

Universidade Federal de Minas Gerais
Departamento de Geografia

Elizabeth de Castro Santos

LEVANTAMENTO PEDOLÓGICO E PERDA GEOQUÍMICA NA BACIA DO RIO PARDO
PEQUENO – ESPINHAÇO MERIDIONAL – MINAS GERAIS

Minas Gerais – Brasil
Março de 2012

ELIZABETH DE CASTRO SANTOS

LEVANTAMENTO PEDOLÓGICO E PERDA GEOQUÍMICA NA BACIA DO RIO PARDO
PEQUENO – ESPINHAÇO MERIDIONAL – MINAS GERAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Geografia.

Área de Concentração: Geografia e Análise Ambiental

Orientadora: Dra. Cristiane Valéria de Oliveira

Belo Horizonte – Minas Gerais
Departamento de Geografia – IGC/UFMG
2012

S2371
2012

Santos, Elizabeth de Castro.

Levantamento pedológico e perda geoquímica na Bacia do Rio Pardo Pequeno – Espinhaço Meridional – Minas Gerais [manuscrito] / Elizabeth de Castro Santos. – 2012.

90 f.: il., fots. (color.), mapas (color.), tabs. (color.)

Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Geografia, 2012.

Área de concentração: Geografia e Análise Ambiental.

Orientadora: Cristiane Valéria de Oliveira.

Bibliografia: f. 67-71.

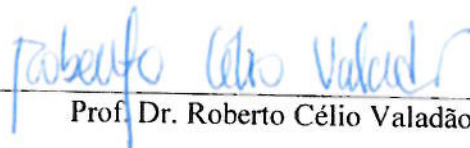
1. Mapeamento do solo – Pardo Pequeno, Rio, Bacia (MG) – Teses. 2. Geoquímica – Pardo Pequeno, Rio, Bacia (MG) – Teses. 3. Intemperismo – Pardo Pequeno, Rio, Bacia (MG) – Teses. 4. Solos – Lixiviação – Teses. I. Oliveira, Cristiane Valéria de. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Geografia. III. Título.

CDU: 631.4:550.4(815.1)

Dissertação defendida e aprovada, em 27 de abril de 2012, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:



Prof. Dra. Cristiane Valéria de Oliveira



Prof. Dr. Roberto Célio Valadão



Prof. Dr. Guilherme Taitson Bueno

Dedico
Ao Cléber pelo apoio incondicional a este trabalho

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela conquista e por ter colocado em minha trajetória ao longo deste trabalho pessoas iluminadas e sempre dispostas a contribuir.

Meus sinceros agradecimentos também:

- À Professora Dra. Cristiane Valéria de Oliveira que me orientou com dedicação e competência;
- Além de dedicar, agradeço ao Cleber pelo esforço conjunto, dedicação e incentivo, sempre essenciais;
- Ao João Porteirinha pelos ensinamentos e elaboração das bases cartográficas;
- À Renatinha Melem também pelas bases cartográficas;
- À Sarah Cordeiro pela formatação;
- À Nicoles Neres pela ajuda nos ensaios de laboratório e energia positiva;
- À minha amiga Fernanda Brites por me ajudar na fase inicial dos ensaios de laboratório;
- A todos os colegas do programa de pós-graduação que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho;
- Aos meus pais pelo exemplo de luta e perseverança.

Essa conquista é nossa!

Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu.

Eclesiastes 3:1

SUMÁRIO

RESUMO.....	a
ABSTRACT	b
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Conceito e levantamento de solos.....	3
2.2 Intemperismo e perda de sílica.....	7
2.3 O solo e a mineralogia dos silicatados	14
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	18
3.1 Localização	18
3.2 Delimitação da área de estudo	18
3.2.1 Clima	20
3.2.2 Geologia	20
3.2.3 Geomorfologia	22
3.2.4 Solos.....	28
3.2.5 Uso do solo e cobertura vegetal.....	29
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	30
5. RESULTADOS	36
5.1 Mapeamento de solos	36
5.2 Análise do Lixiviado	48
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

ANEXO I

RESULTADOS DAS ANÁLISES DO LIXIVIADO

QUADROS E TABELAS

Quadro 2.1 Funções da água na zona de intemperismo.....	11
Tabela 2.1 Porcentagem em peso e atômica dos oitos elementos químicos mais abundantes na crosta terrestre	14
Tabela 2.2 Tipos de minerais silicatados de acordo com a formação de tetraedros.....	16
Tabela 4.1 Resumo das características dos pontos de amostragem.	31
Tabela 4.2 Amostras selecionadas e pH da solução de incubação e ensaio de lixiviação.....	34
Tabela 4.3 Limite de detecção do método para análise do lixiviado.....	34
Quadro 5.1 Características do perfil P1	39
Quadro 5.2 Características do perfil P2	40
Quadro 5.3 Características do perfil P3	41
Quadro 5.4 Características do perfil P4	42
Quadro 5.5 Características do perfil P5	43
Quadro 5.6 Características do perfil P6	44
Quadro 5.7 Características do perfil P7	45
Quadro 5.8 Características do perfil P8	46
Tabela 5.1 Distribuição de classes de solo na bacia de estudo	48
Quadro 5.9 Eletronegatividade dos principais elementos dos silicatos	49
Quadro 5.10: Total Lixiviado, Classe Textural, Altitude e Declividade no perfil P3.....	54
Quadro 5.11: Total Lixiviado, Classe Textural, Altitude e Declividade no perfil P4.....	54
Quadro 5.12 Total Lixiviado, Classe Textural, Altitude e Declividade no perfil P6.....	55
Quadro 5.13 Total Lixiviado, Classe Textural, Altitude e Declividade no perfil P7.....	56
Quadro 5.14 Total Lixiviado, Classe Textural, Altitude e Declividade no perfil P1	57
Quadro 5.15 Total Lixiviado, Classe Textural, Altitude e Declividade no perfil P2.....	58
Quadro 5.16 Total Lixiviado, Classe Textural, Altitude e Declividade no perfil P8.....	59
Quadro 5.17 Total Lixiviado, Classe Textural, Altitude e Declividade no perfil P5.....	60

FIGURAS

Figura 2.1: Esquema de um sistema de intemperização.....	7
Figura 2.2: Série de estabilidade de Goldich comparada com a série de Reações de Bowen para minerais das frações areia e silte.....	10
Figura 2.3: Solubilidade da sílica em função do pH	12
Figura 2.4: Potencial iônico.....	13
Figura 3.1: Mapa de localização da bacia do rio Pardo Pequeno.....	19
Figura 3.2: Esquema Geológico da região de estudo.....	20
Figura 3.3: Mapa geológico da bacia de estudo.....	24

Figura 3.4: Mapa de hipsometria	25
Figura 3.5: Mapa de declividade	26
Figura 3.6: Perfis da bacia do alto curso do rio Pardo Pequeno.....	27
Figura 3.7: Áreas aplainadas ocorrentes na área de estudo.	28
Figura 3.8: Relevo residual ocorrente na área de estudo.....	28
Figura 4.1: Localização dos pontos de amostragem.	32
Figura 4.2: Coluna de lixiviação utilizada nos ensaios	33
Figura 5.1: Mapeamento de solos.....	38
Figura 5.2: Aspecto do local do perfil P1.....	39
Figura 5.3: Aspecto do perfil P2.....	40
Figura 5.4: Aspecto do perfil P3.....	41
Figura 5.5: Aspecto do perfil P4.....	42
Figura 5.6: Aspecto do perfil P5.....	43
Figura 5.7: Aspecto do perfil P6.....	44
Figura 5.8: Aspecto do perfil P7.....	45
Figura 5.9: Aspecto do perfil P8.....	46
Figura 5.10: Perda de elementos dos perfil localizados na litologia Galho do Miguel.....	51
Figura 5.11: Perda de elementos dos perfil localizados na litologia Costa Sena Indiviso	51
Figura 5.12: Perda de elementos dos perfil localizados na litologia Sopa Brumadinho ...	52
Figura 5.13: Localização esquemática dos perfis.....	53
Figura 5.14: Perfil Topográfico nos perfis P3 e P4.....	54
Figura 5.15: Perfil Topográfico no perfil P6.....	55
Figura 5.16: Perfil Topográfico no perfil P7.....	56
Figura 5.17: Perfil Topográfico no perfil P1.....	57
Figura 5.18: Perfil Topográfico no perfil P2.....	58
Figura 5.19: Perfil Topográfico no perfil P8.....	59
Figura 5.20: Perfil Topográfico no perfil P5.....	60
Figura 5.21: Histograma dos resultados dos ensaios com água destilada e solução de pH 4 no perfil 2 – Horizonte A	62
Figura 5.22: Histograma dos resultados dos ensaios com água destilada e solução de pH 4 no perfil 2 – Horizonte C	62
Figura 5.23: Histograma dos resultados dos ensaios com água destilada e solução de pH no perfil 4 – Horizonte A	63
Figura 5.24: Histograma do resultados dos ensaios com água destilada e solução de pH no perfil 4 – Horizonte C	63
Figura 5.25: Histograma dos resultados dos ensaios com água destilada e solução de pH 9 no perfil 5 – Horizonte A	64

Figura 5.26: Histograma dos resultados dos ensaios com água destilada e solução de pH 9 no perfil 5 – Horizonte C	64
Figura 5.27: Histograma dos resultados dos ensaios com água destilada e solução de pH 9 no perfil 6 – Horizonte A.	65
Figura 5.28: Histograma dos resultados dos ensaios com água destilada e solução de pH 9 no perfil 6 – Horizonte C.	65

RESUMO

Para o conhecimento de qualquer dinâmica relativa aos solos de uma região, dentre eles a denudação geoquímica, é necessário primeiro conhecê-lo em escala adequada ao fim a que se propõe. Já para se entender como se dá o desenvolvimento e organização das formas de relevo há que se considerar, além da saída física, o esvaziamento geoquímico. Para tanto, é necessário conhecer quais os elementos que contribuem para o processo de dissolução química da sílica e das bases, como ocorre este processo, e relacioná-los com a sua região de inserção. Este trabalho tem como objetivo geral investigar as perdas geoquímicas e suas correlações entre os solos e o relevo na bacia do alto curso do rio Pardo Pequeno. O trabalho envolveu atividade de campo para identificação das diferentes unidades pedológicas ocorrentes na área de forma a balizar o seu mapeamento. Além disso, foram coletadas amostras de solo em oito perfis nas diferentes litologias ocorrentes na área de estudo. As amostras, após secas e peneiradas, foram encubadas e mantidas úmidas, com água destilada, por 30 dias e então, submetidas a ensaios de lixiviação também com água destilada. Para verificação da influência do pH no processo de hidrólise, algumas amostras foram selecionadas para realização de ensaios com soluções de pH ácido e básico. Foi realizada também a análise textural. As unidades pedológicas ocorrentes na área são Neossolo Litólico e Quartzarênico, Gleissolos e Cambissolo Háplico. Os resultados de lixiviação indicaram diferenças de perda geoquímica nas diferentes litologias e classes de solo, porém não foi possível relacioná-las à posição dos solos na paisagem. As análises realizadas no lixiviado apontam que dentre os elementos analisados o Sódio é o mais perdido seguido do Cálcio, Sílica, Potássio e Magnésio. Em algumas amostras foi expressiva a perda de sílica elemento considerado de baixa mobilidade. Este fato pode estar associado à litologia da região que é rica neste elemento. Foram realizados ensaios com as soluções de pH 4 e 9 onde foi demonstrada a influência da variação de pH na disponibilização dos elementos para a lixiviação. A concentração dos elementos nos ensaios com as soluções de pH foram superiores que às realizadas com água destilada.

Palavras-chave: mapeamento de solos, perda geoquímica, intemperismo, lixiviação.

ABSTRACT

To the knowledge of any dynamic relative to the soils of a region, among them the geochemical denudation, is necessary first know it in an appropriate scale for the purpose proposed. Aimed to understand how is the development and organization of relief forms is necessary to be considered in addition to the physical output, emptying geochemist. Therefore, it is necessary to know which elements contribute to the process of chemical dissolution of silica how this process occurs, and relate them to their region of insertion. This study aims at investigating the losses and their geochemical correlations between soils and topography in the basin of the upper course of the Prado Pequeno river. This study involved field activity to identify the different soil units occurring in this region in order to delimit their mapping. In addition, it was collected soil sample in eight profiles in the different lithologies occurring in the study area. The samples, after dried and sieved, were kept moist and incubated during 30 days and then subjected to leaching tests with distilled water. To check the influence of pH on hydrolysis process, some samples were selected for testing with solutions of acidic and basic pH. It also performed a textural analysis. The soil units occurring in the area are Quartzarenic Neosol, Quartzarenic Litolic, Gleysol and Haplic Cambisol. The results indicated differences in leaching losses in the different lithologies and geochemical soil types, but it wasn't identified differences when considering the position in the landscape. The analyzes indicate that the leachate from the elements analyzed Sodium is the most followed by calcium, silica, potassium and magnesium. In some samples was significant loss of silica which is regarded as a low mobility. This may be associated with the lithology of the region that is rich in this element. Tests conducted with solutions of pH 4 and 9, showed the influence of pH variation on the availability of elements for the leaching. The concentration of the elements in the tests with solutions the pH values higher than those obtained with distilled water.

Key words: mapping soils, geochemical loss, weathering, leaching

1. INTRODUÇÃO

A interação entre processos tectônicos e pedogenéticos é responsável por modificar os diferentes materiais rochosos sendo, portanto, responsáveis pelas diferentes formas de relevo encontradas na superfície terrestre.

As formas de relevo e os solos estão intimamente associados já que interagem na paisagem mediante uma série de relações espaciais e temporais (Kilian & Rosseli, 1978 citado em Furquim, 2002). Apesar desta afinidade, a geomorfologia e a pedologia nasceram de forma independente e trilharam caminhos separados e até divergentes por um longo tempo (Furquim, 2002). A afirmação da autora pode ser exemplificada através da citação de Tricart (1968), que em determinado ambiente poderá ocorrer, ora maior atividade da pedogênese, desencadeando o desenvolvimento dos solos, ora maior atividade da morfogênese, com então predomínio da gênese e evolução do relevo.

Além de terem sido tratados como divergentes nota-se que, dentre os estudos relacionados ao modelado da paisagem há um predomínio daqueles relativos a processos mecânicos em detrimento aos processos geoquímicos.

Em relação à área de estudo, a Serra do Espinhaço, devido à sua diversidade de recursos naturais, é considerada uma das mais ricas do mundo, no que se refere à importância biológica (Almeida-Abreu, 2005), geomorfológica e histórica. O programa “O Homem e a Biosfera/MAB”, da UNESCO considerou o complexo da Serra do Espinhaço como a sétima reserva da biosfera do Brasil, de reconhecimento internacional (Fonseca, 2010). Tal região apresenta relativa homogeneidade litológica com predominância de rochas quartzíticas.

Estudos já realizados na região dos quartzitos do espinhaço meridional (Augustin *et al*, 2008) apontaram para a possibilidade de que corpos de água superficiais em rochas ou regolitos possam ter se formado e desenvolvido em um modelo que indicaria a dissolução química da sílica como um dos processos importantes para a articulação da drenagem em áreas de rochas silicosas (quartzitos e arenitos). Já Thomas (1994) afirma que o reconhecimento do intemperismo tropical como agente morfogenético é fato recente e a interpretação dos processos e dos produtos do intemperismo nos diferentes sistemas geomorfológicos ainda não foi exaustivamente estudada. Rezende *et al*. (2010) corroboram com esta afirmação ao citar que é necessário ampliar os estudos acerca da denudação geoquímica na Serra do Espinhaço Meridional.

Para o conhecimento de qualquer dinâmica relativa aos solos de uma região, dentre eles a denudação geoquímica, é necessário primeiro conhecê-lo em escala adequada ao fim a que se propõe. Neste sentido justifica-se o levantamento de solos proposto. Já para se entender como se dá o desenvolvimento e organização das formas de relevo há que se considerar, além da saída física, o esvaziamento geoquímico. Para tanto, é necessário conhecer quais

elementos contribuem para o processo de dissolução química da sílica, como ocorre este processo, e relacioná-los com a sua região de inserção.

Este trabalho tem como objetivo geral investigar as perdas geoquímicas e suas correlações entre os solos e o relevo na bacia do alto curso do rio Pardo Pequeno.

Para esta pesquisa foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Realizar o mapeamento das principais classes de solos na bacia do alto curso do rio Pardo Pequeno.
- Analisar a perda de sílica e de bases solúveis, através de ensaios de lixiviação.
- Correlacionar os solos identificados e sua posição na paisagem, com as perdas geoquímicas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conceito e levantamento de solos

Os primórdios dos estudos pedológicos remontam aos idos de 1879 através dos trabalhos desenvolvidos na Rússia por Vasili Dokuchaev. Segundo Souza (2006), é creditado a Dokuchaev o desenvolvimento dos fundamentos da geografia e da gênese dos solos e, sobretudo, a formulação inicial dos conceitos referentes aos fatores de formação dos solos.

O levantamento de solos deve ser baseado em dois princípios básicos, no conceito de solo e no princípio a que se destina. O conceito de solo baliza o seu levantamento de solo. Para exemplificar, pode-se verificar que o conceito de solos adotado na geotecnia distingue do adotado nas ciências agrárias. Essa distinção, portanto determina quais os parâmetros a serem adotados nos levantamentos. Daí a importância do conceito a ser adotado. Já o princípio a que se destina determina os métodos a serem utilizados em tal atividade.

Para esta pesquisa e para o levantamento realizado foi adotado o conceito de solo da EMBRAPA (2006, p.5):

Coleção de corpos naturais constituído 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, contem matéria viva e podem ser vegetados na natureza, onde ocorrem. Ocasionalmente podem ter sido modificados por atividades humanas.

O levantamento de solos consistiu basicamente na caracterização, classificação, identificação e distribuição espacial das unidades pedológicas ocorrentes em uma determinada área. Rossiter (2000) define um levantamento de solos como o processo a partir do qual se determina o padrão da cobertura dos solos, caracterizando-os, e apresentando um resultado compreensível e que possa ser interpretado pelos diferentes públicos. Ainda segundo esse autor, um levantamento de solos é feito para atender basicamente, a dois objetivos: utilitário (direcionado a responder a uma questão específica sobre o comportamento da terra a um tipo de uso) ou científico (para compreender o solo como um corpo natural na paisagem). Diniz (2002) cita que dentre as finalidades deste tipo de levantamento estão o fornecimento de informações relacionadas à natureza dos solos, suas propriedades morfológicas, químicas e físicas, sua distribuição geográfica e extensão territorial. As informações fornecidas pelo levantamento são essenciais para balizar o uso, conservação e definição de técnicas de manejo. Além disso, o levantamento de solos subsidia estudos geológicos, geomorfológicos, dinâmica de paisagem dentre outros.

O levantamento de solos assume importância fundamental em estudos que consideram o intemperismo como agente da gênese e evolução do relevo. Isto porque a partir do conhecimento das unidades pedológicas ocorrentes em uma região é que pode se presumir como estas se comportaram frente aos agentes do intemperismo.

A atividade em questão envolve pesquisas de gabinete, campo e laboratório, compreendendo o registro de observações, análises e interpretações de aspectos do meio físico e de características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e biológicas dos solos (Embrapa, 2007).

É interessante ressaltar a importância da etapa de gabinete para o levantamento, pois é durante ela que é realizada pesquisa de informações disponíveis tais como imagens, topografia e mapeamentos geológicos. Sobre a utilização e importância de imagens para o mapeamento de solos, Bardales *et al.* (2007, p.1) citam:

A obtenção de imagens que representem as formas de uma determinada área, em escalas compatíveis com os levantamentos de solos, pode ajudar de maneira bastante relevante a elaboração de mapas temáticos (solos, geologia, geomorfologia) de forma a facilitar bastante os trabalhos de pedólogos e demais pesquisadores para as mais determinadas áreas da ciência.

De posse de tais informações é possível, já em gabinete, determinar áreas de amostragem e unidades de paisagem que podem balizar o posterior mapeamento. Há estudos como os de Campos *et al.* (2006), Bardales *et al.* (2007), Fernandes (2007) que utilizaram como base para o levantamento de solos a definição prévia de unidades de paisagem. Sobre esta técnica Campos *et al.* (2006) citam que o uso de modelos de paisagem, como técnica de levantamento solo, constitui uma evolução no entendimento das relações solo-geomorfologia e, uma ferramenta importante para identificar e mapear áreas de solos homogêneos. De fato, o uso de imagens e cruzamento de informações disponíveis em muito ajudam nos trabalhos de levantamento de solos até mesmo em termos de custo para realização de tal atividade. Porém, Bardales *et al.* (2007) ressaltam a importância de uma averiguação de campo ao citar que para a definição do mapa final de solos, é de fundamental importância o trabalho de campo para ajuste e definição exata das unidades pedológicas.

Sobre a etapa de campo para composição do levantamento de solos, Ranzani (1969) resalta a importância de se registrar fatos relevantes, significantes e susceptíveis de posteriormente serem verificados ou confirmados. Lemos e Santos (2005) afirmam que nesta etapa é possível observar muitas feições que permitem inferências que nem sempre podem ser obtidas a partir de análise de laboratório, além disso, partes integrantes do solo como vegetação e suas raízes, a fauna e seu habitat, a organização estrutural, entre outros

fatores, não são preservadas nas amostras enviadas ao laboratório e tão pouco são visualizadas em base cartográfica.

Em qualquer estudo pedológico, é necessário ter mente que o solo é um atributo de características dinâmicas que são influenciadas pelo meio onde ele se localiza. Corroborando com esta afirmação Schlichting (1982), citado em Espindola (2008), que afirma que o mais apropriado seria considerar o solo como um sistema aberto, devendo sua formação ser entendida mais como uma metamorfose (sentido geológico) e uma sucessão (sentido biológico) do que propriamente uma gênese no sentido biológico. Partindo deste princípio, faz-se necessário ao levantamento pedológico o conhecimento prévio das características geológicas, geomorfológicas, hidrológicas, climáticas e de uso e ocupação do solo, tendo sempre em mente a existência de interface entre eles. Pesquisas desenvolvidas, na área de estudo, apontaram a interdependência destes fatores.

Diniz *et al.* (2005) citam que os aspectos pedológicos da Serra do Espinhaço Meridional estão fortemente associados às formas de relevo e ao substrato geológico, desta forma, existe uma relação entre as superfícies geomórficas e as classes de solos presentes na região. O estudo desenvolvido por Quintero e Augustin (1999), também na Serra do Espinhaço Meridional, concluiu haver correlação entre o embasamento rochoso, a dinâmica geomorfológica e a vegetação desta região.

Sobre os tipos de levantamento de solos Ranzani (1969) define, de acordo com a Soil Survey Staff (1951), dois tipos:

Levantamento de reconhecimento: As linhas de separação das unidades mapeadas são traçadas mediante observações conduzidas a intervalos. A escala do mapa é menor que aquela normalmente empregada nos levantamentos detalhados. Este tipo de levantamento é geralmente conduzido em áreas desconhecidas e pode constituir a fase preliminar para o detalhado.

Levantamento detalhado: a locação das linhas de separação das unidades é feita por meio de observações conduzidas em toda a sua extensão.

Sobre o tipo de levantamento, Ranzani (1969) defende ainda que, o fator determinante na escolha do tipo de levantamento é o propósito deste e não precisamente a extensão geográfica da área a levantar.

Dependendo do propósito, da escala e nível de detalhamento, diferentes tipos de levantamento pedológicos podem ser realizados, a saber (Embrapa, 2007):

- **Exploratório:** objetivam obter a avaliação qualitativa dos solos de regiões e pré-avaliações para levantamentos em escalas maiores. Normalmente tem escala de publicação variando entre 1: 750.000 a 1:2.500.000, com área mínima mapeável - 22,5 km² a 250 km²;

- **Reconhecimento (baixa intensidade):** levantamentos deste tipo objetivam obter a estimativa do potencial de solos em estados ou territórios. Normalmente tem escala de publicação variando entre 1: 500.000 a 1: 750.000, com área mínima mapeável - 10 km² a 22,5 km²;
- **Reconhecimento (média intensidade):** são levantamentos cujos objetivos são obter avaliação qualitativa e quantitativa aproximada dos solos visando elaboração de projetos de desenvolvimento agrícola. Normalmente tem escala de publicação variando entre 1: 250.000 a 1: 500.000, com área mínima mapeável entre 2,5 km² a 10 km²;
- **Reconhecimento (alta intensidade):** nos levantamentos de reconhecimento são obtidas a avaliação qualitativa e quantitativa Normalmente tem escala de publicação variando entre 1:100.000 a 1.250.000, com área mínima mapeável entre 0,4 Km² a 2,5 Km²;
- **Semi-detalhado:** objetivam obter informações para o planejamento de áreas para uso potencial agrícola e conservação de solos. Normalmente tem escala de publicação entre 2,5 ha a 40 ha;
- **Detalhado:** empregado em projetos conservacionistas, áreas experimentais, uso e manejo de áreas agrícolas, pastoris e florestais intensivos, projeto de irrigação e engenharia. Normalmente tem escala de publicação variando entre 1: 10.000 a 1:25.000, com área mínima mapeável entre 0,4 ha a 2,5 ha;
- **Ultra-detalhado:** utilizado para gerar informações para determinação de parcelas experimentais e projetos especiais de irrigação Normalmente tem escala de publicação de 1:10.000, com área mínima mapeável < 0,4 ha.

Independente do objetivo a cumprir, Carmo (2009) cita que os levantamentos de solos implicam na geração de dois produtos: mapa e relatório. O mapa de solos deve apresentar, no mínimo, a espacialização das unidades pedológicas e respectivas legendas. Sobre a composição do mapa de solos, Embrapa (1995) descreve que este apresenta a distribuição espacial das características dos solos e a composição de unidades de mapeamento, em termos de unidades taxonômicas, ressaltando também, características do meio ambiente. Ainda sobre os produtos de levantamento de solos Carmo (2009) afirma que o relatório é bem mais detalhado em termos de informação, pois pode apresentar além da explicação da legenda, a descrição das unidades de mapeamento, uma caracterização da área no que se refere a sua localização, material de origem, descrição do relevo, cobertura vegetal existente e características do clima.

Sobre o histórico do levantamento de solos no Brasil, Espindola (2008) cita ainda que houve um grande impulso para este tipo de levantamentos a partir da disponibilização de fotografias aéreas, a partir de 1960. Com os recursos do radar e do satélite, os mapeamentos de solos ganharam muita agilidade e maior precisão. Nesse particular,

cumprir ressaltar a magnitude dos trabalhos desenvolvidos pelo projeto RadamBrasil ligado ao Departamento Nacional de Produção Mineral, objetivando inicialmente estudos na Amazônia, a partir de radares. O cruzamento de dados (solos, classes de declividade, uso de terras) facultado pelo uso do SIG trouxe um salto de qualidade de representação, armazenamento, planejamento, gestão e atualização de informações levantadas; o recurso passou a constituir uma importante ferramenta para o diagnóstico, planejamento e gestão do uso da terra, no auxílio à tomada de decisões (Burrough, 1986).

Considerando que o levantamento de solos é a etapa primordial para entender a dinâmica pedológica de uma área e sua interface com seu ambiente de inserção está sendo proposta esta atividade para este estudo.

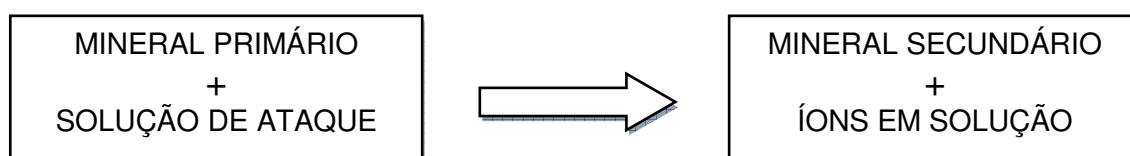
2.2 Intemperismo e perda de sílica

Schaetzl (2005) conceitua o intemperismo como a alteração química e física das rochas e minerais na superfície da Terra ou próxima a ela, produzida por agentes biológicos, químicos e físicos ou a combinação deles para atingir o estado de equilíbrio com o ambiente.

Já Toledo *et al.* (2009) definem o intemperismo como o conjunto de modificações de ordem física (desagregação) e química (decomposição) que as rochas sofrem ao aflorar na superfície da Terra. Sobre o intemperismo os autores abordam o seu papel no modelado da paisagem citando que os processos do intemperismo acabam levando à denudação continental, com o conseqüente aplainamento do relevo.

Apesar das diferenças conceituais, os autores consideram processos químicos e físicos como integrantes do intemperismo. Salgado (2002) aborda a interdependência entre eles, já que o intemperismo químico é o que possibilita o intemperismo físico e, este último por sua vez, favorece também a ocorrência do primeiro.

Melo *et al.* (2009) afirmam que um sistema de intemperização química pode ser representado pelo esquema abaixo (Figura 2.1)



Fonte: Melo *et al.* (2009)

Figura 2.1: Esquema de um sistema de intemperização.

O intemperismo químico promove a transformação dos minerais primários em secundários. Schaetzl (2005) divide o intemperismo químico em dois tipos; dissolução congruente e dissolução incongruente. A dissolução congruente ocorre quando o mineral vai imediatamente para a solução e nada é imediatamente precipitado, ou seja, há perda

instantânea do material a partir da ocorrência da reação de dissolução. Esta dissolução acontece geralmente com minerais de alta solubilidade. Já na dissolução incongruente os íons liberados pelas reações do intemperismo precipitam no local de ocorrência da reação e formam novos minerais.

Dentre as reações que integram o intemperismo químico estão a hidratação, a dissolução, a oxidação e a hidrólise, sendo esta última a mais comum e que será o foco deste estudo. Dentre as reações de intemperismo químico dos materiais, a hidrólise é a mais importante, destacando-se na decomposição de minerais silicatados. (Lima, 2007).

- Hidrólise

Melo *et al.* (2009, p. 338) definem a hidrólise da seguinte maneira;

... consiste na reação entre íons H^+ e OH^- (provenientes da dissociação da água) e um mineral, produzindo o rompimento das ligações O entre os íons metal (Al, Fe, Ca, Mn, Mg etc.) e o Si nos silicatos e o C nos carbonatos. O resultado é a substituição dos íons alcalinos (K, Na, Ca, etc) pelo H^+ , com o conseqüente colapso e desintegração da estrutura... há despolimerização da estrutura do silicatos, com liberação de Si na forma de H_4SiO_4 e de cátions básicos (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) para a solução, enquanto o Al pode precipitar como $Al(OH)_3$.

Conforme a intensidade, a hidrólise pode ser considerada em três níveis designados de modelos de processos de formação de argilominerais (Lacerda, 2001). São eles:

- 1) Dessilicatização limitada - Bissialitização: a quantidade de sílica no sistema permite a formação de argilominerais 2:1. Acontece quando o fluxo de água é pouco intenso e a lixiviação é fraca (Melo *et al.*, 2009)
- 2) Dessilicatização moderada - Monossilitização: condições que propiciam a formação de argilominerais 1:1 (caulinita). Se o fluxo de água é moderado, a lixiviação é mais acentuada (Melo *et al.*, 2009).
- 3) Dessilicatização completa - Alitização: apenas o Al permanece no sistema, com a formação de gibbsita. Ocorre quando fluxo de água é muito intenso e a lixiviação é muito forte

Fatores controladores do intemperismo

McBride (1994) define como fatores da dinâmica de transformação, pelo intemperismo químico, dos minerais primários em secundários:

- Presença de minerais primários mais facilmente intemperizáveis;
- Tendência de formação dos minerais secundários, e;
- Taxa de processo de transformação.

Ainda em relação à dinâmica decorrente do processo de intemperismo, Paton (1978) define como controladores fatores internos e externos.

Fatores internos

Melo *et al* (2009) citam e descrevem os seguintes fatores internos em termos da estabilidade dos silicatos:

- (i) A estabilidade cresce com o aumento do grau de condensação de estrutura, isto é, com o compartilhamento dos O entre os tetraedros. Na sequência nesossilicatos < ciclossilicatos < inossilicatos < filossilicatos < tectossilicatos aumenta a razão Si/O e, como consequência, a quantidade de ligação com forte caráter covalente Si-O na estrutura.
- (ii) Com o aumento da substituição do Si pelo Al a estabilidade decresce no grupo estrutural.
- (iii) No grupo estrutural com o decréscimo da eletronegatividade dos íons metálicos a estabilidade decresce.
- (iv) A estabilidade é afetada pelo tipo e estrutura do poliedro metal-íon-O ligando as unidades de silicato, que depende do tamanho e carga dos íons, além de outros fatores.

Para complementar o último item definido por Melo *et al* (2009), Schaetzl (2005, p. 232) afirma que o potencial iônico é um dos aspectos essenciais na definição da solubilidade dos minerais:

... definido como a carga iônica dividida pelo raio iônico ... refere-se a facilidade com que o íon pode ser removido em solução. Íons com baixo potencial iônico são os principais componentes da solução de intemperismo implicando no fato de que eles são mais facilmente lixiviados. (Schaetzl, 2005, p. 232)

A intemperização dos minerais silicatados, geralmente, segue a sequência estabelecida por Goldich (1938) (Figura 2.2). Esta série é semelhante à série de Bowen (Figura 2.2) que define que a ordem com que os minerais se cristalizam a partir do magma determina a sua estabilidade. Quanto menor a velocidade de cristalização maior a estabilidade do mineral.

Estabilidade dos minerais	Velocidade do intemperismo	Série de reações de Bowen
Mais estável	Menor	Quartzo
Óxido de ferro (hematita)	↓	Muscovita
Hidróxidos de alumínio (gibsitita)		Feldspato potássico
Quartzo		Biotita
Argilominerais		Plagioclássios sódico (Albita)
Muscovita		Plagioclássios cálcico (Anortita)
K-Feldspato (ortoclásio)		
Biotita		
Albita		
Anfibólio		
Piroxênio		
Anortita		
Olivina		
Calcita		
Halita		
Menos estável	Maior	

Fonte: Toledo *et al* 2009

Figura 2.2: Série de estabilidade de Goldich comparada com a série de Reações de Bowen para minerais das frações areia e silte.

Aos fatores internos somam-se características mineralógicas tais como dureza, clivagem, coeficiente de expansão, presença de defeitos no cristal, tamanho do grão e/ou área específica. No caso do solo, a porosidade determina o grau de infiltração da água que, portanto, está relacionada ao processo de intemperismo.

Fatores externos

Como qualquer reação química ocorrente em sistema aberto, o equilíbrio e velocidade das reações são dependentes das condições ambientais que lhe são impostas.

Dentre os fatores externos controladores do intemperismo estão a disponibilidade de água, o pH e a temperatura.

- Disponibilidade de água

A disponibilidade de água determina a intensidade do processo de hidrólise e conseqüentemente do processo de transformação dos minerais primários e a lixiviação de elementos (Quadro 2.1).

Quadro 2.1

Funções da água na zona de intemperismo.

Funções físicas

- Agente de transporte físico (intensifica o transporte gravitacional e promove a ascensão de elementos através da capilaridade)
- Meio através do qual os reagentes são dispersados nos locais de reação assim como promove a interação sólido-líquido
- Exerce pressão parcial (diretamente relacionado ao potencial químico e atividade)
- Promove a desintegração física dos sólidos

Funções químicas

- Solvente
 - Componente de todas as reações típicas da zona de intemperismo (hidratação, dissolução e oxidação)
 - Constituinte das principais fases formadas durante o intemperismo dentre eles os hidróxidos, argilas e componentes amorfos
-

Fonte: Martini (1991)

Schaetzl (2005) considera que o maior controlador do intemperismo químico é o grau com que a água pode participar da reação, incluindo capacidade de carrear do sistema os produtos deste processo.

Importante é salientar que mais do que a simples disponibilidade de água para a ocorrência do intemperismo, também pode ser um fator condicionante a forma com que esta percola pelo material. Portanto, as reações de intemperismo também podem estar condicionadas a fatores como relevo e estrutura do material. Tal situação foi verificada por Modenesi-Gauttieri *et al.* (2010) em estudo sobre a gênese e evolução do saprolito no planalto de Campos do Jordão onde os autores citam:

A grande heterogeneidade das características petrográficas (quantidade e distribuição de quartzo e minerais micáceos) e estruturais (espessura e mergulho do bandamento) dos gnaisses do planalto condiciona a percolação das águas de infiltração, determinando um comportamento irregular da sequência de intemperismo ao longo dos perfis... (p.244)

pH

Paton (1978) cita que a hidrólise é dependente da concentração de íons H^+ ; portanto, qualquer processo que afete a concentração deste íon irá afetar a velocidade e intensidade da hidrólise.

A hidrólise ocorre sempre na faixa de pH 5 a 9. Se há no meio, condições de renovação das soluções reagentes, determinadas pela pluviosidade e pela topografia, estas se mantêm sempre diluídas, e as reações podem prosseguir, eliminando os componentes solúveis (Toledo *et al.*, 2009).

Schaetzl (2005) cita que muitos minerais, como a sílica e óxidos de alumínio são muito solúveis em valores de pH altos e baixos. Paton corrobora com esta afirmação ao apresentar o gráfico onde demonstra a solubilidade da sílica em função do pH (Figura 2.3).

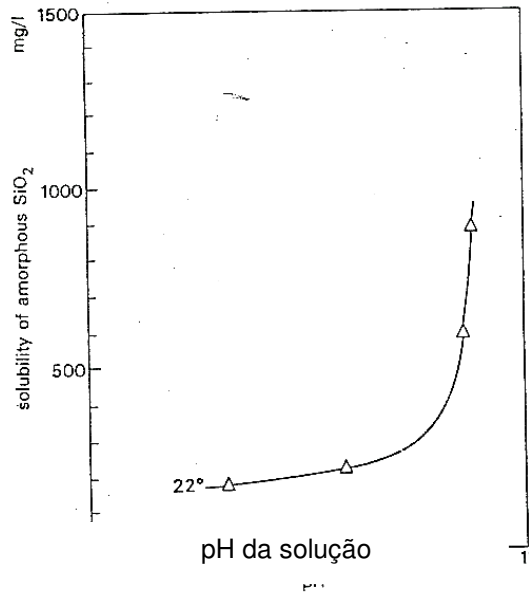


Figure 3.3 Solubility of amorphous silica (derived from Okamoto *et al.* 1957).

Fonte: Paton (2005)

Figura 2.3: Solubilidade da sílica em função do pH

Temperatura

Segundo Paton (1978), a temperatura pode influenciar na dissociação da água em íons H^+ . É importante salientar que a temperatura é responsável somente pelas taxas de ocorrência e não pelo tipo de reação.

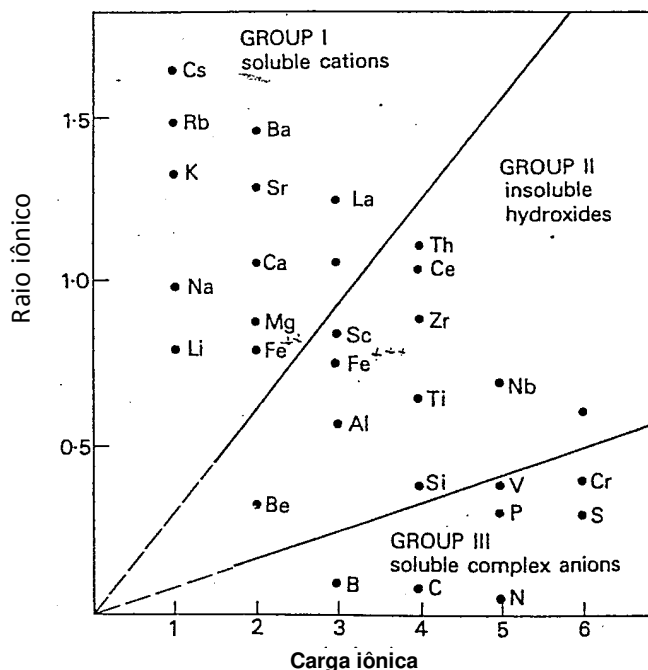
Quando a hidrólise é limitada, a lixiviação é fraca, a estrutura de certos minerais pode sofrer alteração apenas parcial, sem alcançar dissolução completa. Nesse caso, os minerais secundários originam-se, via fase sólida, por meio da transformação dos minerais primários, herdando parte de sua estrutura (Melo *et al.*, 2009) Portanto, a lixiviação dos elementos garante a continuidade da reação, pois esta não entra em equilíbrio.

A lixiviação dos elementos disponibilizados pelo processo de intemperismo é dependente do potencial iônico, que conforme definição anteriormente apresentada, é a relação entre a carga iônica e o raio iônico. Quanto menor o potencial iônico maior o seu potencial para ser lixiviado.

Segundo Paton (1978), no que se refere à mobilidade, os elementos principais presentes na massa de intemperismo podem ser divididos em três grupos descritos abaixo e demonstrados na Figura 2.4:

- a) aqueles que ocorrem como simples íons e são altamente solúveis como o Ca, Na, Mg, K e Fe^{+2}
- b) aqueles que tendem a formar hidróxidos insolúveis e são relativamente solúveis tais como Si, Al e Fe^{+3}

- c) os íons do grupo III, possuem relativa solubilidade, porém não são a maioria no sistema, com exceção dos carbonatos.



Fonte: Paton (1978)

Figura 2.4: Potencial iônico

De maneira geral, do processo de intemperismo resultam a alteração e formação de novos minerais sendo eles os minerais secundários além da solubilização e lixiviação de elementos.

Sobre a lixiviação resultante do processo de intemperismo é interessante abordá-la sobre dois aspectos, sendo eles; a concentração relativa que alguns elementos podem sofrer e a variação de volume, podendo ser a rocha ou solo.

A concentração relativa acontece fundamentalmente porque alguns elementos são mais suscetíveis ao processo de intemperização em relação a outros. Fassbender *et al.* (1994) confirma esta afirmação ao citar

“...a climatização pode não afetar um constituinte enquanto que todos os outros diminuem; neste caso, o constituinte constante e os outros cujas perdas são apenas ligeiras apresentarão um aparente aumento. Ou então finalmente, a climatização pode ocasionar uma diminuição em todos os elementos; nestas condições, os que diminuíram menos apresentarão um aparente aumento.”

Ainda sobre o processo de acumulação relativa Besoain (1985) cita que o intemperismo altera a proporção em que os minerais estão presentes no solo. Aqueles que são resistentes ao intemperismo se acumulam mais gradualmente como por exemplo o quartzo, alguns óxidos de ferro e alumínio.

Já a variação de volume em função do processo de intemperismo ocorre em função da lixiviação dos elementos solubilizados que, por sua vez, liberam o espaço por eles antes ocupados.

Blanckenburg (2006) afirma que as taxas erosivas e desnudacionais podem ser definidas em termos volumétricos e de massa, podendo ser usadas para desenvolver uma compreensão quantitativa de processos tectônicos, geomorfológicos e geoquímicos das paisagens.

Ainda sobre o processo de alteração do relevo gerado em função da dissolução, Galan (2003) cita que este produz uma progressiva arenização dos quartzitos. A rocha alterada em superfície por sua exposição aos agentes atmosféricos pode ser eliminada completamente. O manto de alteração dos quartzitos é removido continuamente pelas chuvas e vento produzindo um rebaixamento geral da superfície.

Sobre a alteração da paisagem em quartzitos frente aos agentes de intemperismo o mesmo autor cita:

Os afloramentos de quartzito são a princípio impermeáveis. Quando esta impermeabilidade primária é alterada pela presença de fraturas, a circulação se encaixa, gerando uma multiplicidade de formas nas superfícies.

2.3 O solo e a mineralogia dos silicatados

A matriz do solo é constituída pelos minerais unidos em agregados estruturais, interagindo com as soluções que percolam através dos poros, dando continuidade ao intemperismo (Embrapa, 2006).

A crosta terrestre é composta quase que em sua totalidade por apenas oito elementos químicos: oxigênio, silício, alumínio, ferro, cálcio, sódio, potássio e magnésio (Andrade *et al*, 2009) (Tabela 2.1).

Tabela 2.1
Porcentagem em peso e atômica dos oitos elementos químicos mais abundantes na crosta terrestre

Elemento	Porcentagem em peso	Porcentagem atômica
O	46,60	62,55
Si	27,72	21,22
Al	8,13	6,47
Fe	5,00	1,92
Ca	3,63	1,94
Na	2,83	2,64
K	2,59	1,42
Mg	2,09	1,84
Total	98,59	100


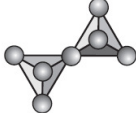
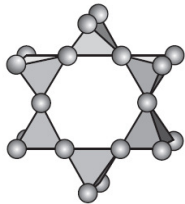
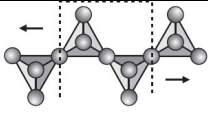
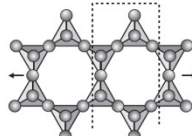
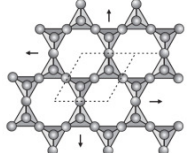
Fonte: Andrade *et al* (2009)

Analisando a tabela 2.1, percebe-se que o oxigênio e o silício são responsáveis por mais de 70% dos materiais que compõem a crosta. Portanto, em função da disponibilidade dos elementos que os formam, silício e oxigênio, os silicatos são os minerais mais abundantes da crosta. Os silicatos possuem um arranjo de forma que cada um doa quatro ânions de oxigênio (O^{2-}) e fornece metade de sua carga negativa para neutralizar o cátion silício (Si^{4+}) que se encontra no centro de um tetraedro. Assim sendo, cada ânion de oxigênio pode usar metade de sua carga para se ligar a outros cátions ou a outros tetraedros (Andrade *et al*, 2009). Dessa forma, o tetraedro é a peça fundamental de minerais silicatados da crosta. No entanto, os tetraedros apresentam quatro cargas negativas que, segundo Paton (1978, p.5), podem ser neutralizadas “unindo os tetraedros, então os oxigênios são compartilhados entre os silícios, ou fazendo ligação com outros cátions metálicos para balancear as cargas negativas”.

A classe mineral dos silicatos é a de maior importância, superando qualquer outra, pois cerca de 25% dos minerais conhecidos e quase 40% dos minerais comuns são silicatos (Fonseca, 2003).

Os silicatos são compostos formados por unidades estruturais extremamente estáveis contendo tetraedros, representados por SiO_4 que, dependendo do tipo de polimerização envolvido, pode formar diferentes grupos de compostos (Fonseca, 2003). Os silicatos podem ser divididos em cinco classes diferenciadas de acordo com o arranjo dos tetraedros (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 Tipos de minerais silicatados de acordo com a formação de tetraedros

Classe	Arranjo dos tetraedros	Representação gráfica do Arranjo dos tetraedros	Fórmula do complexo	Mineral representativo	
Ortossilicatos	Isolados		$(\text{SiO}_4)^{-4}$	Olivina	
Sorossilicatos	Dois tetraedros interligados pelo vértice		$(\text{Si}_2\text{O}_7)^{-6}$	Epídoto	
Ciclossilicatos	Grupos de polímeros isolados	Formadas por anéis ou cadeias fechadas de tetraedros ligados por oxigênios em comum		$(\text{Si}_6\text{O}_{18})^{-12}$	Piroxênio
Inossilicatos	Cadeias contínuas	Podem ser encontrados em cadeias simples ou duplas		$(\text{SiO}_3)^{-2}_n$	Anfibólios
Filossilicatos	Cadeias contínuas	Composto por unidades de $(\text{Si}_2\text{O}_5)^{-2}$		$(\text{Si}_4\text{O}_{10})^{-4}_n$	Mica
Tectossilicatos	Redes tridimensionais	Os tetraedros formam rede tridimensional complexa		SiO_2	Quartzo

Fonte: Ccallata , 2010 com adaptações da autora.

O processo de intemperismo promove alteração na constituição mineral original dos solos. A principal alteração ocorre na transformação dos minerais primários em secundários. Os minerais primários são aqueles presentes nas rochas, principalmente naquelas de origem ígnea ou metamórfica, que ainda não sofreram alteração pelo intemperismo (Melo *et al.*, 2009).

Segundo Lages (2002), 80% dos minerais primários do solo são silicatados e boa parte desses são aluminossilicatos. Dentre os minerais primários silicatados, destacam-se o feldspato, a biotita, a muscovita e o quartzo.

Os feldspatos são tectossilicatos de alumínio em cuja estrutura aparecem íons de Na, K, Ca e Ba (Lages, 2002).

A biotita e a muscovita são filossilicatos com estrutura em forma de lâminas do tipo 2:1.

Já o quartzo é um dióxido de silício (SiO_2) em estado cristalino e corresponde ao mineral primário de ocorrência mais comum e abundante dos solos. Em solos argilosos, sua ocorrência é menos significativa. Os quartzos, quando encontrados em tamanhos maiores

que a fração argila, são praticamente indecomponíveis, sendo por isso o componente mais comum da fração areia dos solos (Lages, 2002).

Os minerais secundários silicatados resultantes da transformação dos minerais primários podendo ser classificados em silicatados e não silicatados. Os minerais secundários silicatados podem ser divididos no grupo das argilas bilaminares do tipo 1:1, argilas trilaminares do grupo 2:1.

As argilas bilaminares do grupo 1:1 são formadas pelo arranjo de uma lâmina tetraédrica, contendo o silício no centro envolvido por oxigênios, com uma lâmina octaédrica, contendo o Al^{3+} no centro envolvido por oxigênios e oxidrilas, sendo que o principal representante dessa classe de minerais é a caulinita (Toni *et al.*, 2006).

As argilas trilaminares do grupo 2:1 são formadas por duas lâminas tetraédricas de silício intercaladas por uma lâmina octaédrica de alumínio. Este grupo é representado pelas vermiculitas, esmectitas e montmorilonitas (Luchese *et al.*, 2002).

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

3.1 Localização

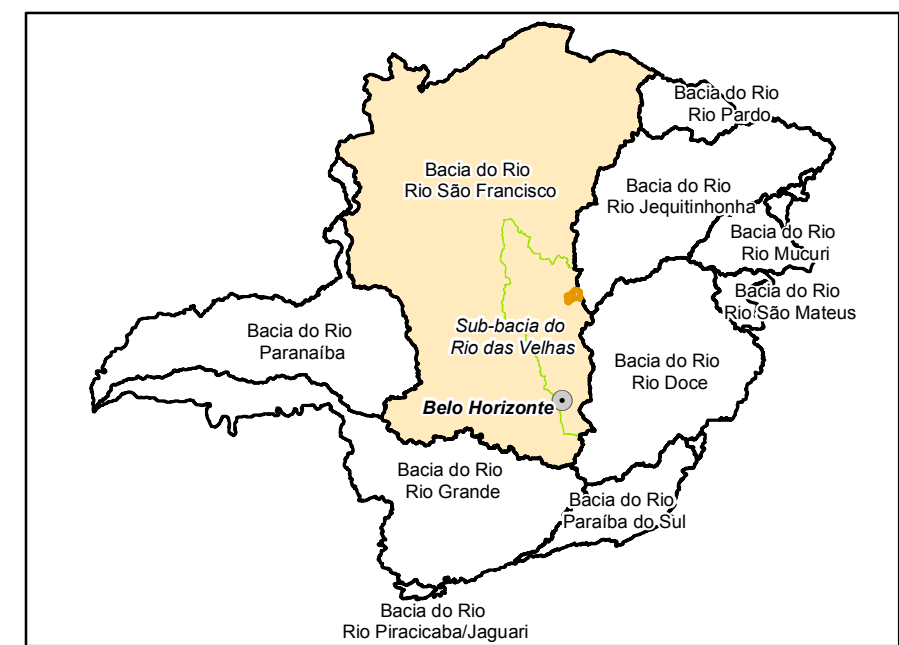
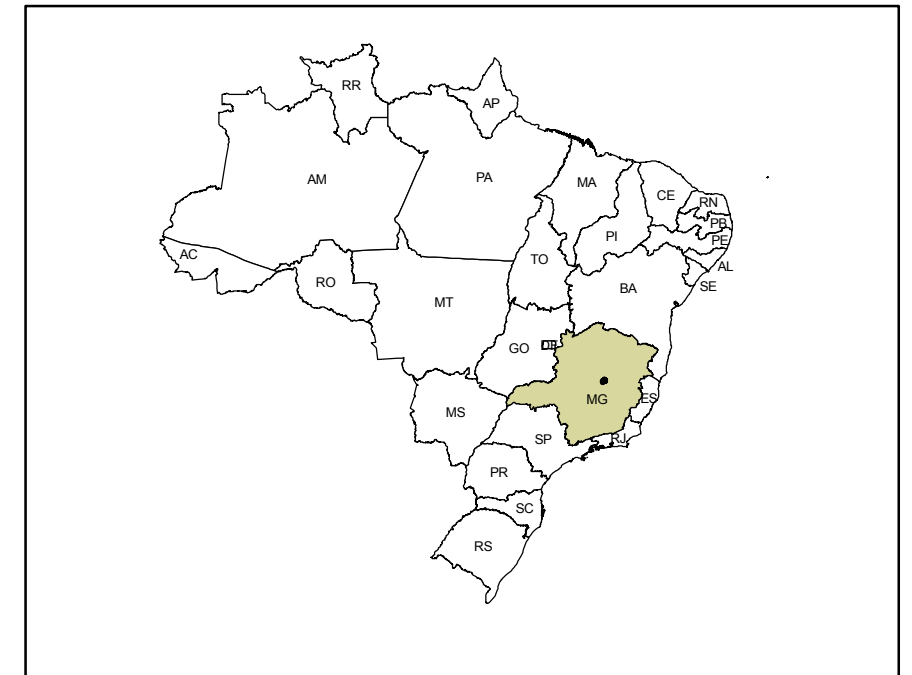
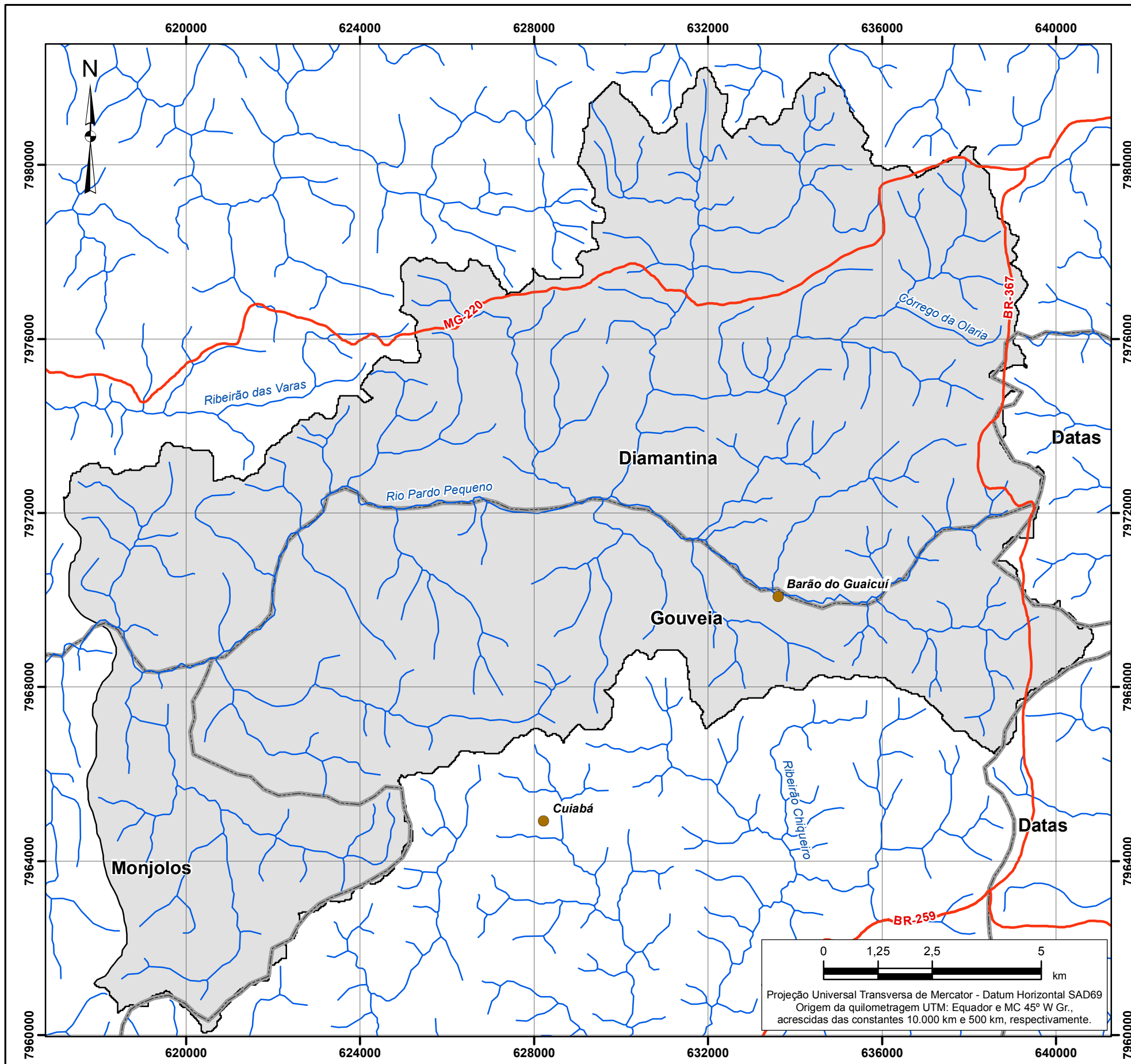
A bacia do rio Pardo Pequeno localiza-se no estado de Minas Gerais (Figura 3.1), região sudeste brasileira e drena parte dos municípios de Diamantina, Gouveia e Monjolos. Tal bacia insere-se ainda na serra do Espinhaço em sua porção meridional.

Tomando como referência o município de Diamantina, a distância aproximada a partir de Belo Horizonte, é de aproximadamente 300 quilômetros. Partindo de Belo Horizonte o acesso até a sede municipal de Diamantina se dá pela rodovia BR 040, em direção à Brasília, até o trevo com rodovia BR 135, na cidade de Paraopeba, seguindo então até Curvelo e depois acessa-se a BR 259. O acesso à área de estudo se dá por estradas vicinais.

3.2 Delimitação da área de estudo

O rio Pardo Pequeno é afluente da margem direita do rio Pardo Grande que, por sua vez, é afluente do rio das Velhas. Tem sentido de escoamento leste-oeste, diferente dos rios da região cuja orientação tem sentido Norte-Sul. Segundo Batista *et al.* (1986), a orientação do rio Pardo Pequeno é determinada pelas fases compressivas de leste – oeste ocorrentes na região e típicas da Serra do Espinhaço. Em relação ao padrão de drenagem, Alvarenga (1982), descreve que, no domínio dos quartzitos, este é do tipo retangular sob controle de elementos estruturais e diferenças litológicas e as drenagens ocorrentes nas áreas aplainadas é grosseiramente dendrítica e intermitente.

Para o estudo foi delimitada uma área de aproximadamente 263 km² correspondente ao alto curso (Figura 3.1).



0 1,25 2,5 5 km

Projeção Universal Transversa de Mercator - Datum Horizontal SAD69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e MC 45° W Gr.,
 acrescidas das constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente.

- Legenda**
- Localidade
 - Limite Municipal
 - Rodovia/Estrada
 - Alto da Bacia do Rio Pardo Pequeno
 - ~ Drenagem

3.2.1 Clima

O clima da região de inserção da bacia do rio Pardo Pequeno é, de acordo com a classificação Köppen, do tipo Cwb-mesotérmico sendo este tropical de altitude com inverno seco e verão brando e úmido (Nimer, 1989).

As normais climatológicas correspondentes aos registros médios observados na estação Diamantina, a mais próxima da área de estudo são:

- Temperatura mínima: 14,1 ° C
- Temperatura média: 18,1° C
- Temperatura máxima: 23,8° C
- Umidade relativa: 77%
- Precipitação média: 1400 mm

3.2.2 Geologia

Em termos geológicos, Almeida Abreu (1989) descreve na região de inserção da bacia de estudo a ocorrência de terrenos do arqueano e proterozóico, divididos em seis conjuntos da seguinte forma: um complexo basal, dois supergrupos, dois grupos e uma suíte metabásica.

Tais conjuntos estão representados de forma esquemática na Figura 3.2

ERA GEOLÓGICA	COMPLEXO BASAL E SUPERGRUPOS	GRUPOS	FORMAÇÃO
Proterozóica	Supergrupo Espinhaço	Guinda	São João da Chapada
			Sopa Brumadinho
			Galho do Miguel
		Conselheiro Mata	Santa Rita
			Córrego da Bandeira
	Complexo de Gouveia	Macaúbas	Córrego dos Borges
			Córrego Pereira
		Bambuí	Rio Pardo Grande
			Serra de Santa Helena
			Sete Lagoas
Arqueozóica	Suíte Metabásica Pedro Lessa		
	Complexo de Gouveia		
	Supergrupo Rio Paraúna	Costa Sena	Barão de Guaicuí
			Bandeirinha
	Pedro Pereira		

Fonte: Ádamo, 2001 modificado de Almeida Abreu, 1989.

Figura 3.2: Esquema Geológico da região de estudo.

Visualizando o mapa geológico da COMIG (1996) (Figura 3.3), nota-se, na área de estudo, a predominância de rochas do Supergrupo Espinhaço que, segundo Almeida-Abreu (1989), é formado por metasedimentos proterozóicos. O mesmo autor afirma que, os metasedimentos do Supergrupo Espinhaço recobrem os terrenos arqueanos de forma discordante. É uma sequência de baixo grau de metamorfismo, com espessura aproximada de 3000 metros sendo dividida em dois grupos, oito formações e três membros.

Em termos estruturais, Ádamo (2001) descreve o Supergrupo Espinhaço como um sistema de sinclinais e anticlinais, cujos eixos são orientados no sentido N-S, conjuntamente com o desenvolvimento de falhas inversas ou de empurrão.

Ocorrem também na área rochas do grupo Costa Sena, cuja litologia, segundo Ávila (2009), é constituída de quartzo-mica-xistos e de quartzito com lentes de metaconglomerados e do Complexo Gouveia.

Em relação à litologia as formações predominantes na área podem ser assim descritas:

Formação Galho do Miguel: Quartzitos puros (raramente micáceos), finos, com megaestratificações cruzadas tabulares a acanaladas e marca ondulares. Esta é a litologia predominante na área.

Formação Sopa Brumadinho: Conjunto heterogêneo com frequentes variações faciológicas laterais e verticais de filitos e quartzitos finos a médios (porção inferior), quartzitos médios a grosseiros, em parte ferruginosos e micáceos, filitos, lentes métricas de metaconglomerados mono e polimíticos diamantíferos (horizonte médio) e metassiltitos, metargilitos e metabrechas polimíticas (porção superior). Filitos hematíticos podem ocorrer nos níveis inferior e mediano da unidade. Podem exibir bandeamento ferruginoso, revelando altos teores de óxidos de ferro e determinando uma coloração cinza escura à rocha.

Já o complexo Gouveia apresenta-se como uma associação de rochas graníticas.

Grupo Costa Sena: Constituído majoritariamente por quartzo-mica xistos e filitos, podendo ser encontrados também quartzitos, quartzitos conglomeráticos, formação ferrífera, metabasitos, metaultrabasitos e metavulcânicas félsicas (Gonçalves, 2011).

Apesar de ser indicada, no mapeamento, a existência de intrusões metabásicas não foi verificada, durante o trabalho de campo, ocorrência deste material.

3.2.3 Geomorfologia

Segundo Grossi-Sad *et al.* (1997), a morfologia da Serra do Espinhaço na sua porção meridional é caracterizada por planaltos elevados interceptados por escarpas quartzíticas.

Salgado (2005), baseado em Saadi (1995), destaca três grandes compartimentos geomorfológicos para a área:

- (i) compartimento deprimido moldado sobre o embasamento cristalino; é caracterizado por uma série de colinas alongadas convexas e policonvexas moldadas sobre o embasamento cristalino que, na região, é denominado de Complexo Gouveia. No interior dessa área é comum a ocorrência de intrusões de rochas metabásicas datadas do proterozóico superior que afloram no eixo NNW/SSE e produzem solos avermelhados.
- (ii) superfície serrana que se caracteriza por se constituir de uma superfície aplainada moldada sobre os quartzitos puros do Supergrupo Espinhaço e pontilhada de relevos residuais. A exemplo da área deprimida, possui intrusões de rochas metabásicas aflorando no sentido NNW/SSE. Sua cota altimétrica geralmente é superior aos 1200 metros (Salgado, 2002). Esse compartimento circunda toda a área deprimida e pode ser compreendido como o entorno da Depressão de Gouveia. Seus solos geralmente são rasos e arenosos, sendo comum os litossolos.¹
- (iii) escarpas quartzíticas moldadas sobre as litologias do Grupo Costa Sena e do Supergrupo Espinhaço, marcam o contato entre os dois compartimentos anteriores. Possuem altitude muitas vezes superior a cem metros, se estendendo geralmente da cota de 1050 metros até a cota de 1250 metros (Valadão, 1986 citado em Salgado, 2002).

Segundo Saadi (1995), em função da sua localização, na borda oeste do Espinhaço a bacia do rio Pardo Pequeno é caracterizada pela presença de *canyons* entalhados perpendicularmente à escarpa.

A bacia do alto curso do rio Pardo Pequeno, objeto de estudo, apresenta amplitude altimétrica de 462 metros sendo que o ponto mais alto está a 1564 metros e o mais baixo a 1102 metros.

Quando se observa a hipsometria da área de estudo (Figura 3.4), percebe-se uma área deprimida junto a drenagem principal, assim como a presença do compartimento “escarpas quartzíticas” nas cabeceiras da bacia e nos seus divisores.

No que se refere à declividade (Figura 3.5), os maiores declives estão relacionados ao relevo residual sendo este associado aos pontões quartzíticos de difícil intemperização. Analisando os perfis transversais da bacia (Figura 3.6), nota-se no perfil A-A', localizado mais a jusante da área, a presença do relevo residual (Figura 3.7) associado a maiores

¹ Atualmente, esses solos são classificados como NEOSSOLOS LITÓLICOS (EMBRAPA, 2006)

declividades e no perfil B-B' nota-se áreas mais aplainadas (Figura 3.8) e menores declividade. Comparando-se os dois perfis, fica evidenciada a diferença de taxas de intemperismo apesar da homogeneidade litológica da área. Tal fato evidencia que taxas de intemperismo podem ser controladas pela posição na paisagem.

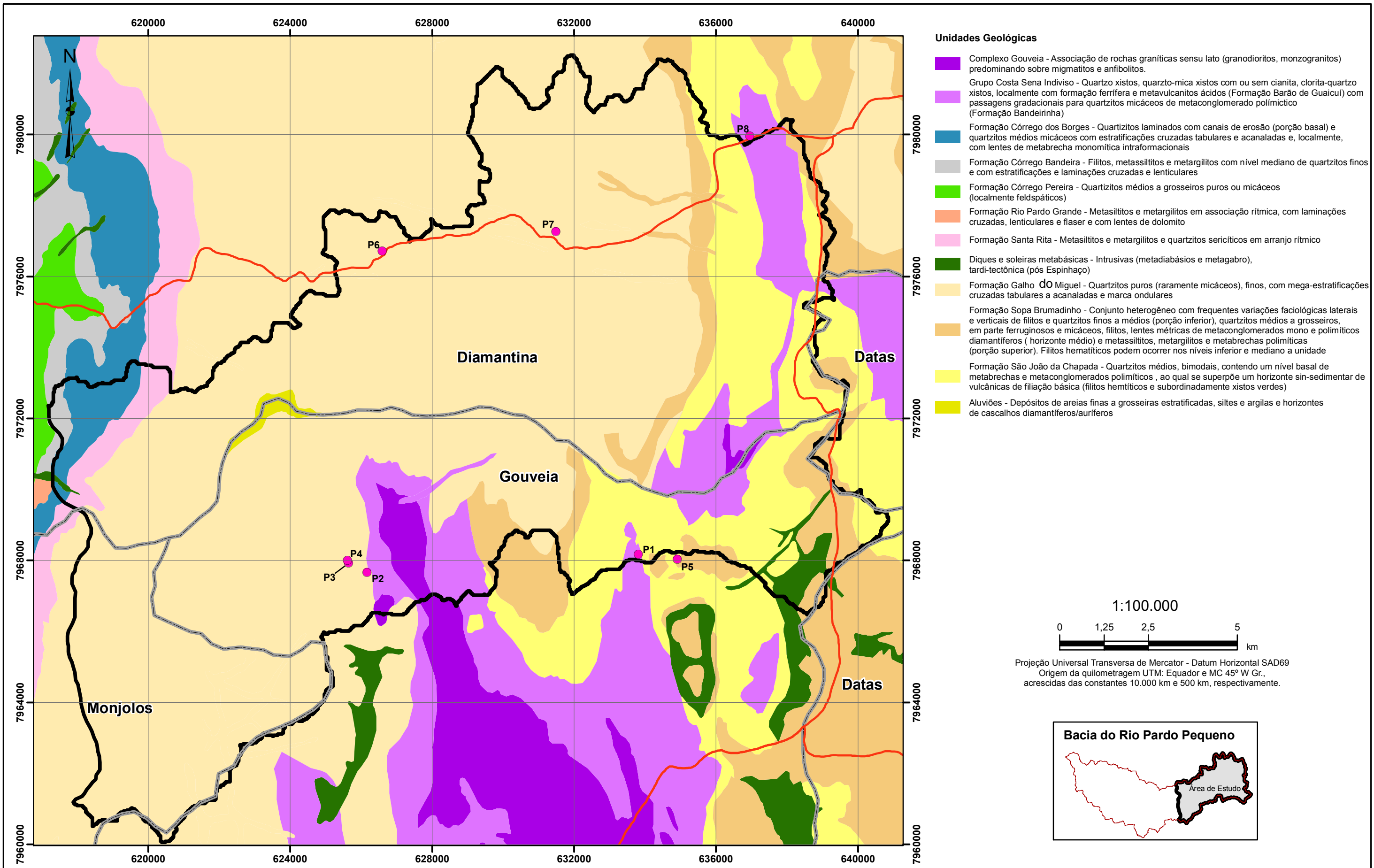








Figura 3.4: Mapa de hipsometria

Classes de Relevo

-  Relevo Plano - 0-3°
-  Relevo Suave Ondulado - 3-8°
-  Relevo Moderadamente Ondulado - 8-13°
-  Relevo Ondulado - 13-20°
-  Relevo Forte Ondulado - 20-45°
-  Relevo Montanhoso ou esparcado - >45°

1:100.000

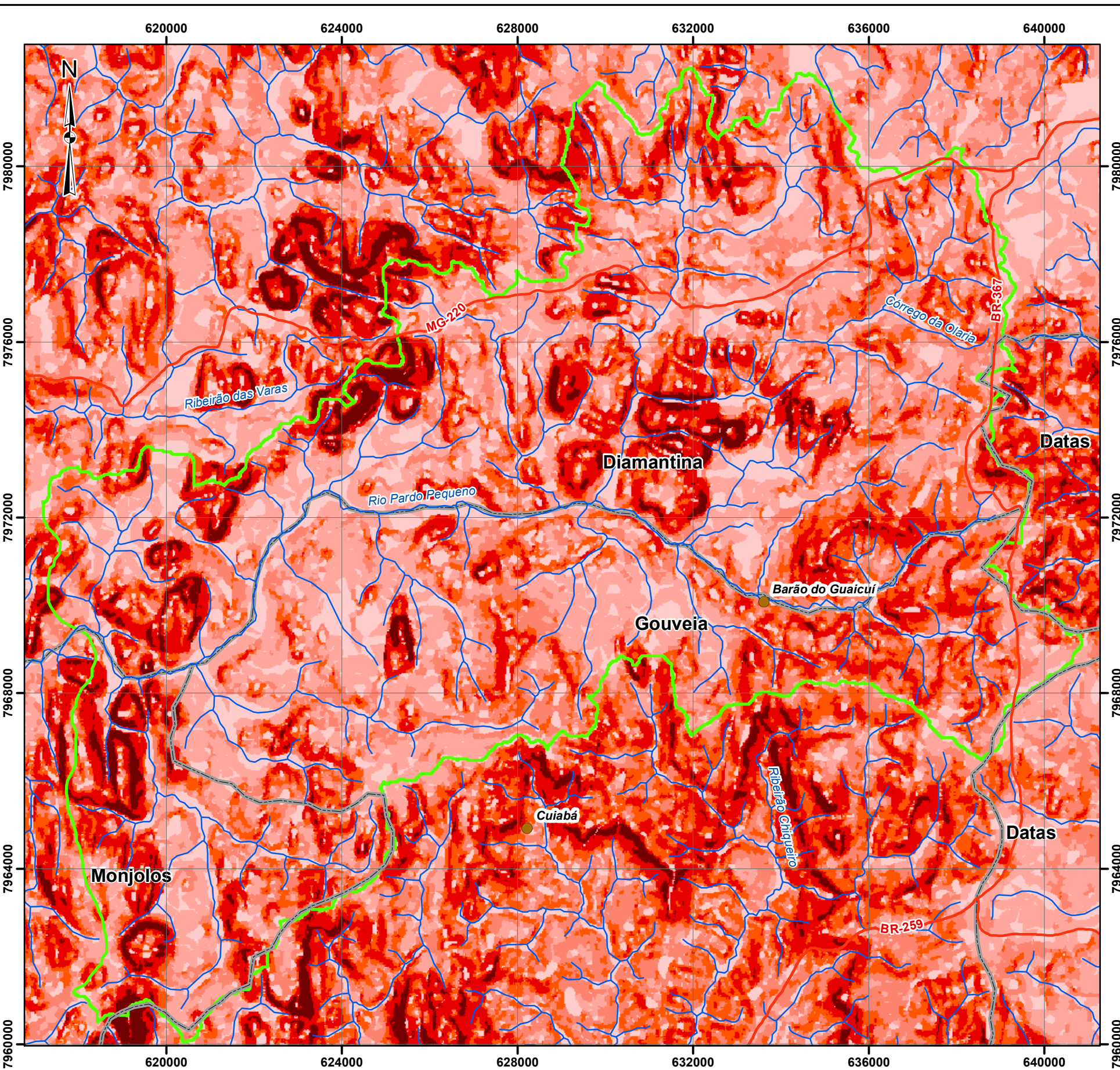


Projeção Universal Transversa de Mercator - Datum Horizontal SAD69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e MC 45° W Gr.,
 acrescidas das constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente.






Fonte:
 Declividade derivada do refinamento dos dados SRTM
 disponibilizados em <http://www.dsr.inpe.br/topodata>.
 - Base GeoMINAS
 - Folha Diamantina, Escala 1/100.000, IBGE



Autores: ElizabethSanto/Porteirinha. Outubro/2010.



Legenda

-  Rodovia/Estrada
-  Localidade
-  Drenagem
-  Limite Municipal
-  Alto da Bacia do Rio Pardo Pequeno

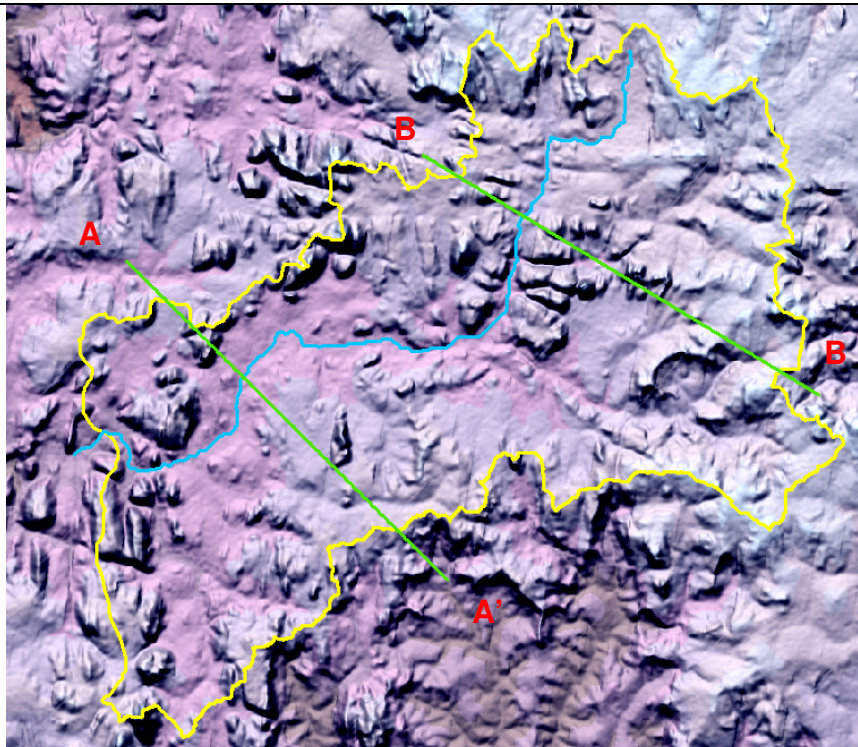


UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

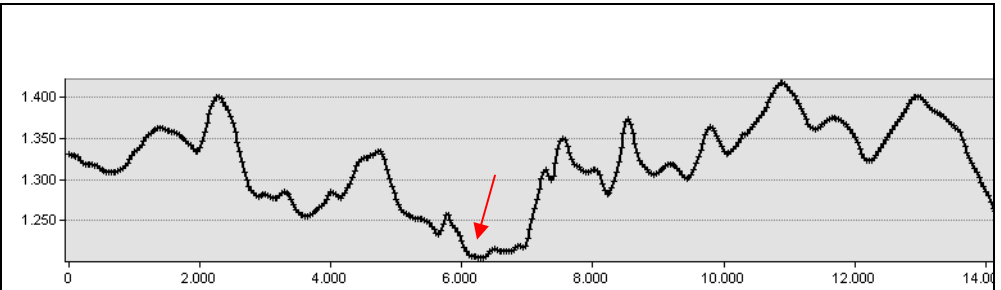
Instituto de Geociências
 Programa de Pós Graduação

Figura 3.5

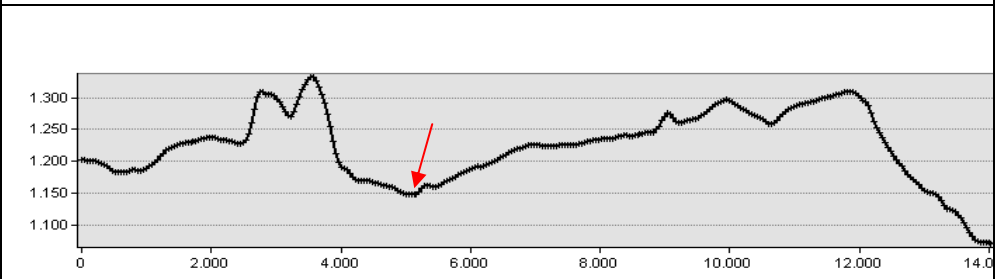
Mapa Clinográfico
 do Alto da Bacia do Rio Pardo Pequeno



* representação esquemática sem escala



Perfil A-A'***



Perfil B-B'***

** A seta em vermelho indica o posicionamento do leito do rio no perfil

Figura 3.6: Perfis da bacia do alto curso do rio Pardo Pequeno



Figura 3.7: Áreas aplainadas ocorrentes na área de estudo.



Figura 3.8: Relevo residual ocorrente na área de estudo.

3.2.4 Solos

Segundo Ávila (2009), os primeiros estudos de solos da região de Gouveia foram realizados por Augustin (1995b), Figueiredo (1999), e Ádamo (2001). Posteriormente, Diniz (2002) efetuou um estudo mais detalhado dos solos da região ao realizar o levantamento pedológico da porção norte da bacia do Ribeirão Chiqueiro, que determinou a ocorrência de cinco tipos de solos para a região:

- LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS que estão relacionados, principalmente, às rochas graníticas e as superfícies de baixa declividade em vertentes extensas e uniformes, sob relevo convexo-retilíneo;

- LATOSSOLOS VERMELHOS estão diretamente relacionados às rochas metabásicas como material parental, associando-se ao relevo suave ondulado em vertentes convexo-retilíneas extensas e ao relevo ondulado em vertentes convexo-convexas;
- CAMBISSOLOS estão relacionados, principalmente, ao relevo ondulado e forte ondulado com declividade em torno de 12° sob granito e xistos;
- NEOSSOLOS LITÓLICOS observados em áreas de maior altitude de relevo montanhoso de cristas monoclinais com declividade em torno de 27° e em áreas de relevos mais aplainados ou colinosos associados a variações de quartzo e quartzitos sob clima mais frio. Segundo Silva (2005), na Serra do Espinhaço Meridional predomina o Neossolo Litólico que é desenvolvido associado as rochas quartzíticas.
- NEOSSOLO FLÚVICO está associado aos terraços, onde há baixa declividade e relevo plano, cujo material parental é originado de sedimentos e os processos fluviais retardam a sua evolução.

Na área de estudo foi identificada a ocorrência de Neossolos Litólicos e Quartzarênicos e nos fundos de vale os Gleissolos. O mapeamento e descrição das unidades pedológicas ocorrentes na área serão apresentados no item de discussão dos resultados.

3.2.5 Uso do solo e cobertura vegetal

A área de estudo insere-se no bioma Cerrado, com ocorrência de Campos Rupestres e de Altitude onde predominam gramíneas e estrato arbustivo a arbóreo disperso. Nos fundos de vale há ocorrência de matas de galeria. Destaca-se, porém que a vegetação original encontra-se descaracterizada pela formação de pastagens.

Segundo Rezende *et al.* (2010), a vegetação da região é condicionada por características climáticas e pedo-geológicas. As áreas mais elevadas – geralmente moldadas sobre os quartzitos – apresentam vegetação de campo rupestre e subsidiariamente, campo limpo. A porção topograficamente menos elevada é coberta por savana (cerrado), que apresenta distintas formações vegetais.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para atingir os objetivos propostos para esta pesquisa foram adotados procedimentos metodológicos que podem ser agrupados em 5 etapas:

Etapa 1: Levantamento bibliográfico e produção da base cartográfica

O levantamento bibliográfico objetivou a busca de informações para o embasamento teórico necessário ao desenvolvimento dos trabalhos. Foi realizada pesquisa em trabalhos já realizados na região acerca de características da área tais como clima, hidrografia, geologia, geomorfologia, pedologia, uso do solo e cobertura vegetal. Além de informações relativas às características da área foi realizada pesquisa sobre os temas discutidos tais como levantamento de solos, intemperismo, dissolução e denudação geoquímica, dentre outros.

Nesta etapa também foi elaborada a base cartográfica necessária ao desenvolvimento dos trabalhos. Foram gerados mapas de declividade e hipsometria, na escala de 1:100.000, para subsidiar a diferenciação das unidades de paisagem que, por sua vez, podem indicar diferentes tipos de solos e também auxiliaram na identificação das formas de relevo presentes na área. O uso de modelos de paisagem, como técnica auxiliar em levantamento de solo, constitui uma evolução no entendimento das relações solo-geomorfologia e, conseqüentemente, uma ferramenta importante para identificar e mapear áreas de solos homogêneos (Campo *et al*, 2006). Tal base foi elaborada utilizando software ArGis 9.2, imagem com resolução de 7 metros e bases disponibilizadas em órgãos oficiais sendo elas:

- Carta Topográfica na escala 1:100.000, com intervalos de 10 metros, Folha Diamantina – Base Geominas
- Topografia: extraída de imagem SRTM, folha Diamantina escala 1:100.000.
- Hidrografia: Base IBGE escala 1:250.000;
- Geologia: Mapa Geológico da folha de Diamantina (SE-23-Z-A-III), 1:100.000 – Base COMIG;

A partir da base cartográfica foi possível realizar a delimitação da área de estudo e vislumbrar os possíveis pontos de amostragem.

Etapa 2: Levantamentos de campo e coleta de amostras

O levantamento de campo foi realizado objetivando tanto o reconhecimento da área como a coleta de amostras. Foram coletadas 13 amostras em 08 perfis de solo (Tabela 4.1 e Figura 4.1). As amostras foram coletadas em micro trincheiras (utilizando trato manual) e/ou em corte de estrada e posteriormente acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados.

Durante o trabalho de campo foi realizada ainda a descrição de solos a partir da análise de perfis pedológicos segundo Lemos e Santos (1996).

Tabela 4.1
Resumo das características dos pontos de amostragem.

Perfil	Coordenadas		Litologia	Solo Identificado	Horizonte Coletado		
	X	Y			A	B	C
P1	633811	7968166	Grupo Costa Sena	Neossolo Quartzarênico			X
P2	626168	7967662	Grupo Costa Sena	Cambissolo Háplico	X		X
P3	625649	7967926	Galho do Miguel	Neossolo Litólico	X		
P4	625621	7968002	Galho do Miguel	Neossolo Quartzarênico	X		X
P5	634913	7968035	Sopa Brumadinho		X		X
P6	626599	7976709	Galho do Miguel		X		X
P7	631497	7977265	Galho do Miguel	Gleissolo	X		X
P8	636952	7979958	Grupo Costa Sena	Cambissolo Háplico			X

OBS: O NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, LITÓLICO e o GLEISSOLO não possuem horizonte B.

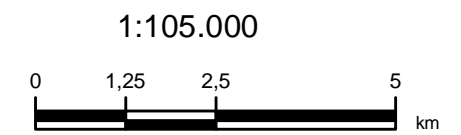
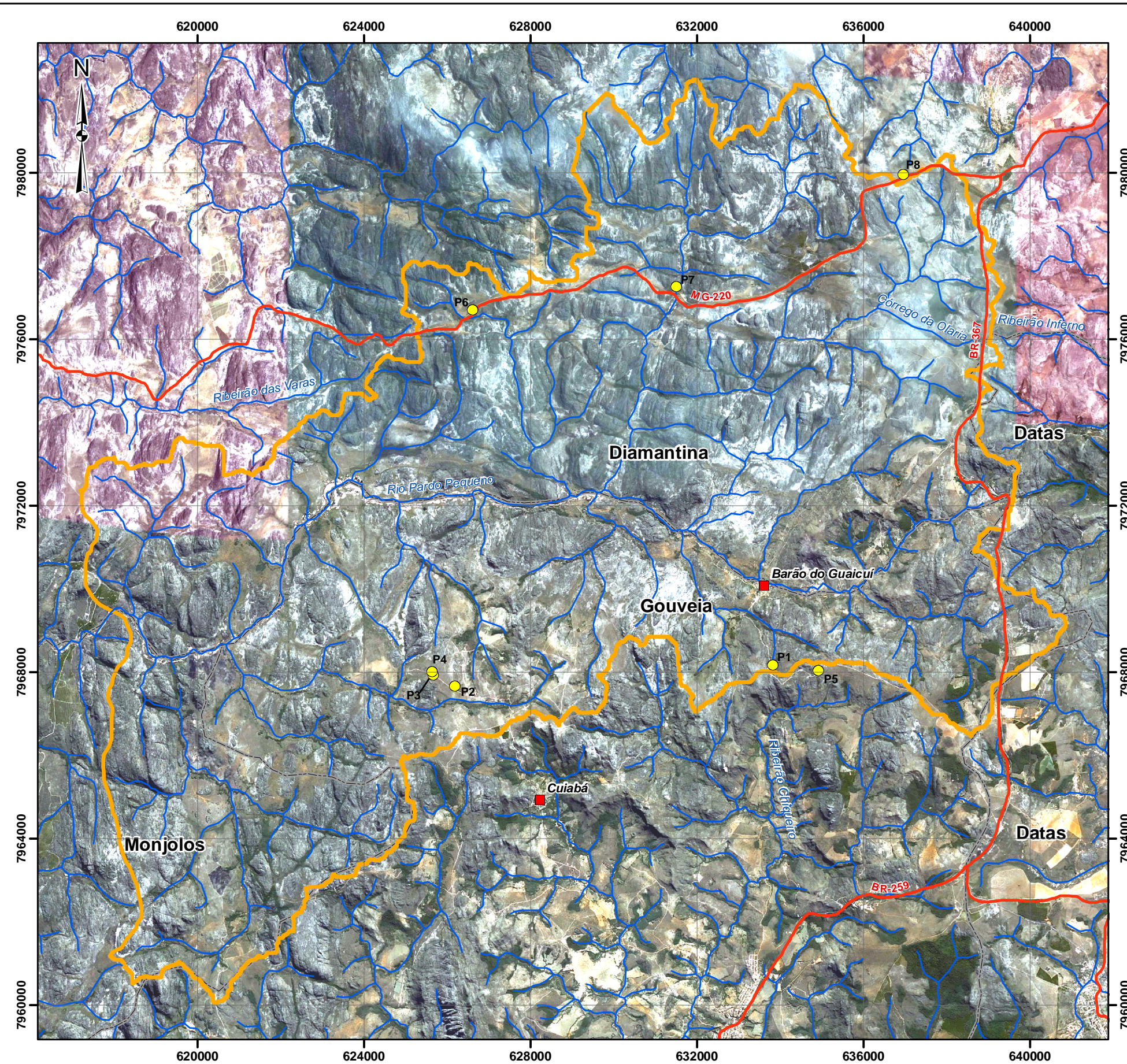
A localização dos pontos foi determinada em função da litologia assim como a existência de três unidades geomorfológicas, que, segundo Valadão *et al*, 2012 são assim definidos:

A Unidade I é aquela em que ocorrem os remanescentes das mais altas superfícies do planalto, cuja altitude está comumente acima dos 1300 metros. ...O revestimento dessas superfícies é em grande parte de neossolos quartzarênicos, não tendo sido encontrados até o momento volumes sedimentares pré-quadernários. Altimetricamente acima dessas superfícies se elevam relevos residuais – cristas monoclinais – também modelados em rochas siliciclásticas.

Sendo a Unidade II definida como:

Na Unidade II o caráter geomorfológico mais significativo é a ocorrência de rampas de gradiente significativamente mais elevado que na unidade anterior, as quais convergem para vão central ocupado pela drenagem, numa comprovação clara de que esses vales vêm sendo escavados por vigorosa incisão vertical da rede hidrográfica conjugada ao recuo à montante. É comum, nessa unidade, a presença de rápidos e cachoeiras, denotando perfis longitudinais desajustados e estruturalmente fortemente controlados, altimetricamente situados entre 1100 a 1300 metros.

A Unidade III ainda segundo Valadão (2012) ocupam as cotas altimétricas mais baixas, entre 1050 a 1100 metros, os perfis longitudinais já se encontram mais ajustados e ocupam comumente o médio curso dos rios. Essa unidade configura o piso de depressões que se estendem ao longo do médio e baixo vale dos principais canais fluviais da região.



Projeção Universal Transversa de Mercator - Datum Horizontal SAD69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e MC 45° W Gr.,
 acrescidas das constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente.

Fonte:
 - Base GeoMINAS
 - Folha Diamantina, Escala 1/100.000, IBGE



Autores: ElizabethSanto/Porteirinha, Maio/2011.

Legenda

- Pontos de Amostragem de Solo
- Localidade
- Drenagem
- Rodovia/Estrada
- Limite Municipal
- Alto da Bacia do Rio Pardo Pequeno



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS



Instituto de Geociências
 Programa de Pós Graduação

Figura 4.1
 Mapa de Distribuição
 de Pontos de Coleta de Solos

Etapa 3: Mapeamento de solos

O mapeamento de solos foi elaborado a partir da vetorização das unidades pedológicas em imagem de resolução de 7 metros na escala 1:30.000. O mapeamento levou em consideração as observações de campo e as unidades de paisagem ocorrentes na área.

Etapa 4: Ensaios e análise de laboratório

Os ensaios de laboratório compreenderam: análise granulométrica, preparação das amostras para obtenção de terra fina seca ao ar, incubação e ensaio de lixiviação e quantificação de elementos químicos no lixiviado.

Para se obter a terra fina seca ao ar (TFSA) necessária aos ensaios, as amostras foram secas em estufa a 35°C durante 3 dias e posteriormente peneiradas em peneira de malha de 2 mm. Após o peneiramento foi realizada nova pesagem e colocação das amostras em colunas de PVC.

A análise granulométrica foi realizada no laboratório de solos do Instituto Mineiro de Agronomia – IMA, utilizando o método de pipeta. O método de pipeta consiste na separação das areias por peneiramento, agitação da suspensão (fração silte + fração argila), medição da temperatura da suspensão para estabelecer o tempo de sedimentação e, após esse período, e coleta da suspensão da fração argila. Assim, a proporção da fração silte no sistema é calculada por subtração das outras frações em relação à amostra original.

Para a incubação e ensaio de lixiviação foi utilizada uma coluna de PVC para cada amostra. A coluna foi construída com tubos de PVC de 10 centímetros de diâmetro utilizando segmentos com aproximadamente 30 centímetros de comprimento. Em uma das extremidades foi colocada uma tampa perfurada de forma que possibilitasse o escoamento do lixiviado (Figura 4.2). As amostras de TSFA foram pesadas antes de colocação nos tubos.



Figura 4.2: Coluna de lixiviação utilizada nos ensaios

As amostras de solo passaram por um período de incubação de 30 dias quando foram mantidas permanentemente úmidas com água destilada. O objetivo deste procedimento foi promover a hidrólise e consequente disponibilização dos componentes (bases e Si) para o ensaio de lixiviação.

Para o ensaio de lixiviação foi adaptada outra tampa na parte superior do tubo com apenas um furo para introdução do equipo. O ensaio de lixiviação consistiu na adição de 50 ml de água destilada para cada 100 gramas de amostra. O ensaio de lixiviação consistiu no gotejamento de água destilada. A água passante foi recolhida em béqueres colocados abaixo dos tubos e posteriormente acondicionada em frascos devidamente identificados. Foram realizados 5 ensaios consecutivos de lixiviação com água destilada em cada amostra.

De forma a verificar a influência da variação de pH no processo de dissolução geoquímica algumas amostras foram novamente incubadas e lixiviadas, porém com soluções de pH ácido e básico (Tabela 4.2). Foram realizados 2 ensaios consecutivos com as soluções em cada uma das amostras selecionadas adotando os mesmos procedimentos utilizados para a água destilada.

Tabela 4.2
Amostras selecionadas e pH da solução de incubação e ensaio de lixiviação

Ponto	pH da solução de incubação e ensaio de lixiviação
P2 (horizontes A e C)	4
P4 (horizontes A e C)	
P5 (horizontes A e C)	9
P6 (horizontes A e C)	

O lixiviado foi analisado para quantificação dos elementos Si, Ca, Mg, K e Na através de ICP-Plasma realizado no laboratório da empresa SGS Geosol. (Tabela 4.3)

Tabela 4.3
Limite de detecção do método para análise do lixiviado

Elemento	Limite de detecção (mg/L)
Ca	0,01
Mg	0,01
Na	0,25
K	0,8
Si	0,1

Etapa 5: Tratamento e interpretação dos dados

O tratamento consistiu na tabulação dos dados obtidos em campo e resultados dos ensaios granulométricos e de lixiviação.

A classificação pedológica teve por base o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

A partir do resultado da análise granulométrica, as amostras foram classificadas quanto à classe textural a partir da leitura do triângulo americano (LEMOS e SANTOS, 1996).

A interpretação dos dados verificou e analisou a existência de relação entre os resultados obtidos nos ensaios granulométricos e de lixiviação relacionando-os por sua vez com a sua posição na paisagem.

5. RESULTADOS

5.1 Mapeamento de solos

Na área de estudo foram identificadas 4 unidades pedológicas (Figura 5.1 e Quadros 5.1 a 5.8) são elas:

- Neossolos Quartzarênicos: a ocorrência desta tipologia de solos na área de estudo está associada principalmente às áreas aplainadas onde o processo de pedogênese é relativamente mais evoluído e que possui litologia predominante associada à Formação Galho do Miguel, caracterizada pela ocorrência de quartzitos puros. Embrapa (2006) p.192 define este tipo de solo como:

... solos sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade, com seqüência de horizontes A-C, porém apresentando textura areia ou areia franca em todos os horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico; são essencialmente quartzosos tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo).

- Neossolos Litólicos: sua ocorrência na área está associada aos afloramentos quartzíticos onde o processo de pedogênese ainda é incipiente. Segundo Embrapa (2006) p 181 este tipo de solo é definido como

Solos com horizonte A ou hístico, assentes diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões), que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo. Admite um horizonte B em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.

- Gleissolos: associados aos fundos de vale. Embrapa (2006) p.147 o define como

Solos constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 150 cm da superfície, imediatamente abaixo de horizonte A ou E, ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos organossolos, não apresentando horizonte vértico ou horizonte B textural com mudança textural abrupta acima ou coincidente com horizonte glei, tampouco qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei, ou textura exclusivamente areia ou

areia franca em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico...

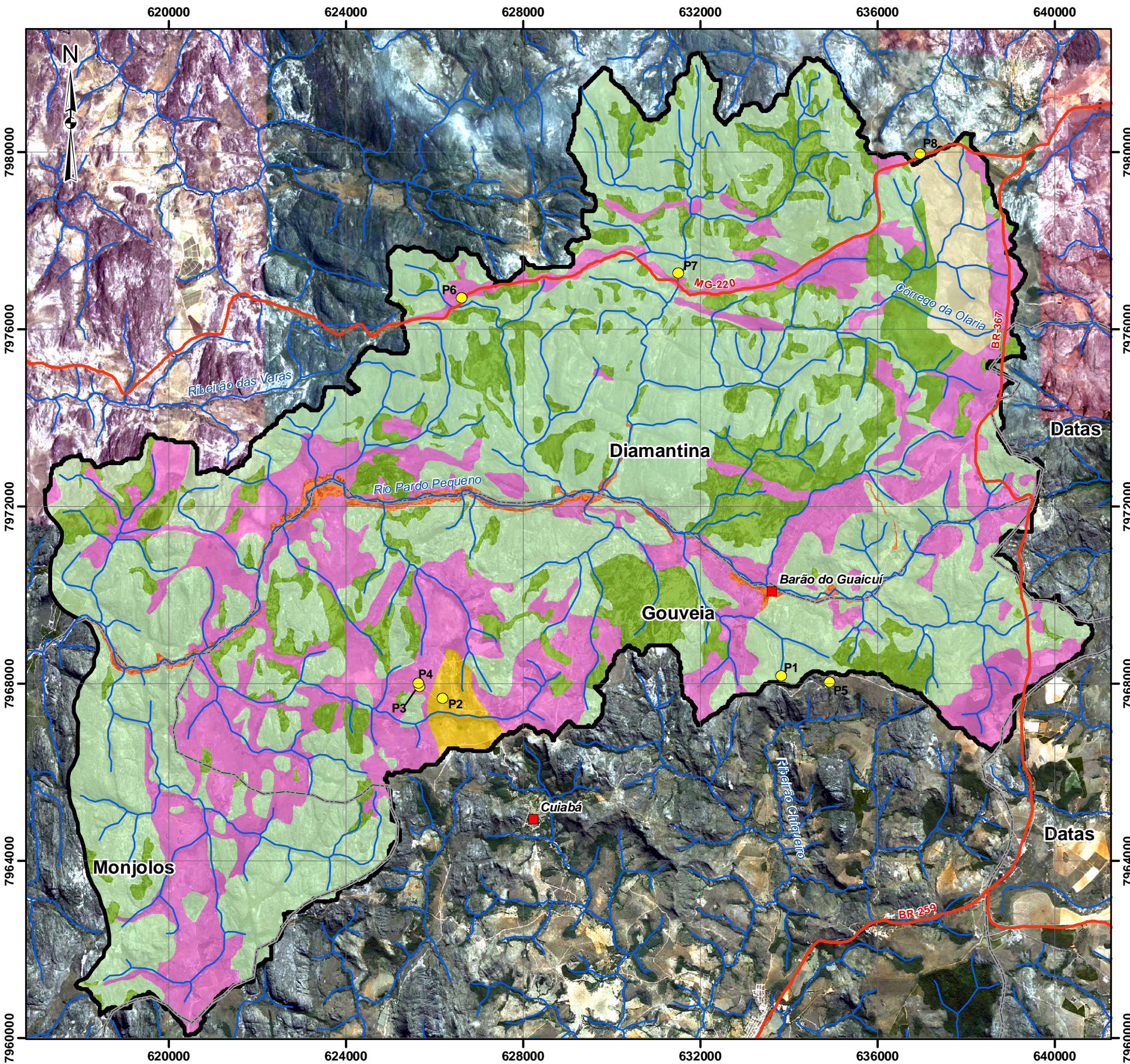
- Cambissolos: Na área de estudo este solo ocorre associado à litologia do Grupo Costa Sena Indiviso

Solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, exceto hístico com 40 cm ou mais de espessura, ou horizonte A chernozêmico, quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta. Plintita e petroplintita, horizonte glei e horizonte vértico, se presentes, não satisfazem os requisitos para plintossolos, gleissolos e vertissolos, respectivamente (EMBRAPA, p. 119)

Dentre os fatores condicionantes de formação do solo, a litologia parece ser o que menos influencia na área de estudo pois, apesar da homogeneidade litológica, há ocorrência de distintas unidades pedológicas. Portanto a litologia não pode explicar isoladamente a variabilidade das classes de solo encontradas. Campos *et al* (2011) citam que, os fatores essenciais para estudar as relações solo - paisagem são o material de origem e os aspectos topográficos; estes últimos imprimem grande variabilidade aos atributos do solo, pois condicionam os fluxos de água e orientam o transporte e acúmulo de massa (erosão e deposição) (BARTHOLD *et al.*, 2008).

Motta *et al* (2002), ao analisar a relação de solo superfície em uma área do Planalto Central Brasileiro, também identificaram independência da litologia com os solos ao citar que os solos da superfície mostram uma distribuição condicionada sobretudo pela variação do regime hídrico ao longo das vertentes suaves.

Já Barbar & Melo (2008) citam que mesmo em escalas pequenas e sobre o mesmo material de origem é observado alta variabilidade dos atributos do solo, devido a variações locais de umidade, atividade biológica, lixiviação, erosão e sedimentação.



Mapeamento de Solo

- Afloramento
- Gleissolo
- Cambissolo Háplico
- Neossolo Quartzarênico
- Associação de Neossolo Litólico e Afloramento
- Associação de Cambissolo Háplico e Neossolo Quartzarênico

1:100.000



Projeção Universal Transversa de Mercator - Datum Horizontal SAD69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e MC 45° W Gr.,
 acrescidas das constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente.

Fonte:
 - Base GeoMINAS
 - Folha Diamantina, Escala 1/100.000, IBGE



Autores: ElizabethSanto/Porteirinha, Maio/2011.

Legenda


- Pontos de Amostragem de Solo
- Localidade
- Drenagem
- Rodovia/Estrada
- Limite Municipal
- Alto da Bacia do Rio Pardo Pequeno

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Instituto de Geociências
 Programa de Pós Graduação

Figura 5.1
 Mapa de Solos
 do Alto da Bacia do Rio Pardo Pequeno

Quadro 5.1
Características do perfil P1

Perfil	P1							
Horizonte	Esp. (cm)	Cor	Análise granulométrica (g/kg)				Classe textural	Litologia
			Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
C	10-60	10YR 5/6 Bruno Amarelado	11	910	43	36	Arenosa	Xisto - Grupo Costa Sena
CLASSE DE SOLO: Neossolo Quartzarênico								
Observações: Perfil A não coletado não função da presença de cascalheira quartzosa.								
<p>Foto</p>  <p align="center">Figura 5.2: Aspecto do local do perfil P1</p>								

Quadro 5.2
Características do perfil P2

Perfil	P2							
Horiz.	Esp. (cm)	Cor	Análise granulométrica (g/kg)				Classe textural	Litologia
			Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
A	0-50	10YR 5/4 Bruno Amarelado	323	256	328	89	Média	Xisto - Grupo Costa Sena
C	50-100	10YR 5/8 Bruno Amarelado	240	234	327	198	Média	

CLASSE DE SOLO: Cambissolo Háplico

Foto



Figura 5.3: Aspecto do perfil P2

Quadro 5.3
Características do perfil P3

Perfil		P3						
Horiz.	Esp. (cm)	Cor	Análise granulométrica (g/kg)				Classe textural	Litologia
			Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
A/R	0-50	10 YR 7/2 Bruno Acinzentad o Escuro	263	641	39	56	Média	Quartzito - Galho do Miguel

CLASSE DE SOLO: Neossolo Litólico

Observação: Coletado próximo a afloramento

Foto



Figura 5.4: Aspecto do perfil P3

Quadro 5.4
Características do perfil P4

Perfil	P4							
Horiz.	Esp. (cm)	Cor	Análise granulométrica (%)				Classe textural	Litologia
			Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
A	0-40	10 YR 5/2 Bruno Acinzentado	20	698	41	61	Arenosa	Quartzito - Galho do Miguel
C	40-100	2,5 Y 6/4 Bruno Amarelado Claro.	178	689	47	84	Arenosa	

CLASSE DE SOLO: Neossolo Quartzarênico

Foto



Figura 5.5: Aspecto do perfil P4

Quadro 5.5
Características do perfil P5

Perfil		P5						
Horiz.	Esp. (cm)	Cor	Análise granulométrica (%)				Classe textural	Litologia
			Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
A	0-20	2,5 YR 5/6 Bruno Oliváceo Claro	466	235	139	159	Média	Quartzito – Sopa Brumadinho
C	20-120	10 YR 5/8 Bruno Amarelado	572	123	119	185	Média	

CLASSE DE SOLO: Neossolo Quartzarênico

Foto



Figura 5.6: Aspecto do perfil P5.

Quadro 5.6
Características do perfil P6

Perfil		P6						
Horiz.	Esp. (cm)	Cor	Análise granulométrica (%)				Classe textural	Litologia
			Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
A	0-15	10-Y/R 4/6 Bruno Amarelado Escuro	309	526	88,6	76,2	Média	Quartzito - Galho do Miguel
C	15-75	7,5 YR 5/8 Bruno Forte	274	504	126,6	95,4	Média	

CLASSE DE SOLO: Neossolo Quartzarênico

Foto



Figura 5.7: Aspecto do perfil P6.

Quadro 5.7
Características do perfil P7

Perfil		P7							
Horiz.	Esp. (cm)	Cor	Análise granulométrica (%)				Classe textural	Litologia	
			Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila			
A	0-20	2,5 Y 3/1 Cinza muito escuro	85	829	43	41	Arenosa	Quartzito - Galho do Miguel	
C	20-60	2,5 Y 4/1 Cinza escuro com mosqueado	277	639	40,2	43	Arenosa		

CLASSE DE SOLO: Gleissolo

Observações: Coletado na margem direita do rio Pardo Pequeno não sendo em área de aluvião e próximo a afloramento

Foto



Figura 5.8: Aspecto do perfil P7.

Quadro 5.8
Características do perfil P8

Perfil	P8							
Horiz.	Esp. (cm)	Cor	Análise granulométrica (%)				Classe textural	Litologia
			Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
C	5YR 5/8	Vermelho Amarelado	356	290	134	219	Média	Xisto - Grupo Costa Sena

CLASSE DE SOLO: Cambissolo Háplico

Foto



Figura 5.9: Aspecto do perfil P8.

Segundo Tavares (2008), a cor se correlaciona com a maioria das características mineralógicas, físicas e químicas, permitindo estabelecer inferências a respeito da natureza constitutiva do solo ou sobre as condições químicas as quais os constituintes estiveram ou ainda estão submetidos.

Para demonstrar a relação da cor com a composição do solo, Fernandes *et al.* (2004) citam que os solos apresentam, em maior ou menor intensidade, as cores individuais mostradas pelos óxidos de Fe ou a combinação delas, quando mais de um destes componentes mineralógicos se encontram presentes.

Nos pontos amostrados é perceptível a relação das cores com o material de origem, condições de drenagem assim como pela influência do ambiente. Confirmando a influência da posição da paisagem na cor do solo, Demattê *et al.* (1991) afirmam que o comportamento da cor é condicionado pelo movimento de água no sentido do declive, por ação do fluxo superficial e subsuperficial.

A cor mais escurecida dos solos, nos perfis P3 e P7, pode ser atribuída à presença de matéria orgânica. No perfil P7 destaca-se a presença de mosqueado o que indica baixa condição de drenagem.

No perfil P5, nota-se a presença de manchas avermelhadas que podem estar relacionadas à composição mineralógica da Formação Sopa Brumadinho que é caracterizada pela presença de quartzitos médios a grosseiros em parte ferruginosos e de filitos hematíticos.

No perfil P8, a coloração mais avermelhada é atribuída à formação ferrífera da litologia de origem, o Grupo Costa Sena Indiviso.

Outra característica importante dos solos é a textura, que é definida por Lemos e Santos (1996), como sendo a proporção relativa das frações granulométricas - areia (a mais grosseira), silte e argila (a mais fina) - que compõem a massa do solo. Segundo Tavares (2008), a textura é uma das características físicas mais importantes do solo, pois, possui a capacidade de influenciar a maioria dos atributos e propriedades físicos e químicos de um solo. Quanto ao que determina a textura do solo, Souza (2006) cita que o tipo de rocha ou material de origem determina a quantidade potencial de argila e areia no solo que, por sua vez, determinarão sua classe textural.

Apesar da litologia ser fator determinante na classe textural do solo, na área de estudo ocorre variação da textura em pontos localizados na mesma litologia. Tal situação ocorre nos perfis P3 e P6 que apresentam textura média enquanto os perfis P4 e P7, arenosa. Este fato pode estar relacionado aos diferentes graus de intemperismo a que foram submetidos os solos diferenciando a textura. Campos *et al.* (2011) ao analisar a relação solo-paisagem em um substrato granítico verificaram que pequenas variações de relevo proporcionam perdas ou ganhos relativos de frações texturais e, possivelmente não são motivadas por variações no material de origem.

As variações texturais, por sua vez, são capazes de diferenciar o comportamento da percolação de água nos solos. Os solos de textura mais grosseira possuem maior permeabilidade em função da reduzida coesão entre as partículas. Faria (2008) cita que a textura é o principal fator que afeta a retenção de água em um solo, pois ela, diretamente, determina a área de contato entre as partículas sólidas e a água e as proporções de poros de diferentes tamanhos.

A Tabela 5.1 demonstra a distribuição das classes de solo na bacia estudada. Nota-se que há um predomínio dos Neossolos Quartzarênicos. Em relação à distribuição, o que se percebe é que a ocorrência dos Neossolos Litólicos está mais associada à proximidade dos afloramentos, os Cambissolos estão associados ao complexo Gouveia, e os Gleissolos predominam nas áreas de várzea com presença de água.

Tabela 5.1
Distribuição de classes de solo na bacia de estudo

Tipologia	Área (ha)	Porcentagem (%)
Afloramento	13.908,77	52,92
Neossolo Quartzarênico	6.722,74	25,58
Associação de Neossolo Litólico e Afloramento	4.484,34	17,06
Cambissolo Háplico	575	2,19
Gleissolo	343,17	1,31
Associação de Cambissolo Háplico e Neossolo Quartzarênico	246,41	0,94
Total	26.280,43	100

5.2 Análise do Lixiviado

Segundo Carvalho (1995), os fatores que determinam a mobilidade dos elementos podem ser agrupados em quatro categorias sendo eles: (a) ordem atômica-iônica, tais como: raio iônico, grau de oxidação e potencial iônico; (b) ordem cristalográfica, inerente ao grau de cristalização; (c) ordem litológica, referente à granulometria, porosidade, permeabilidade e composição química da rocha, e (d) ordem ambiental, relativa à temperatura, índice de pluviosidade, atividade orgânica, fisiografia local e características físico-químicas (pH, Eh) das soluções meteóricas de percolação.

Sobre as taxas de intemperismo, Eggleton, (1986) cita que umas das observações mais antigas sobre taxas de intemperismo é que alguns minerais se intemperizam mais rápido que outros. Este mesmo autor cita ainda que não há nenhuma explanação adequada para este fenômeno, apesar de já ser aceito que a sequência dos minerais à susceptibilidade ao

intemperismo é o inverso da sequência de Bowen, ou que as taxas de intemperismo dependem da energia de formação dos minerais.

As análises realizadas no lixiviado (Anexo I) apontam que dentre os elementos analisados o Sódio é o mais perdido seguido do Cálcio, Sílica, Potássio e Magnésio. Krauskopf (1972), ao analisar a perda de elementos em rocha recém decomposta também encontrou perdas mais rápidas para o sódio, magnésio e cálcio e menos expressiva para o potássio e silício.

Quando considerada a análise textural os solos arenosos são os que apresentaram maiores perdas. Este comportamento está relacionado à maior percolação das águas em solos com esta textura. A maior disponibilidade de água por sua vez promove maiores taxas de hidrólise disponibilizando elementos para lixiviação, isto porque há remoção da água saturada do meio impedindo a paralisação do processo de hidrólise.

Dentre os fatores de ordem atômica-iônica abordado anteriormente por Carvalho (1995) destaca-se o raio iônico e o potencial iônico.

O comportamento dos elementos frente ao processo de intemperismo é também dependente da sua eletronegatividade (Quadro 5.9). Quanto maior a eletronegatividade maior a probabilidade dos elementos serem mais estáveis nas ligações e por isso menos susceptíveis à solubilização. Os elementos com maiores perdas encontrados, portanto, são os de menores valores de eletronegatividade. Apesar de serem esperadas menores perdas de sílica, por este ser um elemento pouco solúvel, no caso em estudo, sua abundância na litologia e conseqüentemente nos solos da região, leva a uma maior perda.

Quadro 5.9
Eletronegatividade dos principais elementos dos silicatos

Na	K	Mg	Ca	Fe	Al	Si	O
0.9	0.80	1.2	1	1.8	1.5	1.8	3.5

Lacerda *et al.* (2002), ao analisar o comportamento geoquímico em processos de alteração e evolução pedológica, encontraram lixiviação praticamente completa de CaO, MgO e Na₂O nos perfis analisados, corroborando com os resultados encontrados. Os autores atribuíram este resultado ao baixo grau de resistência ao intemperismo dos minerais silicatados primários que os contêm e sua ordem de destruição intempérica ao longo da alteração, concordando com a sequência de intemperização de minerais primários estabelecida por Goldich (1938).

Apesar da homogeneidade litológica da área de estudo, os dados obtidos indicam diferenças na perda entre as formações ocorrente na área (Figuras 5.2 a 5.4). A perda de elementos foi mais expressiva na formação Galho do Miguel, seguida da Costa Sena e Sopa Brumadinho. A influência da litologia no padrão de perda geoquímica já foi verificada por Salgado *et al.* (2004), em pesquisa na região do Quadrilátero Ferrífero, onde é citado que o

rebaixamento do relevo ocorre de forma diferencial segundo o litotipo predominante. Leão (2010) também concorda ao citar que as taxas denudacionais são intensamente controladas pelo substrato geológico, notadamente em bacias hidrográficas de menor extensão.

Sobre as taxas desnudacionais das litologias que ocorrem na região, Leão *et al.* (2010) citam ainda que as formações Galho do Miguel e Sopa-Brumadinho são as de maior representatividade espacial na Serra do Espinhaço Meridional e, deste modo são também as grandes responsáveis pelo predomínio de taxas desnudacionais bastante baixas.

A formação Galho do Miguel é composta por quartzitos puros o que justifica as maiores perdas de sílica e a baixa concentração de Magnésio pois este último elemento é mais comum em rocha carbonáticas. Os valores de Mg foram os menores obtidos e semelhantes em todos os pontos sendo que o maior valor (9,03 mg/L) foi obtido no perfil 6 horizonte A e o menor (2,5 mg/L) no perfil 2 horizonte C. Os valores de Na e K foram próximos nos perfis 2 e 4 tanto no horizonte A como no C.

Na formação Costa Sena foram analisados dois perfis sendo que as maiores perdas dos elementos K e SiO₂ foram no perfil P1. Já no perfil P8 o Ca e Na foram predominantes. O Mg apresentou perdas semelhantes nos dois pontos.

Os dados de Ca e Si quando comparados corroboram com os resultados obtidos por Salgado (2005). Este autor cita que entre os pontos amostrados, aqueles em que a perda de sílica e sólidos dissolvidos era mais intensa, tendem a ser aqueles onde a perda de Ca é menos pronunciada. A litologia da formação é caracterizada pela presença de quartzos xistos, quartzo-mica xistos com ou sem cianita, clorita-quartzos xistos, localmente com formação ferrífera e metavulcanitos ácidos com passagens gradacionais para quartzitos micáceos de metaconglomerado polímicítico. A presença de mica garante a ocorrência dos cátions de maior tamanho dentre eles o K⁺, Na⁺ e Ca⁺².

As perdas na litologia Sopa Brumadinho foram menores para todos os elementos quando comparadas com as demais litologias. Com exceção do Mg as maiores perdas foram associadas ao horizonte A. Este comportamento pode estar associado à maior exposição deste horizonte aos fatores do intemperismo. Os valores de Mg foram os mais baixos quando comparado com as demais litologias e semelhantes entre os dois horizontes. O elemento Na apresentou a maior perda seguido dos valores de Ca.

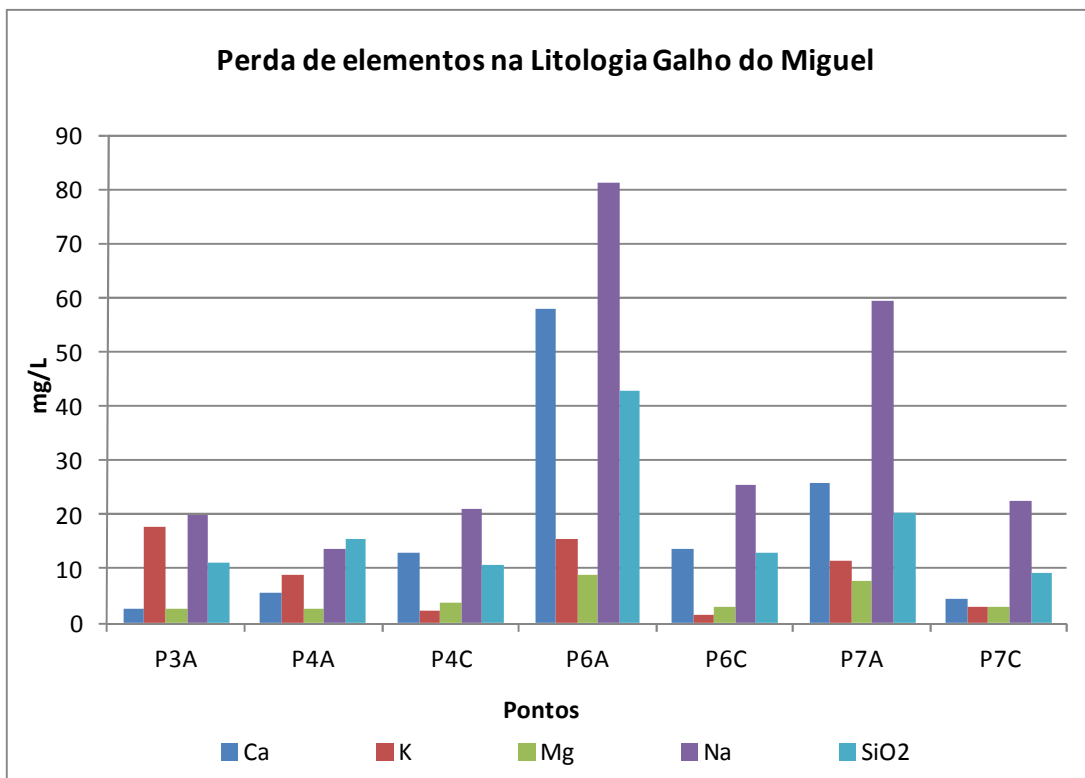


Figura 5.10: Perda de elementos dos perfil localizados na litologia Galho do Miguel

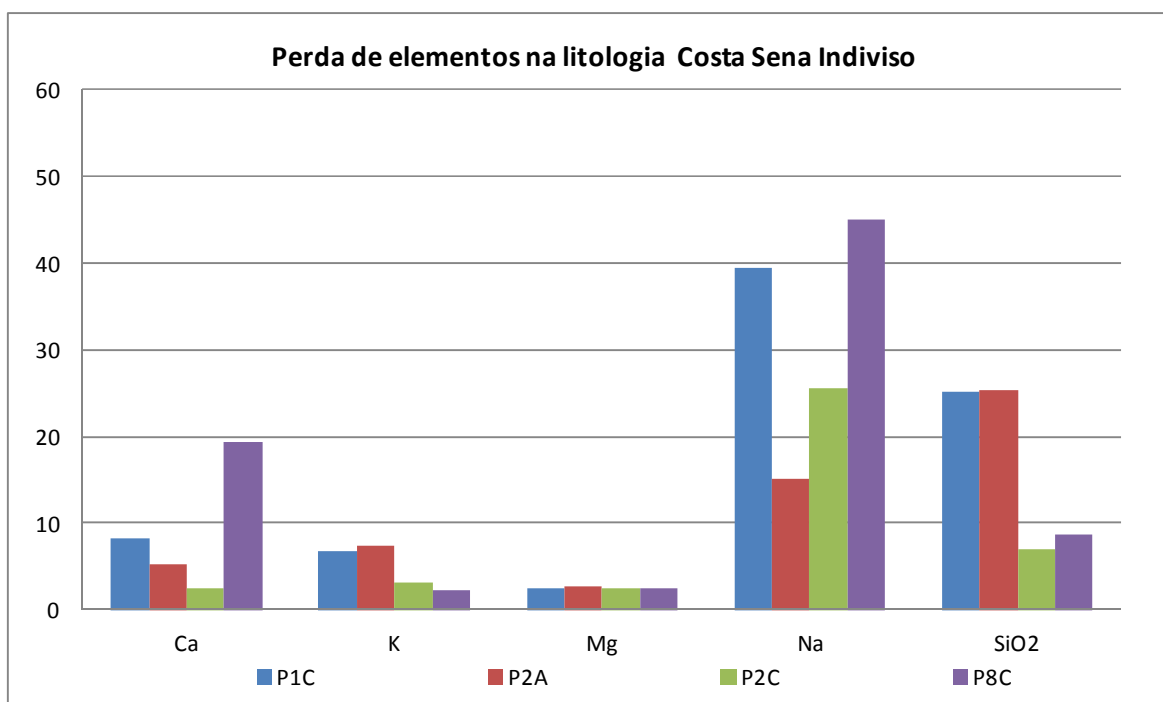


Figura 5.11: Perda de elementos dos perfil localizados na litologia Costa Sena Indiviso

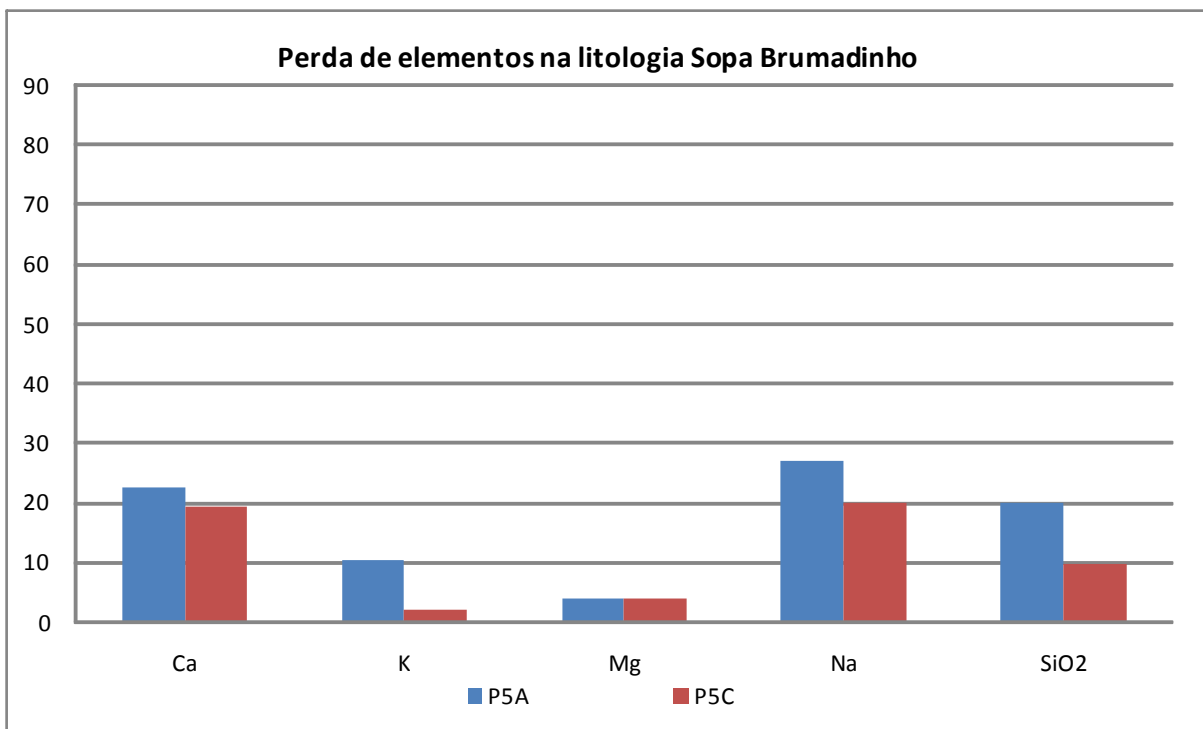


Figura 5.12: Perda de elementos dos perfil localizados na litologia Sopa Brumadinho

A partir dos perfis topográficos dos pontos de coleta (Figuras 5.14 a 5.20 e Quadros 5.10 a 5.17) foi possível verificar se há relação entre a posição na paisagem e a perda geoquímica. Na litologia Galho do Miguel, as maiores perdas estão associadas aos perfis P6 e P7. Este comportamento pode ser explicado pelo fato de que estes pontos estão localizados em porções mais rebaixadas na bacia recebendo assim o aporte de elementos das porções mais elevadas. Os valores do perfil 6 são ainda mais expressivos em termos de perdas, o que pode estar associado a uma maior permanência de água, em função da menor declividade, o que conseqüentemente promove uma maior hidrólise e disponibilização de elementos para lixiviação. Outra observação a se fazer sobre os resultados dos perfis 6 e 7 é relativo às concentrações de elementos lixiviados nos horizontes A e C. As concentrações obtidas no horizonte A são bem maiores que as do C. Este comportamento só é observado nestes dois perfis (6 e 7). No caso do perfil 6 este comportamento pode estar associado à presença de matéria orgânica que acidifica o ambiente, facilitando a hidrólise, o que, por sua vez, aumenta a disponibilidade de elementos a serem lixiviados.

Nas litologias Costa Sena e Sopa Brumadinho, não foi observado um padrão de perda quando comparado os perfis que estão localizados em diferentes cotas e declividades. Ou seja, as perdas não foram condicionadas pelo relevo.

Pontos localizados na litologia Galho do Miguel.

Perfil Topográfico P3-P4

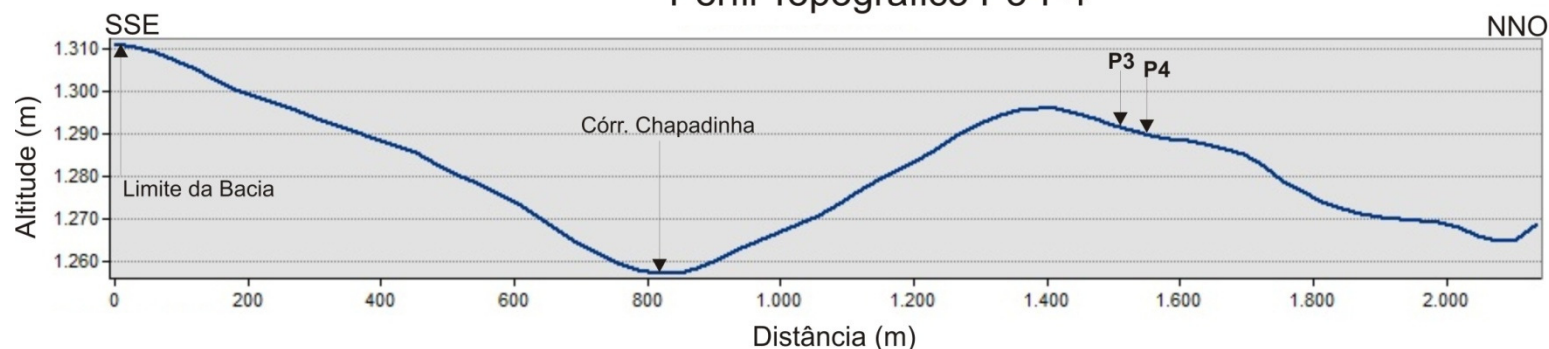


Figura 5.14: Perfil Topográfico nos perfis P3 e P4

Quadro 5.10: Total Lixiviado, Classe Textural, Altitude e Declividade no perfil P3

PERFIL 3						
Parâmetro	Unidade	Total Lixiviado		Classe Textural	Altitude	Declividade (%)
		Horiz. A				
Cálcio Total	mg Ca/L	2,60		Média	1289	4,59
Potássio Total	mg K/L	17,70				
Magnésio Total	mg Mg/L	2,68				
Sódio Total	mg Na/L	20,10				
Sílica	mg SiO ₂ /L	11,25				

Quadro 5.11: Total Lixiviado, Classe Textural, Altitude e Declividade no perfil P4

PERFIL 4						
Parâmetro	Unidade	Total Lixiviado		Classe Textural*	Altitude	Declividade (%)
		Horiz. A	Horiz. C			
Cálcio Total	mg Ca/L	5,4	12,84	Arenosa	1287	5,91
Potássio Total	mg K/L	8,67	2,09			
Magnésio Total	mg Mg/L	2,56	3,53			
Sódio Total	mg Na/L	13,58	21,15			
Sílica	mg SiO ₂ /L	7,04	10,59			

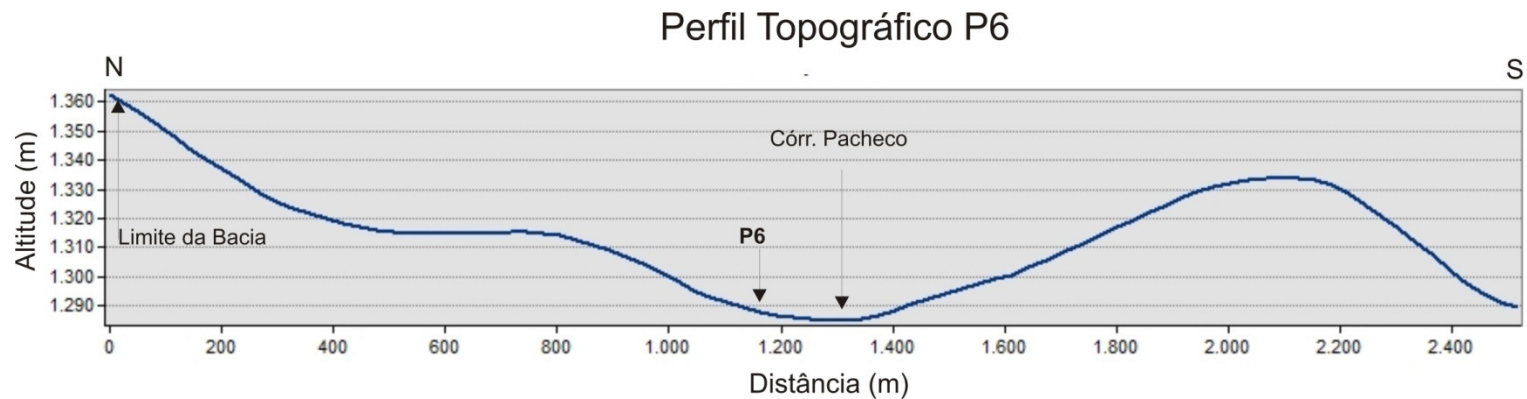


Figura 5.15: Perfil Topográfico no perfil P6

**Quadro 5.12
Total Lixiviado, Classe Textural, Altitude e Declividade no perfil P6**

PERFIL 6						
Parâmetro	Unidade	Total Lixiviado		Classe Textural*	Altitude	Declividade (%)
		Horiz. A	Horiz. C			
Cálcio Total	mg Ca/L	57,73	13,67	Arenosa	1293,07	7,5
Potássio Total	mg K/L	15,51	1,33			
Magnésio Total	mg Mg/L	9,03	3,09			
Sódio Total	mg Na/L	81,22	25,55			
Sílica	mg SiO ₂ /L	42,61	13,08			

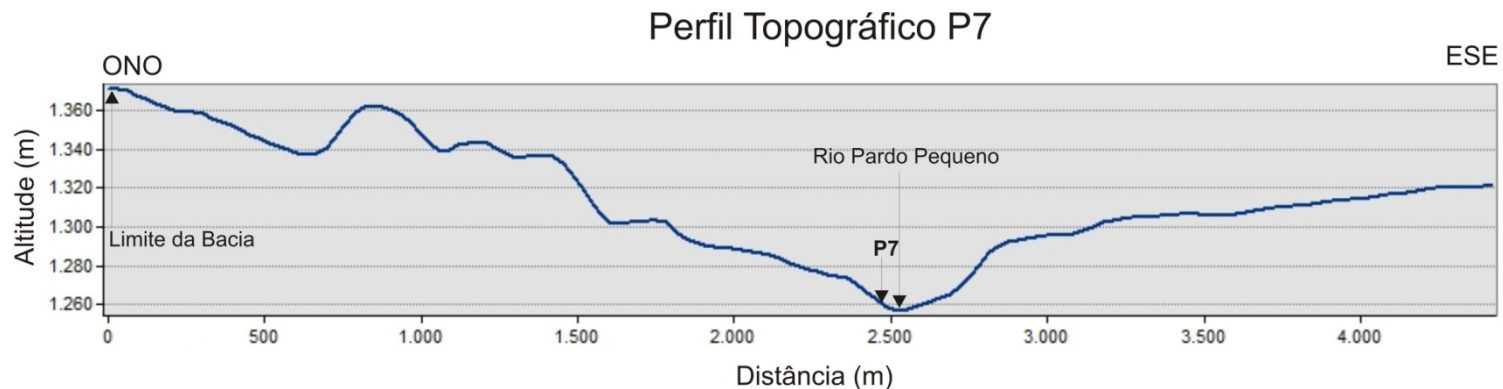


Figura 5.16: Perfil Topográfico no perfil P7

Quadro 5.13
Total Lixiviado, Classe Textural, Altitude e Declividade no perfil P7

PERFIL 7						
Parâmetro	Unidade	Total Lixiviado		Classe Textural*	Altitude	Declividade (%)
		Horiz. A	Horiz. C			
Cálcio Total	mg Ca/L	25,77	4,52	Arenosa	1267,14	15,26
Potássio Total	mg K/L	11,35	2,85			
Magnésio Total	mg Mg/L	7,85	2,98			
Sódio Total	mg Na/L	59,28	22,61			
Sílica	mg SiO ₂ /L	20,4	9,11			

Pontos localizados na litologia Costa Sena

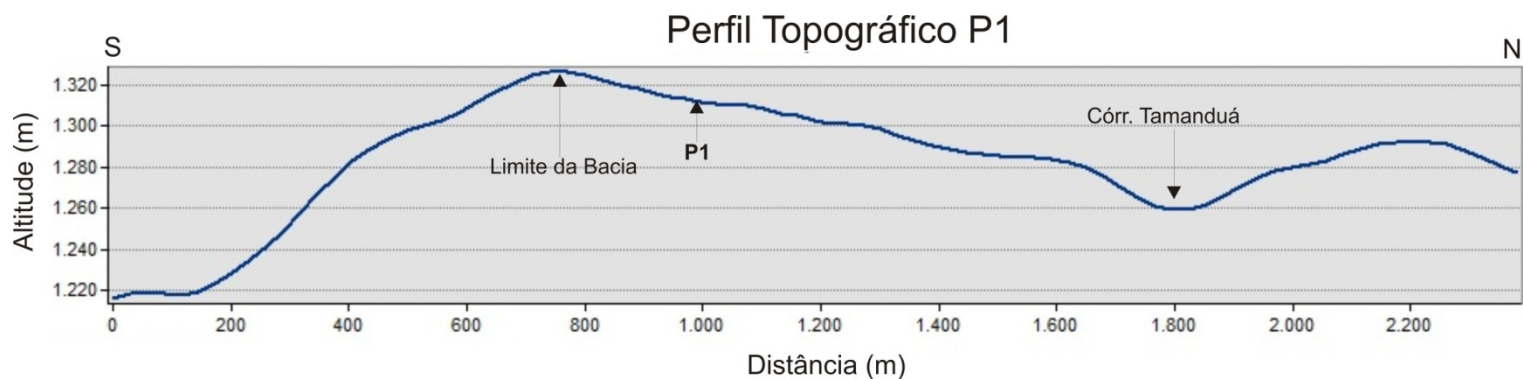


Figura 5.17: Perfil Topográfico no perfil P1

Quadro 5.14
Total Lixiviado, Classe Textural, Altitude e Declividade no perfil P1

PERFIL 1					
Parâmetro	Unidade	Total Lixiviado	Classe Textural*	Altitude	Declividade (%)
		Horiz. C			
Cálcio Total	mg Ca/L	8,3	Arenosa	1316	15,6
Potássio Total	mg K/L	6,76			
Magnésio Total	mg Mg/L	2,6			
Sódio Total	mg Na/L	39,54			
Sílica	mg SiO ₂ /L	25,23			

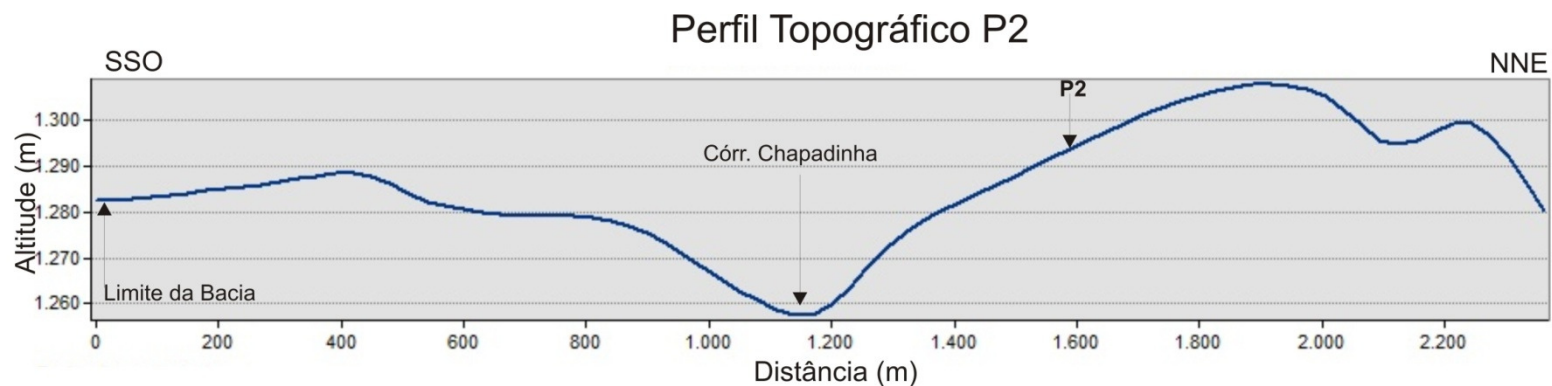


Figura 5.18: Perfil Topográfico no perfil P2

**Quadro 5.15
Total Lixiviado, Classe Textural, Altitude e Declividade no perfil P2**

PERFIL 2						
Parâmetro	Unidade	Total Lixiviado		Classe Textural*	Altitude	Declividade (%)
		Horiz. A	Horiz. C			
Cálcio Total	mg Ca/L	5,31	2,5	Média	1289	6,90
Potássio Total	mg K/L	7,41	3,22			
Magnésio Total	mg Mg/L	2,78	2,5			
Sódio Total	mg Na/L	15,04	25,49			
Sílica	mg SiO ₂ /L	25,3	6,91			

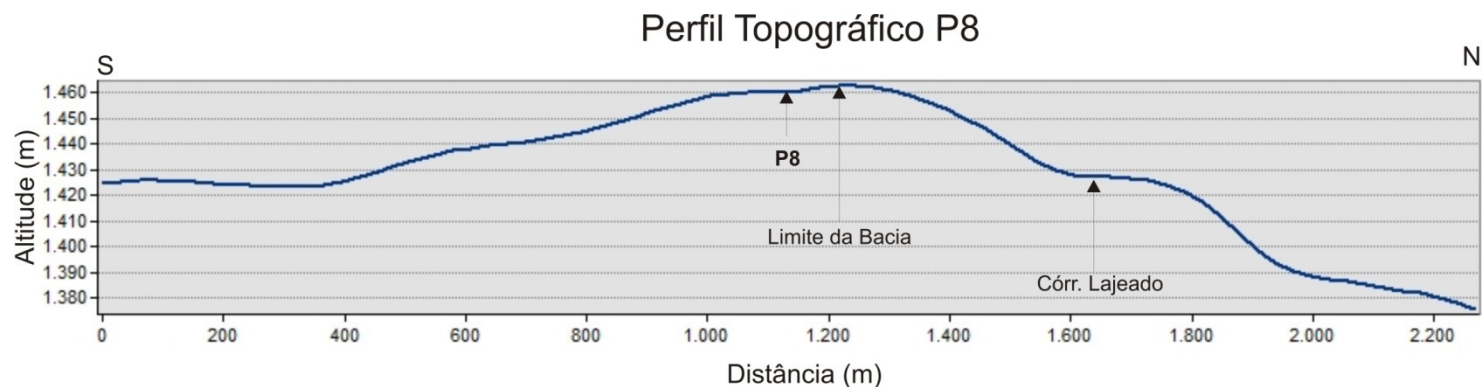


Figura 5.19: Perfil Topográfico no perfil P8

**Quadro 5.16
Total Lixiviado, Classe Textural, Altitude e Declividade no perfil P8**

PERFIL 8					
Parâmetro	Unidade	Total Lixiviado Horiz. C	Classe Textural*	Altitude	Declividade (%)
Calcio Total	mg Ca/L	19,32	Média	1459,66	3,48
Potassio Total	mg K/L	2,39			
Magnésio Total	mg Mg/L	2,54			
Sódio Total	mg Na/L	45,13			
Sílica	mg SiO ₂ /L	8,76			

Pontos localizados na litologia Sopa Brumadinho

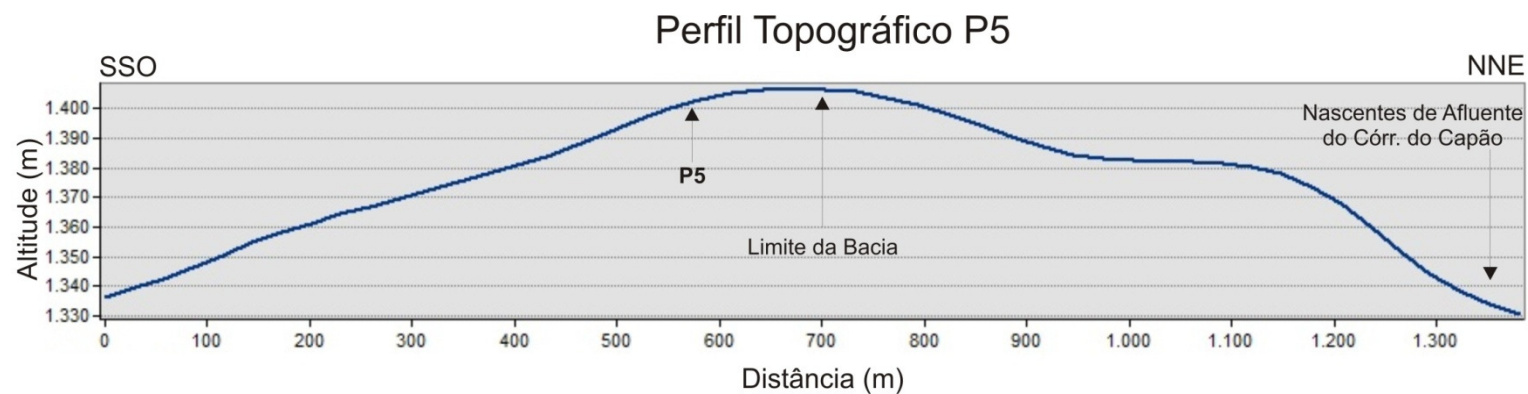


Figura 5.20: Perfil Topográfico no perfil P5

Quadro 5.17
Total Lixiviado, Classe Textural, Altitude e Declividade no perfil P5

PERFIL 5						
Parâmetro	Unidade	Total Lixiviado		Classe Textural*	Altitude	Declividade (%)
		Horiz. A	Horiz. C			
Calcio Total	mg Ca/L	22,73	19,35	Média	1387,44	13,77
Potassio Total	mg K/L	10,48	2,23			
Magnésio Total	mg Mg/L	3,91	4,01			
Sódio Total	mg Na/L	27,09	19,95			
Sílica	mg SiO ₂ /L	10,86	9,82			

Os ensaios realizados com as soluções de pH 4 e 9 demonstraram a influência da variação de pH na disponibilização dos elementos para a lixiviação (Figuras 5.21 a 5.28).

Comparando os resultados obtidos no primeiro ensaio realizado com água destilada e com a solução de pH 4 (Figuras 5.21 a 5.24), percebe-se que todos os valores são maiores no primeiro ensaio realizado com água destilada. A exceção são os valores de Ca que são maiores no primeiro ensaio com a solução de pH 4 (L1 – pH4) para as amostras do perfil 2, horizontes A e C. No perfil 4, horizonte A, os valores do primeiro ensaio com água destilada e com a solução de pH são bem semelhantes. Já os valores do último ensaio com água destilada (L5) são inferiores aos valores obtidos no primeiro ensaio com a solução de pH 4. A exceção é o valor obtido para a sílica no ponto 2, no horizonte C. Ou seja, mesmo já tendo sido lixiviado, a solução de pH favoreceu uma maior perda dos elementos. Este comportamento pode estar associado ao fato de que a ocorrência da remoção de íons alcalinos (K, Na, Ca, Mg) por íons H^+ é favorecida no processo de hidrólise, em solução de caráter ácido (Leão, 2010).

Analisando os resultados obtidos no primeiro ensaio realizado com água destilada e com a solução de pH 9 (Figuras 5.25 a 5.28), percebe-se que os valores com a solução são inferiores aos valores obtidos com os ensaios com a água destilada. A exceção é a amostra P6 referente ao horizonte A. Quando se compara os valores obtidos no último ensaio com água destilada (L5) com o primeiro ensaio com solução de pH 9 (L1 – pH9) percebe-se que os valores obtidos neste último são superiores ao primeiro. Destaca-se os valores de sílica obtidos nos ensaios com pH 9 o que comprova a influência do pH alcalino na perda geoquímica deste elemento. Corroborando com Paton (1978) que cita que a solubilidade da sílica aumenta consideravelmente com a elevação do pH.

Comparando as perdas nos perfis P2, P4 e P6 localizados na mesma litologia percebe-se que as perdas de Si são maiores nos ensaios realizados com a solução de pH 9. Para o K, com exceção do horizonte C do perfil 4, as maiores perdas foram relacionadas à solução de pH 4. Para o Mg não houveram diferenças de perdas em função da mudança de pH. Já para os elementos Ca e Na não pode ser observado um padrão de comportamento frente às mudanças de pH. Diante dos resultados apresentados pode-se afirmar que o pH é um fator controlador das taxas de perdas geoquímicas na região de estudo.

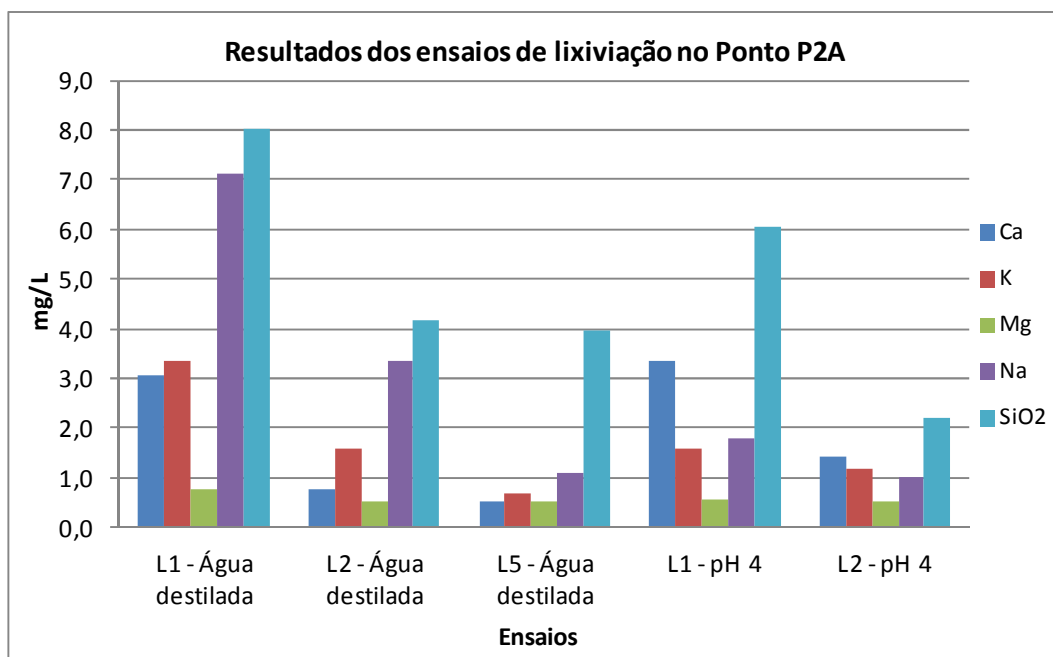


Figura 5.21: Histograma dos resultados dos ensaios com água destilada e solução de pH 4 no perfil 2 – Horizonte A²

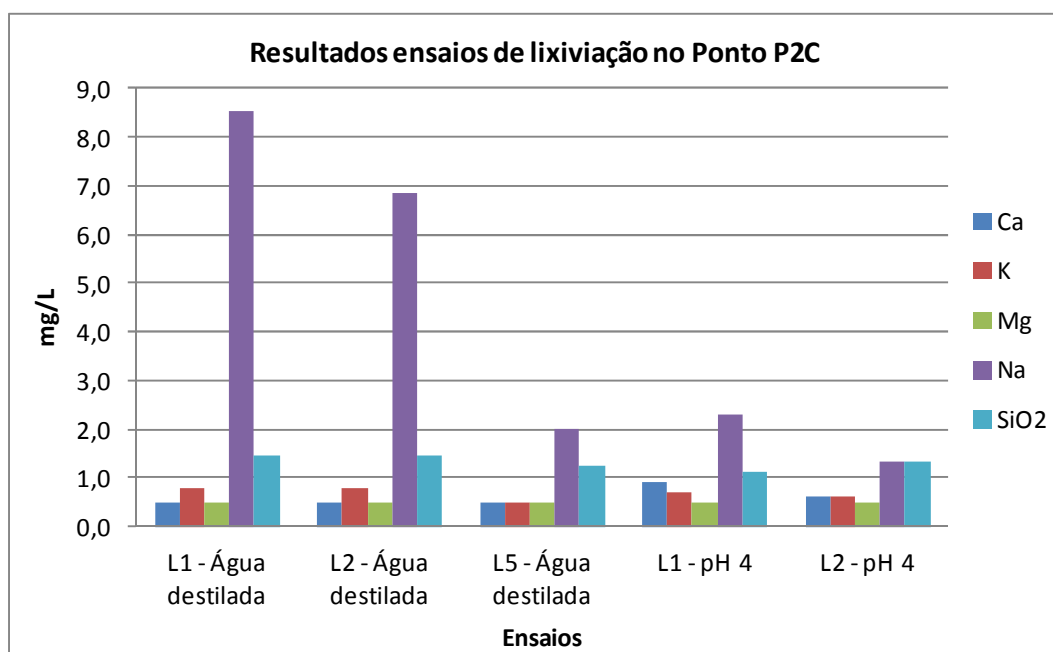


Figura 5.22: Histograma dos resultados dos ensaios com água destilada e solução de pH 4 no perfil 2 – Horizonte C

² A identificação L5 nas figuras 5.13 a 5.20 são referentes ao quinto ensaio realizado com água destilada. L1 e L2 significam o primeiro e segundo ensaio realizado com as soluções de pH.

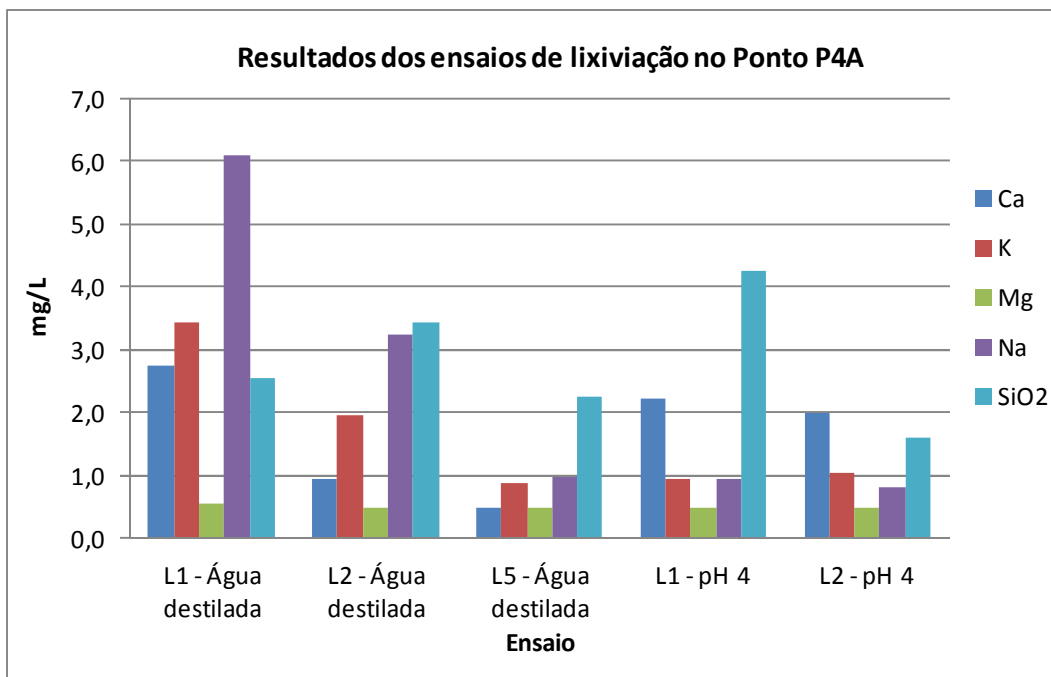


Figura 5.23: Histograma dos resultados dos ensaios com água destilada e solução de pH no perfil 4 – Horizonte A

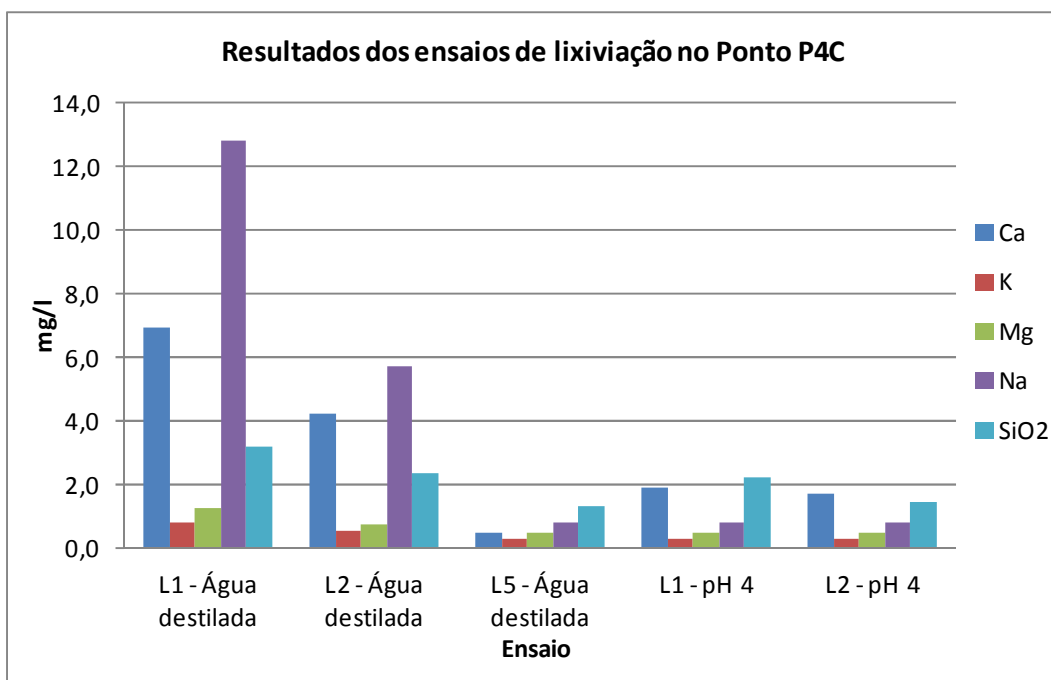


Figura 5.24: Histograma do resultados dos ensaios com água destilada e solução de pH no perfil 4 – Horizonte C

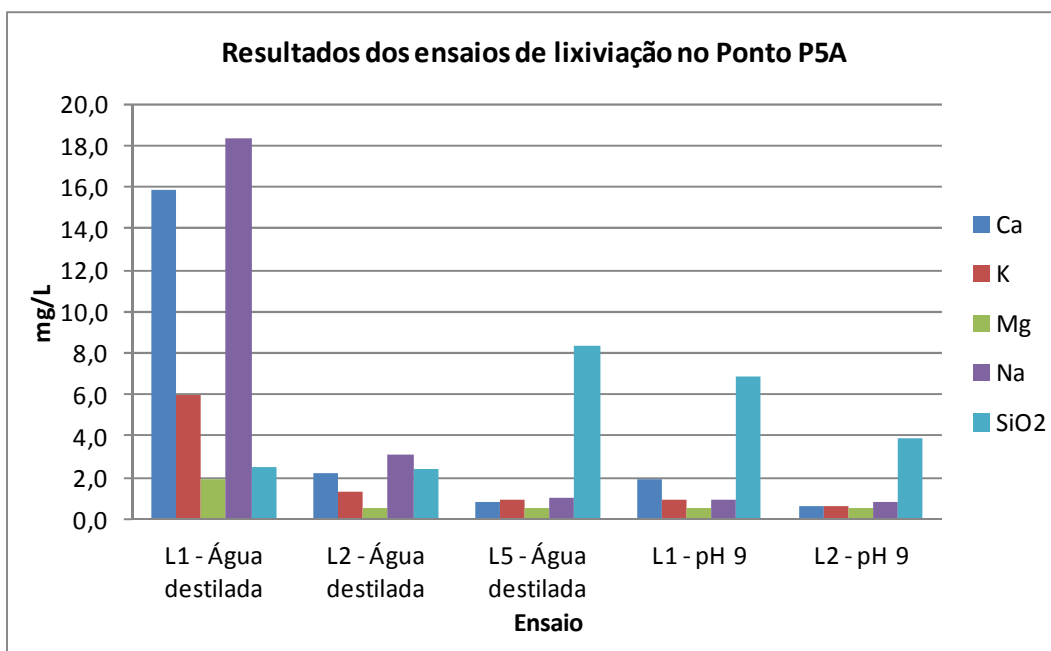


Figura 5.25: Histograma dos resultados dos ensaios com água destilada e solução de pH 9 no perfil 5 – Horizonte A

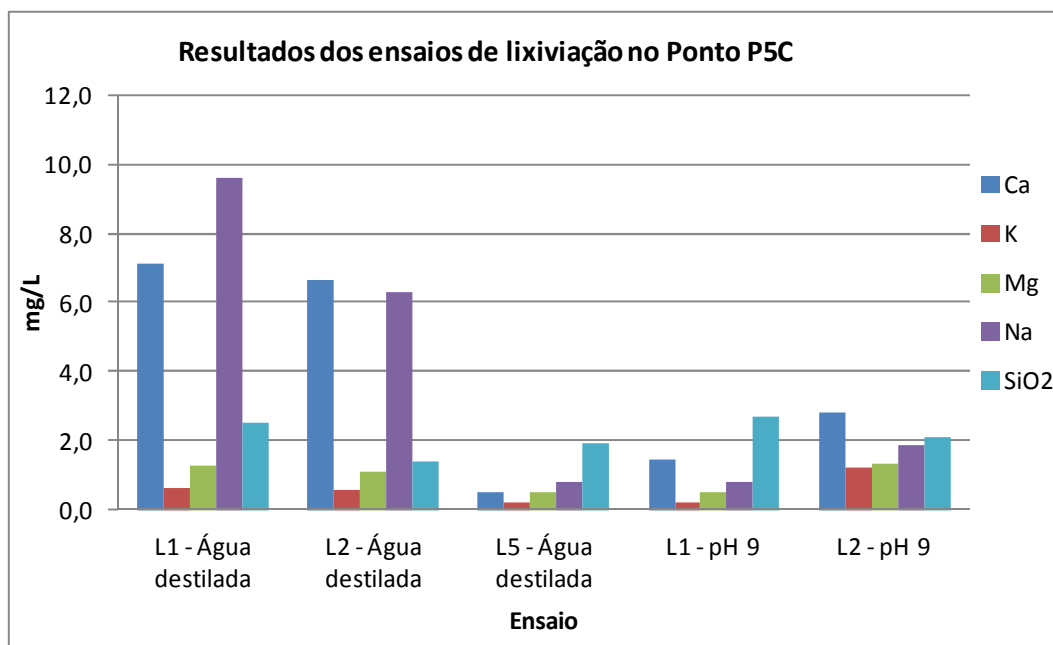


Figura 5.26: Histograma dos resultados dos ensaios com água destilada e solução de pH 9 no perfil 5 – Horizonte C

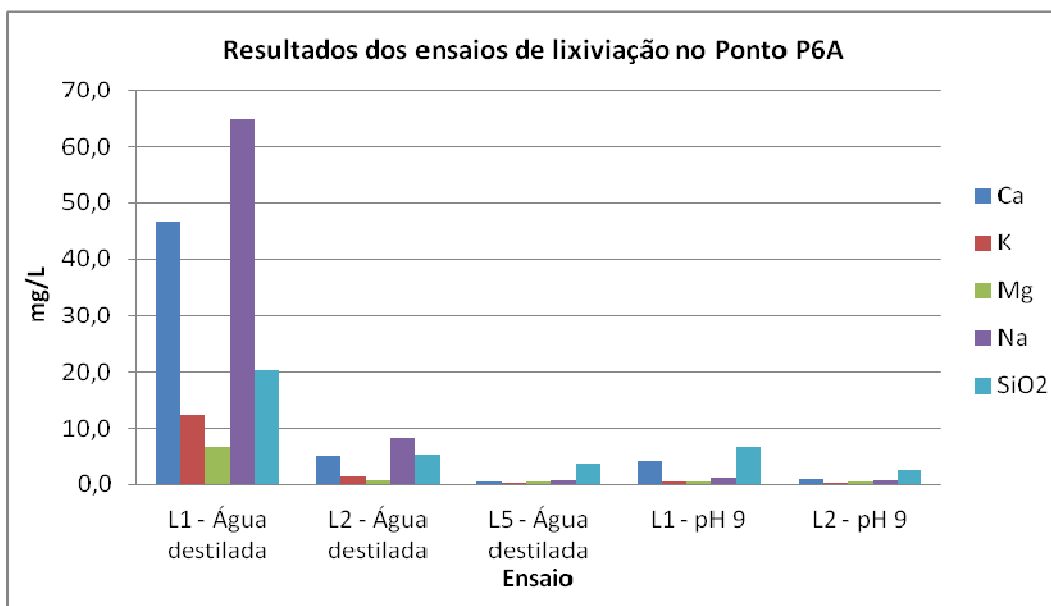


Figura 5.27: Histograma dos resultados dos ensaios com água destilada e solução de pH 9 no perfil 6 – Horizonte A.

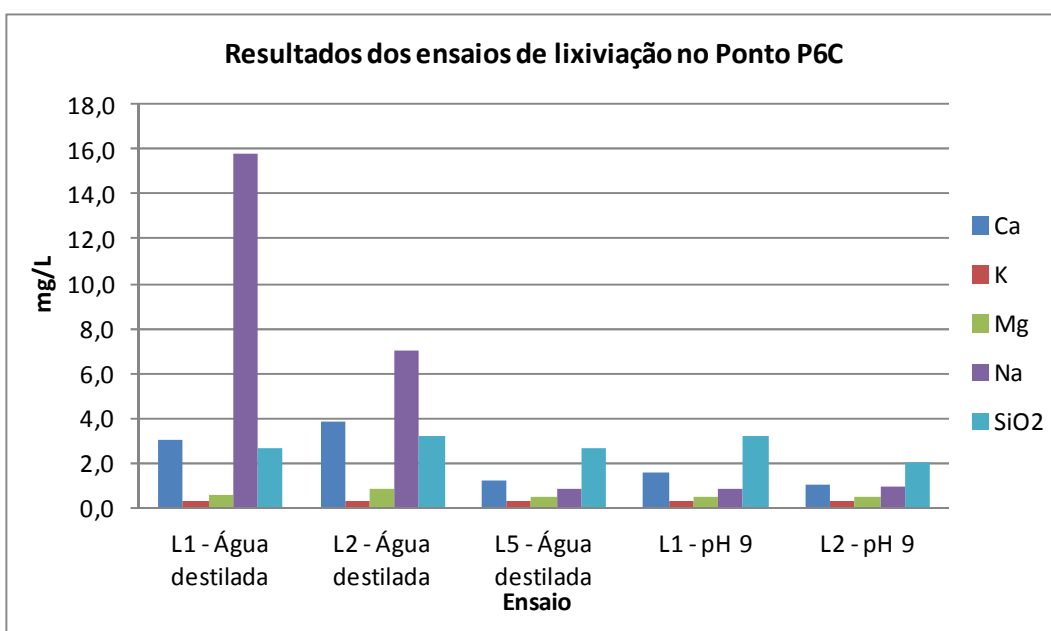


Figura 5.28: Histograma dos resultados dos ensaios com água destilada e solução de pH 9 no perfil 6 – Horizonte C.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia proposta, que considerou o conhecimento das unidades pedológicas ocorrentes na área de estudo em conjunto com ensaios onde foi possível verificar as perdas geoquímicas nestas diferentes unidades, mostrou-se eficiente para o cumprimento dos objetivos.

Em relação à distribuição dos solos na área de estudo verificou-se a predominância de solos pouco desenvolvidos certamente relacionados à litologia da região que tem o quartzito como substrato que, por sua vez, é caracterizado pela alta resistência a processos de intemperismo. As unidades pedológicas ocorrentes na área são Neossolo Litólico e Quartzarênico, Gleissolos e Cambissolo Háplico. A distribuição das classes de solo encontram-se condicionadas à geologia local e ao relevo. Na área há predominância dos Neossolos Quartzarênicos. A ocorrência dos Neossolos Litólicos está associada à proximidade dos afloramentos sendo, portanto o produto mais recente do intemperismo destas rochas. Os Cambissolos estão associados à ocorrência do complexo Gouveia. Já os Gleissolos predominam nas áreas de várzea com excesso de água, predominando dessa forma, nas áreas mais rebaixadas.

Em relação às perdas geoquímicas não se observou claramente um condicionamento deste processo pela posição da paisagem, porém a geologia parece ser um fator condicionante. Dentre os elementos analisados o Sódio é o mais perdido seguido do Cálcio, Sílica, Potássio e Magnésio. Quando considerada a análise textural os solos arenosos são os que apresentaram maiores perdas.

As maiores perdas ocorreram na formação Galho do Miguel podendo-se destacar a sílica, elemento considerado de baixa mobilidade. Este fato se justifica pela composição desta litologia que é de quartzitos puros. Dentre os perfis analisados, na formação Galho do Miguel as maiores perdas foram obtidas nos perfis 6 e 7 que se localizam nas áreas mais rebaixadas na bacia o que condiciona o aporte de elementos das porções mais elevadas além da maior disponibilidade de água que favorece a ocorrência do intemperismo. Na litologia Sopa Brumadinho as perdas foram as menores para todos os elementos quando comparadas com as demais litologias.

Para a clara definição do condicionamento pela geologia faz-se necessário um estudo mineralógico mais aprofundado que demonstre a composição química da litologia da região que não foi escopo deste trabalho.

Quando analisadas as perdas geoquímicas em função das alterações pH verificou-se a significativa influência deste fator no processo de intemperismo e lixiviação dos elementos. Nos ensaios realizados com a solução de pH ácido notou-se uma predominância de perda dos íons alcalinos (K, Na, Ca, Mg). Já a perda de sílica foi mais favorecida nos ensaios realizados com a solução de pH básico (pH 9).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, P. A. A. **O Supergrupo Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional (Minas Gerais): o Rifte, a Bacia e o Orógeno**. GEONOMOS, Revista de Geociências, Belo Horizonte, v.3, n.1,. 1-18,. dez 1995p
- ÁDAMO, R. **Caracterização hidrológica da zona não-saturada do solo na Bacia do Ribeirão do Chiqueiro, Gouveia, MG serra do Espinhaço Meridional**. Belo Horizonte. 2001. Dissertação de Mestrado - IGC/UFMG, 125p.
- ALVARENGA, C. J. DE S DE. **Manual de geologia**. 1982 26p.
- ANDRADE, F.R.D.; MCREATH I.; FILHO J. B. M.; ATENCIO D. A Terra Sólida: minerais e rochas In: TEIXEIRA, W. [et al]. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 140-166.2009. 2ª edição
- ARQUIVO DIGITAL disponível on-line no site www.sbgeo.org.br40(2): 242-255, junho de 2010. 242*
- AUGUSTIN, C. H. R. R.; MELO, D. R.; ARANHA, P.R. (2008) **Aspectos da Evolução de veredas no norte de Minas Gerais - Brasil**. In Anais do VII SINAGEO-2o. Encontro Latino Americano de Geomorfologia, Agosto, 2008. Belo Horizonte IGC-UFMG, CD-Rom.ç
- ÁVILA, F. F DE. **Análise da cobertura pedológica em uma topossequência na Bacia do Córrego dos Pereiras - Depressão de Gouveia/MG**. Belo Horizonte. 2009. Dissertação de mestrado - IGC/UFMG, 135p.
- BARDALES N. G.; LANI J. L., AMARAL E. F. DO (4), MELO DE A. W. F. (5), ARAÚJO E. A. (6) & J. F. ROSADO **Uso de imagens SRTM na elaboração de mapas de solos na região do vale do baixo Rio Iaco, Acre, Brasil**. In Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007. Gramado/RS. Disponível em:< http://www6.ufrgs.br/cbcs/trabalhos/trabalhos/trab_8436-2202.pdf>. Acessado em 05/05/2011.
- BARTHOLD, F.K., STALLARD, R.F. & ELSENBEER, H. Soil nutrient-landscape relationship in a lowland tropical rainforest in Panama. For. Ecol. Manag., 255:1135-1148,2008.
- BATISTA, A.J; CASTRO W.B DE M.; GRECO F.M.; UHLEIN, A.; KARFUNKEL, J. **Geologia da Serra do Espinhaço entre conselheiro Mata e Rodeador, Minas Gerais**. 1986 In Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Geologia, Goiânia, Goiás. V2
- BESOAIN, E. **Mineralogia de arcillas de suelos**. IICA, San José, Costa Rica, 1985. 1205p.
- BURROUGH, P.A **Principles of geographical information systems** Oxford: Claredon Press, 1986. 194p.

CAMPOS, M.C.C, RIBEIRO, M.R., JUNIOR, V.S.S., FILHO, SOUZA, R.V.C.C. **Relações Solo- Paisagem em uma Toposequencia sobre substrato granítico em Santo Antônio do Matupi, Manicoré (AM)** 2011 Revista Brasileira de Ciência do Solo. 35:13-23

CARVALHO , I.G. **Fundamentos de geoquímica dos processos exógenos.** Salvador; Editora Bureai, 1995. 213p.

CCALLATA H. S. J. **Propriedades de ressonância paramagnética eletrônica, de absorção óptica e termoluminescência do cristal de zoisita natural** 2010. São Paulo. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Física.179p.

COMIG. Projeto Espinhaço. Belo Horizonte, Cia. Mineradora de Minas Gerais. (inclui 23 mapas geológicos na escala de 1:100.000), 1996. Disponível em: http://www.comig.com.br/site/content/parcerias/levantamento_aerogeofisico.asp?id=30&idSubPrj=50&filhold=51

DINIZ, A. D. **Levantamento pedológico da porção norte da Bacia do Ribeirão Chiqueiro - Gouveia, MG, e a relação entre as classes de solos e a erosão.** 2002. Belo Horizonte. Dissertação de Mestrado- IGC/UFMG, 127p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos.** Humberto Gonçalves dos Santos *et al.* Brasília: EMBRAPA - CNPS - SPI, 1995. 116p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de classificação de solos** 2006. 2ª ed. Rio de Janeiro - RJ: EMBRAPA-SPI, 306p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: Serviço de Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 395p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo.** 2ª ed. Rio de Janeiro, 1997

ESPINDOLA, C. R. **Retrospectiva crítica sobre a pedologia: um repasse bibliográfico /** 2008. Campinas, (SP): Ed. Unicamp, 2008. 397 p.

FASSBENDER, H. W.; BORNEMISZA, E. **Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina.** San José: Instituto Interamericano de Cooperación para Agricultura, 1994. 420 p

FONSECA M. G DA; AIROLDI C. **Híbridos Inorgânico-Orgânicos Derivados da Reação de Filossicatos com Organossilanos** *Quim. Nova*, Vol. 26, No. 5, 699-707, 2003

FONSECA, B. M. O. **Uso do Sistema de Informações Geográficas na Análise Morfométrica E Morfológica De Bacias De Drenagem na Serra do Espinhaço Meridional – MG.** 2010. Belo Horizonte. Dissertação de mestrado – IGC/UFMG.

FURQUIM, S.A.C. **Interações entre modelado do solo no transecto Espreado, São Pedro, SP.** 2002. São Paulo: Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 183p.

GONÇALVES, L. G. M., Araújo, L. L., Ferraz N. C., **Geologia dos Terrenos Pré-Espinhaço na Região de Gouveia, MG. Monografia de Graduação.** – IGC/UFMG. 2011. 102p.

GROSSI-SAD, J. H.; MOURÃO, M. A. A.; GUIMARÃES, M. L. V. & KNAUER, L. G. **Geologia da Folha Conceição do Mato Dentro.** In: GROSSI-SAD, J. H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C. & SOARES-FILHO, B. S. (Coord. e Ed.), Projeto Espinhaço em CD-ROM (textos, mapas e anexos). Belo Horizonte, COMIG - Companhia Mineradora de Minas Gerais. 1997. p. 2533-2693.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cartas do Brasil do IBGE – Diamantina - 1:100.000.** Rio de Janeiro, IBGE, 1978.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia.** 2007, 2 ed. 316 p. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/sistematizacao/manual_pedologia.shtm. Acessado em 12/12/2010

KRAUSKOPF, K.B. **Introdução à geoquímica.** LANDO, M.; BOGUS, S.C. trads. Polígono, Editora da USP, São Paulo, 1972, v.1, 294p.

LACERDA, M. P. C., H. ANDRADE & J. J. G. QUÉMÉNEUR **Transformações Mineralógicas ao Longo de Perfis de Alteração Pedogenética na Região de Lavras (MG)** Revista. Brasileira de Ciências do. Solo, 25:799-809, 2001

LAGES, S. G. **Análise pedológica aplicada à identificação de discontinuidades estratigráficas: vertentes do Córrego do Quebra: depressão de Gouveia. MG.** 2005. Belo Horizonte. Dissertação de mestrado – IGC/UFMG. 102p.

LEAO, R.M. **Desnudação geoquímica e evolução do relevo nas vertentes leste e oeste da serra do Espinhaço Meridional-MG.** 2011. Belo Horizonte. Dissertação de mestrado – IGC/UFMG. 94 p.

LEMO, R.C.; SANTOS, R.D. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo.** SBCS - CNPS. 3 ed. Campinas, 1996. 83p.

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos da Química do Solo: Teoria e Prática.** Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002. 182p.

- MARTINI, I. P; Chesworth, W. **Weathering, soils & paleosols**. Amsterdam: Elsevier, c1992 618 p.
- MCBRIDE, M. B. **Environmental chemistry of soils**. New York: Oxford University Press, 1994. 406 p
- MELO V. F.; ALLEONI L. R. F. Química e Mineralogia do Solo 2009 Viçosa SBCS Volume 2
- MODENESI-GAULTIER M. C.; Toledo M. C. M. de; Soares L. C. da R., Taioli F; Shimada H. **Gênese e evolução do saprólito no planalto de Campos do Jordão: implicações na evolução do relevo**. Revista Brasileira de Geociências 40(2): 242-255, junho de 2010
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil** 2a ed. Rio de Janeiro: IBGE Dep. de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989
- PATON, T.R. **The Formation of Soil Material**. 1978. G. Allen & Unwin (London and Boston. 143 p.
- RANZANI, G. **Manual de levantamento de solos** - 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher; Ed. da Universidade de Federal. de São Paulo, 1969. 167p.
- REZENDE É A, LEÃO M. R., SALGADO A. A. R, OLIVEIRA C. K R DE, JÚNIOR H. A. N. **A influência litológica nas taxas de denudação geoquímica do médio Espinhaço Meridional – MG** Sociedade & Natureza, Uberlândia, 22 (3): 503-514, dez. 2010
- RODARTE, L. H. O. **Estabilização de voçorocas na Bacia do Ribeirão Chiqueiro - Gouveia, MG : o papel da vegetação a partir de sua dinâmica**. 2004. Belo Horizonte Dissertação de mestrado – IGC/UFMG, 126 f.
- ROSSITER, D. G. **Methodology for Soil Resource Inventories. 2nd Revised Version** Netherland: Soil Science Division - International Institute for Aerospace Survey & Earth Sciencesmarch. 2000. 132. p. Disponível em http://www.itc.nl/~rossiter/teach/ssm/SSM_LectureNotes2.pdf. Acessado em 02/06/2010.
- SAADI A. **A Geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas Margens** 1995 GEONOMOS 3 (1): 41-63
- SALGADO, A. A. R., VALADÃO, R. C. **Fatores controladores dos processos desnudacionais geoquímicos no Espinhaço Meridional (Depressão de Gouveia - MG)**. Geonomos. , v.13, p.51 - 57, 2005.
- SALGADO, A.A.R.. **Desnudação Geoquímica e Evolução do Relevo no Espinhaço Meridional – MG**. 2002. Belo Horizonte. Dissertação de Mestrado. IGC/UFMG, 189 p.
- SCHAETZL, RL J.; ANDERSON, S. **Soils: genesis and geomorphology**. Cambridge; New

York: Cambridge University Press, 2005. 817 p.

SOUZA C.G. **Caracterização dos solos nos arredores da Serra Três Irmãos e da Serra da Moeda – Quadrilátero Ferrífero/MG**. Belo Horizonte. 2006. Dissertação de Mestrado - IGC/UFMG, 110p.

TAVARES, S. R. DE L. *et al* **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação** / Sílvio Roberto de Lucena Tavares [*et al.*]. -- Dados eletrônicos. -- Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008.228 p.

THOMAS, MF. **Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes**. Chichester, John Wiley & Sons, 1994a 460p.

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B.; MELFI, A. J. **Intemperismo e formação do solo** In: TEIXEIRA, W. [*et al.*]. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 140-166.2009. 2ª edição

TONI L. R. M., SANTANA HENRIQUE DE, ZAIA, D. A. M. **Adsorção de Glifosfato sobre Solos e Minerais**. Revista Química. Nova, Vol. 29, No. 4, 829-833, 2006

VALADÃO, R. C., SILVEIRA, J. S., SIMÕES, P. M. L., SANTOS, P. R. de O., OLIVEIRA, C. V. de, CARVALHO, V. L. M., AUGUSTIN, C. H. R. R., **Geomorfogênese da borda de uma faixa móvel Eoproterozóica: o atual Planalto do Espinho Meridional – no prelo**.

ANEXO I

RESULTADOS DAS ANÁLISES DO LIXIVIADO

PONTO P1C						
Parâmetro	Unidade	Ensaio				
		L1	L2	L3	L4	L5
Calcio Total	mg Ca/L	5,25	1,55	<0,5	<0,5	<0,5
Potassio Total	mg K/L	3,46	1,61	0,84	0,55	0,30
Magnésio Total	mg Mg/L	0,60	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sódio Total	mg Na/L	22,9	9,48	4,24	2,12	<0,8
Sílica	mg SiO ₂ /L	8,49	2,65	1,20	1,85	1,03

PONTO P2A								
Parâmetro	Unidade	Ensaio					L1 - pH 4	L2 - pH 4
		L1	L2	L3	L4	L5		
Calcio Total	mg Ca/L	3,04	0,77	<0,5	<0,5	<0,5	3,33	1,44
Potassio Total	mg K/L	3,35	1,60	0,95	0,83	0,68	1,58	1,18
Magnésio Total	mg Mg/L	0,78	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,54	0,5
Sódio Total	mg Na/L	7,10	3,35	1,94	1,54	1,11	1,8	1,02
Sílica	mg SiO ₂ /L	8,01	4,18	4,75	4,39	3,97	6,06	2,18

PONTO P2C								
Parâmetro	Unidade	Ensaio						
		L1	L2	L3	L4	L5	L1 - pH 4	L2 - pH 4
Calcio Total	mg Ca/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,89	0,62
Potassio Total	mg K/L	0,79	0,77	0,65	0,54	0,47	0,7	0,62
Magnésio Total	mg Mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,5
Sódio Total	mg Na/L	8,55	6,84	5,30	3,17	1,99	2,3	1,34
Sílica	mg SiO ₂ /L	1,46	1,44	1,34	1,42	1,25	1,11	1,34

PONTO P3A						
Parâmetro	Unidade	Ensaio				
		L1	L2	L3	L4	L5
Calcio Total	mg Ca/L	0,60	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Potassio Total	mg K/L	5,55	4,87	2,63	2,58	2,07
Magnésio Total	mg Mg/L	0,68	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sódio Total	mg Na/L	7,80	6,89	2,95	1,57	0,89
Sílica	mg SiO ₂ /L	3,23	2,18	1,63	2,67	1,54

PONTO P4A								
Parâmetro	Unidade	Ensaio						
		L1	L2	L3	L4	L5	L1 - pH 4	L2 - pH 4
Calcio Total	mg Ca/L	2,75	0,93	<0,5	0,72	<0,5	2,23	1,98
Potassio Total	mg K/L	3,43	1,96	1,15	1,25	0,88	0,95	1,04
Magnésio Total	mg Mg/L	0,56	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,5
Sódio Total	mg Na/L	6,11	3,23	1,63	1,62	0,99	0,96	0,8
Sílica	mg SiO ₂ /L	2,45	1,69	1,07	0,77	1,06	4,25	1,6

PONTO P4C								
Parâmetro	Unidade	Ensaio						
		L1	L2	L3	L4	L5	L1 - pH 4	L2 - pH 4
Calcio Total	mg Ca/L	6,94	4,22	0,68	<0,5	<0,5	1,87	1,7
Potassio Total	mg K/L	0,82	0,52	<0,25	<0,25	<0,25	0,25	0,25
Magnésio Total	mg Mg/L	1,27	0,76	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,5
Sódio Total	mg Na/L	12,8	5,71	1,04	<0,8	<0,8	0,8	0,8
Sílica	mg SiO ₂ /L	3,17	2,37	1,73	2,02	1,30	2,24	1,42

PONTO P5A								
Parâmetro	Unidade	Ensaio						
		L1	L2	L3	L4	L5	L1 - pH 9	L2 - pH 9
Calcio Total	mg Ca/L	15,9	2,20	2,53	1,30	0,80	1,93	0,62
Potassio Total	mg K/L	5,98	1,30	1,41	0,89	0,90	0,9	0,67
Magnésio Total	mg Mg/L	1,91	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,5
Sódio Total	mg Na/L	18,3	3,15	3,18	1,46	1,00	0,95	0,8
Sílica	mg SiO ₂ /L	2,46	2,46	2,23	2,04	1,67	6,89	3,88

PONTO P5C								
Parâmetro	Unidade	Ensaio						
		L1	L2	L3	L4	L5	L1 - pH 9	L2 - pH 9
Calcio Total	mg Ca/L	7,14	6,62	3,69	1,40	<0,5	1,45	2,84
Potassio Total	mg K/L	0,66	0,60	0,45	0,27	<0,25	0,25	1,25
Magnésio Total	mg Mg/L	1,27	1,10	0,64	<0,5	<0,5	0,5	1,34
Sódio Total	mg Na/L	9,60	6,30	2,45	<0,8	<0,8	0,8	1,85
Sílica	mg SiO ₂ /L	2,55	1,40	2,37	1,54	1,96	2,71	2,12

PONTO P6A								
Parâmetro	Unidade	Ensaio						
		L1	L2	L3	L4	L5	L1 - pH 9	L2 - pH 9
Calcio Total	mg Ca/L	46,7	5,24	3,26	1,96	0,57	4,32	0,93
Potassio Total	mg K/L	12,3	1,40	0,74	0,82	<0,25	0,4	0,25
Magnésio Total	mg Mg/L	6,87	0,66	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,5
Sódio Total	mg Na/L	64,9	8,38	4,88	2,26	<0,8	1,14	0,8
Sílica	mg SiO ₂ /L	20,3	5,33	8,90	4,20	3,88	6,7	2,84

PONTO P6C								
Parâmetro	Unidade	Ensaio						
		L1	L2	L3	L4	L5	L1 - pH 9	L2 - pH 9
Calcio Total	mg Ca/L	3,05	3,81	3,36	2,29	1,16	1,59	0,99
Potassio Total	mg K/L	0,33	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	0,25	0,25
Magnésio Total	mg Mg/L	0,61	0,84	0,64	<0,5	<0,5	0,5	0,5
Sódio Total	mg Na/L	15,8	7,01	1,14	<0,8	<0,8	0,8	0,95
Sílica	mg SiO ₂ /L	2,65	3,23	2,43	2,16	2,61	3,17	2,01

PONTO P7A						
Parâmetro	Unidade	Ensaio				
		L1	L2	L3	L4	L5
Calcio Total	mg Ca/L	12,6	8,68	3,27	0,72	<0,5
Potassio Total	mg K/L	4,64	3,66	1,63	0,97	0,45
Magnésio Total	mg Mg/L	3,52	2,36	0,97	<0,5	<0,5
Sódio Total	mg Na/L	27,7	18,9	7,93	3,33	1,42
Sílica	mg SiO ₂ /L	9,26	6,16	1,89	1,71	1,38

PONTO P7C						
Parâmetro	Unidade	Ensaio				
		L1	L2	L3	L4	L5
Calcio Total	mg Ca/L	2,48	0,54	<0,5	<0,5	<0,5
Potassio Total	mg K/L	1,61	0,49	<0,25	<0,25	<0,25
Magnésio Total	mg Mg/L	0,98	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sódio Total	mg Na/L	14,8	4,91	1,30	<0,8	<0,8
Sílica	mg SiO ₂ /L	1,89	2,35	1,96	1,63	1,28

PONTO P8C						
Parâmetro	Unidade	Ensaio				
		L1	L2	L3	L4	L5
Calcio Total	mg Ca/L	1,79	2,72	3,99	5,55	5,27
Potassio Total	mg K/L	0,50	0,53	0,59	0,47	0,30
Magnésio Total	mg Mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	0,54	<0,5
Sódio Total	mg Na/L	20,5	15,2	6,94	1,69	<0,8
Sílica	mg SiO ₂ /L	1,54	1,87	2,37	1,54	1,44

PONTO P9B - Latossolo						
Parâmetro	Unidade	Ensaio				
		L1	L2	L3	L4	L5
Calcio Total	mg Ca/L	27,2	21,8	14,6	6,86	4,82
Potassio Total	mg K/L	1,81	1,95	1,99	1,62	1,44
Magnésio Total	mg Mg/L	6,67	4,57	2,78	1,04	0,82
Sódio Total	mg Na/L	16,7	7,48	3,57	0,90	<0,8
Sílica	mg SiO ₂ /L	2,96	1,48	1,93	1,85	1,34