6,56	<0,30	0,01	1,4	<5	<100	24	47	6,90	<0,01	<0,005	0,399
9	5,53	<0,30	0,01	1,4	5,2	132	33	60	6,87	<0,01	<0,005	0,432
10	5,88	0,50	0,02	1,1	6,3	244	26	56	6,87	<0,01	<0,005	0,444
11	6,53	<0,30	0,01	1,1	<5	108	28	51	6,84	<0,01	<0,005	0,388
12	6,19	<0,30	0,01	1,5	5,0	<100	30	47	6,82	<0,01	<0,005	0,395
13	4,08	<0,30	0,01	1,5	<5	<100	18	38	6,74	<0,01	<0,005	0,905
14	7,64	<0,30	0,01	1,4	<5	<100	14	57	6,72	<0,01	<0,005	0,277
15	5,13	<0,30	0,02	1,3	<5	155	11	79	6,75	<0,01	<0,005	0,445
16	4,01	0,60	0,03	1,5	8,3	530	18	34	6,72	<0,01	<0,005	0,915
17	5,55	0,60	0,02	5,5	7,9	481	107	47	6,77	<0,01	<0,005	0,485
18	6,90	3,40	0,05	2,9	14,1	1151	29	120	6,69	0,14	0,184	0,366
19	6,54	3,00	0,05	3,1	9,8	988	29	104	6,76	0,10	0,182	0,384
20	6,01	0,80	0,05	1,5	8,8	833	18	66	6,78	<0,01	<0,005	0,433
21	6,80	0,50	0,03	1,4	7,9	498	21	59	6,77	<0,01	<0,005	0,447
22	8,10	0,90	0,05	1,4	9,5	1033	19	40	6,67	<0,01	<0,005	0,211
23	9,40	<0,30	0,01	1,0	<5	<100	29	74	6,79	<0,01	<0,005	0,204
24	7,88	<0,30	0,01	1,1	<15	<100	41	70	6,81	<0,01	<0,005	0,404
25	5,44	0,40	0,01	1,2	5,2	194	20	46	6,79	<0,01	<0,005	0,156
26	6,19	<0,30	0,01	1,4	<5	<100	47	60	6,81	<0,01	<0,005	0,388
27	5,22	0,40	0,02	1,1	5,9	326	28	52	6,70	<0,01	<0,005	0,655
28	5,07	0,40	0,02	1,8	5,0	274	19	42	6,72	<0,01	0,035	0,644
29	4,84	0,50	0,03	2,2	6,3	466	23	41	6,74	<0,01	0,017	0,814
30	6,47	<0,30	0,01	1,0	<5	<100	43	48	6,84	<0,01	<0,005	0,377
31	8,57	<0,30	0,01	1,1	<5	<100	48	58	6,80	<0,01	<0,005	0,156
32	6,99	<0,30	0,01	1,4	<5	<100	50	68	6,85	<0,01	<0,005	0,214

Legenda:

Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
----------	----------	----------	----------

Dos 32 pontos amostrados, os quais geraram 384 resultados divididos em 12 parâmetros, a maioria (292 resultados) foi classificada como Classe 1, de acordo com a resolução CONAMA nº 357/05. Para a classe 2 foram encontrados 42 resultados, 34 para a classe 3 e 16 para a classe 4. Isso demonstra que a maioria dos pontos amostrados podem ser destinados para os usos mais nobres da água, aqueles relacionados às Classes 1 e 2.

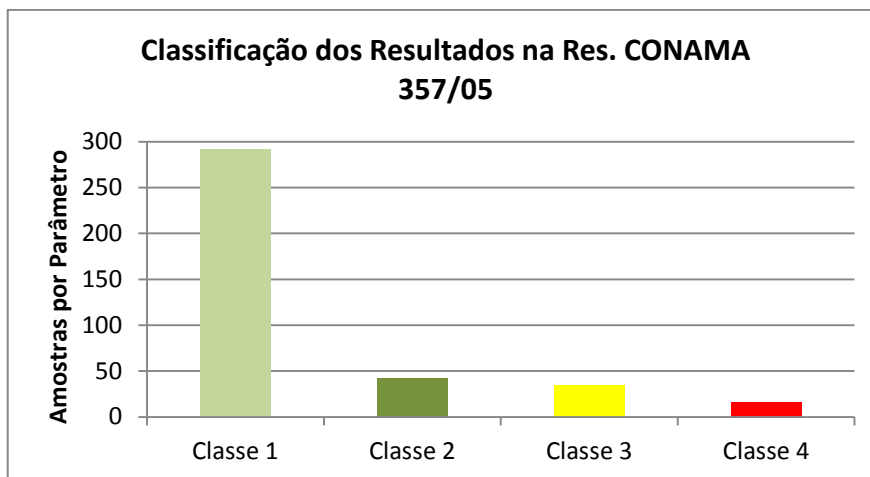


Figura 108: Classificação das amostras de águas da SBHAJJ de acordo com a Res. CONAMA 357/05.

As principais causas da degradação da qualidade da água da sub-bacia são: os despejos oriundos de esgotos domésticos e da criação de animais, os depósitos de rejeito e os efluentes derivados de atividades agrícolas com o uso intensivo de agroquímicos.

Por outro lado, os fatores que contribuem para melhorar a qualidade das águas superficiais são: as rupturas topográficas que aumentam o OD na água e as áreas que se encontram protegidas, sem uso agrícola, mineral ou residencial.

Genericamente pode-se afirmar que os principais pontos de coleta considerados Classe 1 ficaram restritos à localidade de Capão do Cedro, Passo do Cedro e a região norte de Capão do Cedro.

Com relação à Classe 2, a maioria dos pontos localizam-se na localidade de Rodeio Velho e ao sul da Serra do Apertado. O principal motivo deles ajustarem-se a essa Classe é devido, principalmente, aos valores de coliformes termotolerantes derivados das várias propriedades rurais existentes nessa aglomeração rural.

Já com relação aos pontos identificados como Classe 3, os problemas relacionam-se ao Ferro dissolvidos nas águas. De acordo com Laybauer (1995) o aumento da concentração do elemento nas águas da SbHAJD decorre da solubilização do mineral nas rochas da área de estudo e também dos rejeitos depositados no curso médio inferior do arroio João Dias, as quais contribuem para baixar a qualidade das águas avaliadas.

Por fim, os pontos agrupados na classe 4 referem-se principalmente aos locais próximos aos três depósitos de rejeito. Os mais antigos foram depositados na calha do arroio João Dias entre 1909 e 1975, o depósito intermediário em 1981, o

qual foi causado pelo rompimento da barragem de rejeitos. Já o novo foi depositado entre 1981 e 1996. No percurso entre estes três depósitos de rejeito os valores de NO_3 , Cobre, Chumbo e Turbidez são elevados, ficando nos parâmetros estipulados para a classe 4. No curso inferior do arroio João Dias, no encontro com as águas do arroio Marmeleiro os resultados apresentam melhora significativa, visto a diluição dos constituintes químicos.

Sendo assim e concordando com Laybauer (1995) Laybauer *et al.* (1999), apesar da grande parte dos parâmetros se enquadrarem nas águas doces de classe 1 da resolução CONAMA nº 357/05, alguns resultados importantes estão dentro da classe 2 e estes refletem o perfil desta sub-bacia. Isso porque foram encontrados baixos valores de OD em 8 pontos e altos valores de Ferro (25 pontos), coliformes termotolerantes (14 pontos) e Turbidez (28 pontos).

Importante destacar também, que no ponto 3, localizado na barragem de captação Água Limpa, os resultados de pH, SDT, NO_3 , Fósforo, Cloretos, DQO, Cobre e Chumbo estão dentro da classe 1. Na classe 2 encontra-se apenas a Turbidez. Na classe 3 estão os parâmetros de OD, Coliformes Termotolerantes e Ferro. Esses resultados demonstram que existe contaminação, principalmente por coliformes.

Em síntese, as águas da SbHAJD podem ser utilizadas para o abastecimento do consumo humano após tratamento convencional, recreação de contato primário, irrigação de cultivos agrícolas, aquicultura, pesca, recreação e proteção das comunidades aquáticas. Conforme descrito anteriormente, essa sugestão de uso da água não se ajusta àqueles locais próximos aos depósitos de rejeito e a alguns pontos isolados impactados negativamente pelas atividades agropecuárias.

CARACTERÍSTICAS DA FLORA

A avaliação e mapeamento de formações florísticas podem ser realizados por uma diversidade de métodos, definidos basicamente pelo tempo disponível e densidade de amostragem desejada. Também entram como critério, a facilidade de acesso a área e o nível taxonômico desejado.

A *The Nature Conservancy* desenvolveu uma metodologia flexível e rápida de levantamento de informações biológicas e ecológicas chamada de técnica da Avaliação Ecológica Rápida-AER (GUADAGNIN *et al.*, 1999, p. 73). Segundo o mesmo autor, essa técnica permite a determinação e classificação de paisagens e, ainda, a identificação de comunidades naturais e espécies endêmicas que possuem importância sob o ponto de vista ecológico.

O protocolo de passos elaborado para a AER enquadra o levantamento hierarquizado desde o nível macroscópico, representado pela amplitude e cobertura regional, até o levantamento de espécies individuais, como o mapeamento de unidades endêmicas.

A SbHAJD em sua maior parte é classificada segundo Teixeira *et al.* (1986) e Girardi-Deiro (1999) como Savana Parque, com áreas menores de Savana Gramíneo-Lenhosa, sendo subdivisões da classificação fitoecológica da Savana. Para Guadagnin *et al.* (1999), esse tipo de vegetação é característico do Planalto Sul-Rio-grandense.

Segundo Guadagnin *et al.* (1999), a Savana Parque é caracterizada por possuir um estrato herbáceo contínuo composto por gramíneas cespitosas e rizomatosas, com espécies arbóreas espalhadas ou agrupadas em florestas de galeria. Esse tipo de mosaico florístico é o padrão encontrado no Planalto Sul-Rio-grandense, sendo que o substrato litológico e pedológico são condicionantes e determinantes para a tipologia e densidade desta paisagem (GIRARDI-DEIRO, 1999).

Para Guadagnin *et al.* (1999), a classificação da Savana Parque é compartimentada em quatro formações florísticas (Savanícolas, Arbóreas, Campestres e Secundárias) e complementadas com mais três classes (Solo exposto, Rocha exposta e Corpos d'água) de tipologia local das Minas do Camaquã. Na classificação digital da imagem orbital do sensor Cbers 2B-HRC, os resultados foram semelhantes aos encontrados por Guadagnin *et al.* (1999), sendo que a precisão dos resultados desta tese tendem a ser melhores, em função da maior resolução espacial utilizada.

Assim, o mapeamento de cobertura do solo resultou na quantificação dos sete padrões (Tabela 7 e Figura 109), totalizando uma área de 31.000ha.

Tabela 7: Cobertura do solo da SbHAJD.

Classe	Padrão de Cobertura	Área (ha)
1	Formações Savanícolas	5.930,64
2	Formações Arbóreas	7.445,16
3	Formações Campestres	2.484,90
4	Formações Secundárias	8.133,30
5	Solo Exposto	231,12
6	Rocha Exposta	6.451,02
7	Corpos d'água	345,87
	Total	31.022,01

As Formações Savanícolas (Figura 110) ocupam uma área de 5.930,04 ha. São caracterizadas por campos entremeados por árvores isoladas ou em grupos, formando uma tipologia de mosaico (GUADAGNIN *et al.*, 1999). Em geral são áreas onde a individualização de Formações Arbóreas e/ou Campestres é impossível, devido a heterogeneidade da área. A vegetação herbácea característica é do gênero *Andropogon* e *Calamagrostis* da família *Poaceae*, sendo uma gramínea de fácil adaptação a diferentes tipos de solos. A vegetação arbórea característica é das famílias *Rhamnaceae* e *Myrtaceae*. Em geral apresentam uma altura inferior a 6m, com desenvolvimento proeminente. Para Girardi-Deiro (1999), são vegetações que se estabelecem geralmente em boas condições de umidade e nutrientes.

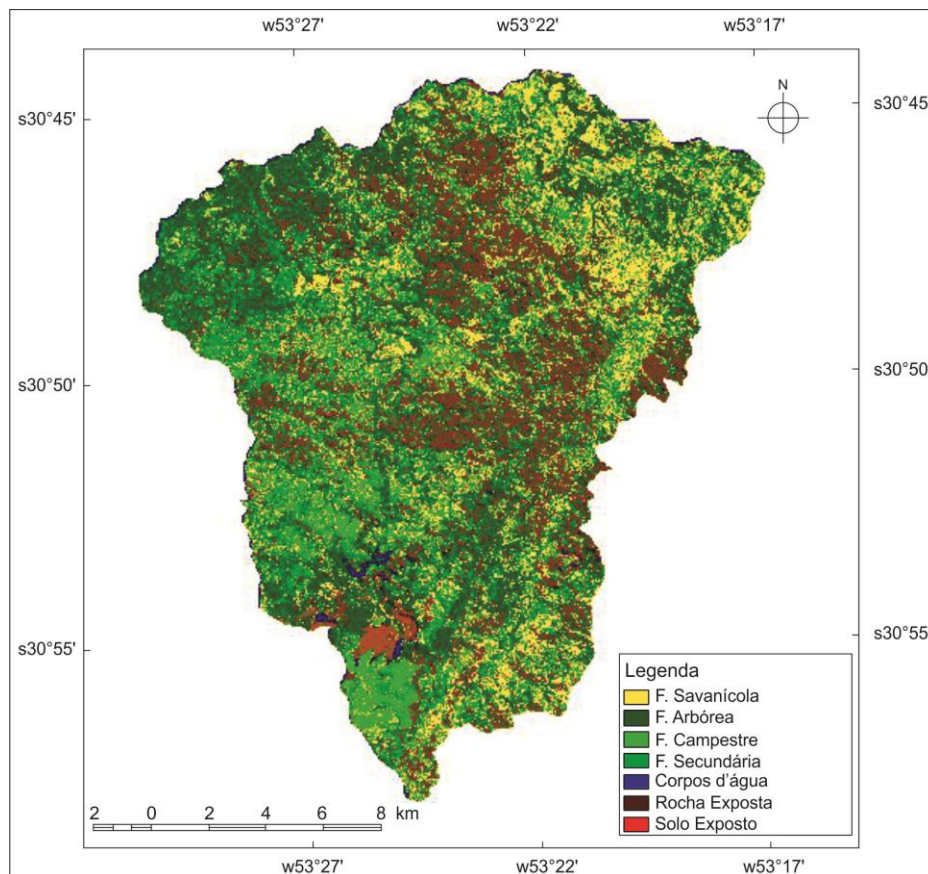


Figura 109: Mapa de cobertura do solo.



Figura 110: Formações Savanícolas.

As Formações Arbóreas (Figura 111) ocupam uma área de 7.445,16 ha. São representadas basicamente por matas de galeria ao longo dos corpos hídricos, geralmente ocupando áreas com solos mais espessos e ricos em matéria orgânica. Também ocorrem em terrenos aplainados, no topo dos divisores de água e em encostas de declividade moderada, geralmente em solo seco.



Figura 111: Formação Arbóreas ao longo de corpos hídricos.

As espécies apresentam altura variando entre poucos centímetros até 12m, com maioria entre 5 e 8m. Os gêneros, espécies e famílias dominantes são *Allophylus edulis* (Sapindaceae), *Scutia buxifolia* (Rhamnaceae), *Sebastiania commersoniana* (Euphorbiaceae), *Chrysophyllum marginatum* (Sapotaceae), *Blepharocalyx salicifolius* (Myrtaceae), *Quillaia brasiliensis* (Rosaceae), *Lithraea brasiliensis*, *Lithraea molleoides*, *Schinus lentiscifolius* e *Schinus polygamus* (Anacardiaceae), *Berberis laurina* (Berberidaceae), *Guettarda uruguensis* (Rubiaceae), *Vitex megapotamica* (Lamiaceae), *Myrsine coriacea* e *M. laetevirens* (Myrsinaceae), *Eugenia uniflora*, *Myrcia palustris* e *Myrcia selloi* (Myrtaceae), *Pouteria Salicifolia* (Sapotaceae), *Calliandra Tweediei* (Mimosaceae), *Erythrina Cristagalli* (Papilionaceae), *Luebea Divaricata* (Tiliaceae), *Myrciaria Tenella* (Myrtaceae), *Ocotea Acutifolia* (Lauraceae), *Ruprechtia Laxiflora* (Polygonaceae) e *Salix Humboldtiana* (Salicaceae).

As Formações Campestres são compostas por campos limpos e sujos totalizando uma área de 2.484,90ha. Nos setores com campos limpos, encontra-se o uso intensivo para a criação de animais, como bovinos, caprinos e ovinos. Em geral, os campos limpos apresentam uma cobertura com gramíneas dos gêneros *Andropogon* (Poaceae) (Figura 112), *Paspalum*, *Calamagrostis* e *Eryngium Borridum*. Existem inserções esparsas de tufo de arbustivas e subarbustivas. Em alguns locais há pequenas áreas com solo exposto e ravinamentos, decorrente do pisoteio intenso gerado pelo pastoreio.



Figura 112: Gramínea do gênero *Andropogon*.

Nas áreas onde a atividade de pastoreio é menos intensiva, o padrão tende a ser de gramíneas entremeadas com espécies arbustivas de até 1 metro de altura. Esta fisionomia é denominada de campo sujo, dentro da Formação Campestre. As espécies mais comuns são: *Baccharis artemisioides*, *B. coridifolia*, *B. trimera*, *Eupatorium buniifolium*, *Eupatorium tweedianum*, *Heterothalamus alienus*, *Senecio brasiliensis*, *Vernonia squarrosa* e *Xanthium spinosum* (todas Asteraceae), *Aloysia chamaedryfolia* (Verbenaceae), *Campomanesia aurea* (Myrtaceae), *Daphnopsis racemosa* (Thymelaeaceae), *Cereus hildmannianus* e *Opuntia brunneogemma* (Cactaceae), *Mimosa intricata* (Mimosaceae), *Glechon thymoides* e *Hyptis mutabilis* (Lamiaceae) e *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae), entremeadas com as gramíneas dos gêneros *Andropogon*, *Paspalum*, *Calamagrostis* (Figura 113).



Figura 113: Arbustiva da espécie *Dodonaea viscosa* entremeadada com a Gramínea do gênero *Calamagrostis*.

As Formações Secundárias também denominadas por Guadagnin *et al.* (1999) e Girardi-Deiro (1999) como Formações Pioneiras, geralmente são as mais degradadas, principalmente pelas queimadas e pastoreio. Situam-se nas bordas das formações florestais e alcançam altura entre 2 e 4m, ocupando uma área de 8.133,30 ha.

Nos talhões selecionados para a catalogação e quantificação da biomassa, em geral, foi encontrada uma espécie dominante sobre as demais, fenômeno comum em formações pioneiras. As espécies mais abundantes são todas da família Asteraceae, sendo elas: *Baccharis dracunculifolia* (Figura 114), *Baccharis tridentata*, *Radlkoferotoma cistifolium*, *Gochnatia polymorpha* e *Heterothalamus alienus*. Também foram observadas em menor número *Aloysia gratíssima* (Verbenaceae), *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae) e *Mimosa intricata* (Mimosaceae); e em áreas isoladas foram vistos alguns exemplares da espécie *Solanum mauritianum* (Solanaceae).



Figura 114: Espécie pioneira que resistiu às queimadas ao lado de exemplares mais jovens.

A classe de Solo Exposto é composta por lavouras de subsistência, áreas urbanizadas, de mineração e degradadas. Na classificação da imagem foram identificados depósitos de areia ao longo de drenagens, depósitos de rejeito, solo exposto naturalmente e pela agricultura, além áreas edificadas/construídas como casas, galpões, áreas de lazer e rodovias. Áreas com vegetação incipiente de espécies exóticas (Figura 115) também foram enquadradas como solo exposto, tendo em vista a baixa densidade de espécies por m² (inferior a 1) (GIRARDEIRO, 1999).



Figura 115: Arbórea incipiente sobre barragem de rejeitos.

Os locais com Rocha Exposta ou Formações Rupestres ocupam uma área de 6.451,02 ha. Caracterizam-se por afloramentos de rocha com ou sem cobertura de solo. Quando apresentam solo, geralmente este é pouco desenvolvido (inferior a 10 cm).

A maioria dos afloramentos mapeados pertence à Formação Guaritas, principalmente os morros de topo plano e/ou aplainado. Nestes locais, ocorrem espécies herbáceas de porte baixo (menor que 40 cm) e gramíneas ralas com

inserções de arbustivos, além de espécies endêmicas como as da família bromeliaceae e cactaceae.

Segundo Guadagnin *et al.* (1999), nas gramíneas, os gêneros dominantes são *Andropogon*, *Schizachyrium*, *Setaria*, *Paspalum*, *Briza*, *Fimbristylis* e *Rhynchospora* (Figura 116). Ocorrem também algumas espécies de pteridófitas (*Anemia tomentosa*, *Cheilanthes micropteris* e *Adiantopsis chlorophylla*, ambas Pteridaceae, e *Polypodium hirsutissimum*, Polypodiaceae), *Hysterionica pinifolia* e *Sommerfeltia spinulosa* (ambas Asteraceae), *Dichondra sericea* e *Evolvulus sericeus* (ambas Convolvulaceae), *Richardia brasiliensis* e *Borreria fastigiata* (ambas Rubiaceae), *Glechon thymoides* (Lamiaceae), *Krapovickasia urticifolia* (Malvaceae), *Scoparia montevidensis* (Scrophulariaceae), *Oxypetalum caeruleum* (Asclepiadaceae), *Croton lanuginosus*, *Cnaphalium thymarum* (Euphorbiaceae).



Figura 116: Gênero dominante *Rhynchospora* em topo de morro.

Ocorrem em áreas isoladas espécies bulbosas dos gêneros *Oxalis* (Oxalidaceae), *Hippeastrum*, *Ipheion* e *Haylockia* (Amaryllidaceae). O último gênero representado pela espécie *Haylockia pusilla* é encontrado com maior densidade, formando manchas amareladas de vários metros quadrados, principalmente na primavera.

Nas espécies arbustivas encontradas tem-se a *Baccharis*, *Eupatorium tweedianum*, *Radlkoferotoma cistifolium*, *Heterothalamus alienus* (Asteraceae), *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae), *Scoparia ericacea* (Scrophulariaceae) e *Croton dracunculoides* (Euphorbiaceae).

Nas áreas com solo quase inexistente são frequentes a *Sinningia macros tacha*, *Sinningia allagophylla* (Gesneriaceae), *Dyckia maritima* (Bromeliaceae), *Echinopsis oxygona*, *Parodia crassigibba*, *P. ottonis*, *P. scopa*, *P. neohorstii*, *Frailea* spp. (Cactaceae), *Tillandsia lorentziana* (Bromeliaceae), e eventualmente

Hippeastrum sp. (Amaryllidaceae). Segundo a lista de espécies ameaçadas de extinção no RS todas as espécies de *Parodia* e *Frailea* constam como ameaçadas (BAPTISTA e WAGNER, 1998).

Considerando-se as várias famílias, gêneros e espécies descritas acima, para Larocca (1998), Guadagnin *et al.* (1999) e Girardi-Deiro (1999), a região das Minas do Camaquã apresenta as principais plantas de interesse para conservação do RS. A família das cactáceas é a que possui o maior número de indivíduos endêmicos, como a *Parodia crassigibba*, *Parodia neoborstii* e *Petunia*. Elas estão preservadas apenas nos locais onde o gado não possui acesso, principalmente em topos de morro e cumes, ravinas e cavernas.

Cabe salientar que no levantamento foi observado que algumas espécies de gramíneas e arbustivas são endêmicas da própria área da SbHAJD. Isso porque, algumas espécies são observadas em poucas manchas isoladas na bacia. Em geral esses pontos não são superiores a 10 locais. Entre essas espécies destacam-se a *Dodonaea viscosa*, *Solanum mauritianum* e o gênero *Schizachyrium*. Para vários pesquisadores como Marchioretto e Siqueira (1998), Guadagnin *et al.* (1999) e Girardi-Deiro (1999) o endemismo de espécies é atribuído geralmente a fontes de sais minerais específicos, conseqüentemente a substratos litológicos e pedológicos diferentes.

10.1 Produção de Biomassa e Carbono

Os trabalhos que visam quantificar a produtividade de biomassa e, conseqüentemente, os estoques de carbono são conhecidos há algum tempo. As principais pesquisas referem-se à comparação de produção de biomassa e sequestro de carbono em diferentes tipologias vegetais. Nesta linha, destacam-se os trabalhos de Nair (1993), Young (1997), Gutmanis (2004) e Tonini e Schwengber (2006).

Os trabalhos voltados à quantificação de biomassa e a relação com o substrato mineral (solo e rocha), também não são novidade. Nesse sentido, são relevantes as pesquisas de Huxley (1999), Pandey (2003), Mshandete e Mgonja (2009) e Elisashvili e Kachlishvili (2009). Eles realizaram o levantamento e a relação

de componentes mineralógicos como Cádmio, Manganês, Zinco, Cobre e Ferro e a produção de biomassa e o potencial de acúmulo de carbono.

Na SbHAJD avaliou-se a produção de biomassa aérea anual e o estoque de carbono e sua relação com o substrato pedológico e geológico. A amostragem foi realizada na primavera dos anos de 2012 e 2013, empregando-se a metodologia da Embrapa (2002).

No campo foi constatado que a distribuição das espécies é homogênea, com exceção das espécies endêmicas e exóticas. Dessa maneira, as quantificações focaram apenas nas espécies com ampla distribuição e exóticas. Sendo estas últimas avaliadas, estatisticamente, em separado.

10.2 Biomassa Herbácea

A coleta de biomassa herbácea no ano de 2012 serviu como *background* de produção e quantificação (Tabela 8).

As amostras herbáceas coletadas nas áreas onde a cobertura arbórea é de espécies exóticas, principalmente de *Pinus elliottii*, o peso foi tão ínfimo que não pode ser detectado pelo equipamento, ou seja, 0 g/amostra. Nas áreas com espécies naturais o peso das amostras variou entre 1,298 e 12,718 g/amostra (Figura 117), onde os menores estoques foram encontrados nos pontos 8, 11 e 39. Nesses pontos predominam os gêneros *Paspalum* e *Briza*. Os maiores estoques corresponderam aos pontos 52, 53, 54 e 58 com os gêneros dominantes *Andropogon* e *Rhynchospora*.

Tabela 8: Coleta de Biomassa herbácea nos anos de 2012 e 2013.

PARCELA	COORD.	COORD.	HERB. 2012	HERB. 2013	CARB. 2012	CARB. 2013
UND	X	Y	g/amostra	g/amostra	g/amostra	g/amostra
1	263586	6581273	3,519	3,715	2,260	2,390
2	270537	6579275	2,929	3,095	1,341	1,451
3	270765	6581036	7,820	8,250	2,964	3,110
4	269299	6578755	0,000	0,000	0,000	0,000
5	266633	6579190	0,000	0,000	0,000	0,000
6	266465	6580789	4,489	4,740	1,578	1,666
7	267331	6582533	2,823	2,981	0,841	0,895
8	263579	6576689	1,763	1,901	1,252	1,300
9	263248	6574863	2,127	2,245	1,021	1,055
10	262672	6573310	1,485	1,540	0,890	0,935
11	263067	6572271	4,066	4,300	2,791	3,011
12	264443	6578464	5,117	5,401	3,128	3,311
13	271540	6577109	5,235	5,523	1,925	2,032
14	272937	6576368	3,567	3,760	1,871	1,975
15	274299	6576028	2,241	2,366	1,118	1,180
16	275024	6575673	3,887	4,100	1,374	1,459
17	270895	6575000	3,988	4,210	2,316	2,449
18	270238	6573414	3,541	3,730	1,372	1,481
19	269640	6571614	3,316	3,499	1,431	1,523
20	269440	6580853	4,023	4,277	1,450	1,458
21	276829	6587142	2,243	2,355	0,664	0,721
22	277394	6589372	5,387	5,652	2,110	2,234
23	278837	6590357	5,844	6,179	2,318	2,440
24	276657	6585197	5,630	5,950	2,099	2,205
25	266797	6586964	6,345	6,697	1,823	1,936
26	266019	6587018	1,877	2,014	0,964	1,055
27	266898	6588797	3,370	3,554	1,456	1,570
28	267638	6591075	3,575	3,779	1,907	2,080
29	266521	6592575	4,374	4,617	1,926	2,132
30	265675	6593218	4,532	4,798	1,904	2,170
31	262389	6592348	3,502	3,722	1,720	1,815
32	263089	6591400	2,502	2,691	1,791	1,891
33	261251	6590209	2,081	2,222	1,056	1,118
34	268973	6588791	4,618	4,876	1,595	1,681
35	270486	6587972	4,243	4,484	1,269	1,333
36	272784	6587810	5,230	5,541	1,875	1,999
37	271619	6589209	2,897	3,081	1,352	1,434
38	280474	6590915	3,134	3,309	1,270	1,340
39	280625	6592643	1,298	1,367	0,717	0,744
40	278743	6593621	5,977	6,841	1,837	1,930
41	276745	6593734	3,529	3,742	1,198	1,266
42	275361	6593735	4,050	4,333	1,390	1,460
43	273842	6593888	7,239	7,610	1,842	1,941
44	273230	6595108	4,041	4,211	1,924	2,030
45	268599	6595163	3,002	3,201	1,230	1,301
46	268834	6572620	5,739	6,045	1,932	2,038
47	271620	6574370	6,076	6,171	1,978	2,187
48	273456	6577018	7,444	7,914	2,984	3,677
49	272559	6579105	8,312	8,969	3,514	4,580
50	275005	6578302	8,691	9,276	3,112	4,022
51	272652	6579500	5,899	6,339	2,840	3,995
52	272305	6582552	12,718	14,010	5,348	6,030
53	270980	6582089	12,370	13,787	5,005	5,670
54	269622	6582948	11,440	12,055	4,874	5,543
55	267536	6582396	8,954	9,714	3,759	4,340
56	268809	6582036	8,120	8,611	3,514	4,001
57	270460	6587881	8,848	9,444	3,482	4,112
58	272512	6588357	11,805	12,540	4,737	5,640
59	274581	6591947	10,009	10,610	4,111	4,888
60	277045	6588085	9,495	10,814	3,096	4,011
61	263586	6581273	10,933	11,766	3,865	4,622
62	270537	6579275	8,694	9,241	2,941	4,040

Legenda: HERB. – Biomassa Herbácea / CARB. – Carbono Herbáceo.

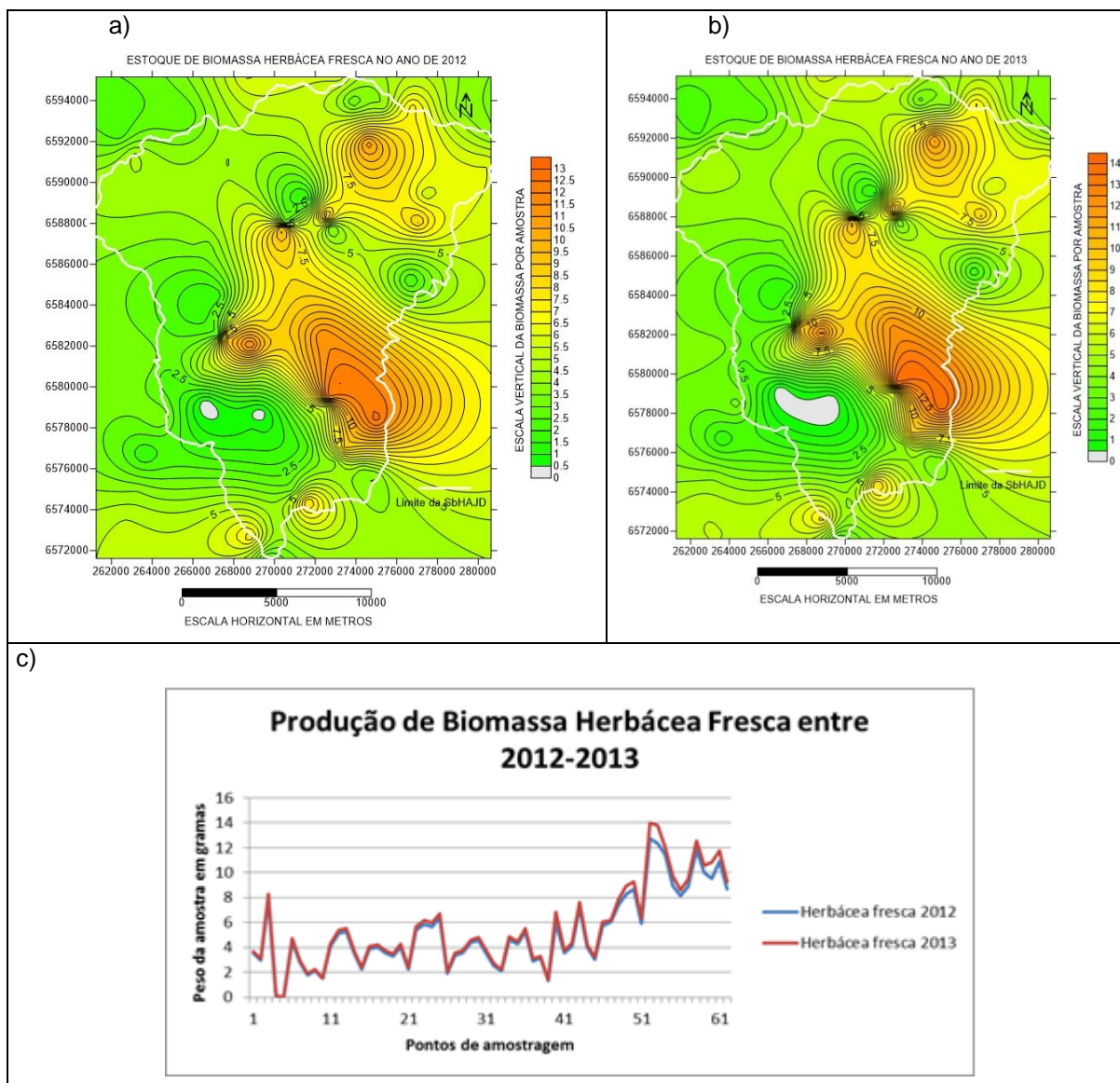


Figura 117: (a) Estoque de biomassa herbácea fresca no ano de 2012, (b) Estoque de biomassa herbácea fresca no ano de 2013, (c) Comparação da produção de biomassa herbácea fresca entre os anos de 2012 e 2013.

Em 2013, a amostragem herbácea foi repetida e, novamente, foram encontrados os mesmos pesos nas áreas de espécies arbóreas exóticas: peso de 0 g/amostra. Mesmo havendo a poda de galhos sendo possível uma maior incidência solar, o desenvolvimento das gramíneas nestas áreas foi inexpressivo e não pode ser detectado pelo equipamento. Nas áreas amostradas com espécies arbóreas naturais a amplitude do peso das gramíneas ficou entre 1,367 e 14,010 g/amostra (Figura 117), onde os menores pesos amostrais corresponderam aos pontos 8, 26, 33 e 39. Nessas áreas há o predomínio dos gêneros *Paspalum* e *Briza*. Por outro lado, os maiores pesos estão nos pontos 52, 53, 54 e 58, onde prevalecem os gêneros *Andropogon* e *Rhynchospora*.

As maiores taxas de crescimento da produção de biomassa herbácea fresca estão nos pontos 40, 53 e 60, onde os gêneros predominantes são o *Andropogon* e *Schizachyrium*. Para pesquisadores como Calegari (1995), algumas espécies de gramíneas têm suas taxas de crescimento diretamente atreladas à presença de Cálcio. Entre as espécies discutidas na literatura a mais citada é a *Schizachyrium* (BORKERT *et al.*, 2003).

As menores taxas de crescimento de biomassa fresca ficaram por conta dos pontos 10, 44 e 47, onde os gêneros mais expressivos são *Paspalum* e *Briza*. Estas espécies apresentam suas taxas de desenvolvimento atreladas à disponibilidade de Cálcio, Fósforo e Potássio (MALAVOLTA *et al.*, 1985; MACEDO, 1997)

Após a amostragem e pesagem em campo, as amostras foram secas a peso constante. De acordo com a metodologia da Embrapa (2002) será obtido o estoque de carbono da amostra. Diversos trabalhos como os de Spain e Salinas (1985), Calegari (1990, 1995), Huxley (1999) e Pandey (2003) salientam que o Fósforo e o Potássio são elementos constituintes da planta herbácea, os quais apresentam maior mobilidade e, depois do carbono, são os mais representativos no peso fresco. Com a secagem para a aquisição do peso específico, eles são logo reduzidos a ínfimas partes, mas ainda integralizados à parte de carbono residual, sendo desprezados na descrição, em função do seu peso irrelevante.

Com a pesagem, os teores de estoque de carbono em 2012 ficaram entre 0 a 5,348 g/amostra (Figura 118a), sendo que 0 foi o valor das amostragens feitas nas áreas cobertas com *Pinus elliottii*, conforme dito anteriormente. Nas áreas sem a cobertura de espécies exóticas o menor peso da amostra foi de 664g e a perda de massa (diferença entre o peso fresco e o seco) variou de 28,42% a 74,55%, com uma média simples de 57,12%. As amostras que apresentaram maior diferença entre o peso fresco e seco foram as dos pontos 7, 21, 35 e 41, onde os gêneros dominantes são a *Paspalum* e a *Rhynchospora*. A menor amplitude entre os pesos fresco e seco foi nos pontos de coleta 1, 8, 11 e 32, em que os gêneros dominantes são *Andropogon* e *Setaria*.

No ano de 2013 o estoque de carbono foi similar ao do ano de 2012, onde os pesos das amostras válidas (desconsiderando as áreas com espécies exóticas) ficaram entre 0,721 e 6,03 g (Figura 118c). A perda de massa após a secagem ficou entre 29,73% e 74,49%, com média de 55,66%. As amostras de 2013 que apresentaram a maior diferença ente o peso fresco e seco foram as dos pontos 7,

21, 35 e 46, onde os gêneros dominantes são *Paspalum* e a *Rhynchospora*. As que apresentaram a menor diferença foram as dos pontos 1, 8, 11, 32 e 51, com os gêneros *Andropogon* e *Setaria*.

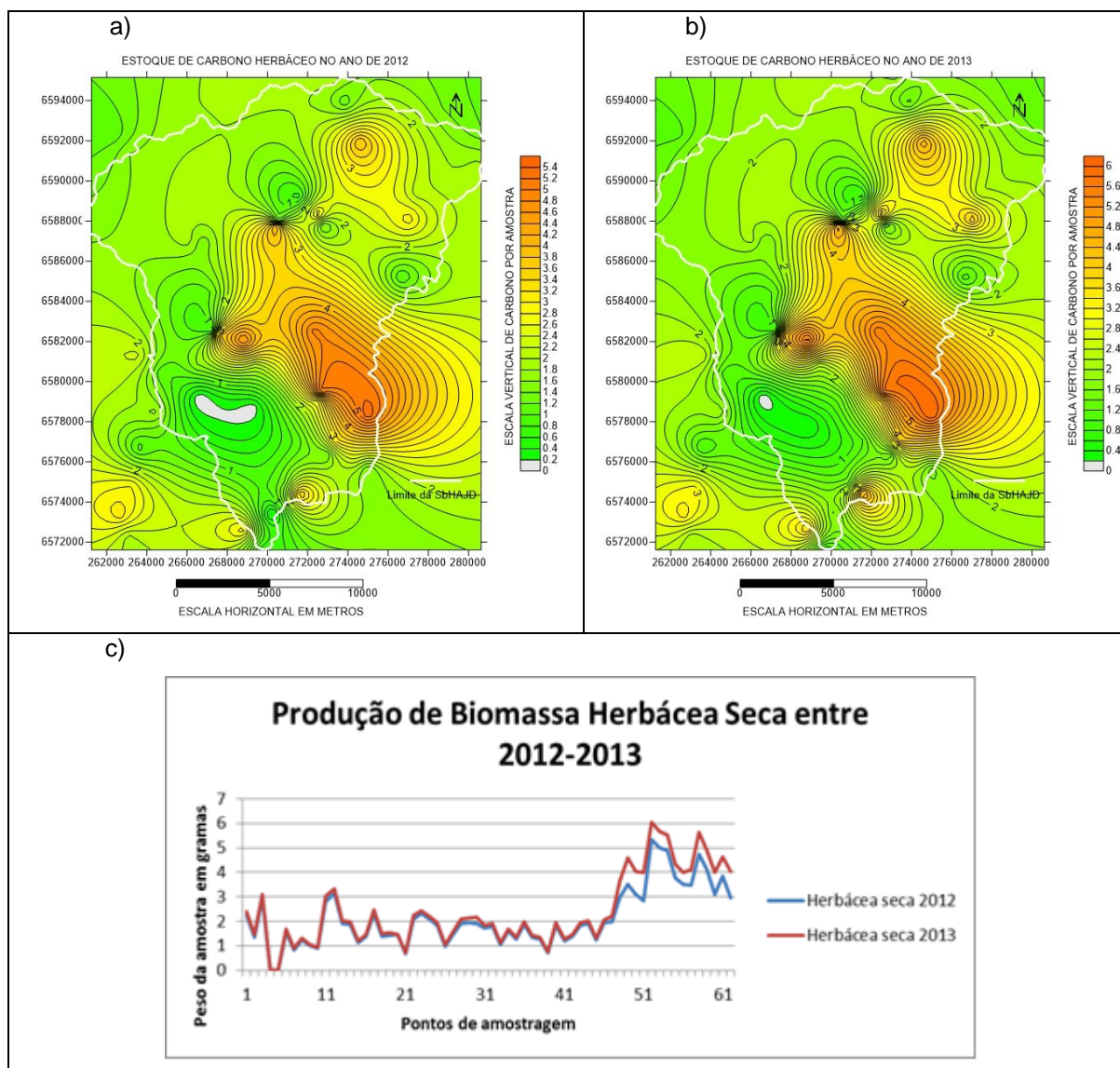


Figura 118: (a) Estoque de biomassa herbácea seca no ano de 2012, (b) Estoque de biomassa herbácea seca no ano de 2013, (c) Comparação da produção de biomassa herbácea fresca entre os anos de 2012 e 2013.

O estoque de carbono herbáceo entre os anos de 2012 e 2013 teve um crescimento médio de 9,92%, com o menor índice em 3,33% e o maior em 40,67% (Figura 119). Os pontos de amostragem que apresentaram a maior produção de carbono herbáceo foram os pontos 49, 50, 51, 60 e 62, sendo os gêneros *Andropogon* e *Fimbristylis* dominantes. As amostras com o menor crescimento nos estoques de carbono são as dos pontos 8, 9, 20 e 39, com os gêneros *Paspalum* e *Briza*.

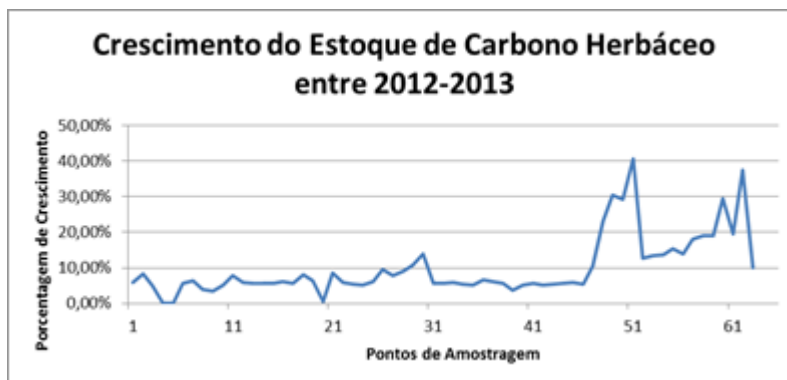


Figura 119: Crescimento do estoque de carbono herbáceo entre os anos de 2012 e 2013

10.3 Biomassa Arbórea

A biomassa arbórea foi amostrada e quantificada através do levantamento do DAP (em CM) e a densidade de madeira. Concomitantemente, foi realizada a amostragem da biomassa herbácea (Tabela 9). Cabe destacar a discrepância entre a produção de biomassa arbórea de espécies nativas e a de exóticas. As espécies nativas foram mencionadas anteriormente e em relação às exóticas foi avaliada apenas a espécie *Pinus elliottii* (encontraram-se pequenas áreas de eucalipto).

Assim como na amostragem herbácea, as medições no ano de 2012 serviram de *background*, balizando as quantificações e viabilizando a produção de biomassa e carbono anual.

Tabela 9: Amostragem de biomassa arbórea.

PARCELA	COORD.	COORD.	DAP 2012	DENSIDADE 2012	DAP 2013	DENSIDADE 2013
UND	X	Y	cm	0,40-0,80	cm	0,40-0,80
1	263586	6581273	5,50	0,40	5,62	0,40
2	270537	6579275	14,50	0,40	15,00	0,40
3	270765	6581036	15,00	0,40	15,25	0,40
4	269299	6578755	67,00	0,80	68,00	0,80
5	266633	6579190	76,00	0,80	78,00	0,80
6	266465	6580789	0,00	0,00	0,00	0,00
7	267331	6582533	0,00	0,00	0,00	0,00
8	263579	6576689	14,00	0,40	15,25	0,40
9	263248	6574863	6,00	0,40	6,00	0,40
10	262672	6573310	5,00	0,40	5,00	0,40
11	263067	6572271	20,00	0,60	20,25	0,60
12	264443	6578464	3,75	0,40	3,50	0,40
13	271540	6577109	0,00	0,00	0,00	0,00
14	272937	6576368	19,75	0,40	20,25	0,40
15	274299	6576028	17,00	0,40	17,50	0,40
16	275024	6575673	11,50	0,40	11,75	0,40
17	270895	6575000	9,00	0,40	9,00	0,40
18	270238	6573414	13,25	0,40	13,50	0,40
19	269640	6571614	4,25	0,40	4,50	0,40
20	269440	6580853	4,75	0,40	5,00	0,40
21	276829	6587142	6,00	0,40	6,25	0,40
22	277394	6589372	0,00	0,00	0,00	0,00
23	278837	6590357	5,25	0,40	5,25	0,40
24	276657	6585197	0,00	0,00	0,00	0,00
25	266797	6586964	11,25	0,40	11,75	0,40
26	266019	6587018	4,25	0,40	4,50	0,40
27	266898	6588797	4,50	0,40	4,50	0,40
28	267638	6591075	3,60	0,40	3,50	0,40
29	266521	6592575	2,00	0,40	2,25	0,40
30	265675	6593218	2,00	0,40	2,00	0,40
31	262389	6592348	3,00	0,40	3,00	0,40
32	263089	6591400	1,25	0,40	1,25	0,40
33	261251	6590209	0,00	0,00	0,00	0,00
34	268973	6588791	0,00	0,00	0,00	0,00
35	270486	6587972	0,00	0,00	0,00	0,00
36	272784	6587810	3,00	0,40	3,00	0,40
37	271619	6589209	2,50	0,40	2,75	0,40
38	280474	6590915	1,50	0,40	1,50	0,40
39	280625	6592643	1,25	0,40	1,25	0,40
40	278743	6593621	19,00	0,40	19,50	0,40
41	276745	6593734	5,25	0,40	5,50	0,40
42	275361	6593735	7,30	0,40	7,50	0,40
43	273842	6593888	5,50	0,40	5,50	0,40
44	273230	6595108	9,25	0,40	9,50	0,40
45	268599	6595163	15,00	0,40	15,50	0,40
46	268834	6572620	7,00	0,40	7,00	0,40
47	271620	6574370	12,00	0,40	12,25	0,40
48	273456	6577018	25,50	0,60	26,50	0,60
49	272559	6579105	28,25	0,60	29,75	0,60
50	275005	6578302	0,00	0,00	0,00	0,00
51	272652	6579500	19,75	0,40	22,00	0,40
52	272305	6582552	24,25	0,60	25,50	0,60
53	270980	6582089	20,75	0,40	22,25	0,40
54	269622	6582948	27,75	0,60	29,50	0,60
55	267536	6582396	18,00	0,40	19,50	0,40
56	268809	6582036	20,50	0,40	22,25	0,40
57	270460	6587881	0,00	0,00	0,00	0,00
58	272512	6588357	0,00	0,00	0,00	0,00
59	274581	6591947	22,00	0,60	23,75	0,60
60	277045	6588085	25,50	0,60	26,50	0,60
61	263586	6581273	0,00	0,00	0,00	0,00
62	270537	6579275	18,00	0,60	19,50	0,60

Legenda: DAP – Diâmetro a Altura do Peito.

a) Densidade da Madeira

A primeira etapa da avaliação da biomassa arbustiva é a do levantamento da densidade da madeira de cada espécie em cada ponto amostral. Com isto, pode ser constatado que a maioria das amostras (Figura 120) apresenta espécies com densidade 0,4 em uma escala, segundo Embrapa (2002), que vai de 0,4 a 0,8. Do total dos 62 pontos amostrados, 12 não apresentaram espécies arbóreas, 40 se enquadraram na classe 0,4, 8 na classe 0,6 e 2 na classe 0,8.

Na classe de densidade 0,4 os gêneros mais representativos são *Scutia*, *Lithraea*, *Guettarda*, *Myrsine* e *Pauteria*. Na classe 0,6 os gêneros dominantes são *Luebea*, *Ocotea* e *Salix*. Por fim, na classe 0,8 foi avaliado apenas o gênero *Pinus*.

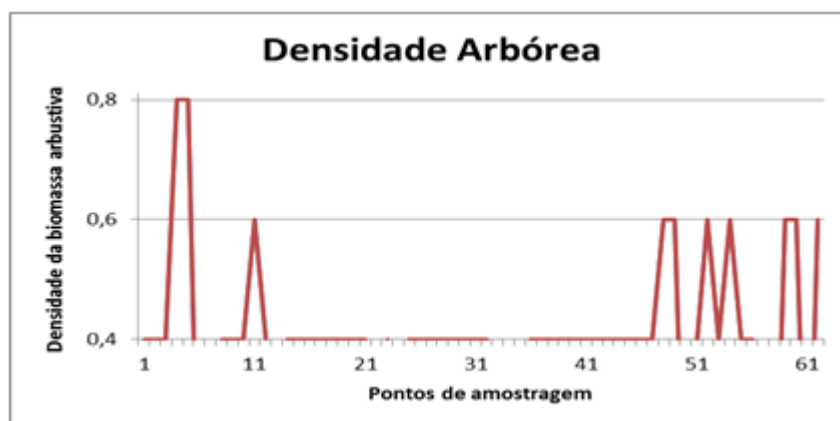


Figura 120: Densidade arbóreas nos pontos amostrados.

b) Diâmetro a Altura do Peito

Na SbHAJD a medição do DAP representou uma dificuldade maior, pois parte significativa da biomassa arbustiva apresenta estatura mediana a baixa, com espécies com tendências radiculares radiais e caule curto, além de vasta ramificação em galhos, semelhante ao padrão do Escudo Sul-Rio-Grandense (GIRARDI-DEIRO, 1999).

No ano de 2012 o levantamento da DAP também serviu como *background*. Novamente a espécie exótica *Pinus elliottii* carece de análise particular. Por apresentar taxas de desenvolvimento muito superiores a das espécies nativas da SbHAJD, gerando assim uma discrepância.

Os pontos plantados com *Pinus elliottii* apresentaram um DAP no ano de 2012 com variação entre 67 centímetros no ponto 4 a 76 centímetros no ponto 5. Já, no ano de 2013 a medição apresentou 68 cm para o ponto 4 e 78 cm para o ponto 5 (Figura 121).

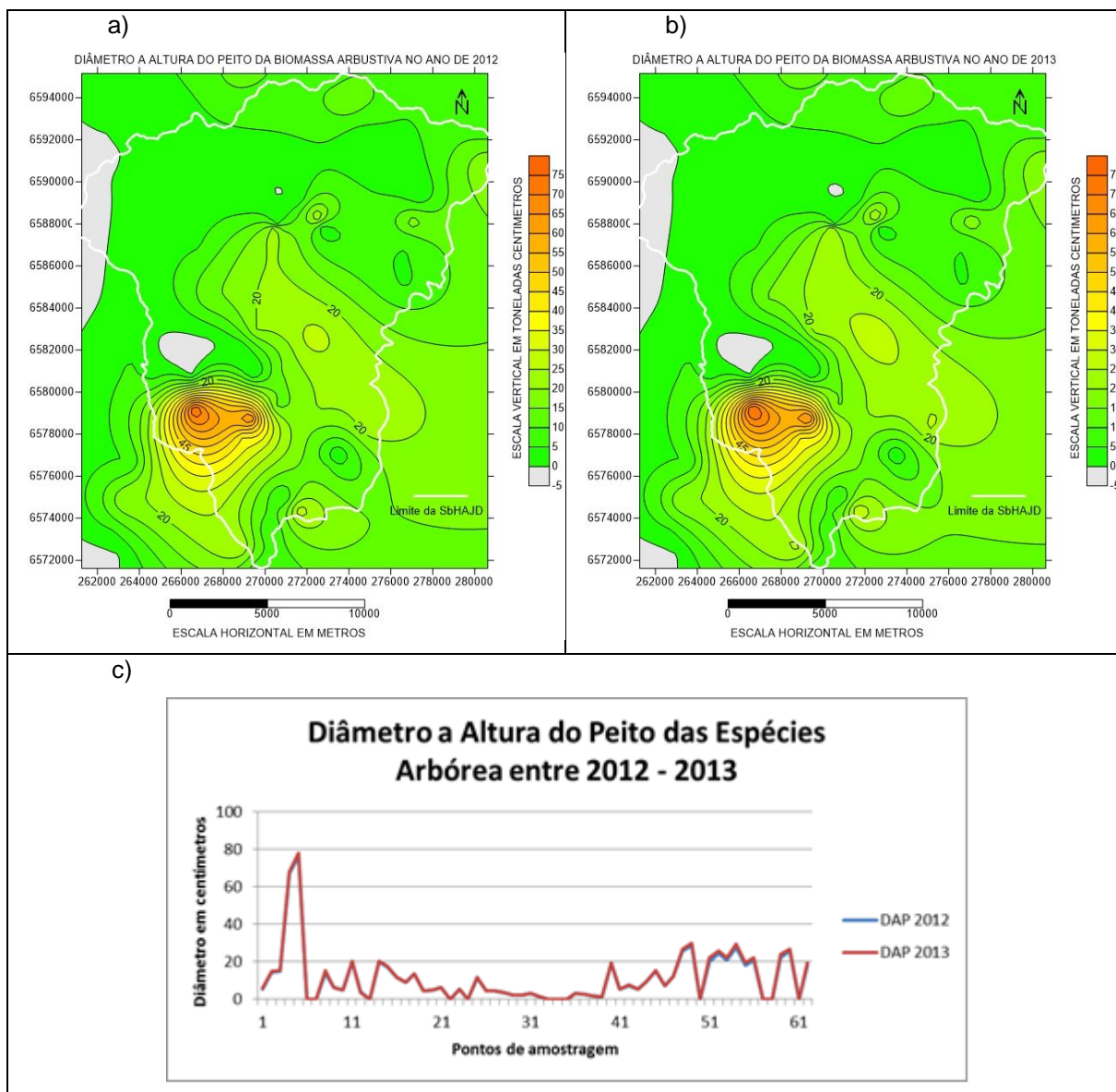


Figura 121: (A) Diâmetro da biomassa arbustiva no ano de 2012, (B) Diâmetro da biomassa arbustiva no ano de 2013, (C) Comparação do diâmetro das espécies arbustivas entre os anos de 2012 e 2013.

Para a vegetação arbórea nativa, nas amostras válidas, os DAP no ano de 2012 variaram entre 2,5 cm e 28,25 cm. Os pontos com os menores diâmetros foram os 31, 36 e 37, enquanto os de maiores diâmetros foram os pontos 49, 54 e 60.

No ano de 2013 os diâmetros variaram de 2,75 cm a 29,75 cm. Os menores diâmetros foram encontrados, novamente, nos pontos 31, 36 e 37, sendo que nos dois primeiros, os valores permaneceram inalterados e no terceiro o ganho foi de 1,25%. Os maiores diâmetros também foram encontrados nos mesmos pontos sendo eles os 49, 54 e 60, com ganhos variando entre 10,01% a 12,50%. O aumento de diâmetro médio nos pontos amostrais válidos foi de 4,94%.

Os gêneros amostrados com os menores diâmetros e com os menores ganhos são a *Calliandra*, *Pauteria*, *Guettarda* e *Berberis*. Os de maiores diâmetros e ganhos são a *Lithraea*, *Schinus* e *Luebea*. Esta última foi a que apresentou o maior diâmetro, porém três vezes menor que o da espécie exótica *Pinus elliottii*.

c) Produção de Biomassa e Carbono Arbóreo

A produção da biomassa arbórea anual foi obtida através da diferença de produção de biomassa dos anos de 2012 e 2013, multiplicados pelas constantes. As espécies exóticas foram avaliadas separadamente, tendo em vista que suas taxas de produção são muito superiores às da vegetação nativa. No ano de 2012 os pontos 4 e 5, ambos povoados com *Pinus elliottii* apresentaram valores discrepantes, mesmo os dois locais tendo plantas com idades próximas. Segundo Guadagnin *et al.* (1999) essa diferença de produção é causada por diferentes potenciais químicos presentes no substrato pedológico.

O ponto 4 apresentou um estoque de biomassa arbórea de 3.948,307 t/ha e o ponto 5 acumulava 5.431,254 t/ha (Figura 122a). Já o estoque de carbono arbóreo foi calculado multiplicando a constante 0,45 pelo valor da biomassa arbórea. Segundo Embrapa (2002) essa fórmula é a melhor aproximação entre a massa vegetal fresca e o carbono estocado. Sendo assim o estoque de carbono no ano de 2012 no ponto 4 ficou em 1.776,738 t/ha e no ponto 5 correspondeu a um total de 2.444,064 toneladas de carbono de origem arbórea por hectare.

Em 2013 o ponto 4 apresentou um estoque de 4.099,107 t/ha e 1.844,598 t/ha de carbono arbóreo (Figura 122b). Com isso houve um acréscimo de 3,82% na biomassa e no carbono estocado. No ponto 5 a quantidade de biomassa determinada foi de 5.800,174 t/ha e de 2.610,078 t/ha de estoque de carbono, obtendo-se um crescimento de 6,79% em ambos pesos.

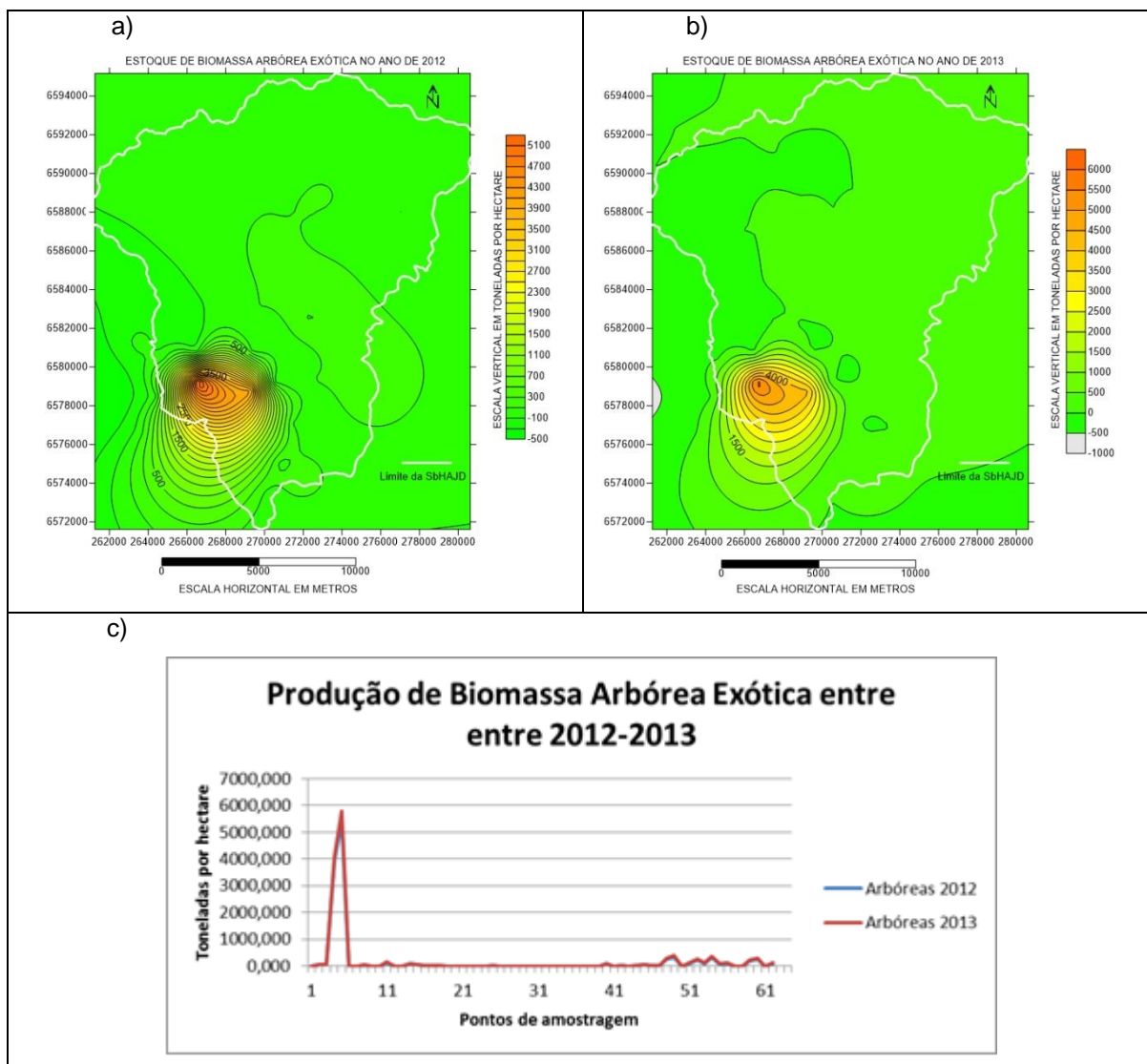


Figura 122: (a) Estoque de biomassa arbórea exótica no ano de 2012; (b) Estoque de biomassa arbórea exótica no ano de 2013; (c) Comparação entre o estoque de biomassa arbórea exótica entre 2012 e 2013 (permanece os valores de biomassa nativa para efeito comparativo).

Para as espécies arbóreas nativas as taxas de produção de biomassa arbórea nativa são bem inferiores às das espécies exóticas. Em 2012, os menores valores foram as amostras dos pontos 32, 38 e 39, com um estoque de biomassa arbórea próximo a 0,083 t/ha (Figura 123a) e de carbono arbóreo de 0,037 t/ha, sendo o gênero mais representativo a *Calliandra*. As amostras com os maiores valores de biomassa arbórea nativa foram encontradas onde os gêneros dominantes são a *Luebea* e *Ocotea*. Os estoques de carbono arbóreo dos pontos 48, 49, 54 e 60 chegaram a 333,104 t/ha e de carbono arbóreo de 149,897 t/ha.

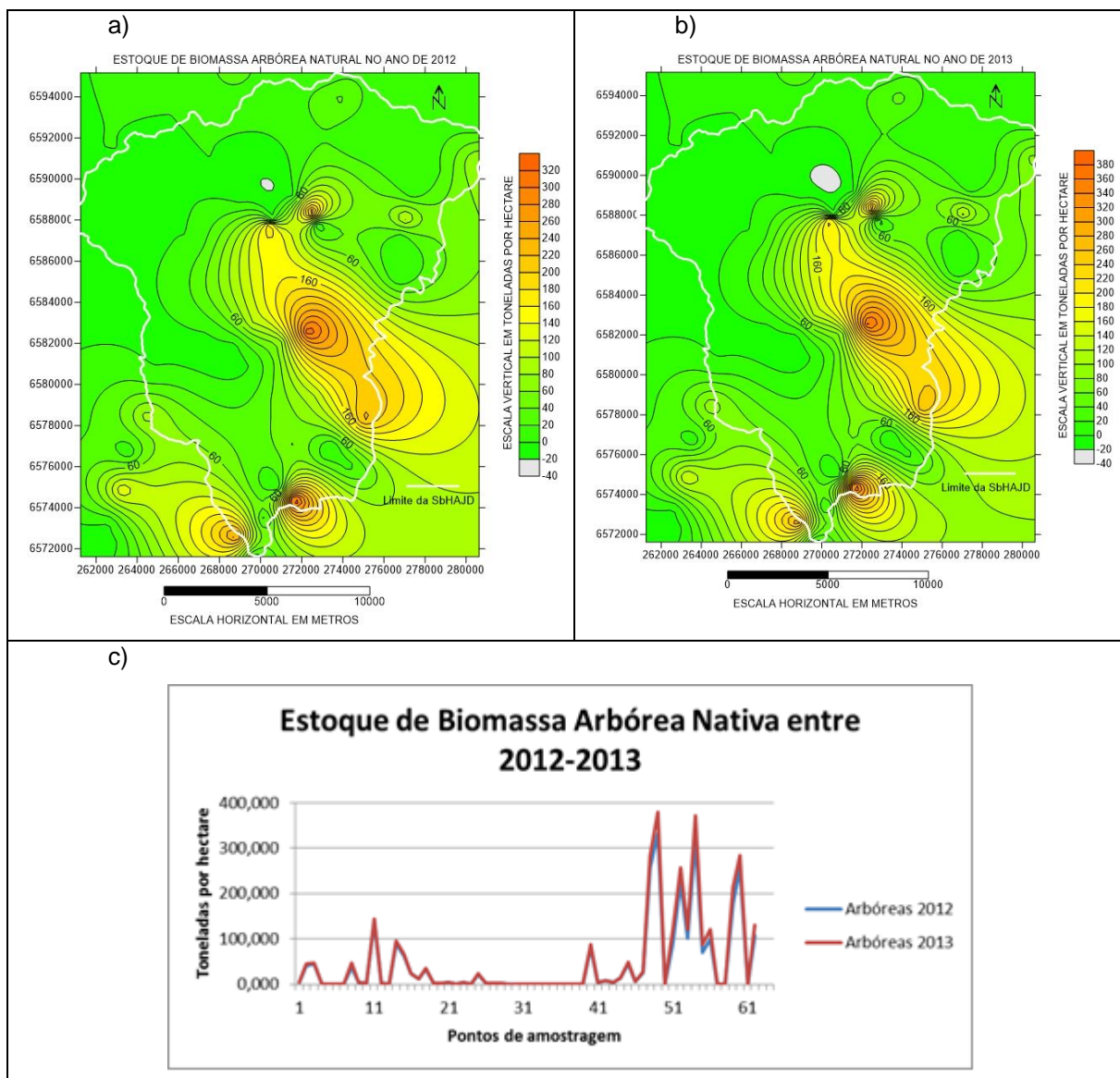


Figura 123: (a) Estoque de biomassa arbórea nativa no ano de 2012; (b) Estoque de biomassa arbórea nativa no ano de 2013; (c) Comparação entre o estoque de biomassa arbórea nativa entre 2012 e 2013.

No ano de 2013 a medição foi novamente realizada e as amostragens apresentaram valores semelhantes aos do ano anterior. Os menores valores nas amostragens foram encontradas nos pontos 32, 38 e 39, com um estoque de biomassa arbórea nativa próximo a 0,083 t/ha (Figura 123b) e de carbono arbóreo nativo de 0,037 t/ha. Esses valores são idênticos aos do ano anterior, visto que o gênero mais representativo, a *Calliandra*, encontra-se no estágio de máximo desenvolvimento. As amostras com os maiores estoques de biomassa arbórea nativa foram encontradas onde os gêneros dominantes são a *Luebea* e *Ocotea*, sendo os pontos 48, 49, 54 e 60 com as maiores amostras, chegando a 379,686 t/ha e de carbono arbóreo de 170,859 t/ha.

Entre os anos de 2012 e 2013, as taxas de estoque de biomassa arbórea nativa foram tanto positivas quanto negativas (Figura 124). As negativas referem-se à vegetação em senescência, principalmente nos pontos 12 com menos 16,02% e no ponto 28 com menos 6,88%, ambos com a presença dominante do gênero *Pouteria* e *Guettarda*.

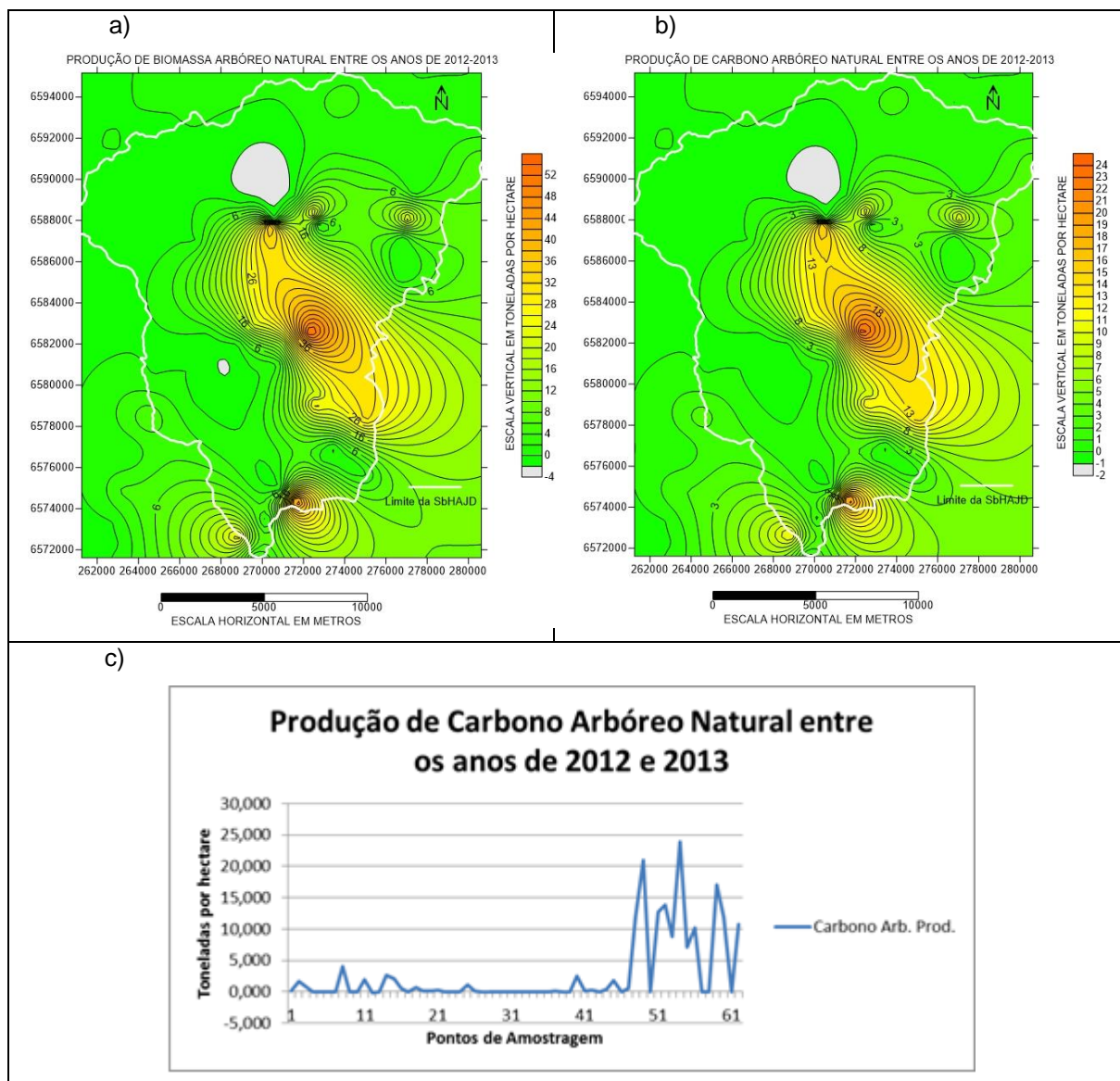


Figura 124: (a) Produção de carbono arbóreo nativo entre os anos de 2012 e 2013; (b) Produção de carbono arbóreo nativo entre os anos de 2012 e 2013; (c) Gráfico da produção do carbono arbóreo nativo entre 2012 e 2013.

As maiores taxas de crescimento no estoque de biomassa arbórea nativa e, conseqüentemente, de carbono arbóreo nativo foram encontradas nos pontos 29, 37 e 51, com taxas próximas a 30%, chegando a 31,38%. Também merecem destaque

as taxas de crescimento dos pontos 55, 56 e 62, ficando acima de 20%. Os principais gêneros, em ambos os pontos, são *Salix*, *Ruprechtia* e *Luebea*.

A média simples das taxas de crescimento dos estoques de biomassa arbórea nativa e de carbono arbóreo nativo alcançou 13,23%. Valor um pouco abaixo de trabalhos realizados em outros locais com gêneros semelhantes como os de Woerns (1976), Sysuev (1986), Serikov (2003) e Mshandete e Mgonja (2009).

10.4 Paisagens Geoquímicas do Nível Superior

As Paisagens Geoquímicas do Nível superior são classificadas segundo a metodologia de Perelman (1975) e Perelman e Kasimov (1999) em três táxons, onde há Grupos, Tipos e Famílias. Os Grupos referem-se à razão algébrica entre o estoque de biomassa e a produtividade da mesma em um interstício anual. Os Tipos são determinados pela constante de produtividade de biomassa anual. Já as Famílias são uma subclassificação dos Tipos, através da produção de biomassa por hectare, ou seja, um refinamento da classificação através do estreitamento dos limiares da classificação, em agrupamentos de valores próximos, onde a nomenclatura obedece a classificação científica.

Com base na Tabela 10 foi calculado o estoque de biomassa herbácea no ano de 2012 e 2013, assim como a produção vegetal neste intervalo anual. O procedimento foi repetido para a biomassa arbórea para os dois anos. De posse destes dados foi calculada a razão entre o estoque de biomassa total (herbácea mais arbórea) e a produtividade anual, conforme a figura 125.

Tabela 10: Resultados das amostragens de biomassa herbácea, arbórea e produção anual para os anos de 2012 e 2013.

Parcela	HERB. 2012	HERB. 2013	PROD. HERB.	ARB. 2012	ARB. 2013	PROD. ARB.	BIOM. TOTAL	P=B
1	0,161	0,161	0,000	3,536	3,735	0,198	3,895	0,09
2	0,114	0,117	0,003	41,084	44,763	3,679	44,881	0,08
3	0,095	0,094	-0,001	44,763	46,675	1,912	46,769	0,04
4	0,000	0,000	0,000	3948,307	4099,107	150,800	4099,107	0,04
5	0,000	0,000	0,000	5431,254	5800,174	368,921	5800,174	0,06
6	0,088	0,088	0,000	0,000	0,000	0,000	0,088	0,50
7	0,074	0,075	0,001	0,000	0,000	0,000	0,075	0,51
8	0,178	0,171	-0,007	37,594	46,675	9,081	46,846	0,20
9	0,120	0,117	-0,003	4,407	4,407	0,000	4,524	0,02
10	0,150	0,152	0,002	2,778	2,778	0,000	2,930	0,05
11	0,172	0,175	0,003	139,030	143,469	4,439	143,644	0,03
12	0,153	0,153	0,000	1,342	1,127	-0,215	1,280	0,00
13	0,092	0,092	0,000	0,000	0,000	0,000	0,092	0,50
14	0,131	0,131	0,000	89,783	95,646	5,863	95,777	0,06
15	0,125	0,125	0,000	61,439	66,115	4,675	66,239	0,07
16	0,088	0,089	0,001	22,855	24,133	1,278	24,222	0,06
17	0,145	0,145	0,000	12,293	12,293	0,000	12,438	0,01
18	0,097	0,099	0,002	32,705	34,289	1,584	34,388	0,05
19	0,108	0,109	0,001	1,842	2,128	0,287	2,237	0,17
20	0,085	0,085	0,000	2,440	2,778	0,338	2,864	0,14
21	0,074	0,077	0,003	4,407	4,886	0,479	4,963	0,11
22	0,098	0,099	0,001	0,000	0,000	0,000	0,099	0,51
23	0,099	0,099	0,000	3,144	3,144	0,000	3,242	0,03
24	0,093	0,093	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,093	0,50
25	0,072	0,072	0,000	21,619	24,133	2,514	24,205	0,11
26	0,128	0,131	0,003	1,842	2,128	0,287	2,259	0,18
27	0,108	0,110	0,002	2,128	2,128	0,000	2,239	0,05
28	0,133	0,138	0,004	1,210	1,127	-0,083	1,265	0,04
29	0,110	0,115	0,005	0,274	0,368	0,095	0,484	0,36
30	0,105	0,113	0,008	0,274	0,274	0,000	0,387	0,25
31	0,123	0,122	-0,001	0,763	0,763	0,000	0,885	0,12
32	0,179	0,176	-0,003	0,083	0,083	0,000	0,259	0,39
33	0,127	0,126	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,126	0,49
34	0,086	0,086	0,000	0,000	0,000	0,000	0,086	0,50
35	0,075	0,074	0,000	0,000	0,000	0,000	0,074	0,50
36	0,090	0,090	0,001	0,763	0,763	0,000	0,853	0,10
37	0,117	0,116	0,000	0,481	0,612	0,131	0,729	0,29
38	0,101	0,101	0,000	0,132	0,132	0,000	0,233	0,30
39	0,138	0,136	-0,002	0,083	0,083	0,000	0,219	0,37
40	0,077	0,071	-0,006	81,406	86,936	5,530	87,006	0,06
41	0,085	0,085	0,000	3,144	3,536	0,393	3,621	0,13
42	0,086	0,084	-0,002	7,238	7,750	0,512	7,835	0,08
43	0,064	0,064	0,000	3,536	3,536	0,000	3,600	0,02
44	0,119	0,121	0,001	13,175	14,095	0,920	14,215	0,07
45	0,102	0,102	-0,001	44,763	48,635	3,872	48,737	0,08
46	0,084	0,084	0,000	6,509	6,509	0,000	6,593	0,01
47	0,081	0,089	0,007	25,453	26,816	1,363	26,905	0,05
48	0,100	0,116	0,016	257,069	283,345	26,276	283,461	0,09
49	0,106	0,128	0,022	333,104	379,686	46,583	379,814	0,12
50	0,090	0,108	0,019	0,000	0,000	0,000	0,108	0,64
51	0,120	0,158	0,037	89,783	117,962	28,178	118,119	0,24
52	0,105	0,108	0,002	226,372	257,069	30,696	257,177	0,12
53	0,101	0,103	0,002	101,734	121,383	19,648	121,485	0,16
54	0,107	0,115	0,008	318,389	371,666	53,277	371,781	0,14
55	0,105	0,112	0,007	70,999	86,936	15,937	87,048	0,18
56	0,108	0,116	0,008	98,662	121,383	22,721	121,499	0,19
57	0,098	0,109	0,010	0,000	0,000	0,000	0,109	0,58
58	0,100	0,112	0,012	0,000	0,000	0,000	0,112	0,59
59	0,103	0,115	0,012	176,943	214,749	37,807	214,865	0,18
60	0,082	0,093	0,011	257,069	283,345	26,276	283,437	0,09
61	0,088	0,098	0,010	0,000	0,000	0,000	0,098	0,58
62	0,085	0,109	0,025	106,498	130,404	23,906	130,513	0,18

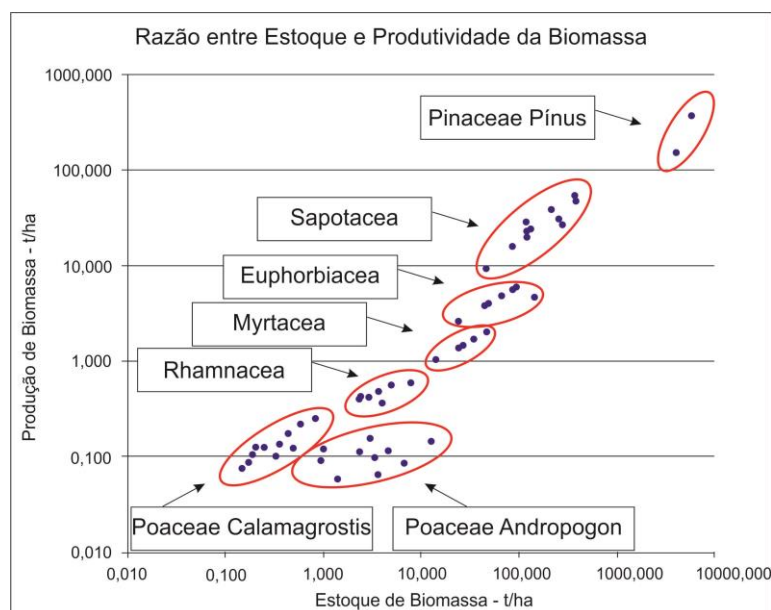


Figura 125: Razão entre estoque e produtividade da biomassa total da SbHAJD.

Com base na figura 125 observa-se a existência de 7 agrupamentos de resultados, classificados de acordo com a razão entre a biomassa vegetal estocada total no ano de 2013 e a produção de biomassa vegetal entre os anos 2012 e 2013. A partir destes resultados e com base em Perelman (1975) *apud* Mirlean *et al.* (2006) classificaram-se as Paisagens Geoquímicas do Nível Superior em seus três táxons: Grupos, Tipos e Famílias (Tabela 11).

Tabela 11: Taxonomia das Paisagens Geoquímicas do Nível Superior da SbHAJD.

Paisagens Geoquímicas do Nível Superior			
Táxon	Grupo	Tipo	Família
Superior	Floresta	Galeria	Euphorbiaceae
			Sapotaceae
		Estacional Semidecidual	Rhamnaceae
			Myrtaceae
		Plantada	Pinaceae Pínus
	Savana	Estépica	Poaceae Andropogon
			Poaceae Calamagrostis

a) Grupos

Conforme Perelman e Kasimov (1999) e Mirlean *et al.* (2006), os Grupos são classificados segundo a razão entre o estoque e a produção de biomassa vegetal

anual. Observando a figura 125, pode-se constatar que existem 7 agrupamentos de amostras onde em 5 destes, houve um crescimento entre a razão da produção e do estoque de biomassa. Essa tendência é comum em florestas do mundo todo, iniciando com as espécies arbustivas e chegando as grandes árvores (PERELMAN e KASIMOV, 1999). Com base nesta teoria e com as amostragens destes autores em várias partes do planeta, estes cinco intervalos foram enquadrados no Grupo das Florestas.

No Grupo das Florestas, Perelman e Kasimov (1999) determinaram a razão entre produção e estoque de biomassa ($P=B$) entre 0,46 e 0,68, sendo que na área deste estudo os valores ficaram entre 0,49 e 0,64 com média aritmética de 0,53 entre os pontos. Cabe destacar que os dois maiores índices foram encontrados nas áreas ocupadas com *Pinus elliottii*, onde os valores situaram-se próximos aos máximos dos encontrados por Mshandete e Mgonja (2009) em florestas de coníferas na Europa.

Os demais valores encontrados referem-se ao restante das espécies arbóreas naturais da área de estudo, ficando no intervalo de $P=B$ entre 0,49 e 0,59. Os principais gêneros representantes foram a *Sebastiania*, *Chrysophyllum*, *Myrcia* e *Tenella*.

Perelman e Kasimov (1999) ao classificar as Savanas, demonstraram que elas apresentam grande amplitude entre a razão de $P=B$, onde os valores para as Savanas Tropicais ou subtropicais clássicas como a do Serengetti na África atingem valores entre 0,68 e 1,0. As savanas também podem apresentar baixo valor de $P=B$, quando existem oscilações bruscas entre as diferentes estações do ano.

Segundo Perelman (1975), este fenômeno de alternância da produção é causado pelas amplitudes dos intervalos, principalmente da temperatura, em determinadas estações do ano. Isto leva a senescência e não a senilidade da vegetação, pois a vegetação perde vigor fisiológico durante os períodos de frio e recuperando-o durante as estações quentes e/ou com condições propícias ao desenvolvimento.

Desse modo, o fator climático pode mudar, modificar uma tipologia vegetal que tem por padrão a média produção e estoque de biomassa, para uma baixa produção e estoque. Isso ocorre porque ela perde vigor físico em determinada estação do ano. Girardi-Deiro (1999) salienta essa situação e explica que trata-se de um fenômeno comum no pampa gaúcho.

Portanto, os dois agrupamentos de amostras restantes foram enquadrados em uma tipologia de savana que apresenta senescência em determinada estação do ano e recupera o seu vigor fisiológico no restante do ano. Esse cenário leva a uma média produtividade e estoque, com valores de P=B mínimos próximos a 0,10 e máximos a 0,37, com média simples de 0,21 pontos. As gramíneas dominantes são do gênero *Andropogon*, *Calamagrostis*. As arbóreas entremeadas dominantes são do gênero *Salix*.

b) Tipos

O próximo táxon são os Tipos, sendo classificados segundo a produtividade de biomassa em toneladas por ano (MIRLEAN *et al.*, 2006). Perelman e Kasimov (1999) salientam que a produção da biomassa apresenta estreita relação com umidade e insolação através da influência climática. Como a área de estudo apresenta um comportamento climático homogêneo, pois sua área é de apenas 308 km², a mensuração da influência dos fatores temperatura, precipitação, radiação solar, umidade relativa do ar e insolação é complicada e imprecisa.

Pesquisadores como Kasimov (1980) e Glazovskaya (2002) ao realizarem pesquisas em escalas inferiores a 1:100.000 salientam a dificuldade de classificar os tipos através da influência climática. Estes autores relacionam a produtividade com a umidade disponível no solo, principalmente a proximidade da vegetação com as drenagens, barragens, açudes e lagos.

Baseado nas considerações de Kasimov (1980) e Glazovskaya (2002) as florestas foram relacionadas com as drenagens gerando assim as seguintes classes dos tipos: Floresta de Galeria, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Plantada e Savana Estépica.

A Floresta Plantada é a que apresenta a maior produção de biomassa vegetal, entre 200 e 600 t/ha. Predomina a espécie *Pinus Elliottii*, e praticamente não existe o crescimento de vegetação pioneira ou ela é incipiente. Elas concentram-se próximas à Vila das Minas do Camaquã e da CBC, recobrando principalmente antigos depósitos de rejeito.

A Floresta de Galeria está situada às margens das drenagens mais importantes, principalmente do arroio João Dias e Marmeleiro. Apresenta uma produção entre 4,5 e 82,0 toneladas ano, sendo as principais espécies das famílias Sapotaceae e Euphorbiaceae.

A Floresta Estacional Semidecidual apresenta como característica ser uma mata de transição entre as áreas úmidas, como as regiões costeiras e o ambiente semiárido. A partir disso, Girardi-Deiro (1999) denomina esse tipo de floresta de “mata seca”. Na área de estudo ela ocupa os setores com solos pobres e com menor disponibilidade hídrica. Apresenta uma produtividade que variou entre 0,4 e 4 t/ha ano. As principais espécies são das famílias Myrtaceae e Rhamnaceae.

Por fim, do Grupo Savana tem-se o Tipo Savana Estépica, que é caracterizado pela dupla estacionalidade (GLAZOVSKAYA, 2002). Atribui-se esse aspecto pela produção irregular de biomassa causada pela incidência de períodos frios, os quais diminuem o vigor vegetal levando até a valores negativos nas taxas de desenvolvimento. Segundo Girardi-Deiro (1999) o principal fator é a incidência de eventos de geada no inverno, que prejudica a produção de Biomassa. Na SbHAJD as taxas de produção de biomassa da Savana Estépica ficaram entre 0,07 e 0,5 t/ha, valores próximos aos encontrados por Fortescue (1980) em Savanas Estépicas do Canadá, na transição entre a Savana e a Estepe canadense. As principais espécies são da família Poaceae, a qual predomina em cerca de 60% das amostragens realizadas.

c) Famílias

A partir da classificação das Paisagens Geoquímicas de Perelman (1975) e Perelman e Kasimov (1999) o próximo táxon a ser mapeado é o das Famílias. Como dito anteriormente, as famílias são uma refinação dos Tipos, onde os limiares de produção são reclassificados, existindo uma estreita relação com a classificação vegetal baseada na morfologia das plantas. Nesta pesquisa foi utilizada a nomenclatura da família-gênero dominante nos intervalos de produção de biomassa.

Os Tipos foram reclassificados segundo os intervalos de produção de biomassa gerando duas novas famílias para cada tipo. Na Floresta Galeria foram classificadas as Famílias Euphorbiaceae e Sapotaceae. A Euphorbiaceae apresentou um intervalo de produção de biomassa entre 4,5 e 8,1 t/ha. Predomina o gênero *Sebastiania*, principalmente no leito maior dos arroios João Dias e Marmeleiro. Já a Sapotaceae tem com principal representante o Gênero *Pouteria*, variando de 8,2 a 85 t/ha. Esse gênero ocorre principalmente no leito menor dos arroios mencionados, pois necessitam e toleram uma maior quantidade de água para o seu desenvolvimento.

A Floresta Estacional Semidecidual foi dividida nas famílias Rhamnaceae e Myrtaceae. A Rhamnaceae apresentou uma amplitude de produção de biomassa entre 0,4 e 0,9 t/ha. Mais de 40% das amostras foram do gênero *Scutia*, ocupando as áreas com os terrenos mais inclinados da área de estudo. A Myrtaceae teve a produção de biomassa estabelecida entre 0,9 e 4,4 ton/ha. O gênero predominante é a *Myrcia*, ocupando geralmente os vales entre as rochas expostas e locais próximos às drenagens.

A Floresta Plantada não foi subdividida porque apresenta apenas a família Pinaceae do gênero *Pinus*. A produção de biomassa variou de 200 a 600 t/ha ao ano. Foram realizadas amostragens em dois locais, sendo que o substrato pedológico foi determinante pela disparidade produtiva.

Com relação à Savana Estépica, ela apresenta uma constante na produção de biomassa, mas com intervalos nos valores de estoque. Essa característica leva à classificação de duas famílias muito próximas, a Poaceae *Andropogon* e Poaceae *Calamagrostis*. A Poaceae *Andropogon* caracteriza-se por uma produção entre 0,07 e 0,4 ton/ha, onde o gênero *Andropogon* foi encontrado em 62% das amostras dessa família. Recobre principalmente os solos pobres, com baixa disponibilidade de nutrientes. Por sua vez, a Poaceae *Calamagrostis* apresenta uma produção um pouco maior, entre 0,08 e 0,5 t/ha. O gênero *Calamagrostis* é encontrado principalmente em solos mais férteis e isso leva ao mantimento do vigor fisiológico no período de inverno, principalmente quando impactado pelo fenômeno da geada. Isso leva ao mantimento ou a perda mínima na quantidade de biomassa durante os meses de senescência.

A figura 126 apresenta as Paisagens Geoquímicas no nível superior e a espacialização dos Táxons Grupos, Tipos e Famílias.

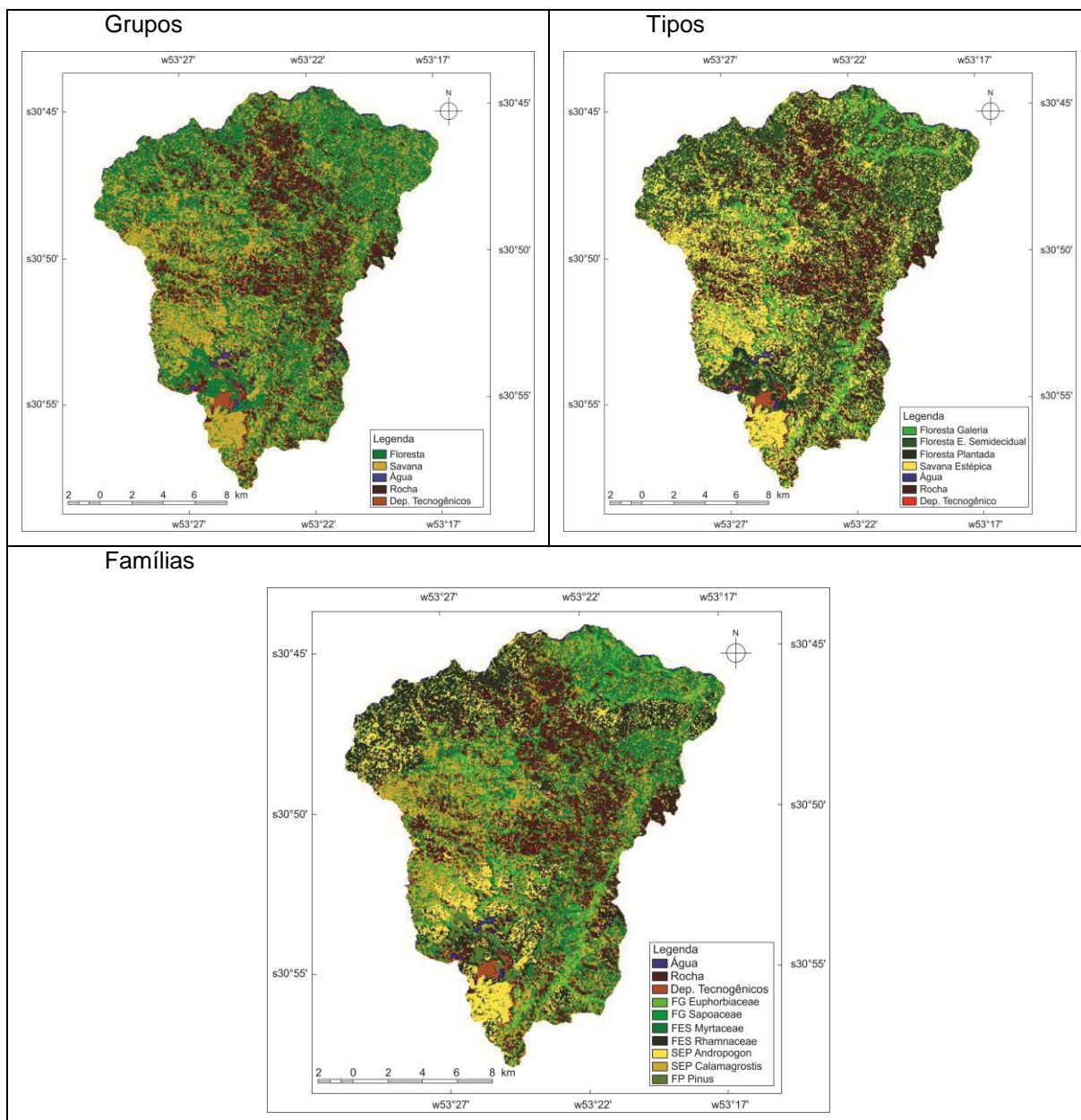


Figura 126: Paisagens Geoquímicas com os táxons: Grupos, Tipos e Famílias.

10.5 Quantificação da Biomassa Total da SbHJD

Para a quantificação da biomassa total, ou seja, a soma da biomassa herbácea e arbórea foi necessário estabelecer as razões entre estes dois elementos integrantes. A proporção entre a biomassa arbórea e herbácea foi estabelecida para as 62 parcelas amostradas.

A Tabela 12 expressa o peso da cobertura do solo para o estoque de biomassa. A partir dos pesos se evidencia que algumas das classes de cobertura do solo, como as áreas de solo e rocha expostos, assim como os corpos d'água

receberam peso 0. Pelo contrário, o máximo de estoque de biomassa foi atribuído às formações arbóreas que receberam peso 1. As demais formações (campestres, savanícolas e secundárias) foram escalonadas dentro deste intervalo.

Tabela 12: Peso da cobertura do solo perante o estoque de biomassa.

Classe	Padrão de Cobertura	Peso
1	Formações Savanícolas	0,47
2	Formações Arbóreas	1,00
3	Formações Campestres	0,25
4	Formações Secundárias	0,62
5	Solo Exposto	0,00
6	Rocha Exposta	0,00
7	Corpos d'água	0,00

Com base nos dados da tabela acima, aplicou-se a metodologia de quantificação de biomassa total. Procedeu-se a soma dos valores da biomassa herbácea e arbórea de cada célula da matriz, cujo resultado posteriormente foi multiplicado pelo peso do padrão de cobertura. A partir disso, obteve-se a quantificação de cada célula, em um total de 619.771 valores.

Optou-se por calcular o estoque de biomassa pelo padrão de cobertura do solo e não pelos táxon Superior das Paisagens Geoquímicas por causa que seria necessária uma nova interpolação matricial. Segundo Glazovskaya (2002), quanto maior o número de interpolações matemáticas, maior poderá ser o erro, visto que o método estatístico interfere diretamente nos resultados.

Com base nessas considerações, optou-se pela aplicação das constantes sobre os dados primários, ou seja, as multiplicações algébricas foram realizadas diretamente sobre os valores amostrados em campo e depois interpolados através do método linear. Esse processo evita a estipulação de valores irreais em áreas de poucas amostras, conservando o valor original da amostra mais próxima.

A tabela 13 apresenta o estoque de biomassa vegetal em toneladas para a área de 31.022 ha da SbHAJD. As formações savanícolas ocupam uma área de 5.930,64ha com um estoque de biomassa de 49.622,223 toneladas, e uma média simples de 8,365 ton/ha.

Tabela 13: Estoque total da biomassa vegetal na SbHAJD.

Classe	Padrão de Cobertura	Área (ha)	Estoq. Biomassa - Ton
1	Formações Savanícolas	5.930,64	49.612,223
2	Formações Arbóreas	7.445,16	150.071,896
3	Formações Campestres	2.484,90	22.301,975
4	Formações Secundárias	8.133,30	79.630,239
5	Solo Exposto	231,12	0,000
6	Rocha Exposta	6.451,02	0,000
7	Corpos d'água	345,87	0,000
	Total	31.022,01	301.616,330

As formações Arbóreas recobrem 7.445,16 ha com um estoque de 150.071,896 toneladas e uma média de 20,156 ton/ha. Cabe destacar, que esta média é elevada pela presença da espécie exótica *Pinus elliottii*, que apresenta elevados estoques de biomassa, por vezes superiores a 1.000% se comparados com a vegetação natural da SbHAJD.

As formações campestres ocupam uma área de 2.484,90 ha, totalizando 22.301,975 toneladas e uma média de 8,975 ton/ha. O estoque pode ser considerado elevado se comparado com as amostragens feitas em outros locais do pampa gaúcho, pois a maior parte dos campos da SbHAJD não são aproveitados para o desenvolvimento da pecuária.

As formações secundárias correspondem a 8.133,30 ha, com um total de 79.630,239 toneladas e uma média de 9,790 ton/ha. Este valor é semelhante ao encontrado em campos sujos da Rússia por Krustalev *et al.* (2000).

Cabe destacar que nas áreas de solo exposto e de rocha exposta existe o desenvolvimento da biomassa, mas como os valores são extremamente baixos e em pequenas áreas, as quantificações foram desprezadas. Essa decisão foi embasada nas considerações de Perelman (1986) que exemplifica o ajustamento das amostragens de acordo com a escala do mapeamento.

A biomassa aérea total estocada na SbHAJD para 2013 foi calculada em 301.616,330 toneladas em 23.994 ha com vegetação e 31.022,01 ha totais. Como dito anteriormente, a distribuição dos estoques é irregular e depende da disponibilidade hídrica e da qualidade dos solos.

Outros aspectos são importantes, principalmente a diferenciação das espécies naturais e exóticas, sendo que estas últimas apresentam um estoque e produção muito superior às naturais. O uso do solo também impacta diretamente no

estoque porque a pecuária é uma atividade econômica importante e os bovinos consomem parte da biomassa estocada, principalmente as gramíneas.

A Figura 127 apresenta a distribuição espacial do estoque de biomassa na SbHAJD. Deve-se destacar que na parte noroeste da área de estudo as células foram enquadradas nos valores mínimos (0 a 1 t/ha) porque houve poucas amostras para a interpolação de valores. Como optou-se pelo interpolador linear e este apenas gera valores para os pontos na matriz onde existam vizinhos para a interpolação, esta área foi enquadrada na classe mínima.

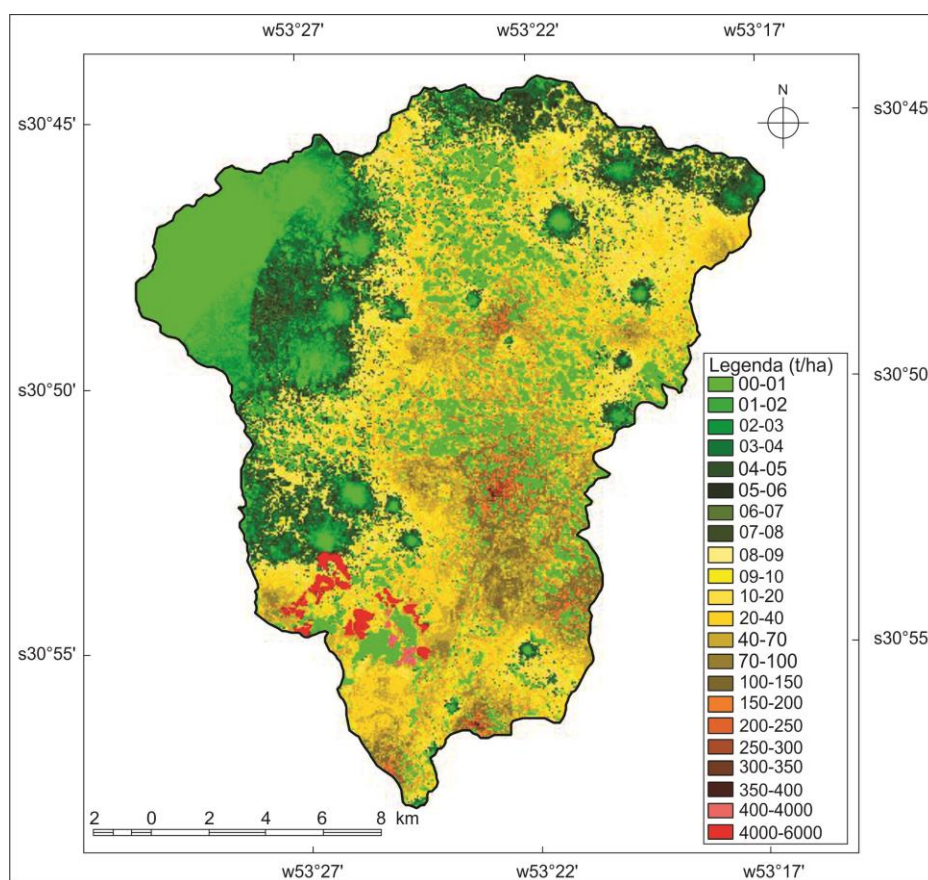


Figura 127: Distribuição espacial do estoque de biomassa na SbHAJD.

Importante destacar que não existem pesquisas na América do Sul que tenham realizado as quantificações da produção e estoque de biomassa na escala de análise do presente estudo. Os dados aqui apresentados são considerados inéditos e não possuem parâmetros locais/regionais para compará-los. Portanto, a quantificação e o mapeamento das Paisagens Geoquímicas do Nível Superior são fundamentais para compreender a dinâmica do estoque e produção da vegetação do pampa gaúcho e, principalmente, de áreas com espécies endêmicas, como é o caso da SbHAJD.

CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS

Conforme os dados do Censo do IBGE (2010), a população da SbHAJD é de 2.640 habitantes. A população rural é de 1.035 habitantes (39,20%) e a população urbana é de 1.605 habitantes (60,80%). A superfície da sub-bacia é de 309 km² e a densidade demográfica é de 8,54 hab/km². A área urbana da SbHAJD é conhecida como Vila das Minas do Camaquã e possui ligação rodoviária pela RS-625 por 25 km a oeste até a BR-153 que liga as cidades de Caçapava do Sul e Bagé. Se dirigindo a leste, também pela RS-625 por 33 km até o entroncamento com a BR-392, a 8 km encontra-se a cidade de Santana da Boa Vista.

Segundo os dados demográficos dos Censos do IBGE de 1950, 1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010, verifica-se que na SbHAJD há uma significativa alternância e disparidade entre a população rural e urbana nos distintos períodos (tabela 14).

A Tabela 14 evidencia significativa mudança nos contingentes rural e urbano, fato atrelado principalmente aos períodos áureos da mineração, como se percebe nos anos de 1980 e 1991, onde a população urbana ultrapassa a rural.

Tabela 14: População residente na SbHAJD entre os anos de 1950 a 2010.

Ano	População Rural	População urbana	População Total
1950	1.170	310	1.480
1960	1.212	412	1.624
1970	1.317	611	1.928
1980	1.090	1.940	3.030
1991	1.452	2.199	3.651
2000	1.218	382	1.600
2010	1.035	1.605	2.640

Fonte: Censo IBGE (1950, 1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010).

Os dados do Censo de 2010 do IBGE demonstram um aumento significativo da população urbana (420,17%) em relação à do ano 2000. Em função desta

tendência, novas moradias vêm sendo construídas, em geral, em locais inadequados, como na planície de inundação do arroio João Dias e em áreas de escarpa da Formação Guaritas. Esta expansão está ligada ao crescimento rápido e, por vezes, desordenado do turismo. A infra-estrutura construída não foi planejada para atender esta demanda específica (BRUCH, 2009).

No levantamento de informações realizado sobre as principais atividades econômicas primárias, foram citadas: pecuária bovina de corte extensiva, pecuária caprina de corte e leiteira, o florestamento, a produção de frutífera de laranja, tangerina, pêssego, maçã e figo e a horticultura. No setor secundário, com o encerramento das atividades da CBC em 1996, encontram-se apenas postos abertos em pequeno abatedouro. No setor terciário destacam-se os postos de trabalho abertos na atividade turística, que nos últimos cinco anos cresceu 330%, o comércio cresceu 163% no mesmo período e a atividade hoteleira 180%. No quesito de abertura de postos de trabalho, destaca-se a fruticultura, mesmo sendo postos temporários e a do turismo.

11.1 Aspectos Socioeconômicos

11.1.1 A Estrutura Agrária da SbHAJD

Segundo Bruch (2006), a estrutura agrária da SbHAJD é semelhante à encontrada nos municípios de Caçapava do Sul e Santana da Boa Vista, onde está inserida. Desde a formação da “Paragem de Caçapava” a estrutura fundiária é baseada nas grandes propriedades (Tabela 15). Este quadro perdura até os dias atuais, pois a maioria das propriedades foi adquirida por herança e sua produção e manejo continuam semelhantes aos praticados no século XIX.

Apesar do significativo número de pequenos estabelecimentos rurais, a predominância é de médias a grandes propriedades, que no geral superam 80% da área da bacia. Observa-se que o número de estabelecimentos se mantém estável, com pequenas alterações, confirmando o caráter hereditário das propriedades. Das quatro maiores propriedades da área, três pertencem a CBC.

Tabela 15: Estrutura fundiária da SbHAJD.

Grupo área (ha)	Nº de Estabelecimentos			Área Total (ha)					
	1970	1980	1985	1970	%	1980	%	1985	%
<20	42	44	57	202	0,77	370	1,39	471	1,81
>20-50	36	34	39	1.040	3,99	983	3,71	1.114	4,26
>50-100	39	34	43	2.911	11,19	2.333	8,80	3.488	13,35
>100-500	68	71	69	17.355	66,70	18.874	71,19	17.310	66,24
>500	5	4	4	4.512	17,35	3.950	14,91	3.747	14,34
Total	190	187	212	26.020	100	26.510	100	26.130	100

Fonte: Censo Agropecuário IBGE nº 22, Prefeitura Municipal de Caçapava do Sul e CBC.

11.2 O Uso da Terra

O uso e cobertura da terra demonstra a intensidade da ação humana sobre os diferentes ambientes, substituindo a cobertura vegetal espontânea por padrões estruturais de produção agrária e de urbanização. A SbHAJD apresenta em sua divisão fundiária, o predomínio de médios e grandes estabelecimentos rurais, geralmente, submetidos à exploração em extensas áreas com a pecuária e do plantio de pequenas áreas com produtos de subsistência e de complemento da alimentação do gado, fundamentado no trabalho familiar.

A vegetação secundária em estágio avançado de desenvolvimento (capoeirões) ocorre em áreas de relevo ondulado, fortemente ondulado, nas encostas das escarpas dos platôs ou em terras baixas brejosas. É frequente estar associada a outros tipos de cobertura e uso da terra, como o reflorestamento e as pastagens. A CBC (1984) realizou o mapeamento da cobertura e uso da terra para os anos de 1957, 1978 e 1984. Naquela ocasião, demonstrou-se um aumento da cobertura vegetal, em 1984, de 51% em relação a 1957, totalizando uma área de 45,34 ha, o que equivale a 14,61% da área total da SbHAJD.

A Tabela 16 apresenta a importância da pecuária com 46 estabelecimentos, especializados na produção de gado de corte. Arelada a esta atividade, a pastagem plantada ocupa lugar de destaque na SbHAJD, pois tem ampla distribuição e expressão espacial, ocorrendo em diversos tipos de ambientes. As áreas mais representativas localizam-se na planície fluvial dos arroios João Dias e Marmeleiro.

Tabela 16: Estabelecimentos por grupo de atividade econômica para a SbHAJD.

ANO	Grupo de Atividades Econômicas							
	Lavoura Temporária	Horticult.	Lavoura permanente	Pecuária	Prod. mista	Silvicult. e exp. florestal	Pesca e agricultura	Produção carvão vegetal
1996	18	16	22	43	23	23	1	1
2006	55	17	25	46	25	22	1	1

Fonte: Censo Agropecuário 1996 e 2006 – Rio Grande do Sul - IBGE (2006) – Adaptado de Bruch (2009).

Observa-se também que nos últimos dez anos houve uma evolução e crescimento da agricultura (Figura 128). Isto decorre do fim da mineração. A mão-de-obra mineira desloca-se para a agricultura de subsistência e de alguns cultivos comerciais, como o de milho. De acordo com a Prefeitura Municipal de Caçapava do Sul, não há famílias com restrições ao acesso à terra e não ocorre problemas fundiários graves (Plano Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável – 2005/2008, 2005, p. 14).



Figura 128: Lavoura de milho verde já colhido servindo de silagem de inverno para alimentação de bovinos, na localidade de Pedra do Bagual.

Tabela 17: Distribuição do número de proprietários em relação à posse da terra, na SbHAJD – 2006.

Estrato da área (ha)	n° de proprietários	%
Até 2	14	5,09
2 a 5	17	6,18
6 a 10	13	4,73
11 a 20	22	8,00
20 a 50	51	18,54
>50	158	57,46
Total	275	100%

Fonte: INCRA – 2002 (apud) Plano Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável (2005/2008), para o município de Caçapava do Sul.

A Tabela 17 mostra, a partir do número de proprietários, o predomínio das médias propriedades na Sub-bacia, pois as áreas superiores a 50 ha correspondem a 57,46% do total da área ocupada pelo setor agropecuário (Figura 129).



Figura 129: Vista do Rincão da Cavalhada com as pastagens naturais em relevo de colina.

Entre o final da década de 1970 e início da década de 1980 houve um aumento da utilização das terras para a exploração econômica, tanto para a agricultura como para a pecuária. Este fato é consequência da diminuição da atividade mineira. Em certos anos (1978/1979/1980) houve paralisação completa da mineração, ou seja, parte expressiva dos proprietários de terras que eram funcionários da CBC, ao serem demitidos, voltaram-se à atividade agropecuária. Entre a década de 1970 e 1980 as lavouras temporárias cresceram 23%, as lavouras permanentes 53%, as pastagens plantadas 51% e a floresta plantada 20% (BRUCH, 2009). O incremento da área de florestas plantadas foi motivado não apenas pela busca da exploração econômica da madeira, mas também, pela recomposição de áreas degradadas pela mineração, as quais foram recuperadas com espécies exóticas (Tabela 18).

Tabela 18: Utilização das terras na SbHAJD (1970/1980/1985).

Utilização das Terras	1970		1980		1985	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Lavouras Temporárias	312	1,20	384	1,45	203	0,78
Lav. Permanentes	45	0,17	69	0,26	51	0,19
Pastagens Naturais	11.511	44,24	9.440	35,61	10.302	39,43
Pastagens Plantadas	2.287	8,79	3.454	13,03	2.580	9,87
Florestas Naturais	3.949	15,18	3.661	13,81	3.684	14,10
Florestas Plantadas	275	1,06	329	1,24	739	2,83
Produt. descanso	1.166	4,48	1.674	6,31	1.369	5,24
Áreas Improdutivas	6.475	24,88	7.499	28,29	7.202	27,56
Total	26.020	100	26.510	100	26.130	100

Fonte: Censo Agropecuário do RS nº 22 – IBGE 1970/1980/1985. Adaptado de Bruch (2009)

Nota-se um contra-fluxo na área produtiva agropecuária entre os anos de 1980 e 1985. Este processo corresponde à reabertura da CBC, a qual inicia ampla contratação de mão-de-obra em 1981, diminuindo assim, a disponibilidade de pessoal para as atividades agropecuárias. Este cenário evidencia-se pela diminuição da área de lavouras temporárias em 47%, de lavouras permanentes em 26% e de pastagens plantadas em 25%. A única cultura que teve crescimento foi a do reflorestamento, que aumentou 124%, motivado pelo contínuo projeto de recuperação ambiental com espécies exóticas (CBC, 1984).

Cabe salientar, também, a significativa área preservada com espécies nativas, cerca de 14% com floresta natural e 39% com pastagens naturais. Isso demonstra uma certa consciência ecológica dos proprietários das áreas, visto que as dimensões preservadas alteraram-se minimamente (<5%) ao longo do período analisado.

Tabela 19: Produção agrícola da SbHAJD (culturas permanentes).

Produto (Ton.) p/ Ano	2002	2003	2004	2005	2006
Banana	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Caqui	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Figo	16,10	15,60	15,60	15,60	15,60
Laranja	110,80	108,60	104,50	111,70	110,50
Limão	5,10	5,40	5,00	5,60	5,50
Maça	1,03	1,04	1,04	1,02	1,00
Marmelo	2,90	2,90	2,50	2,50	2,50
Pêra	3,60	3,60	3,50	3,50	3,50
Pêssego	4,50	4,50	4,50	4,30	4,30
Tangerina	19,60	19,20	19,20	19,20	19,20
Uva	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52

Fonte: IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal (2007). Adaptado de Bruch (2009).

Analisando a tabela 19, comprova-se que houve pequenas alterações nas quantidades produzidas pelas culturas permanentes. Isto é ratificado por acréscimos e decréscimos inferiores a 5% na produção, fruto das anomalias e distúrbios de produtividade das culturas, causados principalmente por alterações climáticas e não por aumento ou diminuição da área cultivada.

Entre as culturas permanentes, a que se destaca é a de laranja, com produção média anual de 109 t. Grande parte desta produção (cerca de 60%) é resultado de apenas um produtor, o qual prima pela produção livre de agroquímicos,

o que agrega valor e diferencial à produção. Associado a esta cultura, também é significativa a produção de tangerina, que tem similar manejo produtivo.

A produção agrícola atrelada às lavouras temporárias (Tabela 20), assim como a de culturas permanentes, praticamente se mantiveram estáveis entre os anos de 2002 e 2006. Destaca-se a cultura do feijão que cresceu 270% no período, motivada principalmente pela melhora significativa no mercado doméstico e pela mudança de prática de plantio agrícola. Este fato é creditado às orientações dadas pela Emater/Embrapa aos produtores, aconselhando o plantio do feijão em médias e altas encostas, o qual favorece o desenvolvimento da planta em solos argilosos e litologias sedimentares.

Tabela 20: Produção agrícola da SbHAJD (culturas anuais).

Produto (Ton.) p/ Ano	2002	2003	2004	2005	2006
Alho	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Amendoim	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Arroz com casca	1,78	1,20	2,18	2,23	1,88
Aveia	4,75	4,75	4,75	4,75	3,33
Batata-doce	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Batata-inglesa	6,00	6,90	7,30	7,40	9,50
Cebola	1,50	1,50	2,30	2,50	3,90
Feijão	8,40	8,40	8,40	16,88	22,50
Mandioca	5,50	5,50	5,80	5,92	8,14
Melancia	4,75	5,25	5,25	5,20	4,93
Melão	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Milho	13,50	13,50	8,00	11,44	11,40
Tomate	2,00	2,22	2,31	2,59	2,95
Trigo	0,35	1,15	1,22	0,42	0,37

Fonte: IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal (2007). Adaptado de Bruch (2009).

Outra cultura que cresceu significativamente foi a da mandioca (60% no período), que além de utilizada para a alimentação humana, vem progressivamente sendo utilizada para a suplementação animal, em substituição ao milho. Teve também um acréscimo (50% no período) a produção de batata-inglesa, motivada principalmente pela demanda da comunidade das Minas do Camaquã.

Deve-se salientar que possuem viés econômico, apenas as culturas permanentes do figo, pêra, laranja, limão, pêssego e tangerina. Já, as culturas anuais de batata-doce e inglesa, feijão e melancia, destinam parte da sua produção para a comercialização e parte para o consumo da própria unidade familiar.

Os dados da tabela 21 mostram que a pecuária bovina extensiva mista (leiteira e de corte) tem tradição no meio rural da SbHAJD. No geral, os efetivos aumentaram motivados pelo aumento do preço da carne.

Tabela 21: Efetivos dos rebanhos da SbHAJD (unidades).

Efetivos p/Ano	2002	2003	2004	2005	2006
Bovinos	10.723	11.515	11.713	11.909	12.411
Eqüinos	332	339	353	348	351
Suíno	211	219	228	225	288
Caprino	149	155	161	160	156
Ovino	3.725	4.038	4.224	4.397	4.042
Galos, frangas, frangos e pintos	1.018	1.054	1.058	1.095	1.105
Galinhas	2.102	2.125	2.178	2.098	2.151
Codornas	121	108	116	115	114

Fonte: IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal (2007). Adaptado de Bruch (2009).

Informações fornecidas pelos pecuaristas dão conta que os investimentos concentram-se: no aumento do rebanho de bovinos, principalmente de corte; nos ovinos pela retomada da demanda da lã e, no aumento da produção de frango caipira, em função do produto estar “em alta” em feiras agroecológicas devido às suas características genéticas e de criação rústica (BRUCH, 2009).

PAISAGENS GEOQUÍMICAS

Na SbHAJD foram classificadas as Paisagens Geoquímicas com base na metodologia de Perelman e Kasimov (1999). A classificação foi dividida em três categorias: Paisagens Geoquímicas Abiogênicas, Biogênicas e Antropogênicas. As Paisagens Geoquímicas Abiogênicas apresentam apenas uma classe, referente à litologia aflorante sem ou incipiente cobertura vegetal. As Paisagens Geoquímicas antropogênicas correspondem a agrupamentos de classes segundo o impacto de alteração no ambiente, baseada na metodologia de Szucs (2006) adaptada do modelo de Paisagens Geoquímicas de Perelman e Kasimov (1999).

Por fim, as Paisagens Geoquímicas Biogênicas foram sub-divididas em 3 níveis taxonômicos: superior, médio e inferior. O nível superior refere-se à razão entre estoque e produção de biomassa. Já o nível médio, baseia-se nos elementos químicos líderes. Por fim, o nível inferior é fundamentado no gradiente de diferenciação do relevo e no substrato litológico. A figura 130, demonstra os níveis taxonômicos e as nomenclaturas aplicadas.

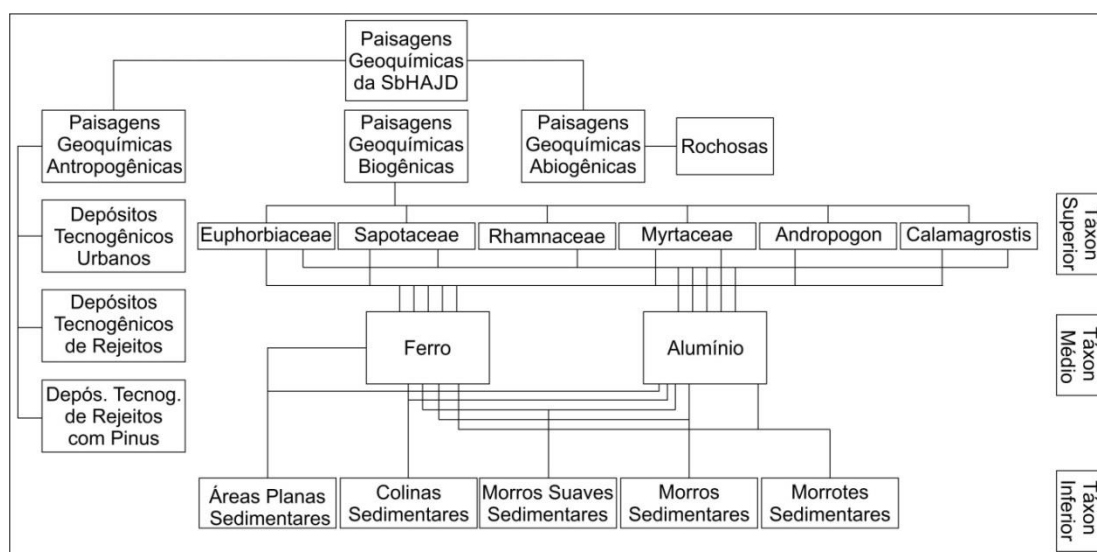


Figura 130: Matriz de Paisagens Geoquímicas da SbHAJD.

Cabe destacar que para a classificação do nível taxonômico médio foi necessário avaliar o *background* geoquímico da área de estudo e determinar o limiar dos elementos químicos líderes. No caso de paisagens com uma litologia predominante de rochas sedimentares, principalmente de arenitos e pelitos, Perelman (1975) e Perelman e Kasimov (1999) sugerem a avaliação do elemento químico Ferro, por ser geralmente aprisionado pelas argilas. Também preconizam a avaliação do elemento Alumínio, por estar presente em quantidade considerável (cerca de 8%) na crosta terrestre.

O *background* geoquímico do Ferro foi determinado por Laybauer em 0,600 mg/L quando este elemento é líder geoquímico e o Alumínio em 0,05 mg/L. Nas amostragens, o parâmetro Alumínio obteve resultados anômalos, muito discrepantes dos descritos na literatura e acredita-se que houve algum erro no processamento das amostras, levando a serem desconsideradas. Para contemplar a metodologia optou-se, então, por utilizar os dados químicos de solo para balizar o *background* geoquímico do Alumínio, segundo a proposta de Serikov (2003). Assim, o *background* do Alumínio em solos foi determinado em 2 cmolc/L, teor semelhante ao encontrado pelo autor citado, que foi de 1,88 cmolc/L.

Após a determinação das variáveis a serem utilizadas no mapeamento das Paisagens Geoquímicas nos três níveis taxonômicos, o algoritmo computacional em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) foi gerado e possibilitou a individualização de 98 classes (Figura 131).

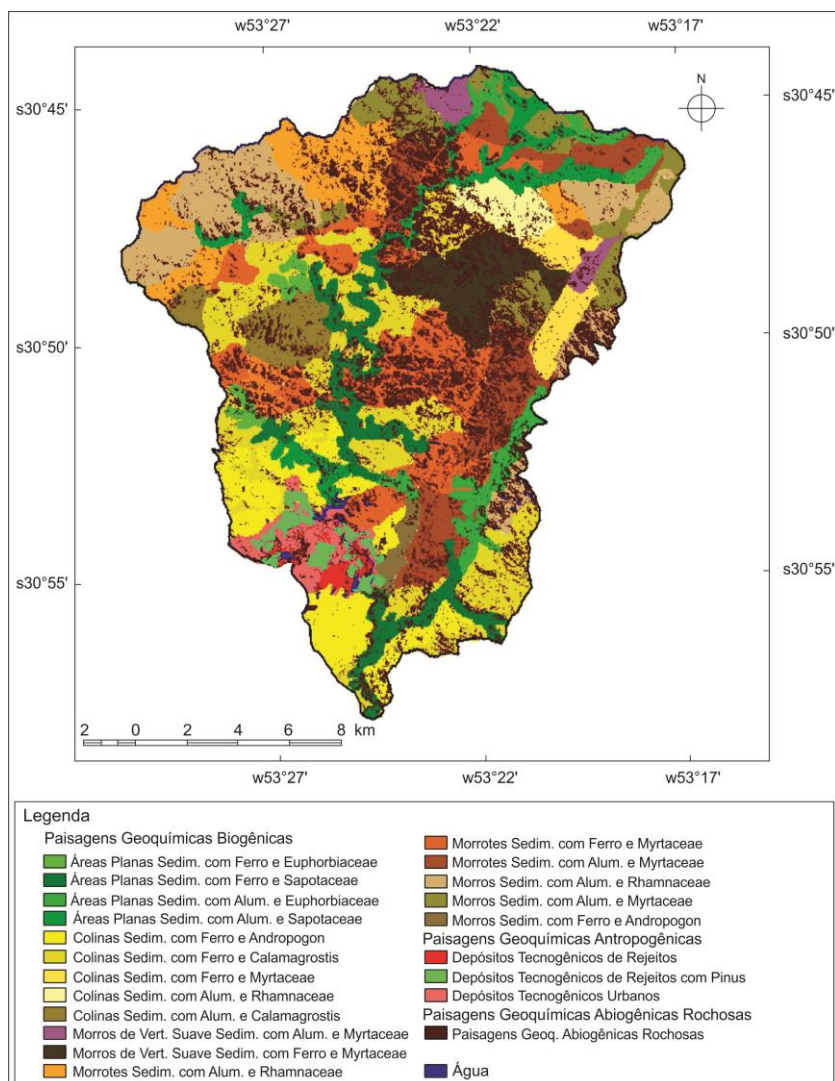


Figura 132: Paisagens Geoquímicas da SbHAJD.

12.1 Paisagens Geoquímicas Biogênicas

a) Áreas Planas Sedimentares com Ferro e Euphorbiaceae (APSFE)

São áreas próximas de dois afluentes da margem direita do arroio João Dias, situadas no seu trecho de alto curso. As vertentes são planas e alongadas, com amplitudes topográficas inferiores a 20m e com declividade média do terreno de 3 %. Os terrenos são planos e estão compostos por sedimentos recentes do Holoceno, recobertos pelos Neossolos Flúvicos, com feições de depósitos aluvionares por ocasião, estando encaixados em feições estruturais em “Y”, com direção dos lineamentos predominante N70W-N10W. Com relação às predominâncias químicas, o Ferro apresentou valores acima do *background* geoquímico, com média próxima a

0,8 mg/L, sendo originado nas Paisagens Geoquímicas adjacentes e canalizado para estas áreas. A cobertura vegetal é dominada pela Floresta Galeria com a família Euphorbiaceae e predomínio do gênero *Sebastiania*, com produção média de biomassa de 6,72 t/ha. Esta família vegetal apresenta alta suscetibilidade a variações nos micronutrientes e não tolera abruptas alterações nos macronutrientes, principalmente do Cloreto, levando o gênero *Sebastiania* a ser utilizado com parâmetro de controle de poluição ambiental. As águas podem ser consideradas como classe 1 da Resolução CONAMA 357/05 para a maioria dos parâmetros analisados. Em relação ao uso do solo, em alguns poucos locais, existem clareiras na floresta de galeria utilizadas para armazenar água em pequenos açudes, visando o suprimento da criação extensiva de bovinos.

b) Áreas Planas Sedimentares com Ferro e Sapotaceae (APSFs)

São terrenos situados nos setores do curso médio superior e inferior do arroio João Dias e do curso inferior do arroio Marmeleiro. As vertentes são planas e alongadas, com amplitudes topográficas inferiores a 30m e declividade média de 2%. Também são áreas com sedimentos do Holoceno e recobertas com Neossolos Flúvicos, predominando feições de depósitos aluvionares de longa duração em vales abertos. O controle estrutural é baseado em planos perpendiculares em "C" com direção preferencial de N-N10E perpendicular a N80W-N90W. Quimicamente, o Ferro exibiu valores acima do *background* geoquímico, com médias superiores a 0,75 mg/L, oriundo da solubilização das rochas das paisagens adjacentes. A vegetação predominante é a Floresta Galeria com a família Sapotaceae representada pelo gênero *Pouteria*, com produção média de 37,4 t/ha. Esta família vegetal tolera tanto alterações bruscas nos macro e micro nutrientes, adaptando-se às drenagens principais que recebem águas de diferentes ambientes geoquímicos. Segundo a Resolução vigente, as águas podem ser classificadas predominantemente na classe 1, com exceção dos valores de Cobre nos pontos da foz do arroio Marmeleiro no João Dias e deste último no rio Camaquã, os quais possuem concentrações dentro dos limites estabelecidos para a classe 4. O uso do solo nas porções médias de ambos os arroios restringe-se a florestas de galeria. Nas áreas dos cursos inferiores, as águas são utilizadas para o abastecimento público humano e de animais, além de servir de abrigo para estes últimos, pois a vegetação apresenta estatura adequada para isso.

c) Áreas Planas Sedimentares com Alumínio e Euphorbiaceae (APSAE)

São áreas da nascente do arroio João Dias e alto curso do arroio Marmeleiro. Predominam vertentes planas e alongadas, com amplitudes topográficas inferiores a 30m e com declividade média de 3 %. São terrenos planos compostos por sedimentos recentes do Holoceno e recobertos pelos Neossolos Flúvicos, com feições de depósitos aluvionares por ocasião. Estão encaixados na falha Emiliano Tapera, em feições estruturais em “I”, com direção dos lineamentos predominante N20E-N30E. O Alumínio é o elemento que apresentou valores acima do *background* geoquímico, com valores médios próximos de 2,2 cmolc/L, sendo originado nas Paisagens Geoquímicas adjacentes e transportado para estes locais. A cobertura vegetal predominante é da Floresta Galeria com a família Euphorbiaceae, predominando o gênero *Sebastiania* com uma produção média de biomassa de 5,2 t/ha. As águas são classe 1, conforme a Resolução CONAMA 357/05, para a maioria dos parâmetros. O uso do solo corresponde, quase em sua totalidade, à floresta de galeria que se encontra bem conservada e no alto curso do arroio Marmeleiro existem pequenas criações de ovinos, os quais utilizam a vegetação para abrigo.

d) Áreas Planas Sedimentares com Alumínio e Sapotaceae (APSAS)

São terrenos localizados próximos do curso superior do arroio João Dias e de um afluente de sua margem direita. As vertentes são planas e alongadas, com amplitudes topográficas inferiores a 25m e declividade média de 2%. São áreas com sedimentos do Holoceno e recobertas com Neossolos Flúvicos, predominando feições de depósitos aluvionares recentes por ocasião em vales abertos. O controle estrutural é baseado em lineamentos em “M” com direção preferencial de N20E-N30W. O Alumínio exibiu valores superiores ao *background* geoquímico, com médias superiores a 2,4 cmolc/L, originado da solubilização das rochas das paisagens adjacentes. A Floresta Galeria com a família Sapotaceae representada pelo gênero *Pouteria* é a vegetação predominante, com produção média de 32,4 t/ha. Segundo a Resolução vigente, as águas podem ser classificadas predominantemente na classe 1, com exceção do parâmetro Turbidez, onde todos os pontos ficaram dentro dos limites da classe 2, devido a quantidade de sedimentos finos. O uso do solo é baseado em pequenas áreas plantadas com pastagens para o gado e o restante é ocupado pela floresta de galeria.

e) Colinas Sedimentares com Ferro e Andropogon (CSFA)

São colinas que ocupam a parte sul-sudoeste da SbHAJD, apresentando predominantemente vertentes retilíneas, com algumas côncavas e convexas. As altitudes situam-se entre 121 e 216m e a declividade média do terreno é de 9%. O substrato é de rochas sedimentares, principalmente da Formação Santa Bárbara e Fácies Pelíticas da Formação Hilário, recobertas por Planossolos Hidromórficos. As porções desta unidade estão isoladas pelos lineamentos estruturais das Falhas da Represa (N70E), do Passo da Mina (N20E) e Emiliano Tapera (N30E). Estas estruturas originaram-se no final do Ciclo Brasileiro, sendo decorrentes de esforços tectônicos que resultou na inclinação das camadas ($<10^\circ$). O Ferro foi o elemento que apresentou valores acima do *background* geoquímico, com médias próximas a 0,73 mg/L, sendo proveniente das Paisagens Geoquímicas adjacentes e transportado por gravidade. A cobertura vegetal é dominada pela Savana Estépica Poaceae com o gênero Andropogon, produzindo uma biomassa média anual de 0,14 t/ha. Esta família vegetal tem sua produção atrelada à disponibilidade de macronutrientes, principalmente do Cálcio, Potássio e Fósforo. As águas desta unidade podem ser consideradas classe 1 da Resolução CONAMA 357/05, com exceção da Turbidez que apresentou valores elevados. Em relação ao uso do solo, os terrenos desta classe de paisagem constituem nos melhores locais para o desenvolvimento da pecuária, pois apresentam gramíneas densas e propícias para a alimentação animal (Figura 133).



Figura 133: Colinas com pastagens e gado de corte.

f) Colinas Sedimentares com Ferro e Calamagrostis (CSFC)

São colinas que predominam na parte sul e centro-oeste da SbHAJD, Apresentam vertentes retilíneas, com algumas côncavas e convexas. As altitudes estão compreendidas entre 122 e 244m e a declividade média do terreno é de 11%. O substrato é de rochas sedimentares da Formação Guaritas, com as Fácies Pedra Pintada ao sul e Fácies Varzinha a centro-oeste. Estas Fácies são intrudidas pelo Membro Rodeio Velho com basaltos vesiculares por eventos de magmatismo intrusivo associados a vulcanismos (FRAGOSO-CESAR *et al.*, 2000). Segundo o mesmo autor, a continuidade espacial dos derrames deste vulcanismo ainda não está clara, sendo que em todos os polígonos desta classe encontraram-se amostras destes basaltos. Estas rochas podem apresentar vesículas preenchidas por malaquita, sílica, carbonato ou pela mistura dos dois últimos. As intrusões destes basaltos interferem diretamente na morfologia do terreno, porque o contato entre os corpos tabulares sedimentares com os basaltos tendem a apresentar disposição curvilínea e a se paralelizar junto ao contato dos corpos tabulares retorcidos (Figura 134). Essa morfologia indica que a deformação desses corpos foi efetuada em estado plástico em função do fluxo de magma, gerando colinas alongadas com vale em arco e/ou anfiteatro. Essa morfologia condiciona as drenagens paralelas e limites estruturais com junções perpendiculares em “T”. Em geral, as intrusões afloram quando existe um plano de falhamento perpendicular à continuidade estratigráfica ou quando existe uma separação horizontal das camadas. Os lineamentos estruturais que individualizam as porções sul com direção preferencial N40E-N50E e centro-oeste perpendicular N70W-N80W, são a Falha da Represa e a Falha Emiliano Tapera.

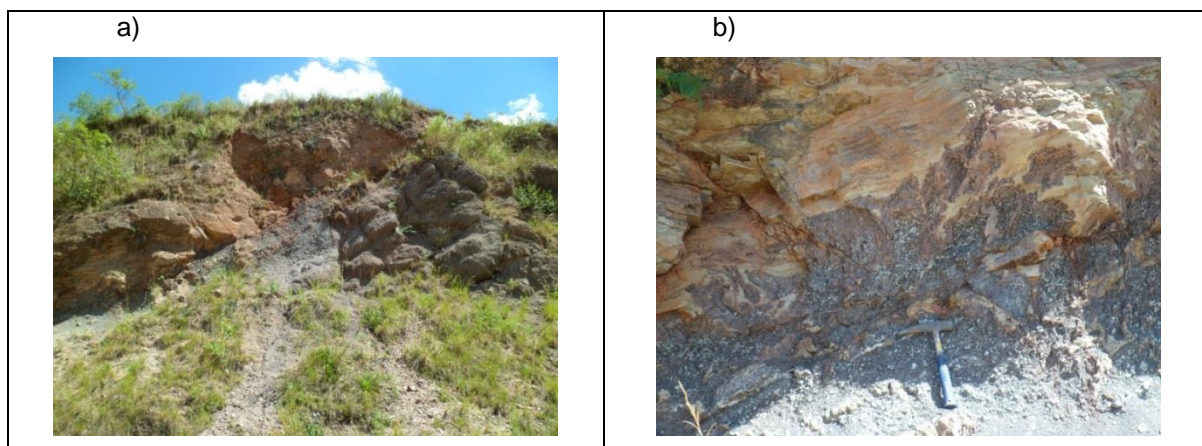


Figura 134: a) Afloramento da Formação Guaritas Membro Rodeio Velho; b) Intrusão do Membro Rodeio Velho na Fácies Pedra Pintada da Formação Guaritas.

O solo que recobre estas litologias é o Argissolo Vermelho-Amarelo com áreas menores de Neossolo Litólico e Chernossolo Rêndzico. O que determina a pedologia é a proximidade que as rochas basálticas se encontram da superfície. Quanto mais próximo o basalto estiver da superfície, maior a possibilidade de formação do Argissolo Vermelho-Amarelo. Nos locais onde a camada superior aflorante é do Membro Rodeio Velho, o Chernossolo Rêndzico apresenta ampla distribuição espacial. O Ferro foi o elemento que obteve valores acima do *background* geoquímico, com médias próximas a 0,94 mg/L, originado pela solubilização química causada pela percolação das águas nas rochas do Membro Rodeio Velho. A cobertura vegetal predominante é a Savana Estépica Poaceae com o gênero *Calamagrostis*, produzindo uma biomassa média anual de 0,41 t/ha. O gênero *Calamagrostis* é mais seletivo e exigente com os micronutrientes, sendo encontrado com maior frequência em solos férteis, levando a resistir aos períodos de senescência do inverno. As águas desta unidade podem ser consideradas classe 1 de acordo com a Resolução CONAMA 357/05, com exceção da Turbidez e do Ferro que apresentaram valores elevados. O parâmetro Ferro classifica-se na classe 3, tendo em vista a sua disponibilidade no substrato rochoso. Já a Turbidez relaciona-se com a classe 2, principalmente por causa dos sedimentos advindos das Paisagens Geoquímicas adjacentes. Em relação ao uso do solo, as terras dessa unidade são as melhores para o desenvolvimento da agricultura e, também, para a pecuária intensiva, pois são férteis e há boa disponibilidade hídrica. São os locais onde existem as maiores áreas de lavouras temporárias (cultivo de feijão e milho) e permanentes (pomares de laranjeiras e tangerinas). Esta classe de paisagem, também, apresenta a segunda maior densidade populacional da sub-bacia, ficando atrás apenas da Vila das Minas do Camaquã.

g) Colinas Sedimentares com Ferro e Myrtaceae (CSFM)

São colinas que ocupam terrenos da parte leste-nordeste da SbHAJD. Predominam vertentes retilíneas e côncavas. As altitudes situam-se entre 237 e 308m e a declividade média do terreno é de 12%. O substrato é de rochas sedimentares, principalmente da Fácies Várzinha da Formação Guaritas. Assim

como ocorre nas Paisagens Geoquímicas CSFC, existem exposições do Membro Rodeio Velho que afloram principalmente nas bordas dos polígonos, onde existe a ruptura topográfica (Figura 135). As CSFM diferem das CSFC na amplitude topográfica principalmente por causa do processo de “empurrão tectônico”, o qual rompeu com o conceito de continuidade lateral em ambientes sedimentares. Este empurrão ocasionou a inclinação e elevação das camadas tabulares, principalmente nas proximidades da Falha Emiliano Tapera. Por causa desta falha regional, existe um sistema de lineamentos secundários de direção N30E-N40E, os quais limitam esta paisagem.

O Ferro também foi o elemento que apresentou valores acima do *background* geoquímico, com médias próximas a 0,915 mg/L, tendo sua origem na solubilização química causada pela percolação das águas nas rochas do Membro Rodeio Velho. A cobertura vegetal predominante é a Floresta Estacional Semidecidual com a família Myrtaceae predominando o gênero *Myrcia*, produzindo uma biomassa média anual de 3,31 t/ha. Esta família vegetal também tem sua produção atrelada à disponibilidade de macronutrientes, principalmente do Cálcio, Potássio e Fósforo. As águas desta unidade podem ser classificadas na classe 1 da Resolução CONAMA 357/05, com exceção da Turbidez e do Ferro que apresentaram valores elevados, correspondendo às classes 2 e 4, respectivamente. Em relação ao uso do solo, as terras são destinadas principalmente para a pecuária ovina, pois apresentam gramíneas entremeadas com arbóreas que servem à alimentação e abrigo dos animais.

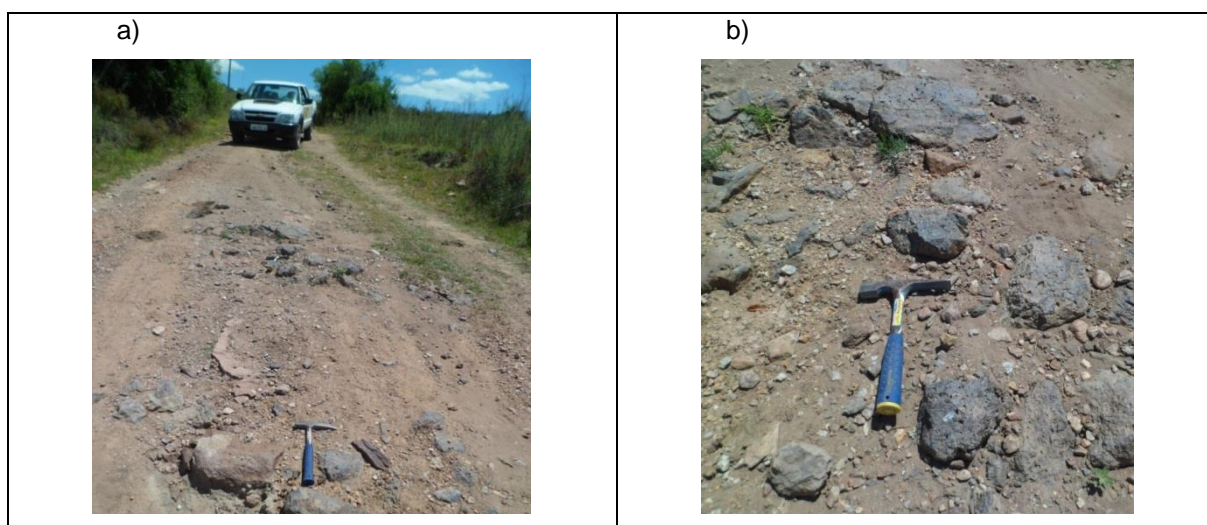


Figura 135: a) Membro Rodeio Velho aflorante na ruptura topográfica; b) Basaltos vesiculares com amigdalas sem preenchimento.

h) Colinas Sedimentares com Alumínio e Rhamnaceae – CSAR

São colinas que ocupam o setor nordeste da SbHAJD, predominando vertentes retilíneas, com algumas côncavas e convexas. As amplitudes topográficas estão entre 188 e 285m e a declividade média do terreno é de 11%. A litologia é composta por rochas sedimentares da Fácies Varzinha da Formação Guaritas, recobertas por Neossolos Regolíticos. Estruturalmente esta unidade apresenta lineamentos em “Y”, gerando feições alongadas com direção N10W-N20W, em cada eixo da forma. O Alumínio é o elemento que apresentou valores acima do *background* geoquímico, com médias superiores a 2,2 cmolc/L, originado a partir da percolação da água pelos arenitos finos e pelitos (LAYBAUER, 1995). A cobertura vegetal predominante é a Floresta Estacional Semidecidual com a família Rhamnaceae e o gênero dominante é a *Scutia*, produzindo uma biomassa média anual de 0,55 t/ha. Esta família vegetal tem baixa produtividade e adapta-se a locais com pouca disponibilidade de macro e micronutrientes. As águas desta unidade podem ser consideradas classe 1 da Resolução CONAMA 357/05, com exceção, mais uma vez, da Turbidez (classe 2) que apresentou valores elevados devido a disponibilidade de sedimentos adjacentes. Os Coliformes Termotolerantes também foram classificados como classe 2. O uso do solo baseia-se na criação de ovinos e frangos. Apesar de apresentar uma significativa quantidade de gramíneas entremeadas, a quantidade de afloramentos impede a mecanização, dificultando assim a implementação de pastagens.

i) Colinas Sedimentares com Alumínio e Calamagrostis – CSAC

São colinas que ocupam o setor oeste da SbHAJD, apresentando na maioria vertentes retilíneas e convexas. As amplitudes topográficas estão entre 155 e 252m e a declividade média do terreno é de 11,5%. A litologia é composta por rochas sedimentares da Fácies Varzinha da Formação Guaritas, recobertas por Neossolos Litólicos. Estruturalmente esta unidade apresenta lineamentos paralelos, gerando feições alongadas com direção N10E-N20E. Estas estruturas geram drenagens de padrão retangular adensado. Assim como as CSAR, o Alumínio é o elemento que apresentou valores acima do *background* geoquímico, com médias superiores a 2,4 cmolc/L, oriundo da percolação da água nos pelitos e arenitos finos (LAYBAUER, 1995). A cobertura vegetal predominante é a Savana Estépica Poaceae com o gênero *Calamagrostis*, produzindo uma biomassa média anual de 0,45 t/ha. O

gênero *Calamagrostis* é mais seletivo e exigente com os micronutrientes e o mantimento desta vegetação está atrelado ao transporte de nutrientes originados nas rochas adjacentes. As águas desta unidade classificam-se na classe 1 da Resolução CONAMA 357/05, com exceção da Turbidez (classe 2). O uso do solo é baseado na criação de bovinos e em algumas pequenas lavouras de batata, feijão e mandioca, pois são culturas que toleram um solo mais pedregoso.

j) Morros de Vertente Suave Sedimentares com Alumínio e Myrtaceae – MSSAM

São morros de vertente suave situados na parte norte e nordeste da SbHAJD, predominando vertentes côncavas e convexas. As altitudes situam-se entre 196 e 321m e a declividade média do terreno é de 12%. O substrato é de rochas sedimentares, principalmente da Fácies Varzinha da Formação Guaritas, recobertas por Neossolos Litólicos. As duas áreas desta unidade são as que apresentaram a menor densidade de lineamentos, sendo que o limite do polígono nordeste encontra-se em contato com a falha Emiliano Tapera, a qual foi descrita anteriormente quando mencionou-se o processo de empurrão tectônico. O Alumínio foi o elemento que apresentou valores acima do *background* geoquímico, com médias próximas a 2,15 cmolc/L, tendo origem nos pelitos e arenitos finos do substrato rochoso. A cobertura vegetal predominante é a Floresta Estacional Semidecidual com a família Myrtaceae predominando o gênero *Myrcia*, produzindo uma biomassa média anual de 2,9 t/ha. Como dito anteriormente, esta família vegetal tem sua produção atrelada à disponibilidade de macronutrientes, principalmente do Cálcio, Potássio e Fósforo. As águas desta unidade podem ser consideradas como classe 1 da Resolução CONAMA 357/05, com exceção da Turbidez (classe 2) e do Ferro (classe 3). Em relação ao uso do solo, apresenta pouco uso econômico, com rebanhos de ovinos e pequenas lavouras de subsistência.

l) Morros de Vertente Suave Sedimentares com Ferro e Myrtaceae – MSSFM

São morros de vertente suave situados na parte centro-leste da área de estudo, com vertentes predominantemente côncavas e convexas, com algumas retilíneas com amplo comprimento de rampa (> 1km). As altitudes variam de 171 a 308m e a declividade média do terreno é de 13%, podendo ocorrer declividades de 100% em algumas rupturas topográficas. O substrato é de rochas sedimentares,

principalmente da Fácies Varzinha da Formação Guaritas, recobertas pela associação de afloramentos de rocha com Neossolos Litólicos. É uma área que apresenta um sistema de lineamentos plano-paralelos, divididos por uma ruptura topográfica na sequência da falha da Represa, apresentando direções preferenciais N10W-N20W e N70E-N80E. O Ferro foi o elemento que apresentou valores acima do *background* geoquímico, com médias próximas a 0,814 mg/L, originado pela percolação da água nos basaltos vesiculares do Membro Rodeio Velho que aflorando nas rupturas topográficas. A vegetação é composta principalmente pela Floresta Estacional Semidecidual com a família Myrtaceae predominando o gênero *Myrcia*, produzindo uma biomassa média anual de 4,2 t/ha. Estas paisagens apresentam as maiores taxas de produção de biomassa deste tipo de vegetação na SbHAJD, devido a vasta disponibilidade de macronutrientes e rupturas topográficas, aspectos que facilitam a assimilação dos elementos pelos solos. As águas desta unidade podem ser classificadas na classe 1 da Resolução CONAMA 357/05, com exceção da Turbidez (classe 2) e do Ferro (classe 3). O uso do solo limita-se a uma cobertura densa de vegetação arbórea e afloramentos de rocha que dificultam a mecanização agrícola, ainda que seja possível a criação de rebanhos de ovinos e caprinos.

m) Morrotes Sedimentares com Alumínio e Rhamnaceae - MTSAR

São morrotes que ocupam os terrenos a norte, noroeste e nordeste da SbHAJD. As vertentes em sua maioria são compostas e diversificadas. As amplitudes topográficas situam-se entre 175 e 321m e a declividade média do terreno é de 28%, inclusive há várias vertentes verticais com declividade de 100%. A litologia é composta por rochas sedimentares da Fácies Varzinha da Formação Guaritas, recobertas por Neossolos Regolíticos. Estruturalmente esta unidade apresenta lineamentos em “Y”, “V” obtuso e “I” paralelos, que geram feições alongadas a oeste com direção N20E-N30E (obtusa 130°) e a norte estruturas paralelas com drenagens paralelas encaixadas com direção predominante N40E-N50E. O limite dos lineamentos geral é acompanhado com rupturas topográficas, o que leva a inferir sobre o intenso controle estrutural. O Alumínio é o elemento que apresentou valores acima do *background* geoquímico, com médias superiores a 2,0 cmolc/L, originado a partir da percolação da água pelos arenitos finos e pelitos. A cobertura vegetal predominante é a Floresta Estacional Semidecidual com a família

Rhamnaceae e o gênero dominante é a *Scutia*, produzindo uma biomassa média anual de 0,64 t/ha. Esta família vegetal tem baixa produtividade e se adapta a locais com pouca disponibilidade de macro e micronutrientes. As águas desta unidade podem ser classificadas na classe 1 da Resolução CONAMA 357/05, com exceção da Turbidez (classe 2). O uso do solo preponderante relaciona-se com a vegetação que é densa e de baixa estatura, com muitas rupturas topográficas, o que dificulta o manejo agrícola dos solos.

n) Morrotes Sedimentares com Ferro e Myrtaceae - MTSFM

São morrotes amplamente distribuídos pela área de estudo, com vertentes heterogêneas predominando as verticais. São as formas conhecidas popularmente como Guarita. Estas, constituem afloramentos expostos sob a forma de uma guarita preservada (Figura 136a). As amplitudes topográficas estão entre 140 e 271m e a declividade média do terreno é de 33%, podendo ocorrer declividades de 100% em várias rupturas topográficas, como é o caso do morro da Cruz e três cerros (Figura 136b). O substrato é de rochas sedimentares, principalmente da Fácies Varzinha da Formação Guaritas e Formação Santa Fé, recobertas por Neossolos Litólicos e pela associação de afloramentos de rocha com Neossolos Litólicos. São locais com uma vasta densidade de lineamentos, onde cada setor apresenta uma direção preferencial, predominando as direções N70W-N80W. A sequência de lineamentos é paralela e densa, onde os limites de cada fundo de vale são a ruptura topográfica para outro morrote. As formas foram amplamente afetadas pela falha da Mina e da Represa. Apesar de não terem sido encontrados afloramentos do membro Rodeio Velho, o Ferro foi o elemento que apresentou valores acima do *background* geoquímico, com médias próximas a 0,664 mg/L, originado nas rochas adjacentes e transportado pelas drenagens para esta área. A vegetação é composta principalmente pela Floresta Estacional Semidecidual com a família Myrtaceae onde o gênero *Myrcia* é que apresenta a maior quantidade de exemplares, produzindo uma biomassa média anual de 3,7 t/ha. Como são locais de difícil acesso, foram coletadas poucas amostras de água, mas todas foram consideradas classe 1, conforme a Resolução CONAMA 357/05, com exceção da Turbidez (classe 2) e do Ferro (classe 3). As características dos solos inviabilizam as atividades agrícolas, pois há uma cobertura densa de vegetação arbórea e afloramentos de rocha que dificultam a mecanização e as práticas intensivas.

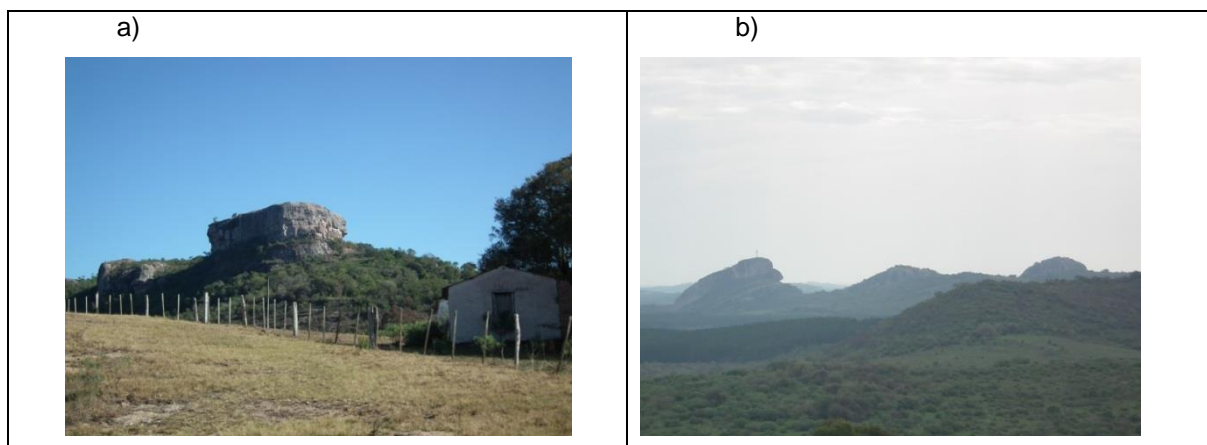


Figura 136: a) Guarita isolada preservada; b) três cerros em sequência de morrotes isolados.

o) Morrotes Sedimentares com Alumínio e Myrtaceae - MTSAM

São morrotes localizados na parte leste e norte da SbHAJD, semelhantes aos MTSFM, com formas e vertentes geometricamente parecidas. As altitudes estão compreendidas entre 170 e 321m e a declividade média do terreno é de 30%, podendo ocorrer perfis verticais em inúmeras rupturas topográficas, O substrato é de rochas sedimentares, principalmente da Fácies Varzinha e Pedra Pintada da Formação Guaritas, recobertas por Neossolos Litólicos e pela associação de afloramentos de rocha com Neossolos Litólicos. A maioria destes morrotes está encravada entre a falha do Passo da Mina e a Emiliano Tapera, sendo que o evento de “empurrão” do final do ciclo Brasileiro descrito por Albarnaz (2014) pode ter gerado a morfologia do terreno. Por causa deste evento tectônico, os lineamentos acompanham o falhamento preferencial N30E-N40E nas formas a leste e perpendiculares N60W-N70W no norte da sub-bacia. O Alumínio foi o elemento que apresentou valores acima do *background* geoquímico, com médias próximas a 2,0 cmolc/L, sendo originado a partir dos arenitos finos e pelitos do substrato rochoso. A vegetação é composta principalmente pela Floresta Estacional Semidecidual com a família Myrtaceae onde o gênero Myrcia é o que apresenta a maior quantidade de exemplares, produzindo uma biomassa média anual de 2,1 t/ha. As águas desta unidade foram consideradas classe 1, de acordo com a Resolução CONAMA 357/05, com exceção da Turbidez (classe 2) e Ferro (classe 3). O uso do solo restringe-se a pequenas áreas com criação de bovinos e equinos. Também foram encontradas pequenas lavouras de milho para silagem.

p) Morros Sedimentares com Alumínio e Rhamnaceae – MSAR

São morros que ocupam os terrenos a leste e noroeste da SbHAJD. As vertentes em sua maioria são côncavas e convexas. As altitudes situam-se entre 162 e 342m e a declividade média do terreno é de 35%, porém existem várias vertentes verticais com declividade de 100%, principalmente no setor noroeste. A litologia é composta por rochas sedimentares da Fácies Varzinha da Formação Guaritas, recobertas por Neossolos Regolíticos e associação de afloramento de rocha mais Neossolo Litólico. Estruturalmente esta unidade apresenta lineamentos “I” paralelos, na parte leste, perpendicular a falha Emiliano Tapera, com direção N20E-N30E e a norte estruturas paralelas com drenagens paralelas encaixadas com direção predominante N40W-N50W. Na parte noroeste, os lineamentos em sua maioria são em “Y”, com padrão arborescente dendrítico, típico de rochas sedimentares homogêneas (PERELMAN E KASIMOV, 1999). O Alumínio é o elemento que apresentou valores acima do *background* geoquímico, com médias superiores a 2,4 cmolc/L, originado a partir da percolação da água pelos arenitos finos e pelitos. A cobertura vegetal com o maior número de exemplares é a Floresta Estacional Semidecidual com a família Rhamnaceae e o gênero dominante é a *Scutia*, produzindo uma biomassa média anual de 0,68 t/ha. Apesar da baixa produtividade desta família, em locais com pouco uso do solo ela tende a manter o vigor fisiológico e temporal. As águas desta unidade foram classificadas como classe 1 da Resolução CONAMA 357/05, com exceção da Turbidez (classe 2). O uso do solo é baixo, ou seja, não há atividades econômicas estabelecidas e/ou áreas urbanas, pois a vegetação é densa e de baixa estatura, com muitas rupturas topográficas, o que dificulta o manejo agrícola.

q) Morros Sedimentares com Alumínio e Myrtaceae - MSAM

São morros situados na parte norte e leste da SbHAJD, semelhantes aos MSAR e próximos destes. As vertentes predominantes são côncavas e convexas, as amplitudes topográficas estão entre 158 e 307m e a declividade média do terreno é de 26%, ocorrendo poucas rupturas topográficas, com declividades próximas a 100%. O substrato é de rochas sedimentares, principalmente da Fácies Varzinha e Pedra Pintada da Formação Guaritas, recobertas por Neossolos Litólicos. Esta sequência de morros encontra-se em limites estruturais, como o caso do flanco norte da falha da Represa e Emiliano Tapera. É a unidade que apresenta a maior

homogeneidade nos lineamentos, com direção preferencial N70W-N80W, principalmente nas estruturas na borda leste da sub-bacia. O Alumínio foi o elemento que apresentou valores acima do *background* geoquímico, com médias próximas a 2,15 cmolc/L, sendo originado a partir dos arenitos finos e pelitos do substrato rochoso. A vegetação é composta principalmente pela Floresta Estacional Semidecidual com a família Myrtaceae onde o gênero *Myrcia* é o que apresenta a maior quantidade de exemplares, produzindo uma biomassa média anual de 2,6 t/ha. Também foram encontrados vários exemplares do gênero *Myrciaria*, em quantidades próximas a *Myrcia*. As águas desta unidade são da classe 1 da Resolução CONAMA 357/05, com exceção da Turbidez (classe 2). O uso do solo limita-se a pequenas áreas com criação de bovinos nos morros a leste (Figura 137).



Figura 137: Criação de bovinos em morros.

r) Morros Sedimentares com Ferro e *Andropogon* - MSFA

É uma sequência de três morros situados próximo à Vila das Minas do Camaquã. Os morros apresentam principalmente vertentes côncavas e convexas, com altitudes situadas entre 138 e 275m e a declividade média do terreno é de 38%. O substrato é de rochas sedimentares, principalmente da Fácies Pelíticas da Formação Hilário, recobertas por Planossolos Hidromórficos. São locais com poucos lineamentos, apenas com o das cristas das formas de direção N30E-N40E. São formas geradas secundariamente através da movimentação da falha do Passo da Mina. O Ferro foi o elemento que apresentou valores acima do *background* geoquímico, com médias próximas a 0,698 mg/L, originado nas rochas adjacentes e transportado próximo a estes morros. A cobertura vegetal é dominada pela Savana Estépica Poaceae com o gênero *Andropogon*, produzindo uma biomassa média anual de 0,35 t/ha. Esta família vegetal tem sua produção atrelada à disponibilidade

de macronutrientes, principalmente do Cálcio, Potássio e Fósforo. Existe, também, uma vasta inserção da Floresta Estacional Semidecidual com o gênero *Scutia* da família *Rhamnaceae*, principalmente nos topos dos morros. As águas desta unidade podem ser consideradas classe 1, conforme a Resolução CONAMA 357/05, com exceção da Turbidez (classe 2) e do Ferro (classe 3). Em relação ao uso do solo, são os melhores locais para o desenvolvimento da pecuária de ovinos, que se adaptam à declividade e onde os solos estão cobertos por um misto de gramíneas e formações arbóreas.

12.2 Paisagens Geoquímicas Antropogênicas

a) Depósitos Tecnogênicos Urbanos – DTU

São os terrenos referentes ao raio de influência geoquímica da Vila das Minas do Camaquã e da área industrial da CBC. São locais com baixa cobertura vegetal, basicamente limitada à gramíneas. Morfológicamente constituem-se de terrenos planos na área urbana e de morro com altitude que varia de 143 a 314m, com declividade média de 41%. A análise das águas do arroio João Dias demonstrou que os parâmetros Coliformes Termotolerantes, DQO, Nitrato, Fosfato e Cloretos tiveram valores elevados nos pontos próximos à Vila, o que indica despejo de esgotos domésticos. Cabe ressaltar, também, que a barragem de captação Água Limpa com seu eixo de barramento e acumulação funciona como uma barreira geoquímica, impedindo os esgotos de serem dissolvidos pelas águas do ponto de captação a montante. Este ponto a montante, fornece água para o tratamento e abastecimento da população da Vila das Minas do Camaquã. Também, o parâmetro OD apresentou valores baixos nas águas da barragem, o que demonstra um princípio de eutrofização.

b) Depósitos Tecnogênicos de Rejeitos – DTR

São depósitos de materiais oriundos das cavas de extração de minério, que após receberem moagem e tratamento para floculação do minério, são depositados em pilhas de estéril e rejeitos. Este tipo de paisagem refere-se a um depósito de rejeito construído para deposição do material pós floculação, depois dos anos de 1980. O depósito apresenta planejamento e execução geotécnica com projeto que privilegia a impermeabilização do solo com o intuito de impedir o contato dos fluídos

percolantes com o substrato pedológico. Existe, também, um sistema de enrocamento que impede o contato mecânico dos rejeitos com o núcleo impermeável da barragem, postergando sua vida útil e aumentando a eficiência. Há fuga de elementos químicos da barragem quando ocorrem eventos pluviométricos extremos, os quais causam o extravasamento do vertedouro da barragem, permitindo o transporte de metais pesados. O Ferro foi um dos elementos que apresentou altos valores e foi transportado para o arroio João Dias, com concentração de 5,4 mg/L. Outros elementos também obtiveram concentrações elevadas, como o Cobre com 0,254 mg/L e Chumbo com 0,55 mg/L. Laybauer (1995) encontrou outros elementos com concentrações elevadas como o Zinco, Cádmio e Alumínio. São locais onde há falta de macronutrientes e excesso de alguns micronutrientes, aspectos que causam toxicidade às plantas. Como existe a dificuldade de fixação de coberturas vegetais, é comum a mobilização do material particulado com o vento, sendo que muitas vezes os rejeitos são transportados para a Vila das Minas do Camaquã, causando transtornos a população. Desse modo, a barreira geoquímica da barragem de rejeitos cumpre parcialmente com a função de reter os rejeitos depositados que fica prejudicada pela sua falta de manutenção e de cobertura vegetal.

c) Depósitos Tecnogênicos de Rejeitos com Pinus – DTRP

Estes depósitos são semelhantes aos anteriores, sendo depositados preteritamente, entre os anos de 1885 e 1975. O material é mais heterogêneo, pois os rejeitos e o material estéril foram depositados no mesmo local, diferentemente dos depósitos recentes. Eles encontram-se principalmente na planície de inundação do arroio João Dias, no seu curso médio inferior, próximo à Vila das Minas do Camaquã. Também existem depósitos próximos à cava da Mina Uruguai e da indústria de beneficiamento da CBC. Nesta paisagem encontraram-se elevados valores de Chumbo (0,14 mg/L) dissolvido nas águas do arroio João Dias, assim como Ferro (1,5 mg/L) e Cobre (0,184 mg/L). Tais concentrações demonstram que, não obstante estes depósitos terem mais de 100 anos de idade, ainda continuam liberando metais pesados para o ambiente. Os valores dos elementos supracitados, assim como os dos outros parâmetros analisados, permite classificar as águas do arroio João Dias nesta paisagem como pertencentes à classe 4. Ainda que alguns parâmetros apresentem valores satisfatórios para muitos dos usos da água, os metais citados anteriormente são altamente tóxicos para os seres vivos, restringindo

o uso da água para aqueles considerados menos nobres (ou de pior qualidade). Com o objetivo de fixar estes rejeitos e impedi-los de ser transportados pelo vento para a Vila das Minas do Camaquã, em 1981 a CBC foi obrigada a elaborar um plano de recuperação e revegetação destes depósitos de rejeitos, o qual foi implementado completamente em 1985, com bons resultados. Isso deve-se a inserção da espécie exótica do grupo das florestas, tipo plantada, da família Pinaceae, gênero Pínus. Este exemplar foi introduzido por apresentar baixa seletividade nos nutrientes e tolerar oscilações nos teores de micronutrientes. Como existe a mistura de rejeitos com material estéril, a quantidade de metais pesados é reduzida, permitindo o desenvolvimento da planta até patamares próximos ao ápice. Foram detectadas taxas de produção entre 200 e 600 t/ha, que variaram de acordo, principalmente, com o tipo de rejeito que constitui o substrato pedológico.

12.3 Paisagens Geoquímicas Abiogênicas Rochosas - PGAR

São ambientes onde não existe ou é incipiente a atividade biológica. Segundo Perelmam e Kasimov (1999), são locais onde predominam rochas sedimentares pobres quimicamente, ou rochas extrusivas jovens, como é o caso dos derrames basálticos recentes. Na SbHAJD são representadas por afloramentos rochosos com mais de 900m², resultante da matriz classificada de células com 30x30m. Em geral, são afloramentos rochosos da Formação Guaritas, os quais são densamente falhados levando ao intemperismo horizontal com regressão lateral das vertentes, perfazendo guaritas isoladas na paisagem. A declividade, geralmente, é próxima a 100% com amplitude topográfica variada. Às vezes apresentam formação de solo incipiente (menor que 5cm) podendo ocorrer algum tipo de espécie vegetal, principalmente das famílias cactaceae e bromeliaceae.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Sub-bacia Hidrográfica do Arroio João Dias sofreu profundas marcas na paisagem, fruto do processo histórico de ocupação e apropriação dos recursos naturais, conduzidos pela sociedade humana. A própria configuração dos elementos físicos e biológicos condicionou os diversos tipos de uso da terra na sub-bacia.

Como os objetivos da tese permeiam pelo estudo integrado do ambiente, o componente geológico foi fundamental para o entendimento das dinâmicas e resultados geoquímicos, principalmente na compreensão da influência que a litologia causa à morfologia do terreno e à taxa de produção da flora.

O mapa geológico disponível não contempla a escala de análise desta pesquisa. Isso porque foram encontrados vários afloramentos de rochas ígneas extrusivas, descritos genericamente como basaltos vesiculares, os quais não constam no material elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil.

O mapa geológico existente também aponta os locais onde deveriam existir afloramentos com basaltos, conhecidos como Fácies Rodeio Velho da Formação Guaritas. O órgão apresenta 17 lentes desta fácies, sendo que no campo foram encontrados fragmentos em apenas 4. Isto demonstra que estes afloramentos ocorrem em áreas restritas e/ou encobertos pelo substrato pedológico.

Esta tese, ao contrário da maioria das pesquisas realizadas nas Minas do Camaquã, teve por base um número maior de ferramentas e análises para delimitar estruturas geológicas, e por esse motivo tende a ser mais precisa na determinação de alguns tipos litológicos. Contudo não se tem o intuito de contestar os mapeamentos geológicos realizados na área de estudo, e sim demonstrar que a Geoquímica da Paisagem é uma metodologia que auxilia as técnicas tradicionais de mapeamento geológico. Uma das principais contribuições da adoção da Geoquímica da Paisagem foi a de aumentar a precisão da delimitação dos contatos geológicos, além de fornecer indícios de litologias existentes e não aflorantes, através dos dados químicos.

Deve-se salientar que nesta tese foram encontrados novos afloramentos de rochas ígneas que ainda não haviam sido mapeados e para a comprovação e denominação das litologias individualizadas nas Paisagens Geoquímicas, devem ser

feitas descrições petrográficas. Isto porque, nesta tese apenas foi realizada a separação entre rochas ígneas e sedimentares, através da descrição macroscópica e enquadradas segundo as litologias propostas na mapa geológico da folha Cachoeira do Sul. Fica assim, a sugestão para futuras pesquisas, à descrição petrográfica e análise química das rochas ígneas encontradas nas Paisagens Geoquímicas, e elucidando se estas tiveram a mesma gênese de formação.

Já o mapeamento das barreiras geoquímicas contribuiu para a compreensão dos limites das formações geológicas e das migrações químicas existentes na área de estudo. Exemplo disso são os lineamentos de cristas que constituem divisores topográficos, os quais individualizam o caminho geoquímico que a água vai realizar pelos solos e rochas diferentes, condicionando a diferentes contatos pedoquímicos e litoquímicos.

Outro ponto importante foi o mapeamento dos lineamentos de fundo de vale. Ele forneceu subsídios para o entendimento do padrão da área de estudo, sendo possível constatar que os lineamentos de fundo de vale são, em sua maioria, em zonas de falhas e nestes locais as drenagens se instalam e estão condicionadas ao controle estrutural.

Com relação ao controle estrutural, os lineamentos demonstraram que a falha Emiliano Tapera de direção N20E-N30E é de dimensão regional, e sua gênese interferiu nos sistemas de falhamentos de segunda ordem. Isto pode ser exemplificado com o mapeamento da falha do Cemitério que é um plano perpendicular ao da falha Emiliano Tapera, gerada pelo processo de “empurrão tectônico”. Assim, o mapeamento dos lineamentos comprovou que, em regra geral, uma falha principal é acompanhada por um sistema de falhas perpendicular, como pode ser diagnosticado através dos diagramas de roseta.

Foi avaliada a eficácia com que operam as cortinas verdes na contenção da mobilização dos rejeitos para áreas adjacentes, principalmente para a Vila das Minas do Camaquã. A principal espécie de pinheiro empregada nessas cortinas foi o *Pinus elliottii*. Ratificou-se o vigor fisiológico que tal espécie obteve quando plantada sobre o rejeito. Ele adaptou-se bem às condições de falta de matéria orgânica e de substrato com pH muito ácido (próximo a 2).

Na avaliação das barragens, averiguou-se que a impermeabilização do solo e da taipa da barragem de rejeitos foi eficiente na contenção dos fluídos percolantes. Mas, a falta de manutenção do vertedouro, leva ao extravasamento dos fluídos em

eventos chuvosos, o que acaba conduzindo estes para o arroio João Dias. Já, na barragem Água Limpa, houve a preocupação com a construção de degraus de abatimento no vertedouro, o que auxilia na oxigenação das águas do reservatório.

O levantamento dos aspectos climáticos foi importante para o acompanhamento dos eventos extremos que podem distorcer os resultados das amostragens de campo, principalmente da biomassa e da água. Portanto, as coletas de água que deveriam ser realizadas no final do ano de 2013, foram transferidas para o início de 2014, quando os dados climáticos diários voltaram aos patamares do histórico de médias mensais.

No mapeamento dos solos pode-se constatar que estes são uma resposta direta ao intemperismo do substrato rochoso, mesmo que a pedologia e a geologia não tenham os mesmos limites espaciais. Isso porque, os constituintes químicos e particulados são transportados pela gravidade, gerando modelados de denudação e acumulação.

Contudo pode-se observar com base nos constituintes químicos, que os solos apresentam alta fragilidade à erosão e devem ser adotadas práticas conservacionistas, principalmente nos litólicos. Para o desenvolvimento de culturas anuais, apenas os Chernossolos Rêndzicos, Planossolos Hidromórficos e Argissolos Vermelho-Amarelos demonstram aptidão.

Em geral, as formas de denudação são compostas por morrotes, morros e morros de vertente suave. Basicamente, são formas alongadas decorrentes do controle estrutural paralelo, mas as formas arredondadas advêm do controle estrutural principal, assistidas por um plano perpendicular, denominado plano secundário.

Já as formas de acumulação são compostas por áreas planas e colinas. Referem-se basicamente às planícies de inundação dos cursos fluviais da SbHAJD, principalmente do arroio João Dias. As colinas, em sua maioria, são depósitos de encosta gerados pela erosão das rochas adjacentes.

Além das litologias e da pedologia, o desenvolvimento do algoritmo de álgebra de mapas em ambiente SIG foi muito importante. Isso porque, automatizou a classificação das unidades geomorfológicas, através de parâmetros morfométricos como a declividade e as altitudes. Apesar do algoritmo ter sido customizado para cada unidade com cota de base homogênea, o que demandou tempo maior de processamento, ele adicionou acurácia aos resultados. Além de ser uma

metodologia inédita utilizada em mapeamentos geomorfológicos detalhados, permitiu a automatização da classificação morfológica através de parâmetros quantitativos. Portanto, a classificação geomorfológica por álgebra de mapas é mais precisa do que os métodos tradicionais, que se baseiam em fatores quantitativos aplicados por métodos qualitativos de acordo com a experiência do mapeador.

Verificou-se que os esgotos das residências da Vila das Minas do Camaquã e de aglomerações rurais como a de Rodeio Velho, contribuem para a degradação da qualidade da água. Os principais parâmetros afetados foram: Coliformes Termotolerantes, DQO, NO_3 , Fósforo e Cloretos. Trata-se de cenário comum a cursos fluviais que recebem diretamente e sem nenhum tipo de tratamento os esgotos domésticos.

Na área rural da SbHAJD, próximo à localidade de Pedra do Bagual foram encontrados elevados valores para os parâmetros: NO_3 , Cloreto e Fósforo. Trata-se de elementos, geralmente associados ao uso intensivo de fertilizantes para o solo. Outros parâmetros de qualidade que tiveram valores elevados foram: Turbidez, condutividade e SDT. Tal fato permite concluir a existência de práticas agrícolas que preconizam a desproteção solo, ignorando práticas conservacionistas como o uso do sistema de plantio direto.

Por outro lado, a qualidade da água foi melhor em áreas com pouco ou sem uso do solo para atividades agrícolas ou de extração mineral. Estes pontos localizaram-se na parte norte da sub-bacia, mais especificamente nas localidades de Rincão da Cavalhada e Rincão do Cedro.

Com relação aos metais pesados, o Chumbo, o Cobre e o Ferro apresentaram valores elevados. O Chumbo apresentou resultados que variam de 0,10 mg/L nos antigos depósitos de rejeito próximo ao moinho dos ingleses e 0,55 mg/L no vertedouro da barragem de rejeitos da CBC.

O Cobre também apresentou elevados valores. Deve-se salientar que o Cobre é um elemento presente nas litologias da área de estudo e isto eleva os valores de *background* geoquímico. Nos mesmos pontos onde foram encontrados elevados índices de Chumbo, o Cobre respondeu da mesma maneira. As médias ficaram em 0,105 mg/L, sendo que no vertedouro da barragem de rejeitos se constatou uma concentração de 0,254 mg/L e nos antigos depósitos de rejeito, valores próximos a 0,180 mg/L.

O Ferro também seguiu as tendências do Cobre e do Chumbo, sendo que alguns pontos apresentaram valores abaixo do *background* geoquímico de 0,600 mg/L. Este valor de *background* está baseado nas concentrações de Ferro nas águas percolantes pelas rochas da sub-bacia. Os piores resultados foram novamente encontrados no vertedouro da barragem de rejeitos, com 3,990 mg/L e também nos depósitos de rejeitos oriundos do rompimento da barragem de rejeitos em 1981, com 1,100 mg/L e 1,500 mg/L. Já nos antigos depósitos de rejeitos, depositados entre 1909 e 1975, os valores encontrados estão próximos ao *background* de 0,600 mg/L.

A avaliação da qualidade da água serviu para a classificar as Paisagens Antropogênicas. Nesse sentido, classificaram-se as amostras de água de acordo com os limites e as classes de uso da Resolução 357/2005 do CONAMA. A maioria das amostras estão dentro da classe 1, principalmente nas localidades de Capão do Cedro, Passo do Cedro e a região norte de Capão do Cedro. Esta classe destina-se a usos nobres da água, ou seja, aqueles que requerem melhor qualidade. Já, na classe 2, estão as amostras realizadas na localidade de Rodeio Velho. Os resultados nestes pontos não foram melhores porque houveram elevados valores de Coliformes Termotolerantes, originados provavelmente das residências e animais da aglomeração rural existente. As águas classificadas como classe 3 relacionam-se principalmente com os altos valores de Ferro, elemento presente em toda SbHAJD e que eleva os valores de *background* tradicionalmente utilizados. Com exceção dos pontos próximos aos depósitos de rejeito, o resultado elevado é considerado normal pela influência que exercem as litologias, ricas em minerais que contém Ferro, sobre as águas da área de estudo. Por fim, quase todos os pontos considerados classe 4, localizam-se próximos aos depósitos de rejeitos (antigos e recentes) e à Vila das Minas do Camaquã. Os parâmetros responsáveis pela piora da qualidade foram: Nitrato, Turbidez, Chumbo e Cobre.

Os resultados do ponto 3, localizado na barragem de captação da água da CORSAN, apresentou elevados valores de Coliformes Termotolerantes (1,638 NMP/100mL). Já a concentração de oxigênio dissolvido foi baixa (4,06 mg/L O₂). Isto demonstra que a barragem é um ambiente lântico, com um elevado tempo de residência e baixa taxa de recarga, onde os resultados foram influenciados diretamente pela baixa pluviosidade ocorrida no verão 2013/2014.

Os resultados obtidos para a qualidade da água superficial permitem fornecer subsídios para que as políticas públicas sejam mais eficientes na sub-bacia. Uma delas tange a construção de rede de coleta e tratamento de esgoto doméstico. Outra seria a mudança do ponto de captação de água bruta que, atualmente, situa-se do lado do vertedouro da barragem para um local próximo da foz do arroio João Dias, na barragem Água Limpa. Essa simples mudança possibilitaria captar água de melhor qualidade, diminuindo os custos de tratamento da CORSAN.

Outro aspecto importante do estudo foi a cartografia das Paisagens Geoquímicas no nível superior. Tal nível subdivide-se em grupos, tipos e famílias vegetais, através da quantificação e razão da produção da biomassa arbórea e arbustiva. Nos grupos foram encontradas duas classes: Floresta e Savanas. Nas florestas (exóticas e nativas) encontrou-se uma razão entre estoque e produção de 0,49 a 0,64, com média de 0,53 pontos. Os principais gêneros das florestas nativas são a *Sebastiania*, *Chrysophyllum*, *Myrcia* e *Tenella*. Já para as florestas exóticas, apenas o gênero *Pinus* foi amostrado, com valores máximos de $P=B$ (0,64).

Nas Savanas, foi diagnosticado que as gramíneas não possuem um processo de produção de biomassa linear ao longo do tempo. Isto se deve principalmente ao inverno austral, estação em que elas entram em senescência. Contudo, no período de 1 ano, a razão de $P=B$ variou de 0,10 a 0,37 pontos com média de 0,21 pontos, onde os gêneros *Andropogon*, *Calamagrostis* foram os dominantes.

Na reclassificação dos grupos em tipos as Florestas foram subdivididas em florestas de galeria, estacional semidecidual e plantada. A floresta de galeria apresentou produção de 4,5 a 82 t/ha/ano. Já a floresta estacional semidecidual obteve uma produtividade variando entre 0,4 e 4 t/ha/ano. A floresta de *Pinus* apresentou a maior produção, variando de 200 a 600 t/ha/ano.

Reclassificando as Savanas, constatou-se que existia apenas um tipo denominada Savana Estépica, com taxas de produção oscilando de 0,07 a 0,5 t/ha/ano.

Os 4 tipos de vegetação foram novamente reclassificados, buscando-se refinar classificação para aumentam a precisão do mapeamento das Paisagens Geoquímicas. A floresta de galeria foi dividida nas famílias *Euphorbiaceae* e *Sapotaceae*. A *Sapotaceae* apresentou taxas de produção superiores em até 10 vezes a da *Euphorbiaceae*.

Na floresta estacional semidecidual foram individualizadas as famílias Rhamnaceae e Myrtaceae. A Myrtaceae obteve taxas de produção de até 5 vezes a da Rhamnaceae. A floresta Plantada apenas foi enumerada na família Pinus, pois não foi amostrada outra espécie exótica.

Já a savana estépica foi subdividida em Poaceae Andropogon e Poaceae Calamagrostis. Ambas apresentam taxas muito próximas, sendo que a Poaceae Calamagrostis tem uma produção 10% maior em média que a Andropogon.

Concomitante com o levantamento da biomassa fresca, o estoque de carbono foi quantificado e diagnosticado a correlação ente as duas variáveis, comprovando a eficácia e a precisão das técnicas de amostragem.

A biomassa aérea total estocada na área de estudo no ano de 2013 foi de 301.616,330 t assentada em 23.994 ha. Este resultado é inédito em trabalhos sistemáticos realizados em área desta dimensão, pois pesquisas desenvolvidas nesta escala, geralmente, baseiam-se em dados indiretos e não em amostragens de campo. Além disso, elaborou-se um algoritmo para a interpolação dos resultados quantitativos das amostragens de espécies arbóreas e de gramíneas cruzando com o mapa do solo, visando a quantificação da biomassa em cada célula da matriz de 30 por 30m.

Com base nos mapeamentos geológicos, geomorfológicos, geoquímicos, da flora e das taxas de produção e estoque de biomassa foram estabelecidas 98 Paisagens Geoquímicas. Utilizando algoritmos computacionais em LEGAL e o conhecimento dos limites morfológicos e estruturais, as 98 Paisagens Geoquímicas foram agrupadas 17 Paisagens Geoquímicas Biogênicas, 3 Paisagens Geoquímicas Antropogênicas e 1 Paisagem Geoquímica Abiogênica.

Com base na matriz pode-se concluir que quimicamente as paisagens são individualizadas pelo nível taxonômico médio. Exemplo disso é que nos locais onde predominam rochas sedimentares, principalmente de granulometria mais fina, como arenitos finos e pelitos. O Alumínio é o elemento que apresenta concentrações acima do *background* geoquímico discutido na literatura. Já nos locais onde o Ferro excede o *background* geoquímico, predominam rochas ígneas genericamente descritas como basaltos vesiculares da Fácies Rodeio Velho da Formação Guaritas. Isso não significa que nas áreas sedimentares os valores de Ferro são baixos, mas são inferiores aos resultados encontrados em áreas onde constam basaltos vesiculares.

A tese também demonstrou que os basaltos vesiculares da Fácies Rodeio Velho não estão dispostos em camadas tabulares ou derrames e, sim, em intrusões provavelmente causadas em eventos de fluxo plástico. Isto evidencia-se nos vários afloramentos encontrados nas Paisagens Geoquímicas Biogênicas de Colinas Sedimentares com Ferro da família Calamagrostis, da família Myrtaceae e nos Morros de Vertente Suave Sedimentares com Ferro da família Myrtaceae. A partir deste diagnóstico comprova-se que a vegetação é reflexo da litologia, pois apenas na Floresta Estacional Semidecidual foi encontrado este tipo de rocha.

Outra importante contribuição desta tese, foi que as rochas da Fácies Rodeio Velho foram mapeadas em afloramentos em amplitudes topográficas superiores as discutidas na literatura, variando entre os 122 e 308m de altitude. Este amplo intervalo é fruto principalmente de eventos tectônicos que alteraram a continuidade lateral das camadas.

Em locais onde as rochas da Fácies Rodeio Velho apresentam exposições, os solos (locais e adjacentes) são mais ricos em micro e macronutrientes, além de possibilitarem o desenvolvimento da pecuária intensiva de gado de corte e de culturas anuais, como o feijão e o milho. Nas outras 14 Paisagens Geoquímicas biogênicas, onde não foram encontradas rochas ígneas intercalando com as sedimentares, os solos são mais pobres quimicamente e basicamente litólicos. São paisagens com predomínio de savana e floresta estacional semidecidual com baixa produção e estoque de biomassa, pois há pouca disponibilidade de nutrientes. Predomina a família Poaceae com o gênero Andropogon e a família Rhamnaceae.

As Paisagens Geoquímicas Antropogênicas foram individualizadas com base nos impactos ambientais causados na SbHAJD pela atividade de mineração e uso do solo. Através das análises químicas e bacteriológicas das águas concluiu-se que há três diferentes Paisagens Geoquímicas impactadas: Depósitos Tecnogênicos Urbanos, Depósitos Tecnogênicos de Rejeitos e Depósitos Tecnogênicos de Rejeitos com Pinus.

Os Depósitos Tecnogênicos Urbanos são exemplificados pela área urbana da Vila das Minas do Camaquã. Eles contribuem para deteriorar a qualidade da água do arroio João Dias, principalmente a partir do lançamento de esgotos domésticos não tratados. Os Depósitos Tecnogênicos de Rejeitos são áreas onde foram depositados sedimentos inconsolidados, resultantes do processo de extração de minerais metálicos, as quais continuam liberando metais pesados para as águas do

arroio João Dias. Já os Depósitos Tecnogênicos de Rejeitos com Pinus, também continuam adicionando metais pesados ao arroio. Ao apresentarem cobertura com pinus como barreira geoquímica, impedem que o material particulado seja transportado pela ação eólica para a Vila das Minas do Camaquã.

Por fim, as Paisagens Geoquímicas Abiogênicas foram mapeadas como afloramentos de rocha que não possuem cobertura vegetal ou ela é incipiente, ocorrendo basicamente espécies endêmicas.

Os dados e as conclusões apresentadas permitem inferir que a Geoquímica da Paisagem, em sua última versão de 1999, é uma metodologia de avaliação integrada de ambientes que serve de ferramenta para os mais diversos profissionais das ciências ambientais. Ela permite quantificar vários fatores e prospectar outros elementos ambientais que não estão facilmente disponíveis para serem mapeados, como é o caso das litologias ou dos solos.

A metodologia aplicada aqui inclui uma técnica inovadora para o mapeamento das Paisagens Geoquímicas. Trata-se do instrumental da álgebra de mapas em ambiente SIG, o qual permitiu a interpolação das variáveis de maneira automatizada, aumentando a precisão dos resultados finais.

As paisagens resultantes constituem unidades de análise ambiental úteis para os gestores públicos realizarem ações que visam a melhoria da qualidade de vida da população, maximização do uso do solo com práticas conservacionistas e recuperação de áreas degradadas.

Importante ressaltar que, apesar dos inúmeros dados quantitativos levantados nesta tese, a partir de diferentes métodos, sugere-se para trabalhos futuros a realização do cruzamento das informações de produção de biomassa com a petrografia das rochas sedimentares da área. O cruzamento destes dados poderá fornecer subsídios para o mapeamento das diferentes litologias sedimentares, aumentando a precisão dos mapas geológicos comparados com os existentes na atualidade.

REFERÊNCIAS

ABSALÃO, I. A. **A comprehensive assessment of the geochemical impact of mining and metallurgical plant on the environment. Using geochemical methods for environmental pollution.** Moscow. IMGRE, 1984. (em russo).

_____. **Geochemical barriers of border areas of Lakeland.** Moscow, MGU, 2002. (em russo).

ALBARNAZ, F. L. **Análise estrutural das dobras da janela bom jardim (Bacia do Camaquã, RS).** Monografia de conclusão de curso. Engenharia Geológica, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 123p, 2013.

ALEKSEENKO, V. A. **Geochemical methods of prospecting for mineral deposits.** Ed. M.Higher. WK, 1989, 304p. (em russo).

_____. **Geoquímica ambiental.** M, o Logos, 310 p. 2003. (em russo).

ANUCHIN, V. A. **Theoretical problems of geography.** Moscow. Nauka, 1960. 264p. (em russo).

APHA. **Standart methods for the examination of water and wastewater.** American Public Health Association, 19ª edição. 1995.

ARMAND, J. **A realidade sobre as paisagens: problemas e métodos estudos da paisagem.** MGU. Moscou, 1967. 342 p. (em russo).

BAPTISTA, L. R. M.; WAGNER, H. M. L. **Lista Preliminar de Espécies Ameaçadas da Flora do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Sociedade Botânica do Brasil, Secção Regional do Rio Grande do Sul, Folheto Avulso, 16p. 1998.

BARROS, F. C. D. **Emanações gasosas de mercúrio associadas com mineralizações sulfetadas de zinco. Estudo de caso: depósito de Santa Maria (RS).** Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.- Campinas, SP., 2012.

BAZILEVICH, N. I. **Geochemistry of salted soils.** Moscow: Nedra, 1965 (em russo).

BELTRAME, Â. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação.** Florianópolis, Ed. da UFSC, 1994.

BERG, L. S. Faciès, aspects géographiques et zones géographiques. **Dans Mémoires de la Société géographique de l'URSS**, Moscow v. 77, p. 162-164, 1945 (em russo).

BERTALANFFY, L. V. **A Teoria Geral de Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1975.

BETEJTIN, A. **Curso de Mineralogia**. Ed. Mir, Moscou, 739p., 1977.

BICCA, M. M. **Tectônica e Proveniência do Grupo Santa Bárbara, Região de Minas do Camaquã – RS**. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2013.

BLINOV, S. M. **Fundamentals of application of geochemical barriers for environmental protection**. (D. Phil Thesis) Geology and Mining. Perm University. 2000. (em russo).

BOGDANOV, A. A. **Ciência Universal Organizacional (Tectologia)**. Parte I. MGU, Moscou, 372p. 1920.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005**. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 8 out. 2010.

BRUCH, A. F. **ANÁLISE SÓCIO-AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO JOÃO DIAS, MINAS DO CAMAQUÃ/RS**. 172 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2009.

CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1990. 37 p. (Boletim Técnico, 35).

_____. **Leguminosas para adubação verde no Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1995. 118 p. (Circular, 80). CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. Tese de Doutorado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, 1995 (disponível na Internet em <http://www.dpi.inpe.br/people/gilberto>)

CARVALHO, R. P. B. Contribuições da análise de geossistemas na recuperação de áreas degradadas por mineração. **Caderno Geografia**, Belo Horizonte, V.21, n.36, 2011.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Boletim de Águas Superficiais**. Acessado em 2014. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguassuperficiais/.../coliformes_terminotolerantes.pdf

CHEMALE JR., F. Evolução Geológica do Estado Sul-rio-grandense. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (eds.) **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, CIGO UFRGS, p. 13-52, 2000.

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical Geography: a systems approach**. London: Prentice-Hall, 1971.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

_____. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CBC. COMPANHIA BRASILEIRA DO COBRE. **Plano de Recuperação de Passivo Ambiental**. Informativo, Caçapava do Sul, 1980.

_____. **Controle Ambiental – Pontos de coleta de água**. Relatório técnico interno – informativo, Minas do Camaquã - Caçapava do Sul, 9p. 1984.

_____. **Relatório de viabilidade da Jazida Santa Maria, Minas do Camaquã – Caçapava do Sul/R.S.** Boletim de setembro de 1996.

CPRM. **Carta Geológica**: Folha SH.22-Y-A – Cachoeira do Sul. 1:250.000. 2000.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A.J.T. **Geomorfologia – Exercícios, Técnicas e Aplicações**. Rio de Janeiro. Ed. Bertrand Brasil, 1996.

CUNHA, S. B. **Geomorfologia Fluvial**. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (Org.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 3 ed. 1998.

CVRD. Companhia Vale do Rio Doce, AE. Mineração no Brasil, Mineração e Meio Ambiente. Ed. SUCEM – Superintendência de Comunicação Empresarial, 1992.

DEMEK, J. **Systemova teoria a studium krajiny**. Studia geogr. v. 40. 200 s. 1974.

_____. The landscape as a geosystem. **Geoforum**, UK, vol. 9, p. 29-34, 1978.

DOBROVOLSKY, V. **A geografia dos minerais**. Dispersão global. – M.: Pensamento Geográfico, 1962. (em russo).

_____. Paisagens geoquímicas e o zoneamento da Karelia. Em Sat: **Paisagem-geoquímica de zoneamento e proteção ambiental**. Perguntas geográficas. Sb.120 – M.: 1983.

_____. **Fundamentos de Bioquímica**. MGU, Moscou, 1998. (em russo).

DOCEGEO. RIO DOCE GEOLOGIA E MINERAÇÃO S.A. **Informações sobre a província cuprífera de Rio Grande do Sul**, Relatório N° 6. Minas do Camaquã. Ed. DOCEGEO, 1975.

ELISASHVILI, V.; KACHLISHVILI, E. Physiological regulation of laccase and manganese peroxidase production by white-rot Basidiomycetes. **Journal of Biotechnology**, Amsterdam, v. 144, n. 1, p. 37-42, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999, 306p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Florestas. **Metodologia para Estimar o Estoque de Carbono em Diferentes Sistemas de Uso da Terra**. Colombo. Embrapa Florestas. 2002.

EMBRAPA. Clima Temperado. **Zoneamento e dados climáticos do Sul**. Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/agromet/>. Acesso em 12 maio 2014.

ESPÓSITO, T. J. **Metodologia probabilística e observacional aplicada a barragens de rejeito construídas por aterro hidráulico**. 363 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2000.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro, Interciência, FINEP, 1988.

ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J. Análise de bacia aplicada à prospecção de água subterrânea no planalto acidental paulista, SP. **Geociências**, São Paulo: UNESP, v.26, n.3, p.229-247, 2007.

FIGUEIREDO, B. R. **Minérios e ambiente**. Campinas/SP, Ed. da Unicamp.2000.

FORMAN, R. T. T; GODRON, M. **Landscape Ecology**. John Wiley, New York, 1986.

FORTESCUE, J. A. C. **Environmental Geochemistry**, New York: Springer-Verlag, 1980.

FRAGOSO-CÉSAR, A. R.; FAMBRINI, G.; PAES DE ALMEIDA, R.; PELOSI, A.; JANIKIAN, L.; RICCOMINI, C.; MACHADO, R.; NOGUEIRA, A.; SAES, G. The Camaquã extensional basin: Neoproterozoic to early Cambrian sequences in southernmost Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, p. 438-441, 2000.

GIRARDI-DEIRO, A. M. **Influência de manejo, profundidade do solo, inclinação do terreno e metais pesados sobre a estrutura e a dinâmica da vegetação herbácea da Serra do Sudeste, RS**. Tese de Doutorado. Departamento de Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 218p, 1999.

GLAZOVSKAYA, M. A. **Basis of the typology and geochemical studies of methodology for landscapes**. Smolensk Ecumene, 2002. 228p. (em russo).

GUADAGNIN, D. L.; LAROCCA, J.; SOBRAL, M. **Flora Vascular de interesse para a conservação da bacia do Arroio João Dias**. In: Ronchi e Lobato (Eds). Minas do Camaquã – Um estudo Multidisciplinar. São Leopoldo: Unisinos, 1999, p. 71-84.

GUSTAVSSON, N.; BOLVIKEN, B.; SMITH, D. B.; SEVERSON, R. C. **Geochemical Landscapes of the Conterminous United States - New Map Presentations for 22 Elements**. U.S. Geological Survey Professional Paper 1648. 2001.

GUTMANIS, D. **Estoque de carbono e dinâmica ecofisiológica em sistemas silvipastoris**. Tese de Doutorado em Ciências Biológicas. UNESP, Rio Claro, 2004, 142 p.

GVOZDETSKY, N. **Geografia Física do Cáucaso**. Univ. Press. Moscou, 264p. 1961. (em russo).

_____. **Manual de Geografia Física**. MGU. Moscou, 222p. 1979. (em russo).

HANSEN, M. A. F.; FENSTERSEIFER, H. C. Caracterização edafopedológica da Sub-bacia do Arroio João Dias, como ferramenta de planejamento ambiental, Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã, RS, Brasil. **In: RONCHI, L. H. e LOBATO, A. O. C. (Orgs.) Minas do Camaquã: Um estudo multidisciplinar**. São Leopoldo: 2º Ed. UNISINOS. p. 211-240. 2000.

HUXLEY, P. **Tropical Agroforestry**. Cambridge: University Press, 1999. 371p.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 1985**. Rio Grande do Sul, N.18. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **Produção Agrícola Municipal, ano (2001-2007)**. Município de Caçapava do Sul. Lavouras Permanentes e Temporárias. Sidra. Acesso dia 28/04/2008.

_____. **Manual Técnico de Pedologia**. Manual nº 4, 2º, Ed. Rio de Janeiro, 2007.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:500.000. IPT, São Paulo. Vol. I. Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais, São Paulo. 1981.

ISACHENKO, A. G. **Ciência da Paisagem e a Geografia Física**. MGU, Moscou, 326p. 1965. (em russo).

_____. **Theory and methodology of geography**. Moscow, MGU, 2002. 396p. (em russo).

JUSTUS, J. O. Hidrografia. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, V. 2, 1990.

KASIMOV, N. S. **Geochemistry of the landscape of fault zones (eg Kazakhstan)**. Moscow: MGU, 1980. 119p. (em russo).

_____. **Geoquímica da estepe e paisagens desérticas**. – MGU, Moscou, 1988. (em russo)

KOPEZINSKI, I. **Mineração X meio ambiente: considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores**. Porto Alegre. Ed. Universidade/UFRGS, 2000. 103 p.

KRUSTALEV, Y. P.; ISACHENKO, A. A.; BESPALOV, A. A.; PIRUMOVA, E. I. Zoning landscape of the Azov Sea. **Journal of Ecology and Geography of Southern Russia**. nº.1, 2000. p. 11-21. (em russo).

LANÇAS, K. P.; SOUZA, A. P.; CARDOSO, L. G. **Obras de terra: sistematização e pequenas barragens**. Brasília, DF: ABEAS, 1988. 108p.

LAYBAUER, L. **Análise das transferências de metais pesados em águas e sedimentos fluviais na região das Minas do Camaquã, RS**. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, 164 p, 1995.

LAYBAUER, L.; RONCHI, L. H.; BAECKER, C. A.; MARTINS, J. Avaliação do estado da qualidade das águas e da contaminação dos sedimentos recentes do arroio João Dias após o encerramento das atividades das Minas do Camaquã - RS, Brasil. *In*:

RONCHI, L. H. E LOBATO, A. O. C. (Orgs.) **Minas do Camaquã: Um estudo multidisciplinar**. São Leopoldo: Ed. UNISINOS. 1999.

LASTOCHKIN, A. N. **General Theory of Geosystems**. St. Univ "Lem". 2010. 980p. (em russo).

LEINZ, V.; ALMEIDA, S. Gênese da jazida de Cobre de Camaquã. Secretaria de Agricultura, Indústria e Comércio do RS, Porto Alegre. **Boletim**, nº 308, 1941.

LEPESCH, I. F. **Solos - Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Melhoramentos. Série Prisma Brasil, 4ª Ed. , 1982. 178 p.

LEVINE, G. D. **Universal Problems**. The modern view. Moscow, 2005. (em russo).

LUKYANCHENKO, A. D. **Geochemical characteristics of the formation of periodically wet landscapes of the Lower Dom under the influence of natural and anthropogenic factors**. Master of Science. Dep. of Geography. Rostov University. 2003. (em russo).

LUKYANOV, A. V. General properties of ice and glaciers, Rivers of ice on the tectonic domes. Characteristics of the tectonics of continental ice. Moscow, **Society of Naturalists**, Dep. Geol. 2005. (em russo).

MACEDO, M. C. M. Adubação e calagem para a implantação de pastagens cultivadas na região de cerrados In: **CURSO DE PASTAGENS**, Campo Grande. Palestras apresentadas. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1997.

MALAVOLTA, E.; LIEM, T. H.; PRIMAVESI, A. C. P. A. Exigências nutricionais das plantas forrageiras. In: **Simpósio sobre calagem e adubação de pastagens**, 1., 1985. Nova Odessa. Calagem e adubação de pastagens. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p. 31-76.

MILKOVO, F. N. **Geografia Física da URSS**. A parte europeia da URSS-Caucaso. MGU Educação. Moscou, 1969. (em russo).

_____. **A Geografia Geral**. MGU. Moscou, 1989. (em russo).

MIRLEAN, N. **Geochemistry of Moldavian agrolandscapes**. Kishinev: Stiintsa, 1989 (em russo)

MIRLEAN, N.; TELLES, R. M.; DUARTE, G. M. O que é geoquímica da paisagem?. **Geosul**. Florianópolis, v. 21, n. 41, p 107-126, jan./jun. 2006.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistema a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000.

MSHANDETE, A. M.; MGONJA, J. R. Submerged liquid fermentation of some tanzanian basidiomycetes for the production of mycelial biomass, exopolysaccharides and mycelium protein using wastes peels media. **Journal of Agricultural and Biological Science**, Nanning, v. 4, n. 6, p. 1-13, 2009.

NAIR, P. K. **An Introduction to Agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499p.

NIKOLAEVA, V. A. **Escola de Paisagem da Universidade Estatal de Moscou: tradições, realizações e perspectiva**. Ed. Rusak. Moscou, 1999.

NIMER, E. Clima. In: **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, V.2, 1990.

NUMMER, A. V. **Modelamento geológico do Depósito Mineral Santa Maria – RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre. 1997. 109p

O'LEARY, D. W.; FRIEDMAN, J. D.; POHN, H. A. Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. **GSA Bulletin**, v. 87, p. 1463-1469, 1976.

OBRUCHEV, V. A. Osnovnyje certy kinetiki i plastiki neotectoniki. **Izv. Akad. Nauk. SSSR Ser. Geol.** 5. 1948. (em russo).

PAIM, P. S. G. **Depositional systems and palaeogeographical evolution of the Camaquã and Santa Bárbara basins, Brazil**. D. Phil Thesis, University of Oxford, 277p. 1994.

PAIM, P. S. G.; CHEMALE JR., F.; LOPES, R. C. A Bacia do Camaquã. In: M. Holz e L. F. de Ros (Eds.) **Geologia do Rio Grande do Sul**. 1999.

PANDEY, A. Solid-state fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, Amsterdam, v. 13, n. 2-3, p. 81-84, 2003.

PARN, J. **Landscape factors in material transport from rural catchments in Estonia**. D. Phil Thesis. University of Tartu. 2010. 71p.

PERELMAN, A. I. The natural landscapes of the European USSR and their geochemical characteristics. **Nature**, nº3, p.35-47, 1954.

_____. **Landscape Geochemistry**, Vysshaya shkola, Moscow, (translation no. 676, Geological Survey of Canada, Ottawa), 524 p. 1966.

_____. **Geochemistry of landscape**. Moscow: Vyshaia Shkola, 1975 (em russo).

_____. **Map of geochemical landscapes of the Rostov region 1:500.000**. GUGK Concil of ministers of URSS. 1986. (em russo).

PERELMAN, A. I.; KASIMOV N. S. **Geochemistry of landscape**. Moscow: Astrea, 1999 (em russo).

PERELMAN, A. I.; MIRLEAN, N. F. Geochemical principles of anthropogenic landscapes classification. **Vestnik, of MSU, Series: Geography**, Moscow, v.36, p.72-75, 1984 (em russo).

PERELMAN, A. I.; VOROBIEV, A. E. Systematic mining and industrial landscapes. **Vestnik. MGU. Five Geography** nº 1, 1995. P.16-22 (em Russo).

PETERKA, J.; KUBECKA, J. Fish in the pit lakes – towards a functional ecosystem. **Mine Water–Managing the Challenges**, Aachen-Germany, p.537-538, IMWA, 2011.

POLYNOV, B. B. **The Crust of Weathering**. Izdatelstvo Akad. Nauk URSS., Moscow. 1915. (English translation: *The Cycle of Weatheling*, A. Muir, translator) Murby, London, 1937.

_____. **Cycle of Weathering**. (Translated by A. Muir), Murby Co., London, 1938.

_____. Modern objects of weathering study. **Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Geol.** 2, 3 – 14. 1944. (em russo).

_____. **Doctrine of landscapes**. USSR Academy of Sciences Press: Moscow, 1954.

_____. **Selecta**. Moscow: AN USSR, 1956. (em russo).

PRIVALENKO, V. **Geoquímica e cidades artificiais**. Biogeoquímica do Don Lower. Abstract. dis... banco dos réus. Ciências Biológicas. Moscou, 1994.

REIMANN, C.; SIEWERS, U.; TARVAINEN, T.; BITYUKOVA, L.; ERIKSON, A.; GILUCIS, V.; GREGORAUSKIENE, V.; LUKASEV, V.K.; MATINIAN, N.N.; PASIECZNA, A. **Agricultural Soils in Northern Europe: a Geochemical Atlas**. Geologisches Jahrbuch Sonderhefte, Reihe D Heft SD5, Stuttgart. 2003.

RONCHI, L. H.; BAECKER, C. A.; MARTINS, J. Avaliação do estado da qualidade das águas e da contaminação dos sedimentos recentes do Arroio João Dias após o

encerramento das atividades das Minas do Camaquã - RS. In: Ronchi e Lobato (Eds). **Minas do Camaquã – Um estudo Multidisciplinar**. São Leopoldo: Unisinos, 1999, p. 241-259

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. In: **Revista Dep. Geografia**, São Paulo, nº6, FFLCH-USP, 1992.

SERIKOV, V. N. O padrão de distribuição de metais pesados em solos de culturas paisagens de campo em áreas de uso intensivo da terra. **Abstracts** da Conferência “Geoquímica da biosfera.” Novorossiysk, 1997. (em russo).

_____. **Geochemistry of the Southern agrarian landscapes in the European part of Russia**. (D. Phil Thesis) Dep. of Geography. Moscow SU, 2003. (em russo).

SHOLPO, B. **Structure of the Earth: the order or disorder?** Moscow, 2005. 192p. (em russo).

SINDING, K. Environmental impact assessment and management in the mining industry. **Natural Resources Forum**, nº 23, p.57-63. 1999.

SOBOLEV, N. P.; YAZIKOV, E. **Study of Landscape**. Publishing house of the Polytechnic University of Tomsk. 2010. P. 175. (em russo).

SOTCHAVA, A. B. **Definition of some terms and concepts of physical geography**. Reports of the Institute of Geography of Siberia and the Far East. Novosibirsk: Nauka, Vol. 3. 1962. p. 50-59. (em russo).

_____. **Introduction to the Study of geosciences**. Novosibirsk: Nauka, 1978. 320p. (em russo).

SPERLING, E. von. Limnologia Aplicada. In: Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG. **Apostila**. 103f., 2011.

SPAIN, J. M.; SALINAS, J. G. A reciclagem de nutrientes nas pastagens tropicais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 16., 1984, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, 1985. p. 259-299.

SUKACHEV, V. N. **Selecta (phytocenology)**. Moscow: NA USSR, 1975 (em russo).

SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology: an introduction of the study of landforms**. Essex, Longman Scientific & Technical, 1991. 537p.

SYSUYEV, V. V. **Modeling processes in geochemical systems landscape.** Moscow. Nauka, 1986. 302p. (em russo)

SZUCS, A. **Geochemical Landscape Analysis for the Risk Assessment of Acid Mine Drainage in a Wetland Environment.** D. Phil Thesis. Uppsala Universitet. 2006. 50p.

SZYMANSKI, M. B. Tailings dams from the perspective of conventional dam engineering. In: CANADIAN DAM ASSOCIATION CONFERENCE, Canadá: Sudbury, Ontario, 1999.

THORNE, C. R.; HEY, R. D.; NEWSON, M. D. **Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management.** Southern Gate, Chichester, England, 1997.

TONINI, H; SCHWENGBER, L. A. M. Equações hipsométricas e volumétricas para *Acacia mangium willd* em Roraima. **Ambiência.** V. 2 n.2. p. 155-165. 2006.

TONIOLO, J. A.; GIL, C. A. A.; SANDER, A. **Metalogenia das Bacias Neoproterozóicas-Eopaleozóicas do Sul do Brasil: Bacia do Camaquã.** CPRM, Porto Alegre, 154 p., 2007.

TROIAN, G. C. **A cloritização na Mina Uruguai, Minas do Camaquã, RS – Brasil.** Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 86p. 2009.

TUNDISI, J. G. (editor). **Limnologia e Manejo de Represas.** São Paulo, Academia de Ciências, 1988. Vol. 1.

VERNADSKI, V. I. **Selecta.** Moscow: AN USSR, 1954 (em russo).

VIEIRA, V. T.; CUNHA, S. B. **Mudanças na Rede de Drenagem Urbana de teresópolis (Rio de Janeiro).** In: Guerra,A.T; Cunha,S.B. (Org.). Impactos Urbanos no Brasil. 1ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil Ltda., 2001, v. , p. 111-145.

WEBER, E. F.; BRUCH, A. F. Análise do Potencial Gerador de Energia Elétrica da Barragem Água Limpa, Sub-bacia Hidrográfica do Arroio João Dias, Minas do Camaquã/RS. In: **XVII CIC e X Enpos, 2008**, Pelotas. Conhecimento sem fronteiras. Pelotas : UFPEL, 2008. v. Único. p. 1-4.

WOERNS, N. M. **Landscape geochemical investigations in the vicinity of a lead deposit near Snertingdal, southern Norway.** Master of Science. Brock University, Ontario, 1976. 207p.

YOUNG, A. **Agroforestry for Soil Management.** 2 Ed. Nairobi: ICRAF, 1997. 320p.

ZARISTKY, P. V. **Geochemistry (Biogeochemistry) ENVIR. for high school.** Ministry of Educ. and Science. Ed. Kharkov Nat. University. 2003. (em russo).

ANEXOS

Álgebras de Mapas das 23 Áreas Geomorfológicas

```

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 01

//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA01("HIPSOMETRIA"), CLINOGRAFIA01("CLINOGRAFIA"), RELEVO01("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA01=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA01");
CLINOGRAFIA01=Recupere (Nome = "CLINOGRAFIA01");
//Criando novo plano
RELEVO01=Novo(Nome="RELEVO01", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO01 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA01.Classe == "120-140" && CLINOGRAFIA01.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA01.Classe == "140-160" && CLINOGRAFIA01.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA01.Classe == "160-180" && CLINOGRAFIA01.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA01.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA01.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA01.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA01.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA01.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA01.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA01.Classe == "120-140" && CLINOGRAFIA01.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA01.Classe == "140-160" && CLINOGRAFIA01.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA01.Classe == "160-180" && CLINOGRAFIA01.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA01.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA01.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA01.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA01.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA01.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA01.Classe == "15-100")
};
}

//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos - Area 02
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA02("HIPSOMETRIA"), CLINOGRAFIA02("CLINOGRAFIA"), RELEVO02("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA02=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA02");
CLINOGRAFIA02=Recupere (Nome = "CLINOGRAFIA02");
//Criando novo plano
RELEVO02=Novo(Nome="RELEVO02", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO02 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA02.Classe == "120-140" && CLINOGRAFIA02.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA02.Classe == "140-160" && CLINOGRAFIA02.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA02.Classe == "160-180" && CLINOGRAFIA02.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA02.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA02.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA02.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA02.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA02.Classe == "120-140" && CLINOGRAFIA02.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA02.Classe == "140-160" && CLINOGRAFIA02.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA02.Classe == "160-180" && CLINOGRAFIA02.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA02.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA02.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA02.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA02.Classe == "15-100")
};
}

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos - Area 03
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA03("HIPSOMETRIA"), CLINOGRAFIA03("CLINOGRAFIA"), RELEVO03("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA03=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA03");
CLINOGRAFIA03=Recupere (Nome = "CLINOGRAFIA03");
//Criando novo plano
RELEVO03=Novo(Nome="RELEVO03", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO03 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA03.Classe == "120-140" && CLINOGRAFIA03.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA03.Classe == "140-160" && CLINOGRAFIA03.Classe == "0-15"),

```



```

"COLINA": (HIPSOMETRIA03.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA03.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA03.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA03.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA03.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA03.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA03.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA03.Classe == "300-320" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA03.Classe == "320-340" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA03.Classe == "340-360" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA03.Classe == "120-140" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA03.Classe == "140-160" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA03.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA03.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA03.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA03.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA03.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA03.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA03.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA03.Classe == "300-320" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA03.Classe == "320-340" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA03.Classe == "340-360" && CLINOGRRAFIA03.Classe == "15-100")
};
}

```

//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 04

//Definindo as variáveis e suas categorias

Tematico HIPSOMETRIA04("HIPSOMETRIA"), CLINOGRRAFIA04("CLINOGRRAFIA"), RELEVO04("RELEVO");

//Recuperando planos

HIPSOMETRIA04=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA04");

CLINOGRRAFIA04=Recupere (Nome = "CLINOGRRAFIA04");

//Criando novo plano

RELEVO04=Novo(Nome="RELEVO04", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);

//Definindo as relações entre classes

RELEVO04 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")

```

{
"COLINA": (HIPSOMETRIA04.Classe == "120-140" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA04.Classe == "140-160" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA04.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA04.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA04.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA04.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA04.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA04.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA04.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA04.Classe == "120-140" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA04.Classe == "140-160" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA04.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA04.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA04.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA04.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA04.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA04.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA04.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA04.Classe == "15-100")
};
}

```

//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 05

//Definindo as variáveis e suas categorias

Tematico HIPSOMETRIA05("HIPSOMETRIA"), CLINOGRRAFIA05("CLINOGRRAFIA"), RELEVO05("RELEVO");

//Recuperando planos

HIPSOMETRIA05=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA05");

CLINOGRRAFIA05=Recupere (Nome = "CLINOGRRAFIA05");

//Criando novo plano

RELEVO05=Novo(Nome="RELEVO05", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);

//Definindo as relações entre classes

RELEVO05 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")

```

{
"COLINA": (HIPSOMETRIA05.Classe == "140-160" && CLINOGRRAFIA05.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA05.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA05.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA05.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA05.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA05.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA05.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA05.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA05.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA05.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA05.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA05.Classe == "140-160" && CLINOGRRAFIA05.Classe == "15-100"),

```

```

"MORROTE": (HIPSOMETRIA05.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA05.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA05.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA05.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA05.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA05.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA05.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA05.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA05.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA05.Classe == "15-100")
};
}

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 06
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA06("HIPSOMETRIA"), CLINOGRRAFIA06("CLINOGRRAFIA"), RELEVO06("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA06=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA06");
CLINOGRRAFIA06=Recupere (Nome = "CLINOGRRAFIA06");
//Criando novo plano
RELEVO06=Novo(Nome="RELEVO06", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO06 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA06.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA06.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA06.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA06.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA06.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA06.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA06.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA06.Classe == "300-320" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA06.Classe == "320-340" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA06.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA06.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA06.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA06.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA06.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA06.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA06.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA06.Classe == "300-320" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA06.Classe == "320-340" && CLINOGRRAFIA06.Classe == "15-100")
};
}

//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 07
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA07("HIPSOMETRIA"), CLINOGRRAFIA07("CLINOGRRAFIA"), RELEVO07("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA07=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA07");
CLINOGRRAFIA07=Recupere (Nome = "CLINOGRRAFIA07");
//Criando novo plano
RELEVO07=Novo(Nome="RELEVO07", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO07 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA07.Classe == "140-160" && CLINOGRRAFIA07.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA07.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA07.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA07.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA07.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA07.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA07.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA07.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA07.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA07.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA07.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA07.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA07.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA07.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA07.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA07.Classe == "140-160" && CLINOGRRAFIA07.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA07.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA07.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA07.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA07.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA07.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA07.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA07.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA07.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA07.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA07.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA07.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA07.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA07.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA07.Classe == "15-100")
};
}

//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 08
//Definindo as variáveis e suas categorias

```

```

Tematico HIPSOMETRIA08("HIPSOMETRIA"), CLINOGRRAFIA08("CLINOGRRAFIA"), RELEVO08("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA08=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA08");
CLINOGRRAFIA08=Recupere (Nome = "CLINOGRRAFIA08");
//Criando novo plano
RELEVO08=Novo(Nome="RELEVO08", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO08 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA08.Classe == "140-160" && CLINOGRRAFIA08.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA08.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA08.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA08.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA08.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA08.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA08.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA08.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA08.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA08.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA08.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA08.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA08.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA08.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA08.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA08.Classe == "140-160" && CLINOGRRAFIA08.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA08.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA08.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA08.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA08.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA08.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA08.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA08.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA08.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA08.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA08.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA08.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA08.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA08.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA08.Classe == "15-100")
};
}

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 09
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA09("HIPSOMETRIA"), CLINOGRRAFIA09("CLINOGRRAFIA"), RELEVO09("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA09=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA09");
CLINOGRRAFIA09=Recupere (Nome = "CLINOGRRAFIA09");
//Criando novo plano
RELEVO09=Novo(Nome="RELEVO09", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO09 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA09.Classe == "140-160" && CLINOGRRAFIA09.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA09.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA09.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA09.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA09.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA09.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA09.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA09.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA09.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA09.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA09.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA09.Classe == "140-160" && CLINOGRRAFIA09.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA09.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA09.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA09.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA09.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA09.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA09.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA09.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA09.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA09.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA09.Classe == "15-100")
};
}

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 10
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA10("HIPSOMETRIA"), CLINOGRRAFIA10("CLINOGRRAFIA"), RELEVO10("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA10=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA10");
CLINOGRRAFIA10=Recupere (Nome = "CLINOGRRAFIA10");

//Criando novo plano
RELEVO10=Novo(Nome="RELEVO10", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO10 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA10.Classe == "140-160" && CLINOGRRAFIA10.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA10.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA10.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA10.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA10.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA10.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA10.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA10.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA10.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA10.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA10.Classe == "0-15"),

```

```

"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA10.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA10.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA10.Classe == "140-160" && CLINOGRAFIA10.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA10.Classe == "160-180" && CLINOGRAFIA10.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA10.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA10.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA10.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA10.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA10.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA10.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA10.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA10.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA10.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA10.Classe == "15-100")
};
}

//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 11
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA11("HIPSOMETRIA"), CLINOGRAFIA11("CLINOGRAFIA"), RELEVO11("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA11=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA11");
CLINOGRAFIA11=Recupere (Nome = "CLINOGRAFIA11");
//Criando novo plano
RELEVO11=Novo(Nome="RELEVO11", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO11 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA11.Classe == "140-160" && CLINOGRAFIA11.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA11.Classe == "160-180" && CLINOGRAFIA11.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA11.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA11.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA11.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA11.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA11.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA11.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA11.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA11.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA11.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA11.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA11.Classe == "280-300" && CLINOGRAFIA11.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA11.Classe == "140-160" && CLINOGRAFIA11.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA11.Classe == "160-180" && CLINOGRAFIA11.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA11.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA11.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA11.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA11.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA11.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA11.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA11.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA11.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA11.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA11.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA11.Classe == "280-300" && CLINOGRAFIA11.Classe == "15-100")
};
}

//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 12
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA12("HIPSOMETRIA"), CLINOGRAFIA12("CLINOGRAFIA"), RELEVO12("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA12=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA12");
CLINOGRAFIA12=Recupere (Nome = "CLINOGRAFIA12");
//Criando novo plano
RELEVO12=Novo(Nome="RELEVO12", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO12 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA12.Classe == "160-180" && CLINOGRAFIA12.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA12.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA12.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA12.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA12.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA12.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA12.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA12.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA12.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA12.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA12.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA12.Classe == "160-180" && CLINOGRAFIA12.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA12.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA12.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA12.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA12.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA12.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA12.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA12.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA12.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA12.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA12.Classe == "15-100")
};
}

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 13
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA13("HIPSOMETRIA"), CLINOGRAFIA13("CLINOGRAFIA"), RELEVO13("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA13=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA13");

```

```

CLINOGRRAFIA13=Recupere (Nome = "CLINOGRRAFIA13");
//Criando novo plano
RELEVO13=Novo(Nome="RELEVO13", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO13 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA13.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA13.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA13.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA13.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA13.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA13.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA13.Classe == "300-320" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA13.Classe == "320-340" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA13.Classe == "340-360" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA13.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA13.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA13.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA13.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA13.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA13.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA13.Classe == "300-320" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA13.Classe == "320-340" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA13.Classe == "340-360" && CLINOGRRAFIA13.Classe == "15-100")
};
}

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 14
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA14("HIPSOMETRIA"), CLINOGRRAFIA14("CLINOGRRAFIA"), RELEVO14("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA14=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA14");
CLINOGRRAFIA14=Recupere (Nome = "CLINOGRRAFIA14");
//Criando novo plano
RELEVO14=Novo(Nome="RELEVO14", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO14 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA14.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA14.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA14.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA14.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA14.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA14.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA14.Classe == "300-320" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA14.Classe == "320-340" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA14.Classe == "340-360" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA14.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA14.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA14.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA14.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA14.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA14.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA14.Classe == "300-320" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA14.Classe == "320-340" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA14.Classe == "340-360" && CLINOGRRAFIA14.Classe == "15-100")
};
}

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 15
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA15("HIPSOMETRIA"), CLINOGRRAFIA15("CLINOGRRAFIA"), RELEVO15("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA15=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA15");
CLINOGRRAFIA15=Recupere (Nome = "CLINOGRRAFIA15");
//Criando novo plano
RELEVO15=Novo(Nome="RELEVO15", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO15 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{

```

```

"COLINA": (HIPSOMETRIA15.Classe == "160-180" && CLINOGRAFIA15.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA15.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA15.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA15.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA15.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA15.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA15.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA15.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA15.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA15.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA15.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA15.Classe == "280-300" && CLINOGRAFIA15.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA15.Classe == "300-320" && CLINOGRAFIA15.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA15.Classe == "320-340" && CLINOGRAFIA15.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA15.Classe == "160-180" && CLINOGRAFIA15.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA15.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA15.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA15.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA15.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA15.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA15.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA15.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA15.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA15.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA15.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA15.Classe == "280-300" && CLINOGRAFIA15.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA15.Classe == "300-320" && CLINOGRAFIA15.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA15.Classe == "320-340" && CLINOGRAFIA15.Classe == "15-100")
};
}

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 16
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA16("HIPSOMETRIA"), CLINOGRAFIA16("CLINOGRAFIA"), RELEVO16("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA16=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA16");
CLINOGRAFIA16=Recupere (Nome = "CLINOGRAFIA16");
//Criando novo plano
RELEVO16=Novo(Nome="RELEVO16", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO16 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA16.Classe == "120-140" && CLINOGRAFIA16.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA16.Classe == "140-160" && CLINOGRAFIA16.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA16.Classe == "160-180" && CLINOGRAFIA16.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA16.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA16.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA16.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA16.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA16.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA16.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA16.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA16.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA16.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA16.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA16.Classe == "280-300" && CLINOGRAFIA16.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA16.Classe == "300-320" && CLINOGRAFIA16.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA16.Classe == "120-140" && CLINOGRAFIA16.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA16.Classe == "140-160" && CLINOGRAFIA16.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA16.Classe == "160-180" && CLINOGRAFIA16.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA16.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA16.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA16.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA16.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA16.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA16.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA16.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA16.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA16.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA16.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA16.Classe == "280-300" && CLINOGRAFIA16.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA16.Classe == "300-320" && CLINOGRAFIA16.Classe == "15-100")
};
}

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 17
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA17("HIPSOMETRIA"), CLINOGRAFIA17("CLINOGRAFIA"), RELEVO17("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA17=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA17");
CLINOGRAFIA17=Recupere (Nome = "CLINOGRAFIA17");
//Criando novo plano
RELEVO17=Novo(Nome="RELEVO17", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO17 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA17.Classe == "120-140" && CLINOGRAFIA17.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA17.Classe == "140-160" && CLINOGRAFIA17.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA17.Classe == "160-180" && CLINOGRAFIA17.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA17.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA17.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA17.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA17.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA17.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA17.Classe == "0-15"),

```

```

"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA17.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA17.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA17.Classe == "120-140" && CLINOGRAFIA17.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA17.Classe == "140-160" && CLINOGRAFIA17.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA17.Classe == "160-180" && CLINOGRAFIA17.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA17.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA17.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA17.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA17.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA17.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA17.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA17.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA17.Classe == "15-100")
};
}

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 18
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA18("HIPSOMETRIA"), CLINOGRAFIA18("CLINOGRAFIA"), RELEVO18("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA18=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA18");
CLINOGRAFIA18=Recupere (Nome = "CLINOGRAFIA18");
//Criando novo plano
RELEVO18=Novo(Nome="RELEVO18", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO18 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA18.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA18.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA18.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA18.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA18.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA18.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA18.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA18.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA18.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA18.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA18.Classe == "280-300" && CLINOGRAFIA18.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA18.Classe == "300-320" && CLINOGRAFIA18.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA18.Classe == "320-340" && CLINOGRAFIA18.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA18.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA18.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA18.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA18.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA18.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA18.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA18.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA18.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA18.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA18.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA18.Classe == "280-300" && CLINOGRAFIA18.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA18.Classe == "300-320" && CLINOGRAFIA18.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA18.Classe == "320-340" && CLINOGRAFIA18.Classe == "15-100")
};
}

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 19
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA19("HIPSOMETRIA"), CLINOGRAFIA19("CLINOGRAFIA"), RELEVO19("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA19=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA19");
CLINOGRAFIA19=Recupere (Nome = "CLINOGRAFIA19");

//Criando novo plano
RELEVO19=Novo(Nome="RELEVO19", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO19 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA19.Classe == "140-160" && CLINOGRAFIA19.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA19.Classe == "160-180" && CLINOGRAFIA19.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA19.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA19.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA19.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA19.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA19.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA19.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA19.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA19.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA19.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA19.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA19.Classe == "280-300" && CLINOGRAFIA19.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA19.Classe == "300-320" && CLINOGRAFIA19.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA19.Classe == "320-340" && CLINOGRAFIA19.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA19.Classe == "140-160" && CLINOGRAFIA19.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA19.Classe == "160-180" && CLINOGRAFIA19.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA19.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA19.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA19.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA19.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA19.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA19.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA19.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA19.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA19.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA19.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA19.Classe == "280-300" && CLINOGRAFIA19.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA19.Classe == "300-320" && CLINOGRAFIA19.Classe == "15-100"),
}
}

```

```

"MORRO": (HIPSOMETRIA19.Classe == "320-340" && CLINOGRRAFIA19.Classe == "15-100")
};
}

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 20
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA20("HIPSOMETRIA"), CLINOGRRAFIA20("CLINOGRRAFIA"), RELEVO20("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA20=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA20");
CLINOGRRAFIA20=Recupere (Nome = "CLINOGRRAFIA20");
//Criando novo plano
RELEVO20=Novo(Nome="RELEVO20", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO20 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA20.Classe == "140-160" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA20.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA20.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA20.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA20.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA20.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA20.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA20.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA20.Classe == "300-320" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA20.Classe == "320-340" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA20.Classe == "140-160" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA20.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA20.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA20.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA20.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA20.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA20.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA20.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA20.Classe == "300-320" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA20.Classe == "320-340" && CLINOGRRAFIA20.Classe == "15-100")
};
}

```

```

//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 21
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSOMETRIA21("HIPSOMETRIA"), CLINOGRRAFIA21("CLINOGRRAFIA"), RELEVO21("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA21=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA21");
CLINOGRRAFIA21=Recupere (Nome = "CLINOGRRAFIA21");
//Criando novo plano
RELEVO21=Novo(Nome="RELEVO21", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO21 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA21.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA21.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA21.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA21.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA21.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA21.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA21.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA21.Classe == "300-320" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA21.Classe == "320-340" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA21.Classe == "340-360" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA21.Classe == "160-180" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA21.Classe == "180-200" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA21.Classe == "200-220" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA21.Classe == "220-240" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA21.Classe == "240-260" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA21.Classe == "260-280" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA21.Classe == "280-300" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA21.Classe == "300-320" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA21.Classe == "320-340" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA21.Classe == "340-360" && CLINOGRRAFIA21.Classe == "15-100")
};
}

```



```

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 22
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSONOMETRIA22("HIPSOMETRIA"), CLINOGRAFIA22("CLINOGRAFIA"), RELEVO22("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA22=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA22");
CLINOGRAFIA22=Recupere (Nome = "CLINOGRAFIA22");
//Criando novo plano
RELEVO22=Novo(Nome="RELEVO22", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO22 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA22.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA22.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA22.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA22.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA22.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA22.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA22.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA22.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA22.Classe == "280-300" && CLINOGRAFIA22.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA22.Classe == "300-320" && CLINOGRAFIA22.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA22.Classe == "320-340" && CLINOGRAFIA22.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA22.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA22.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA22.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA22.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA22.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA22.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA22.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA22.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA22.Classe == "280-300" && CLINOGRAFIA22.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA22.Classe == "300-320" && CLINOGRAFIA22.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA22.Classe == "320-340" && CLINOGRAFIA22.Classe == "15-100")
};
}

```

```

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Area 23
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico HIPSONOMETRIA23("HIPSOMETRIA"), CLINOGRAFIA23("CLINOGRAFIA"), RELEVO23("RELEVO");
//Recuperando planos
HIPSOMETRIA23=Recupere (Nome = "HIPSOMETRIA23");
CLINOGRAFIA23=Recupere (Nome = "CLINOGRAFIA23");
//Criando novo plano
RELEVO23=Novo(Nome="RELEVO23", ResX=5, ResY=5, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
RELEVO23 = Atribua (CategoriaFim = "RELEVO")
{
"COLINA": (HIPSOMETRIA23.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA23.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA23.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA23.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA23.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA23.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA23.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA23.Classe == "0-15"),
"COLINA": (HIPSOMETRIA23.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA23.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA23.Classe == "280-300" && CLINOGRAFIA23.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA23.Classe == "300-320" && CLINOGRAFIA23.Classe == "0-15"),
"MORROSUAVE": (HIPSOMETRIA23.Classe == "320-340" && CLINOGRAFIA23.Classe == "0-15"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA23.Classe == "180-200" && CLINOGRAFIA23.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA23.Classe == "200-220" && CLINOGRAFIA23.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA23.Classe == "220-240" && CLINOGRAFIA23.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA23.Classe == "240-260" && CLINOGRAFIA23.Classe == "15-100"),
"MORROTE": (HIPSOMETRIA23.Classe == "260-280" && CLINOGRAFIA23.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA23.Classe == "280-300" && CLINOGRAFIA23.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA23.Classe == "300-320" && CLINOGRAFIA23.Classe == "15-100"),
"MORRO": (HIPSOMETRIA23.Classe == "320-340" && CLINOGRAFIA23.Classe == "15-100")
};
}

```

Álgebras de Mapas da Classificação das Paisagens Geoquímicas do Nível Superior

```

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // BIOMASSA FAMILIAS
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico MAHALDIST ("COBERTURA_VEGETAL"), SOLO ("SOLO"), MAPA_FAMILIAS ("MAPA_FAMILIAS");
//Recuperando planos
MAHALDIST=Recupere (Nome = "MAHALDIST");
SOLO=Recupere (Nome = "SOLO");
//Criando novo plano
MAPA_FAMILIAS = Novo(Nome="MAPA_FAMILIAS", ResX=30, ResY=30, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
MAPA_FAMILIAS = Atribua (CategoriaFim = "MAPA_FAMILIAS")

```

```

{
"AGUA": (MAHALDIST.Classe == "AGUA" && SOLO.Classe == "AR"),
"AGUA": (MAHALDIST.Classe == "AGUA" && SOLO.Classe == "ARRL"),
"AGUA": (MAHALDIST.Classe == "AGUA" && SOLO.Classe == "Ha"),
"AGUA": (MAHALDIST.Classe == "AGUA" && SOLO.Classe == "MD"),
"AGUA": (MAHALDIST.Classe == "AGUA" && SOLO.Classe == "PVA"),
"AGUA": (MAHALDIST.Classe == "AGUA" && SOLO.Classe == "RL"),
"AGUA": (MAHALDIST.Classe == "AGUA" && SOLO.Classe == "RR"),
"AGUA": (MAHALDIST.Classe == "AGUA" && SOLO.Classe == "RU"),
"AGUA": (MAHALDIST.Classe == "AGUA" && SOLO.Classe == "SG"),
"ROCHA": (MAHALDIST.Classe == "ROCHA" && SOLO.Classe == "AR"),
"ROCHA": (MAHALDIST.Classe == "ROCHA" && SOLO.Classe == "ARRL"),
"ROCHA": (MAHALDIST.Classe == "ROCHA" && SOLO.Classe == "Ha"),
"ROCHA": (MAHALDIST.Classe == "ROCHA" && SOLO.Classe == "MD"),
"ROCHA": (MAHALDIST.Classe == "ROCHA" && SOLO.Classe == "PVA"),
"ROCHA": (MAHALDIST.Classe == "ROCHA" && SOLO.Classe == "RL"),
"ROCHA": (MAHALDIST.Classe == "ROCHA" && SOLO.Classe == "RR"),
"ROCHA": (MAHALDIST.Classe == "ROCHA" && SOLO.Classe == "RU"),
"ROCHA": (MAHALDIST.Classe == "ROCHA" && SOLO.Classe == "SG"),
"SOLO": (MAHALDIST.Classe == "SOLO" && SOLO.Classe == "AR"),
"SOLO": (MAHALDIST.Classe == "SOLO" && SOLO.Classe == "ARRL"),
"SOLO": (MAHALDIST.Classe == "SOLO" && SOLO.Classe == "Ha"),
"SOLO": (MAHALDIST.Classe == "SOLO" && SOLO.Classe == "MD"),
"SOLO": (MAHALDIST.Classe == "SOLO" && SOLO.Classe == "PVA"),
"SOLO": (MAHALDIST.Classe == "SOLO" && SOLO.Classe == "RL"),
"SOLO": (MAHALDIST.Classe == "SOLO" && SOLO.Classe == "RR"),
"SOLO": (MAHALDIST.Classe == "SOLO" && SOLO.Classe == "RU"),
"SOLO": (MAHALDIST.Classe == "SOLO" && SOLO.Classe == "SG"),
"FG_EUPHORBIACEAE": (MAHALDIST.Classe == "SAVINICOLA" && SOLO.Classe == "RU"),
"FG_SAPOTACEAE": (MAHALDIST.Classe == "ARBOREA" && SOLO.Classe == "RU"),
"FES_RHAMNACEAE": (MAHALDIST.Classe == "SAVINICOLA" && SOLO.Classe == "AR"),
"FES_RHAMNACEAE": (MAHALDIST.Classe == "SAVINICOLA" && SOLO.Classe == "Ha"),
"FES_RHAMNACEAE": (MAHALDIST.Classe == "SAVINICOLA" && SOLO.Classe == "RR"),
"FES_RHAMNACEAE": (MAHALDIST.Classe == "SAVINICOLA" && SOLO.Classe == "SG"),
"FES_RHAMNACEAE": (MAHALDIST.Classe == "ARBOREA" && SOLO.Classe == "AR"),
"FES_RHAMNACEAE": (MAHALDIST.Classe == "ARBOREA" && SOLO.Classe == "Ha"),
"FES_RHAMNACEAE": (MAHALDIST.Classe == "ARBOREA" && SOLO.Classe == "RR"),
"FES_RHAMNACEAE": (MAHALDIST.Classe == "ARBOREA" && SOLO.Classe == "SG"),
"FES_MYRTACEAE": (MAHALDIST.Classe == "SAVINICOLA" && SOLO.Classe == "ARRL"),
"FES_MYRTACEAE": (MAHALDIST.Classe == "SAVINICOLA" && SOLO.Classe == "MD"),
"FES_MYRTACEAE": (MAHALDIST.Classe == "SAVINICOLA" && SOLO.Classe == "PVA"),
"FES_MYRTACEAE": (MAHALDIST.Classe == "SAVINICOLA" && SOLO.Classe == "RL"),
"FES_MYRTACEAE": (MAHALDIST.Classe == "SAVINICOLA" && SOLO.Classe == "RU"),
"FES_MYRTACEAE": (MAHALDIST.Classe == "ARBOREA" && SOLO.Classe == "ARRL"),
"FES_MYRTACEAE": (MAHALDIST.Classe == "ARBOREA" && SOLO.Classe == "MD"),
"FES_MYRTACEAE": (MAHALDIST.Classe == "ARBOREA" && SOLO.Classe == "PVA"),
"FES_MYRTACEAE": (MAHALDIST.Classe == "ARBOREA" && SOLO.Classe == "RL"),
"FES_MYRTACEAE": (MAHALDIST.Classe == "ARBOREA" && SOLO.Classe == "RU"),
"SEP_ANDROPOGON": (MAHALDIST.Classe == "CAMPESTRE" && SOLO.Classe == "AR"),
"SEP_ANDROPOGON": (MAHALDIST.Classe == "CAMPESTRE" && SOLO.Classe == "Ha"),
"SEP_ANDROPOGON": (MAHALDIST.Classe == "CAMPESTRE" && SOLO.Classe == "RR"),
"SEP_ANDROPOGON": (MAHALDIST.Classe == "CAMPESTRE" && SOLO.Classe == "SG"),
"SEP_ANDROPOGON": (MAHALDIST.Classe == "SECUNDARIA" && SOLO.Classe == "AR"),
"SEP_ANDROPOGON": (MAHALDIST.Classe == "SECUNDARIA" && SOLO.Classe == "Ha"),
"SEP_ANDROPOGON": (MAHALDIST.Classe == "SECUNDARIA" && SOLO.Classe == "RR"),
"SEP_ANDROPOGON": (MAHALDIST.Classe == "SECUNDARIA" && SOLO.Classe == "SG"),
"SEP_CALAMAGROSTIS": (MAHALDIST.Classe == "CAMPESTRE" && SOLO.Classe == "ARRL"),
"SEP_CALAMAGROSTIS": (MAHALDIST.Classe == "CAMPESTRE" && SOLO.Classe == "MD"),
"SEP_CALAMAGROSTIS": (MAHALDIST.Classe == "CAMPESTRE" && SOLO.Classe == "PVA"),
"SEP_CALAMAGROSTIS": (MAHALDIST.Classe == "CAMPESTRE" && SOLO.Classe == "RL"),
"SEP_CALAMAGROSTIS": (MAHALDIST.Classe == "CAMPESTRE" && SOLO.Classe == "RU"),
"SEP_CALAMAGROSTIS": (MAHALDIST.Classe == "SECUNDARIA" && SOLO.Classe == "ARRL"),
"SEP_CALAMAGROSTIS": (MAHALDIST.Classe == "SECUNDARIA" && SOLO.Classe == "MD"),
"SEP_CALAMAGROSTIS": (MAHALDIST.Classe == "SECUNDARIA" && SOLO.Classe == "PVA"),
"SEP_CALAMAGROSTIS": (MAHALDIST.Classe == "SECUNDARIA" && SOLO.Classe == "RL"),
"SEP_CALAMAGROSTIS": (MAHALDIST.Classe == "SECUNDARIA" && SOLO.Classe == "RU")
};
}

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // BIOMASSA TIPOS
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico MAPAFAMILIAS ("MAPAFAMILIAS"), MAPATIPOS ("MAPATIPOS");
//Recuperando planos
MAPAFAMILIAS=Recupere (Nome = "MAPAFAMILIAS");
}

```

```
//Criando novo plano
MAPATIPOS = Novo(Nome="MAPATIPOS", ResX=30, ResY=30, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
MAPATIPOS = Atribua (CategoriaFim = "MAPATIPOS")
{
"FLORESTA_GALERIA": (MAPAFAMILIAS.Classe == "FG_EUPHORBIACEAE"),
"FLORESTA_GALERIA": (MAPAFAMILIAS.Classe == "FG_SAPOTACEAE"),
"FLORESTA_EST_SEMI": (MAPAFAMILIAS.Classe == "FES_MYRTACEAE"),
"FLORESTA_EST_SEMI": (MAPAFAMILIAS.Classe == "FES_RHAMNACEAE"),
"SAVANA_ESTEPICA": (MAPAFAMILIAS.Classe == "SEP_ANDROPOGON"),
"SAVANA_ESTEPICA": (MAPAFAMILIAS.Classe == "SEP_CALAMAGROSTIS"),
"AGUA": (MAPAFAMILIAS.Classe == "AGUA"),
"ROCHA": (MAPAFAMILIAS.Classe == "ROCHA"),
"SOLO": (MAPAFAMILIAS.Classe == "SOLO")
};
}
```

```
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // Estoque de Biomassa
{
Numerico BIOTOTALMP, VEGETACAO, TOTALBIO2 ("BIOMASSAMATRIZ");
BIOTOTALMP = Recuperar (Nome = "BIOTOTALMP");
VEGETACAO = Recuperar (Nome = "VEGETACAO");
TOTALBIO2 = Novo (Nome = "TOTAL22", ResX=30, ResY=30);
TOTALBIO2 = BIOTOTALMP*VEGETACAO;
}
```

Álgebras de Mapas da Classificação das Paisagens Geoquímicas do Nível Médio

```
{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // TAXON MEDIO
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico ALUM ("ALUM"), FERRO ("FERRO"), PH ("PH"), CLORETO ("CLORETO"), MEDIO ("MEDIO");
//Recuperando planos
ALUM=Recuperar (Nome = "ALUM");
FERRO=Recuperar (Nome = "FERRO");
PH=Recuperar (Nome = "PH");
CLORETO=Recuperar (Nome = "CLORETO");
//Criando novo plano
MEDIO = Novo(Nome="MEDIO", ResX=30, ResY=30, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
MEDIO = Atribua (CategoriaFim = "MEDIO")
{
"IGNEA3": (ALUM.Classe == "<2" && PH.Classe == ">68" && FERRO.Classe == ">600" && CLORETO.Classe == "<3"),
"SEDIMENTAR3": (ALUM.Classe == "<2" && PH.Classe == ">68" && FERRO.Classe == "<600" && CLORETO.Classe == "<3"),
"IGNEA1": (ALUM.Classe == "<2" && PH.Classe == "<68" && FERRO.Classe == "<600" && CLORETO.Classe == "<3"),
"IGNEA1": (ALUM.Classe == "<2" && PH.Classe == "<68" && FERRO.Classe == ">600" && CLORETO.Classe == "<3"),
"SEDIMENTAR3": (ALUM.Classe == ">2" && PH.Classe == ">68" && FERRO.Classe == ">600" && CLORETO.Classe == "<3"),
"SEDIMENTAR2": (ALUM.Classe == ">2" && PH.Classe == ">68" && FERRO.Classe == "<600" && CLORETO.Classe == "<3"),
"SEDIMENTAR1": (ALUM.Classe == ">2" && PH.Classe == "<68" && FERRO.Classe == "<600" && CLORETO.Classe == "<3"),
"SEDIMENTAR1": (ALUM.Classe == ">2" && PH.Classe == "<68" && FERRO.Classe == ">600" && CLORETO.Classe == "<3"),
"ANTROPOGENICO3": (ALUM.Classe == "<2" && PH.Classe == ">68" && FERRO.Classe == ">600" && CLORETO.Classe == ">3"),
"ANTROPOGENICO2": (ALUM.Classe == "<2" && PH.Classe == ">68" && FERRO.Classe == "<600" && CLORETO.Classe == ">3"),
"ANTROPOGENICO1": (ALUM.Classe == "<2" && PH.Classe == "<68" && FERRO.Classe == "<600" && CLORETO.Classe == ">3"),
"ANTROPOGENICO1": (ALUM.Classe == "<2" && PH.Classe == "<68" && FERRO.Classe == ">600" && CLORETO.Classe == ">3"),
"ANTROPOGENICO3": (ALUM.Classe == ">2" && PH.Classe == ">68" && FERRO.Classe == ">600" && CLORETO.Classe == ">3"),
"ANTROPOGENICO2": (ALUM.Classe == ">2" && PH.Classe == ">68" && FERRO.Classe == "<600" && CLORETO.Classe == ">3"),
"ANTROPOGENICO1": (ALUM.Classe == ">2" && PH.Classe == "<68" && FERRO.Classe == "<600" && CLORETO.Classe == ">3"),
"ANTROPOGENICO1": (ALUM.Classe == ">2" && PH.Classe == "<68" && FERRO.Classe == ">600" && CLORETO.Classe == ">3")
};
}
```

Álgebras de Mapas da Classificação das Paisagens Geoquímicas do Nível Superior, Médio e Inferior

```

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // PAISAGENS GEOQUIMICAS
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico MAPAFAMILIAS ("MAPAFAMILIAS"), INFERIOR2 ("INFERIOR2"), MEDIO3 ("MEDIO2"), PAISAGENS
("PAISAGENS");
//Recuperando planos
MAPAFAMILIAS=Recupere (Nome = "MAPAFAMILIAS");
INFERIOR2=Recupere (Nome = "INFERIOR2");
MEDIO3=Recupere (Nome = "MEDIO3");
//Criando novo plano
PAISAGENS = Novo(Nome="PAISAGENS", ResX=30, ResY=30, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
PAISAGENS = Atribua (CategoriaFim = "PAISAGENS")
{
"CI_F_MYRTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "CI" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_MYRTACEAE"),
"CI_F_RHAMNACEAE": (INFERIOR2.Classe == "CI" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_RHAMNACEAE"),
"CI_F_EUPHORBIACEAE": (INFERIOR2.Classe == "CI" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_EUPHORBIACEAE"),
"CI_F_SAPOTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "CI" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_SAPOTACEAE"),
"CI_F_PINUS": (INFERIOR2.Classe == "CI" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe == "FP_PINUS"),
"CI_F_ANDROPOGON": (INFERIOR2.Classe == "CI" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"SEP_ANDROPOGON"),
"CI_F_CALAMAGROSTIS": (INFERIOR2.Classe == "CI" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"SEP_CALAMAGROSTIS"),
"CS_F_MYRTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "CS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_MYRTACEAE"),
"CS_F_RHAMNACEAE": (INFERIOR2.Classe == "CS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_RHAMNACEAE"),
"CS_F_EUPHORBIACEAE": (INFERIOR2.Classe == "CS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_EUPHORBIACEAE"),
"CS_F_SAPOTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "CS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_SAPOTACEAE"),
"CS_F_PINUS": (INFERIOR2.Classe == "CS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe == "FP_PINUS"),
"CS_F_ANDROPOGON": (INFERIOR2.Classe == "CS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"SEP_ANDROPOGON"),
"CS_F_CALAMAGROSTIS": (INFERIOR2.Classe == "CS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"SEP_CALAMAGROSTIS"),
"APS_F_MYRTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "APS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_MYRTACEAE"),
"APS_F_RHAMNACEAE": (INFERIOR2.Classe == "APS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_RHAMNACEAE"),
"APS_F_EUPHORBIACEAE": (INFERIOR2.Classe == "APS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_EUPHORBIACEAE"),
"APS_F_SAPOTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "APS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_SAPOTACEAE"),
"APS_F_PINUS": (INFERIOR2.Classe == "APS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FP_PINUS"),
"APS_F_ANDROPOGON": (INFERIOR2.Classe == "APS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"SEP_ANDROPOGON"),
"APS_F_CALAMAGROSTIS": (INFERIOR2.Classe == "APS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"SEP_CALAMAGROSTIS"),
"MS_F_MYRTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "MS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_MYRTACEAE"),
"MS_F_RHAMNACEAE": (INFERIOR2.Classe == "MS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_RHAMNACEAE"),
"MS_F_EUPHORBIACEAE": (INFERIOR2.Classe == "MS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_EUPHORBIACEAE"),
"MS_F_SAPOTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "MS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_SAPOTACEAE"),
"MS_F_PINUS": (INFERIOR2.Classe == "MS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe == "FP_PINUS"),
"MS_F_ANDROPOGON": (INFERIOR2.Classe == "MS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"SEP_ANDROPOGON"),
"MS_F_CALAMAGROSTIS": (INFERIOR2.Classe == "MS" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"SEP_CALAMAGROSTIS"),
"MI_F_MYRTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "MI" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_MYRTACEAE"),
"MI_F_RHAMNACEAE": (INFERIOR2.Classe == "MI" && MEDIO3.Classe == "FERRO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_RHAMNACEAE"),

```



```

{
//Exemplo de cruzamento entre 2 planos temáticos // PAISAGENS GEOQUIMICAS2
//Definindo as variáveis e suas categorias
Tematico MAPAFAMILIAS ("MAPAFAMILIAS"), INFERIOR2 ("INFERIOR2"), MEDIO3 ("MEDIO2"), PAISAGENS2
("PAISAGENS2");
//Recuperando planos
MAPAFAMILIAS=Recupere (Nome = "MAPAFAMILIAS");
INFERIOR2=Recupere (Nome = "INFERIOR2");
MEDIO3=Recupere (Nome = "MEDIO3");
//Criando novo plano
PAISAGENS2 = Novo(Nome="PAISAGENS2", ResX=30, ResY=30, Escala=50000);
//Definindo as relações entre classes
PAISAGENS2 = Atribua (CategoriaFim = "PAISAGENS2")
{
"CI_A_MYRTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "CI" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_MYRTACEAE"),
"CI_A_RHAMNACEAE": (INFERIOR2.Classe == "CI" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_RHAMNACEAE"),
"CI_A_EUPHORBIACEAE": (INFERIOR2.Classe == "CI" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_EUPHORBIACEAE"),
"CI_A_SAPOTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "CI" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_SAPOTACEAE"),
"CI_A_PINUS": (INFERIOR2.Classe == "CI" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe == "FP_PINUS"),
"CI_A_ANDROPOGON": (INFERIOR2.Classe == "CI" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"SEP_ANDROPOGON"),
"CI_A_CALAMAGROSTIS": (INFERIOR2.Classe == "CI" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"SEP_CALAMAGROSTIS"),
APAFAMILIAS.Classe == "FES_MYRTACEAE"),
"CS_A_RHAMNACEAE": (INFERIOR2.Classe == "CS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_RHAMNACEAE"),
"CS_A_EUPHORBIACEAE": (INFERIOR2.Classe == "CS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_EUPHORBIACEAE"),
"CS_A_SAPOTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "CS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_SAPOTACEAE"),
"CS_A_PINUS": (INFERIOR2.Classe == "CS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FP_PINUS"),
"CS_A_ANDROPOGON": (INFERIOR2.Classe == "CS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"SEP_ANDROPOGON"),
"CS_A_CALAMAGROSTIS": (INFERIOR2.Classe == "CS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"SEP_CALAMAGROSTIS"),
"APS_A_MYRTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "APS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_MYRTACEAE"),
"APS_A_RHAMNACEAE": (INFERIOR2.Classe == "APS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_RHAMNACEAE"),
"APS_A_EUPHORBIACEAE": (INFERIOR2.Classe == "APS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_EUPHORBIACEAE"),
"APS_A_SAPOTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "APS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_SAPOTACEAE"),
"APS_A_PINUS": (INFERIOR2.Classe == "APS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FP_PINUS"),
"APS_A_ANDROPOGON": (INFERIOR2.Classe == "APS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"SEP_ANDROPOGON"),
"APS_A_CALAMAGROSTIS": (INFERIOR2.Classe == "APS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"SEP_CALAMAGROSTIS"),
"MS_A_MYRTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "MS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_MYRTACEAE"),
"MS_A_RHAMNACEAE": (INFERIOR2.Classe == "MS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_RHAMNACEAE"),
"MS_A_EUPHORBIACEAE": (INFERIOR2.Classe == "MS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_EUPHORBIACEAE"),
"MS_A_SAPOTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "MS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_SAPOTACEAE"),
"MS_A_PINUS": (INFERIOR2.Classe == "MS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FP_PINUS"),
"MS_A_ANDROPOGON": (INFERIOR2.Classe == "MS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"SEP_ANDROPOGON"),
"MS_A_CALAMAGROSTIS": (INFERIOR2.Classe == "MS" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"SEP_CALAMAGROSTIS"),
"MI_A_MYRTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "MI" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_MYRTACEAE"),
"MI_A_RHAMNACEAE": (INFERIOR2.Classe == "MI" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FES_RHAMNACEAE"),
"MI_A_EUPHORBIACEAE": (INFERIOR2.Classe == "MI" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_EUPHORBIACEAE"),
"MI_A_SAPOTACEAE": (INFERIOR2.Classe == "MI" && MEDIO3.Classe == "ALUMINIO" && MAPAFAMILIAS.Classe ==
"FG_SAPOTACEAE"),

```

