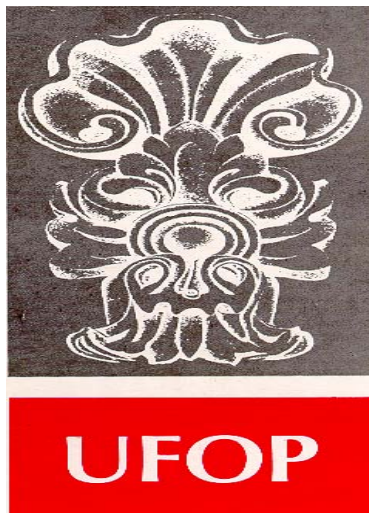


**ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS  
ABIÓTICAS E BIÓTICAS NA COMPARTIMENTAÇÃO DE  
COMUNIDADES ECOLÓGICAS NO PARQUE ESTADUAL  
DO RIO DOCE/MG COM BASE NA GEOMORFOLOGIA E NA  
INTERAÇÃO INSETO-PLANTA**

---





## **FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**

*Reitor*

João Luiz Martins

*Vice-Reitor*

Antenor Rodrigues Barbosa Júnior

*Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação*

Tanus Jorge Nagem

### **ESCOLA DE MINAS**

*Diretor*

José Geraldo Arantes de Azevedo Brito

*Vice-Diretor*

Marco Túlio Ribeiro Evangelista

### **DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

*Chefe*

César Augusto Chicarino Varajão



## EVOLUÇÃO CRUSTAL E RECURSOS NATURAIS

**CONTRIBUIÇÕES ÀS CIÊNCIAS DA TERRA – VOL. 31**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Nº 243**

**ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS ABIÓTICAS  
E BIÓTICAS NA COMPARTIMENTAÇÃO DE COMUNIDADES  
ECOLÓGICAS NO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE/MG COM  
BASE NA GEOMORFOLOGIA E NA INTERAÇÃO INSETO-PLANTA**

**Janaina Pizzatti Soares**

*Orientador*

Sérvio Pontes Ribeiro

*Co-orientador*

Paulo de Tarso A. Castro

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais do Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciências Naturais, Área de Concentração: Geologia Ambiental e Conservação de Recursos Naturais

**OURO PRETO**

**2006**

---

Universidade Federal de Ouro Preto – <http://www.ufop.br>  
Escola de Minas - <http://www.em.ufop.br>  
Departamento de Geologia - <http://www.degeo.ufop.br/>  
Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais  
Campus Morro do Cruzeiro s/n - Bauxita  
35.400-000 Ouro Preto, Minas Gerais  
Tel. (31) 3559-1600, Fax: (31) 3559-1606 e-mail: [pgrad@degeo.ufop.br](mailto:pgrad@degeo.ufop.br)

Os direitos de tradução e reprodução reservados.  
Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

ISSN 85-230-0108-6

Depósito Legal na Biblioteca Nacional

Edição 1ª

Catálogo elaborado pela Biblioteca Prof. Luciano Jacques de Moraes do  
Sistema de Bibliotecas e Informação - SISBIN - Universidade Federal de Ouro Preto

Soares, Janaina Pizzatti.

S676e Estudo da relação entre as características abióticas e bióticas na compartimentação de comunidades ecológicas no Parque Estadual do Rio Doce/MG com base na geomorfologia e na interação inseto-planta [manuscrito] / Janaina Pizzatti Soares. - 2006.

xx, 99f. : il., color; grafs.; tabs.

Orientador: Prof. Sérgio Pontes Ribeiro.

Co-orientador: Prof. Paulo de Tarso A. de Castro.

Área de concentração: Geologia Ambiental e Conservação de Recursos Naturais.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia. Programa de Pós Graduação Geologia Ambiental e Conservação de Recursos Naturais.

1. Geomorfologia - Teses. 2. Bioacumulação - Teses. 3. Interação inseto-planta - Teses. I. Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia. Programa de Pós-graduação em Geologia Ambiental e Conservação de Recursos Naturais. II. Título.

CDU: 551.4

<http://www.sisbin.ufop.br>

Aos meus amados pais,  
José Maria Soares e Maria José Pizzatti Soares.  
Meus Heróis!





## Agradecimentos

---

O desenvolvimento deste estudo foi possível devido à colaboração e participação de algumas instituições as quais agradeço. Agradeço a UFOP, em especial ao Laboratório de Sedimentologia/DEGEO e ao Laboratório de Ecologia de Herbívoros de Dossel e Sucessão Natural/ICEB por disponibilizarem sua infra-estrutura, ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos, ao PROFIX por parte do apoio financeiro e ao PERD/IEF que sempre forneceu grande suporte logístico e apoio às coletas.

Agradeço ao meu orientador Sérgio Pontes Ribeiro pelo aprendizado e confiança não apenas na realização deste trabalho, mas também na parceria que iniciamos durante a minha graduação. Sérgio, muito obrigada por ter me apresentado ao mundo dos dosséis e a amizade cultivada ao longo desses anos. Obrigada, também, ao meu co-orientador Paulo de Tarso pela paciência, confiança e incentivo a cada dia. Paulo, obrigada por organizar minhas idéias e por ter facilitado a interação entre o meio biótico e abiótico.

Aos amigos e companheiros que fizeram parte da “Equipe-Então”: Frederico, Ricardo, Ronara, Wesley, Teresa, Maria do Carmo, Geraldo e Rogério, obrigada pelo empenho nas atividades de campo e pelos “momentos filosóficos”. Adoro vocês!

Meus sinceros agradecimentos: a Aline, pelo grande apoio e parceria, sendo sua participação de suma importância para o andamento deste estudo. Desculpe os carrapatos! A minha amiga Tatiana, obrigada pelos momentos de descontração, sinceridade e companheirismo. A Sabrina e Cinthia, pelas conversas e desabafos. A todo o apoio fornecido pelos colegas do Laboratório de Ecologia de Insetos Herbívoros e Sucessão Natural. Vocês estão no meu coração! A todos os amigos que descobri no DEGEO, em especial, Cláudio e Silvia, pela paciência e disponibilidade em sanar minhas dúvidas. Muito Obrigada! Ao Fernando, pelo grande apoio fornecido a mim nos ensaios de permeabilidade. A minha companheira de sala Carol, pelas longas conversas e ajuda nos mapas. Érica e Augusta, pelo apoio. Agradeço, também aos Professores Glauco, Maria Cristina Messias e Maria Cristina Sanches pelas ajudas na parte botânica.

A Deus por ter me colocado numa família maravilhosa. Minha irmã Jaci (paciência e ajuda constante) e meus pais pelo enorme carinho e por sempre acreditarem no meu trabalho. Amo vocês!

Aos ensinamentos de Yoga que me mantiveram equilibrada durante esse período.

E a todos que através de gestos, sorrisos ou palavras contribuíram para a conclusão deste trabalho. Muito Obrigada!



# Sumário

---

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xv</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>xvii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xix</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Relevância e Apresentação do Tema.....	1
1.2. Estrutura da Dissertação.....	5
1.3. Florestas nos Trópicos e seus Dosséis.....	6
1.4. Relação entre a Geomorfologia da floresta, Plantas e Insetos Herbívoros.....	8
1.5. Objetivo e Hipótese.....	11
1.5.1. Objetivo Específicos.....	11
1.5.2. Hipótese de Trabalho e Predição.....	12
<b>CAPÍTULO 2. ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>13</b>
2.1. Localização e Breve Histórico do Parque Estadual do Rio Doce .....	13
2.2. Aspectos Geológicos.....	15
2.3. Aspectos Geomorfológicos .....	17
2.4. Bacia Hidrográfica do Rio Doce.....	18
2.5. Sistema de Lagos do Parque Estadual do Rio Doce.....	18
2.6. Cobertura Vegetal.....	20
2.7. Solo.....	21
2.8. Clima.....	22
2.9. Sítios Estudados.....	23
<b>CAPÍTULO 3. O PAPEL DA GEOMORFOLOGIA NA ESTRUTURAÇÃO</b>	
<b>DA FLORESTA .....</b>	<b>29</b>
3.1. Materiais e Métodos.....	29
3.1.1. Seleção e Demarcação dos Sítios Estudados.....	29
3.1.2. Levantamento Cartográfico dos Sítios Estudados e Comparação das Feições Geomorfológicas.....	30
Digitalização dos Mapas.....	31
3.1.3. Seleção das Árvores e Coleta das Características Estruturais da Floresta.....	32
3.1.4. Análise Estatísticas dos Dados.....	33
3.2. Resultados.....	32
3.3. Discussão.....	38

<b>CAPÍTULO 4. DIVERSIDADE DE INSETOS HERBÍVOROS DE DOSSEL EM</b>	
<b>RESPOSTA AS CONDIÇÕES ABIÓTICAS .....</b>	<b>43</b>
4.1. Materiais e Métodos .....	43
4.1.1. Coleta dos Insetos Herbívoros e Identificação.....	43
4.1.2. Teste de Permeabilidade do solo.....	44
Cálculo da Condutividade Hidráulica Saturada de Campo.....	47
4.1.3. Coleta de Sedimentos e Análise Granulométrica.....	47
4.1.4. Análise Estatística dos Dados.....	49
4.2. Resultados.....	50
4.2.1. Descrição da Fauna de Insetos Herbívoros.....	50
4.2.2. Efeito da Geomorfologia Sobre a Fauna de Insetos Herbívoros.....	50
4.2.3. Efeito do Tamanho do Grão e da Permeabilidade Sobre a Fauna	
de Insetos Herbívoros.....	53
Peneiramento de Amostras com Agregados Naturais.....	53
Peneiramento de Amostras Desagregadas Mecanicamente.....	55
4.2.4. Composição de Espécies de Insetos Herbívoros x Feição Geomorfológica/sítio.....	57
4.2.5. Ordenação de Insetos Herbívoros x Variáveis Ambientais.....	58
4.3. Discussão.....	60
4.3.1. Descrição da Fauna de Insetos Herbívoros.....	60
4.3.2. Efeito da Geomorfologia Sobre a Fauna de Insetos Herbívoros.....	60
4.3.3. Efeito do Tamanho do Grão e da Permeabilidade Sobre a Fauna de Insetos	
Herbívoros.....	61
4.3.4. Composição de Espécies de Insetos Herbívoros x Feição Geomorfológica/sítio.....	62
4.3.5. Ordenação de Insetos Herbívoros x Variáveis Ambientais.....	63
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>65</b>
5.1. O Papel da Geomorfologia na Estruturação da floresta.....	65
5.2. Diversidade de Insetos Herbívoros de Dossel em Resposta às Condições Abióticas.....	65
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>73</b>
<b>BANCA EXAMINADORA (Ficha de Aprovação).....</b>	<b>99</b>

## Lista de Ilustrações

---

<b>Figura 1.1-</b> Esquema simplificado dos aspectos físicos influenciado na fauna e flora de uma região e vise versa .....	2
<b>Figura 1.2-</b> Gradiente vertical da estrutura vegetacional de uma floresta.....	8
<b>Figura 2.1-</b> Posicionamento do PERD em relação ao Brasil e ao Estado de Minas Gerais .....	14
<b>Figura 2.2-</b> Mapa Geológico do PERD .....	16
<b>Figura 2.3-</b> Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Doce .....	19
<b>Figura 2.4-</b> Imagem de satélite do PERD.....	23
<b>Figura 2.5-</b> Desenho esquemático do perfil das matas sobre as diferentes feições .....	24
<b>Figura 2.6-</b> Imagem de satélite da porção norte do PERD (sítio Macuco) .....	25
<b>Figura 2.7-</b> Imagem de satélite da porção sul do PERD (sítio Teresa) .....	25
<b>Figura 2.8-</b> Imagem de satélite da porção sul do PERD (sítio Gambá) .....	26
<b>Figura 3.1-</b> Conjunto prancheta e alidade .....	30
<b>Figura 3.2-</b> Conjunto trena, bússola e “nível Pizzatti” .....	31
<b>Figura 3.3-</b> Desenho esquemático de um sítio amostral e a distribuição dos 5 grupos de árvores.....	33
<b>Figura 3.4-</b> Número de Espécies de plantas dentro de cada família.....	35
<b>Figura 3.5-</b> Número de famílias de plantas em relação ao tipo de feição .....	35
<b>Figura 3.6-</b> Altura média dos grupos de árvores em cada feição .....	37
<b>Figura 3.7-</b> Distâncias dos sítios estudados em relação as comunidades de plantas.....	38
<b>Figura 4.1-</b> Guarda-chuva entomológico .....	44
<b>Figura 4.2-</b> Permeâmetro Guelph .....	45
<b>Figura 4.3-</b> Seqüência na instalação do Permeâmetro Guelph no campo .....	46
<b>Figura 4.4-</b> Riqueza média de insetos herbívoros entre as feições .....	51
<b>Figura 4.5-</b> Abundancia média de insetos herbívoros entre as feições .....	51
<b>Figura 4.6-</b> Riqueza média de insetos herbívoros por feição geomorfológica combinada em função das localidades.....	52
<b>Figura 4.7-</b> Abundancia média de insetos herbívoros por feição geomorfológica combinada em função das localidades .....	53
<b>Figura 4.8-</b> Ordenação das frações granulométricas considerando as os agregados naturais .....	54

<b>Figura 4.9-</b> Ordenação das frações granulométricas considerando a desagregação mecânica .....	56
<b>Figura 4.10-</b> Distribuição dos grupos centróide .....	58
<b>Figura 4.11-</b> Análise de correspondência canônica relacionando composição de espécies de insetos herbívoros com variáveis físicas ambientais e de estrutura das plantas .....	59

## Lista de Tabelas

---

<b>Tabela 3.1-</b> Famílias de plantas encontradas nas diferentes feições .....	36
<b>Tabela 3.2-</b> Teste Tukey para diferenças múltiplas das alturas dos grupos de árvores entre as feições	37
<b>Tabela 4.1-</b> Parâmetros de $\alpha$ sugeridos por Elrick <i>et al.</i> (1989) .....	47
<b>Tabela 4.2-</b> Frações granulométricas segundo Wentworth .....	48
<b>Tabela 4.3-</b> Teste Tukey para riqueza média de insetos herbívoros entre as feições .....	52
<b>Tabela 4.4-</b> Peso das frações granulométrica (agregados naturais) obtidas a partir da PCA .....	54
<b>Tabela 4.5-</b> ANCOVA para a riqueza e abundancia de insetos herbívoros considerando permeabilidade, granulometria (agregados) e feições.....	55
<b>Tabela 4.6-</b> Peso das frações granulométrica (desagregadas) obtidas a partir da PCA.....	56
<b>Tabela 4.7-</b> ANCOVA para a riqueza e abundancia de insetos herbívoros considerando permeabilidade, granulometria (desagregada) e feições .....	56
<b>Tabela 4.8-</b> Morfoespécies de insetos herbívoros que apresentam maiores valores canônicos para as funções 1 e 2 .....	58





## Resumo

---

Diferentes fatores abióticos como forma de relevo, permeabilidade e granulometria do solo influenciam nas condições nutricionais das plantas e conseqüentemente na distribuição de seus insetos herbívoros. No entanto, esta relação entre aspectos geomorfológicos e seus efeitos diretos e indiretos na cadeia alimentar foram pouco explorados cientificamente. Assim, a realização deste estudo visou estudar a influência de condicionantes geológicos, em especial a geomorfologia, nas condições de habitat e nutricionais das plantas de matas tropicais e na fauna de insetos herbívoros.

Esse estudo foi realizado no Parque Estadual do Rio Doce/MG onde foram selecionados seis sítios de mata que se encontrava em três diferentes situações geomorfológicas e sobre a mesma unidade geológica: 2 sítios de matas de interflúvios e encostas íngremes, instaladas sobre solos não movimentados (eluviais); 2 sítios de matas instaladas sobre rampas de colúvio, responsáveis pelo barramento das canais fluviais atualmente ocupados pelos lagos e 2 sítios de matas que crescem sobre os aluviões do paleocanal do Rio Doce.

Foram realizadas medidas estruturais e coletas de insetos herbívoros em 120 árvores selecionadas aleatoriamente, e uniformemente distribuídas entre os sítios, além de ensaios de permeabilidade *in situ*, peneiramento de sedimento e cartografia das feições.

Um total de 74 espécies de plantas distribuídas em 25 famílias foram encontradas neste estudo. Algumas famílias apresentaram relação com a geomorfologia: Fabaceae (presente em todas as feições), Flacourtiaceae (presente na feição rampa de colúvio) e Lauraceae (apenas na feição baixada). A feição geomorfológica exerceu influencia sobre a estrutura da floresta. A mata da feição baixada foi a mais alta, sendo isso reflexo das condições ambientais, como disponibilidade de nutrientes, diretamente relacionados a um maior crescimento e, também, a eventos ocorridos no passado (estas são matas mais bem preservadas em solos mais estáveis). A despeito de localização geográfica, a comunidade de plantas presente nas feições de crista foram similares, o que significa que há mais co-ocorrências de espécies de plantas nos habitats gerados por esta feição. Por outro lado, a comunidade de plantas da feição rampa presente no sul do Parque, apresentou a maior dissimilaridade de espécies comparativamente as demais geomorfologias e locais, inclusive a rampa do norte do Parque, o que sugere que a feição rampa influencia menos a distribuição de espécies de árvores do que as outras feições.

Além de influenciar a distribuição de plantas, a geomorfologia exerceu influência, também, sobre a fauna de insetos herbívoros. A mata presente sobre a feição rampa apresentou maior média de riqueza de insetos herbívoros, reforçando a hipótese inicial de que feições geomorfológicas diferentes

originaram-se de processos de gênese diferentes, produzindo solos com condições ecológicas e evolutivas variadas e, assim, podem permitir distintas composições florísticas e manutenção de uma fauna de insetos herbívoros também variadas. A própria topografia da rampa ofereceu a combinação de vários aspectos físicos, aumentando a heterogeneidade ambiental e contribuindo muito para a maior diversidade de insetos nessa feição. Entretanto, a fauna de insetos herbívoros não respondeu ao tamanho do grão e a permeabilidade, sendo importante à análise de outras variáveis físicas para se ter certeza da existência de alguma relação direta entre a fauna e as características abióticas das feições estudadas. Com relação à composição da fauna, os dados são sugestivos de que haja condições ambientais identificáveis capazes de definir a distribuição espacial de diversas espécies de insetos, influenciando na beta diversidade florestal.

O presente trabalho é pioneiro ao investigar a o dossel em uma floresta e a fauna de insetos herbívoros, explicitando o efeito de feições geomorfológicas. Os resultados obtidos sugerem que a inclusão de análises geomorfológicas pode auxiliar na compreensão da complexidade de florestas, na conformação do dossel superior, na distribuição dos insetos herbívoros e na estrutura taxonômica de ambientes, até então, entendidos como altamente similares.

## Abstract

---

Different abiotic factors (such as relief form, permeability and grain size of the soil where a vegetation grows) influence in the nutritional conditions of the plants and also in the herbivore insects distribution. However, the direct and indirect effects of geomorphology on the food web is hardly explored scientifically. Therefore, the aim of this work was to study the influence of geological traits, especially the geomorphology, on the habitat conditions of tropical forest trees and its associated insect herbivore fauna.

The study was carried out at Rio Doce/MG's State Park, where we selected six forest sites. They were split into three different geomorphologic situations but on the same geological unit. The selected sites were divided into: two sites in mountain top, located on stand soil; two sites in slope forests, and two sites of forests which grow on the Rio Doce's alluvium paleocanal.

Herbivore insect samples were taken in each site, on a total of 120 trees selected at random. Near those trees, environmental structural measurements were made. Furthermore, I realize permeability tests *in situ*, sediment sifts and cartography of the features.

It was found a total of 74 species of trees distributed in 25 families. Some families presented a relationship with the geomorphology: Fabaceae family was found in all geomorphologies, while Lauraceae was just found in the floodplain geomorphology, and Flacourtiaceae appeared only in the slope. The geomorphologic feature exercised influence over the forest structure. The floodplain forest was the highest one, probably due to best present environmental conditions, such as nutrient availability, but also due to historical events (better preserved and stable forests). Despite the geographical location, the tree species composition in the mountain top were similar, which suggests there are more co-occurrences of plants species in the habitats defined by this feature. On the other hand, the slope tree community located in the south Park side, presented the largest species dissimilarity, comparing to the other geomorphologies and places – including the northern slope. This fact supports the interpretation that the slope feature influences less the distribution of trees species than other features.

Geomorphology also influenced the insect herbivore fauna. The slope forest showed the highest richness of herbivore insects, reinforcing the initial hypothesis that different geomorphologic features come from the different genesis processes, producing soils with a variety of ecological and evolutionary conditions, and so, they can allow different floristic composition with distinct maintenance conditions for herbivore insects. The slope topography itself offered the combination of several physical aspects, increasing the environmental heterogeneity and contributing to a largest

insect diversity on that feature. However, the herbivore insect fauna did not respond to the grain size or permeability, thus may be important further analysis on physical variables to understand any likely direct effect of geological traits on insect communities or species richness and distribution. Data support that environmental abiotic conditions also affects the spatial distribution of several insect species, thus influencing forest beta diversity.

The present work is pioneer in investigating the forest canopy and its an herbivore insect fauna, in response to geomorphologic features. The results suggest that the inclusion of geomorphologic analyses might help us understanding the complexity of forests, the upper canopy, the herbivore insect species distribution, and how taxonomic groups respond to habitats heterogeneity.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

---

### 1.1 – RELEVÂNCIA E APRESENTAÇÃO DO TEMA

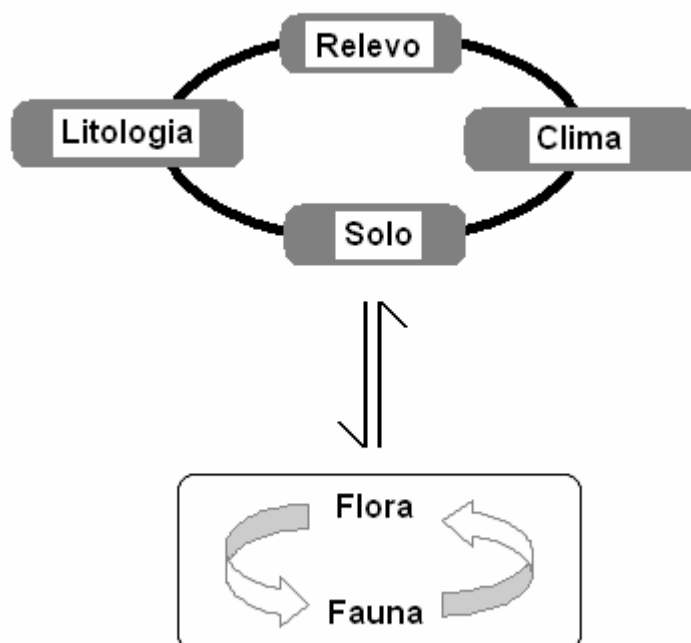
Grande parte dos estudos e pesquisas na área ambiental não tem abordado de forma integrada aspectos físicos (abióticos) e biológicos (bióticos) de um ecossistema. Embora esses aspectos sejam freqüentemente explorados isoladamente, muito em função das bases filosóficas que definem Ciências Exatas e Biológicas de forma distinta (Mayr 2004), eles não existem isoladamente e devem sustentar uma estreita relação que pode gerar propriedades emergentes fundamentais para a evolução e funcionalidade de comunidades ecológicas.

De fato, fundada a partir de estudos meramente morfológicos e taxonômicos na segunda metade do século XIX, a ecologia surgiu como uma ciência voltada a entender a evolução adaptativa das espécies às condições físicas do ambiente, dando à História Natural um componente claramente interdisciplinar (Ridley 1996). Só depois da Moderna Síntese nos anos 40 do século XX, que transforma evolução em uma disciplina de forte fundamentação genética, a ecologia envereda pelos estudos das interações entre espécies e populações naturais, quando então há uma ruptura com os estudos do meio abiótico. Não coincidentemente, segue-se a esse período a separação da biologia e geologia, com o esvaziamento da profissão de Naturalista. A partir de 1970 a ecologia teórica passa ser regida por modelos matemáticos baseados em poderosos pressupostos intrinsecamente biológicos, distanciando ainda mais esta disciplina dos estudos do meio físico. Ao final do século XX, porém, a inclusão de componentes estocásticos torna-se um exercício fundamental para a ecologia caminhar na direção das buscas de respostas das comunidades ecológicas às pressões variáveis e imprevisíveis do mundo inanimado (McGlade 1999). O próximo passo está, ainda, em processamento nesses dias, e trata-se da consolidação de estudos empíricos que resolvam em detalhes o real significado ecológico dos chamados fatores abióticos, mediante discriminação e medições dos componentes ambientais capazes de afetar padrões de distribuição de espécies vivas na natureza.

Padrões de riqueza (número de espécies) e distribuição de organismos numa determinada região são influenciados por aspectos físicos deste ambiente, como litologia, relevo, clima, umidade, luminosidade, etc. Por exemplo, as características físicas como a distribuição de radiação solar e padrões de circulação de ar geram diferenças na precipitação e

na temperatura de uma região para outra, afetando a formação e distribuição dos biomas (ecossistemas terrestres caracterizados por uma vegetação própria). Além do clima, as formas de relevo, juntamente com a litologia, exercem influências sobre o processo de formação do solo, refletindo assim na composição de espécies de plantas e animais encontrados num determinado bioma ou região, isto é, fauna e flora respondem diretamente às propriedades do solo, relevo e tempo de existência das feições geomorfológicas (Huggett 1995, Ross 2000, Raven *et al.* 2001, Schenk *et al.* 2003 – Figura 1.1).

De forma semelhante, plantas e animais, também afetam o ambiente físico em que estão inseridos. Assim, a vegetação modifica o relevo através de seus efeitos no solo. As raízes das plantas podem penetrar nas fraturas das rochas, facilitando o intemperismo e aumentando a profundidade do solo. Também, por produzir matéria orgânica, a vegetação ajuda na estrutura do solo e aeração, promovendo uma maior infiltração e circulação de água no mesmo. Isso produz o efeito de diminuir a superfície de escorregamento e erosão, suavizando a paisagem (Howard & Mitchell 1985, Larcher 2000 – Figura 1.1).



**Figura 1.1-** Esquema simplificado dos aspectos físicos influenciando no tipo e na distribuição da fauna e flora de uma região. Note nesse esquema que a fauna e a flora também se interagem e juntas alteram os componentes abióticos numa determinada região.

Hall e Lamont (2003), estudando aspectos bióticos e abióticos no desenvolvimento geomórfico de terrenos alpinos, mostraram de forma clara a interação e sinergia existente entre estes aspectos. Eles observaram que os animais são importantes agentes de modificação da paisagem (agentes geomórficos) através de suas atividades de pastagem, pisoteio, escavação e etc. Além disso, observaram também que o clima, a topografia e propriedades do solo influenciam a distribuição e a atividade dos animais nas zonas alpinas.

Em uma escala local, a existência de gradientes topográficos e edáficos relacionados a fatores inerentes ao solo como, por exemplo, capacidade de reter água, geram um mosaico de heterogeneidade de habitats com características distintas, que formam a paisagem da região. Tais variações no relevo podem induzir o movimento de organismos e matéria entre habitats, que por sua vez influenciam na manutenção dos processos que atuam de volta sobre o relevo. Assim, as populações se agrupam em habitats que lhes forneçam melhores condições e recursos. Por outro lado, as diferenças de adaptações entre espécies determinam a variação destas entre cada habitat, resultando em aumento da diversidade beta, uma medida de heterogeneidade biológica (Ricklefs 1996).

Diferentes fatores abióticos como forma de relevo, permeabilidade e granulometria do substrato (solo) em que uma vegetação cresce, influenciam nas condições nutricionais das plantas. Uma consequência ecológica direta disto é o reflexo na cadeia alimentar, logo, na distribuição dos insetos herbívoros (insetos que se alimentam de partes dos vegetais como, folhas, sementes, flores, etc.). No entanto, esta relação entre esses aspectos e seus efeitos diretos e indiretos na cadeia alimentar não tem sido explorados cientificamente.

Dos diversos modelos teóricos que tentam explicar a evolução das interações entre insetos herbívoros e plantas há muitos que se fundamentam na variação da disponibilidade de recursos no solo para a planta, ou na previsibilidade da planta para herbívoros. Por exemplo, a hipótese do balanço carbono/nitrogênio diz, que o investimento da planta em compostos a base de carbono não palatáveis, que podem se acumular em diversas partes da planta, principalmente nas folhas, é uma maneira de defesa energeticamente viável quando a disponibilidade de nutrientes no solo é menor do que a capacidade fotossintética da planta (Bryant *et al.* 1983). Já a hipótese da disponibilidade de recursos leva em consideração o custo no investimento da planta em estruturas e compostos de defesa, numa escala inversa ao custo de crescimento, ou seja, quando a disponibilidade de nutriente é alta é mais vantajoso e barato para a planta investir no seu crescimento do que na produção de compostos de defesa contra insetos herbívoros. (Coley *et al.* 1985). Por sua vez, Price (1992) considera que fatores

abióticos como, precipitação, drenagem do solo, temperatura e nutrientes no solo, influenciam profundamente na presença e distribuição de insetos herbívoros sobre uma determinada planta, ou seja, variáveis abióticas alteram a qualidade nutricional da planta determinando a dinâmica de população de herbívoros. Assim, a interface entre planta e esses fatores abióticos pode representar uma força evolutiva agindo na estratégia de dispersão e na amplitude da dieta de insetos herbívoros (Hunter 1990).

Nas florestas tropicais, o dossel é um habitat significativo em termos de processos de trocas energéticas, manutenção de dinâmicas climáticas globais e a existência de elevada diversidade biológica (Basset *et al.* 2003). Essencialmente, é no dossel que está estruturado as principais redes tróficas de transferência de energia e matéria dos produtos para os herbívoros. O dossel florestal compreende no conjunto das copas arbóreas numa floresta (Basset *et al.* 1992, Parker 1995, Moffett 2000). Por sua vez, fatores edáficos, estrutura e declividade do solo podem determinar vários processos biológicos nos dosséis que poderiam causar variação na biodiversidade. Conjuntamente com o levantamento pioneiro da diversidade de espécies de insetos nos dosséis, a verificação dos efeitos de fatores de caráter geológico na origem e manutenção da riqueza de espécies podem fornecer pistas, hoje inexistentes, sobre como priorizar programas de conservação. Novamente, o efeito de evolução e características da geomorfologia sobre a cadeia trófica, em um sistema florestal, depende profundamente da manutenção da diversidade de herbívoros de dosséis. Estudar a riqueza e a abundância de espécies de insetos herbívoros associados às copas das árvores em uma floresta é fundamental para a compreensão de diversas dinâmicas ecológicas, bem como os mecanismos para a manutenção das mesmas e, assim, da funcionalidade dos ecossistemas arbóreos. Dessa maneira, este trabalho é pioneiro tanto do ponto de vista geológico quanto ecológico.

Pesquisas sobre interação inseto-plantas em árvores vem sendo desenvolvidas há aproximadamente 5 anos pelo PELD (Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração/Dinâmicas Ecológicas e Biodiversidade do Médio Rio Doce) no Parque Estadual do Rio Doce/MG, das quais foram produzidas uma base de dados referentes a fauna de artrópodes de dossel, em especial, insetos herbívoros e formigas, sucessão ecológica, estrutura de habitat arbóreo e a pressão de herbivoria causada por insetos sobre espécies arbóreas pioneiras (Soares 2002, Campos 2002). Estas pesquisas têm mostrado uma tendência de padrões de diversidade de artrópodes diferenciada entre habitats de mata e habitats de ecótonos (transição vegetacional), além de indicar a importância da realização de estudos dos aspectos geológicos até então desconhecidos neste sistema. Por exemplo, quais são os fatores



físicos que determinam a altura do dossel, a densidade de árvores e qual a importância destes nas interações tróficas (relação planta, herbívoro e predador)?

A literatura relacionada às características geomorfológicas da região do Parque Estadual do Rio Doce mostra que podem ser separadas pelo menos três unidades ou domínios distintos (Mello 1997, Meis & Tundisi 1986, Suguio & Kohler 1992): Domínio dos interflúvios e encostas com solos eluviais, domínio das rampas de colúvio e domínio das planícies aluviais do antigo leito do Rio Doce e de alguns de seus afluentes. Em vistas do reconhecimento destes três domínios pode-se perguntar: 1) há alguma diferença na densidade, altura e diversidade de árvores em função destes diferentes domínios? 2) Qual a relação desse habitat florestal, se influenciado pelos vários domínios geomorfológicos, sobre a interação inseto-planta? 3) Qual são os efeitos diretos destes domínios geomorfológicos sobre a distribuição dos insetos?

Padrões de escala espacial têm papel central nos estudos de processos ecológicos e geomorfológicos (Levin 1992, Scheidegger 1991 *apud* Olliera *et al.* 2003). Porém, em muitos estudos ecológicos, é focada apenas uma escala ou nível de organização (Bengtsson *et al.* 2004). A heterogeneidade da distribuição do espaço, recurso, matéria e biomassa, realmente determina e resulta de processos dinâmicos que ocorrem na interface vegetação-relevo. Geralmente, processos bióticos e também abióticos exercem certa influência numa gama de escalas, não significando que todas as escalas são igualmente relevantes ao estudo de um determinado fenômeno ou sistema (Olliera *et al.* 2003, Bengtsson *et al.* 2004). Dessa forma, realizar estudos em ecossistemas terrestres tropicais que envolvam diferentes áreas do conhecimento utilizando, ao mesmo tempo, suas diferentes ferramentas podem levar a obtenção de resultados que uma área sozinha não conseguiria fornecer.

Assim, a realização deste estudo visou buscar contribuir para o entendimento da relação entre as variáveis físicas de ambientes terrestres, tais como granulometria e permeabilidade do solo (relação entre a presença de poros e a conectividade entre eles juntamente com a permeabilidade – capacidade de deixar passar um líquido) e formas de relevo sobre a distribuição de árvores potenciais, condições nutricionais e, finalmente, o efeito deste conjunto de fatores sobre a diversidade de insetos herbívoros.

## **1.2 – ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

Frente ao caráter interdisciplinar deste estudo, foram utilizados procedimentos metodológicos diferenciados e complementares a cada uma das áreas do conhecimento

envolvidas, mas com forte conteúdo de investigação em campo. Neste sentido, adaptações metodológicas para levantamento cartográfico em áreas densamente florestadas, associado a baixo custo e precisão, foram aqui utilizadas.

No presente capítulo, será conduzida uma síntese e revisão de trabalhos envolvendo o tema em questão. Essa síntese fornece um embasamento teórico sobre os principais assuntos discutidos e analisados nessa dissertação. Ainda, ao final do mesmo, será apresentado o objetivo e a hipótese de trabalho.

No capítulo 2 será apresentada uma caracterização da área de estudo, mostrando a localização e aspectos geológicos, geomorfológicos, vegetacionais, clima e solo da mesma. Também, nesse capítulo será feita uma síntese dos estudos envolvendo a gênese do sistema lacustre da região estudada.

No capítulo 3 serão abordados os procedimentos metodológicos utilizados para avaliar a influência das feições geomorfológicas na estruturação da floresta, principalmente relacionadas à altura da mesma. Além dos procedimentos metodológicos, serão apresentados, também os produtos cartográficos de cada feição, em associação com as características estruturais da floresta (altura) e a discussão ao final do capítulo.

No capítulo 4 serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para verificar a resposta da diversidade (riqueza e abundância) e composição de insetos herbívoros de dossel frente a distintas condições abióticas do hábitat de floresta, como geomorfologia, granulometria e permeabilidade do solo. Ainda, serão apresentados também, os resultados encontrados e a discussão dos mesmos.

No capítulo 5 serão apresentadas as conclusões e algumas considerações finais resultantes deste estudo.

### **1.3 – FLORESTAS NOS TRÓPICOS E SEUS DOSSÉIS**

As florestas tropicais, além de possuírem uma grande variedade de formas de vida, estão entre as mais complexas comunidades de plantas em estrutura e em riqueza de espécies. Podem ser constituídas de plantas altas, principalmente lenhosas, com uma complexidade de habitats nos espaços entre o solo e a camada de folhas mais alta da floresta. O padrão microclimático de uma floresta tropical é marcado por ausência de mudanças sazonais bruscas abaixo do dossel superior e um habitat extremo e variável sobre essas folhas na superfície do dossel. Dependendo da floresta, existem estações com uma máxima floração, na qual várias espécies de plantas estão florindo e estações de máxima produção de folhas novas. Entretanto,

para a maior parte das comunidades florestais tropicais, o crescimento e a reprodução são contínuos e flores e folhas novas podem ser encontradas em qualquer período (Richard 1996).

De um modo geral, a estrutura de uma floresta é reconhecida como sendo a quantidade e a distribuição no espaço de folhas, ramos, galhos e troncos, além do tipo de planta e sua altura na floresta (Parker 1995, Richard 1996). Segundo Moffett (2000) é comum encontrarmos em alguns trabalhos o emprego errôneo dos termos copa e dossel como se fossem sinônimos. Copa é o conjunto de galhos e folhas de uma árvore ou arbusto. Por outro lado, o dossel é um termo diretamente ligado à floresta ou a comunidade de plantas presente na floresta. Resumidamente, as plantas possuem copa, já a floresta possui dossel.

Assim, o dossel florestal consiste em todos os elementos da vegetação acima do solo, ou seja, no conjunto das copas arbóreas, incluindo suas folhas, galhos, ramos, além de epífitas, espaços e microclimas associados (Basset *et al.* 1992, Parker 1995, Stork *et al.* 1997, Moffett 2000). O dossel é um habitat relevante em termos de processos ecológicos, como fluxo de energia e ciclagem biogeoquímica, bem como na manutenção de dinâmicas climáticas globais e de diversidade biológica. É no dossel florestal que ocorre grande produção primária (fotossíntese), com intensa troca de oxigênio, gás carbônico e vapor d'água (Norse *et al.* 1988, Erwin 1989, 1991, Malhi & Grace 2000, Basset 2001, Basset *et al.* 2003).

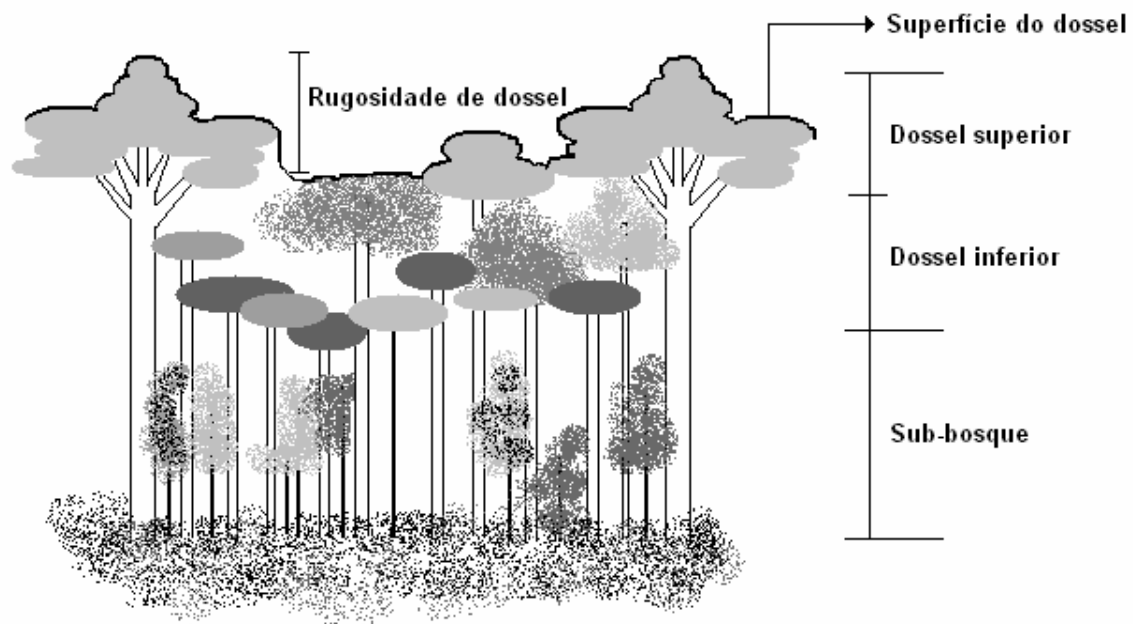
Verticalmente, as florestas tropicais podem ser estruturalmente estratificadas, ou seja, são compostas por estratos ou camadas distintas de vegetação, porém interligadas. Parâmetros bióticos (composição de plantas, biomassa, área foliar, etc.) e abióticos (insolação, temperatura, velocidade do vento, etc.) ao longo de um gradiente vertical estendendo do solo até a camada mais alta de folhas podem produzir uma grande variedade de habitats, os quais podem manter diferentes comunidades de organismos que são adaptados as várias condições presentes nos estratos da floresta (Smith *et al.* 1992, Parker 1995, Moffett 2000, Schlze *et al.* 2001).

O dossel pode ser dividido em (Figura 1.2):

- a) Sub-bosque: compreende a vegetação imediatamente acima do chão da floresta alcançável por um observador (Basset *et al.* 2003). Compreende, também, a uma zona com menos de 10% de luminosidade (Parker & Brown 2000);
- b) Dossel: conjunto da copas arbóreas interligadas. O dossel pode ser dividido, ainda em dossel inferior e dossel superior.

c) Superfície do dossel: compreende a interface entre a camada de folhas mais alta e a atmosfera (Moffet 2000).

d) Rugosidade de dossel: é a variabilidade na superfície de dossel, incluindo possíveis descontinuidades (Ribeiro 2003).



**Figura 1.2-** Gradiente vertical da estrutura vegetal de uma floresta. Desenho esquemático fora de escala.

#### **1.4 – RELAÇÃO ENTRE A GEOMORFOLOGIA DA FLORESTA, PLANTAS E INSETOS HERBÍVOROS**

Os ecossistemas de florestas tropicais podem ser considerados sistemas nos quais inúmeros elementos vegetais (árvores, arbustos, ervas, trepadeiras etc.) e animais (aves, mamíferos, insetos etc.) ocorrem e interagem de forma diferenciada no tempo e no espaço (Souza & Martins 2003), com processos dinâmicos permanentes, como crescimento, mortalidade e regeneração. Esses aspectos podem resultar de fatores externos como variações nas condições ambientais (por exemplo: mudanças nas propriedades do solo ou microclima), mas, também, de fatores internos como o funcionamento da floresta (história de vida, competição ou estágio de regeneração) (Robert & Moravie 2003). Além disso, existe um elemento de extrema importância e que muitas vezes é desconsiderado em vários estudos

ecológicos de florestas nos trópicos e que também faz parte desse complexo sistema: o elemento geomorfológico.

É importante ressaltar que não existem duas formas de relevo precisamente iguais, porém, existem conjuntos de formas, que apresentam um certo nível de semelhanças ente si. Essas semelhanças geomorfológicas estão relacionadas com a sua gênese e processos exógenos (forças que surgem do exterior da Terra como, intemperismo, movimentos de massa, transporte, deposição, etc) e endógenos (forças que surgem do interior da Terra como, vulcanismo, tectonismo, terremotos, etc) atuando numa certa região. A existência e dinâmica do meio abiótico e biótico em um ecossistema são determinadas pela ação conjunta ou pela oposição das forças endógenas e exógenas (Ross 2000, Marques 2003).

Fatores que controlam a densidade e diversidade de árvores nas florestas tropicais são complexos e difíceis de serem compreendidos. Por exemplo, além dos efeitos de distúrbios naturais e antrópicos ocorrendo na floresta, a disponibilidade de umidade no solo para plantas, varia muito entre solos numa floresta com diferenças em sua profundidade e textura e no conteúdo de matéria orgânica no mesmo, bem como, na relação de drenagem local e topografia. A topografia cria um gradiente de disponibilidade de água no solo. Essa variação na disponibilidade de água na floresta, influência fortemente a estrutura espacial e composição da floresta. (Richard 1996, Enoki *et al.* 1997, Schenk *et al.* 2003). Em suma, a relação entre a forma de relevo, disponibilidade de água e condições físicas do solo, governam o habitat da planta (Howard & Mitchell 1985) e conseqüentemente a susceptibilidade das plantas a serem colonizadas por insetos herbívoros.

A relação existente entre geomorfologia e diversidade biótica foi testada por Burnett *et al.* (1998), ao examinarem um ecossistema de floresta decídua no nordeste dos Estados Unidos. Eles testaram a hipótese de que paisagens compostas por condições abióticas heterogêneas, relacionadas a aspectos geomorfológicos, (inclinação, feição, profundidade do solo, textura, drenagem, etc) podem manter uma maior diversidade de plantas e animais que as paisagens mais homogêneas nestes aspectos. Apesar de não realizarem análise com os animais, essa hipótese foi confirmada, sendo encontrada maior riqueza de árvores e arbustos nos sítios com alta heterogeneidade geomorfológica. Dessa forma, esses resultados mostram uma estreita relação entre a diversidade biótica (plantas e provavelmente animais) e abiótica.

Vários estudos têm examinado a relação entre topografia e padrões da vegetação. De uma maneira geral, a riqueza de espécies declina com a elevação, mas podem ser observadas algumas exceções (Rahbek 1995), pois as elevações podem representar vários gradientes

ambientais (Brewer *et al.* 2003). Alguns trabalhos indicam que encostas florestadas no Neotrópico são mais diversas que fundos de vales florestados. Também, Brewer *et al.* (2003), num estudo sobre o efeito de diferentes posições topográficas na composição, fitogeografia e diversidade de espécies de árvores numa área de rochas calcárias, verificaram que a diversidade e a estrutura da floresta sobre essas rochas aumenta das regiões de vale para o topo de montanhas.

Além dos estudos envolvendo geomorfologia e vegetação, o efeito da topografia sobre formigas de solo numa área florestada da Amazônia Central próxima a Manaus, foi avaliado por Vasconcelos *et al.* (2003). Eles verificaram um maior número de espécies dessas formigas nas regiões de vale do que nas regiões de platô, indicando a importância da geomorfologia na distribuição e composição da fauna de formigas de solo. No entanto, estudos sobre o efeito da geomorfologia na fauna de insetos herbívoros que habitam o dossel de florestas ainda não foram realizados.

A relação entre as condições abióticas locais (clima, solo, topografia, etc.) e a modificação dessas relações devido a interações competitivas por luz, água ou limitação de nutrientes, normalmente são vistos como processos ecológicos capazes de explicar padrões de distribuição das plantas. Aspectos abióticos do ambiente interagem com estratégias de vida das plantas e com a competição, produzindo um certo padrão espacial (Weiher & Keddy 1999 *apud* De Blois *et al.* 2002). Dependendo do tipo de gradiente de distribuição da diversidade ambiental, cada espécie pode apresentar uma amplitude de respostas que vai depender de sua tolerância fisiológica. Assim, interações entre condições abióticas locais e estratégias fisiológicas de planta podem ser consideradas como o cerne da organização da vegetação em termos de população e comunidade (De Blois *et al.* 2002) e, dessa forma, poderia também influenciar na distribuição e abundância da fauna de insetos herbívoros sobre uma determinada população ou comunidade de plantas.

No entanto, as características edáficas que podem determinar a capacidade do mesmo de reter água e tornar disponível os elementos químicos exigidos pelo crescimento da planta, podem definir fortemente a distribuição de plantas num determinado habitat (Ricklefs 1996). Também, as condições edáficas podem influenciar a fisiologia da planta e afetar a palatabilidade da mesma (principalmente as folhas) para os insetos herbívoros. Assim, a planta pode ou não acumular compostos não agradáveis a esses insetos podendo determinar grandemente a distribuição dos herbívoros sobre uma determinada população ou comunidade de plantas. Por exemplo, os solos em encostas íngremes drenam bem a água e favorecem o

escoamento superficial (Karmann 2000), freqüentemente causando estresse de umidade (estresse hídrico) para as plantas presentes nessas encostas. Por outro lado, a água de escoamento pode saturar os solos de relevo mais baixo e carrear íons de importância metabólica, influenciando na fisiologia da planta. Logo, o efeito do estresse hídrico na qualidade nutricional e preferência alimentar para os insetos é variado e tende a produzir uma menor palatabilidade das folhas. Assim, o estresse hídrico diminui a absorção de nutrientes na planta e aumenta o acúmulo de compostos a base de carbono, que são capazes de proteger e defender a planta contra alguns insetos herbívoros, melhorando a sua performance neste habitat e influenciando na diversidade e distribuição desses insetos sobre as plantas. Da mesma forma, plantas que crescem em solos provenientes da pedogênese de rochas onde o recurso mineral é limitado vão possuir uma menor taxa de crescimento e maior investimento em defesas químicas contra herbívoros (Grime 1979, Waterman *et al.* 1984, Bryant *et al.* 1983, Coley *et al.* 1985, Herms & Mattson 1992). Estas circunstâncias, então, limitariam a densidade de insetos herbívoros sobre estas plantas. Plantas presentes em habitats com grande disponibilidade de nutrientes (água suficiente para tornar acessíveis os elementos químicos adequados para o desenvolvimento da planta) e sob alta disponibilidade de luz, apresentariam um crescimento rápido, ou seja, investiriam mais em crescimento e reprodução do que na produção de compostos químicos de defesa (Herms & Mattson 1992).

Diante de tudo que foi avaliado e estudado até o momento, pode ser notado que estudos envolvendo o efeito da geomorfologia sobre os insetos herbívoros presentes nos dosséis dos trópicos são desconhecidos e assim, torna-se de suma importância e desafiante a compreensão desse efeito, já que o meio biótico e abiótico se relacionam a todo momento.

## **1.5 – OBJETIVO E HIPÓTESE**

Com base nos poucos conhecimentos existentes, porém fundamentados nas teorias apresentadas, este estudo teve como objetivo geral estudar a influência de condicionantes geológicos, em especial a geomorfologia, características físicas e granulométricas dos solos, nas condições de habitat e nutricionais das árvores de matas tropicais e seu subsequente efeito na fauna de insetos herbívoros.

### **1.5.1 – Objetivos Específicos**

- Reconhecer padrões geomorfológicos distintos em bioma de mata tropical na região estudada;
- Elaborar perfis geomorfológicos das áreas em estudo;

- Estudar a estrutura arquitetônica das florestas sobre feições geomorfológicas distintas;
- Estudar tamanho de grão e permoporosidade dos solos dessas áreas *in situ*;
- Caracterizar a influência do tamanho do grão e da permeabilidade do solo sobre a fauna de insetos herbívoros no dossel de floresta tropical estabelecidas sobre as diferentes feições geomorfológicas estudadas;
- Caracterizar a fauna de insetos herbívoros associados ao dossel quanto à riqueza, abundância e composição dos mesmos, sobre as diferentes feições geomorfológicas estudadas.

### **1.5.2 – Hipótese de trabalho e predição**

A hipótese principal a ser testada neste estudo foi a de que diferentes feições geomorfológicas resultam em solos com condições ecológicas e evolutivas distintas, em função da gênese, além de diferentes processos endógenos e exógenos atuando sobre o relevo. A predição decorrente é de que essas diferentes feições podem promover a existência de distintas composições florísticas com susceptibilidades contrastantes à colonização e manutenção de populações de insetos herbívoros. Baseando-se nisso, algumas perguntas foram respondidas:

- A estrutura (altura) das florestas varia entre as feições geomorfológicas (crista, rampa e baixada)?
- A composição de espécies de árvores do dossel varia entre dosséis de florestas existentes nas diferentes feições geomorfológicas?
- A riqueza e abundância média de insetos herbívoros variam entre as feições geomorfológicas estudadas sendo, porém, iguais dentro das mesmas feições geomorfológicas?
- A fauna de insetos herbívoros (riqueza e abundância média) responde ao tamanho dos grãos e a permeabilidade do solo?
- A composição da fauna de insetos herbívoros será diferente entre as feições geomorfológicas?



## CAPÍTULO 2

### ÁREA DE ESTUDO

---

#### 2.1 – LOCALIZAÇÃO E BREVE HISTÓRICO DO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE

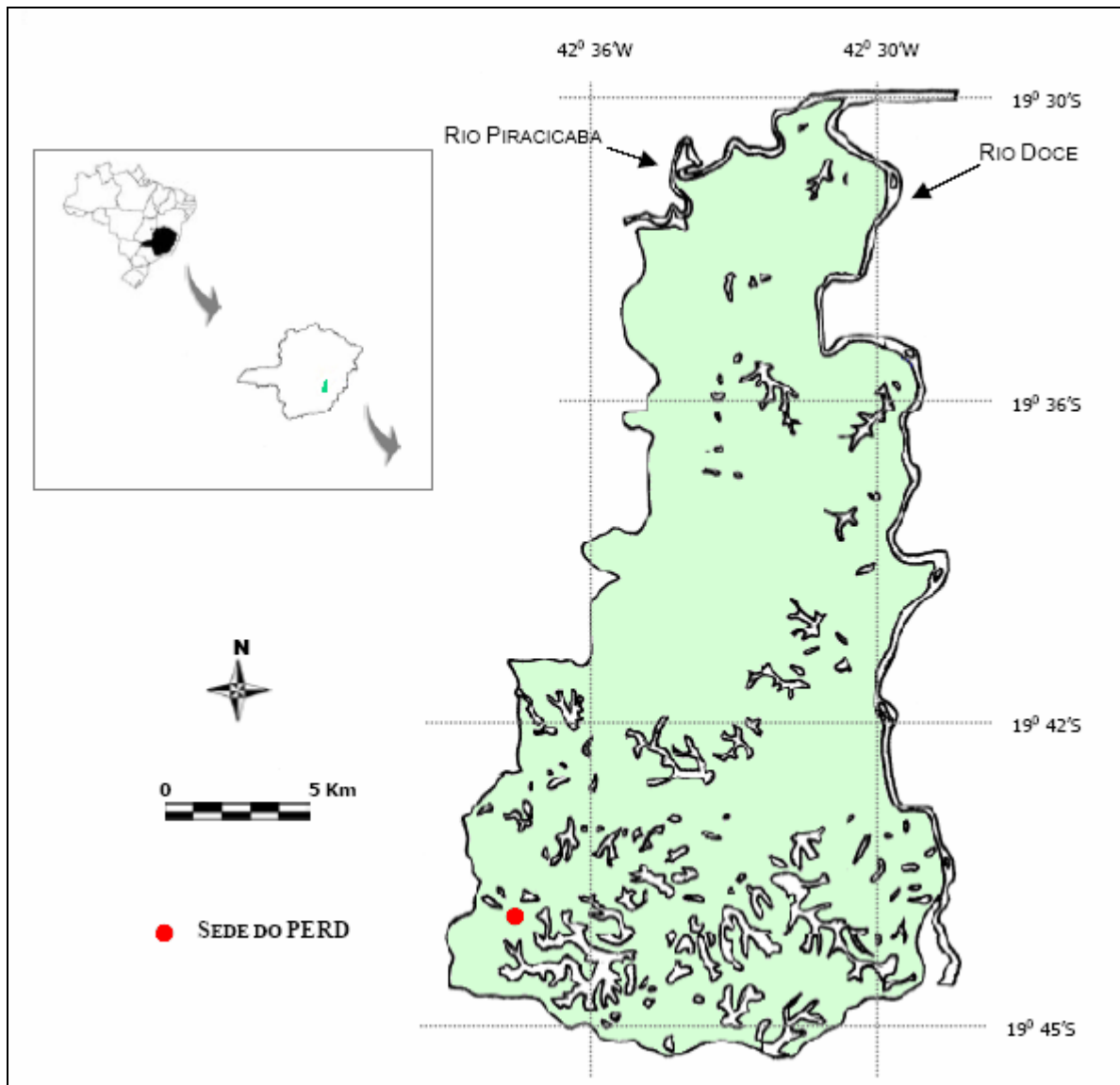
A área estudada encontra-se na região do médio rio Doce, mais precisamente, no Parque Estadual do Rio Doce (PERD – Figura 2.1). Este parque possui a maior área de Mata Atlântica preservada no estado de Minas Gerais. São 35.976 ha, que abrangem parte dos municípios de Timóteo (14.1%), Marliéria (83.3%) e Dionísio (2,6%) – entre os paralelos 19° 48' 18" – 19° 29' 24" S e meridianos 42° 38' 30" – 42° 28' 18" W, limitado ao Leste pelo Rio Doce e ao Norte pelo Rio Piracicaba (IEF 1994).

A partir de Ouro Preto, o acesso ao PERD é realizado pela MG 262 até a cidade Ponte Nova, depois segue na Rodovia Presidente Hélio Soares até o trevo de Rio Casca e por fim, entrando na BR 262, sentido Belo horizonte, até o trevo de São José do Goiabal, seguindo na MG 320. A distância da cidade de Ouro Preto ao PERD é de aproximadamente 215 Km. Em relação a Belo Horizonte, o acesso ao PERD, é realizado através da BR 262 até o trevo de São José do Goiabal e depois, pela MG 320. O PERD fica a 205 Km de distância da capital mineira, aproximadamente.

Na metade da década de 1930, surgiu uma das primeiras intenções propostas de proteger as matas ao redor da lagoa Nova, hoje chamada de lagoa do Bispo. Esse desejo de proteção dessas matas foi levantado inicialmente pelo Bispo de Mariana, Dom Helvécio Gomes de Oliveira. (Moreira 1986). Dessa forma, o PERD foi criado pelo Decreto-Lei nº 1.119, de 14 de julho de 1944, sendo o primeiro parque estadual de Minas Gerais (Godinho 1996). Posteriormente foi equiparado a Escritório Regional, como unidade administrativa da estrutura orgânica do IEF, através da Lei 11.337/93. (Plano de manejo PERD, IEF 2002).

Na década de 60, o PERD teve parte de sua vegetação perturbada por grandes incêndios. O maior deles ocorreu em 1967, queimando parcialmente 9.000 hectares (Plano de Manejo PERD, IEF 2002). Após esse período, não houve registro de focos de incêndio de maiores dimensões, ficando a vegetação sob processo de regeneração natural. Assim, as florestas atualmente encontradas no PERD são, em grande parte, perturbadas e intercaladas por porções que ainda possuem características primárias (Lopes *et al.* 2002). Essas florestas perturbadas têm composição florística, fisionomia e outras características modificadas em

diferentes escalas pelo fogo ou retirada seletiva de madeira, não havendo registros de corte raso.



**Figura 2.1-** Posicionamento do PERD em relação ao Brasil e ao Estado de Minas Gerais e a localização da sede do PERD. Adaptado de Godinho (1996) *apud* Moretto 2001.

As atividades desenvolvidas atualmente no parque são: educação ambiental, recreação e lazer, monitoramento e controle florestal, coleta de sementes e produção de mudas e fomento a pesquisa. No PERD, porém, pode ser observada a ocorrência de algumas atividades que entram em conflito com as que são desenvolvidas no mesmo, por exemplo: caça e pesca ilegais, problemas fundiários, estradas intermunicipais que passam dentro do parque, incêndios florestais, vandalismo e expansão urbana (Plano de Manejo PERD, IEF 2002).

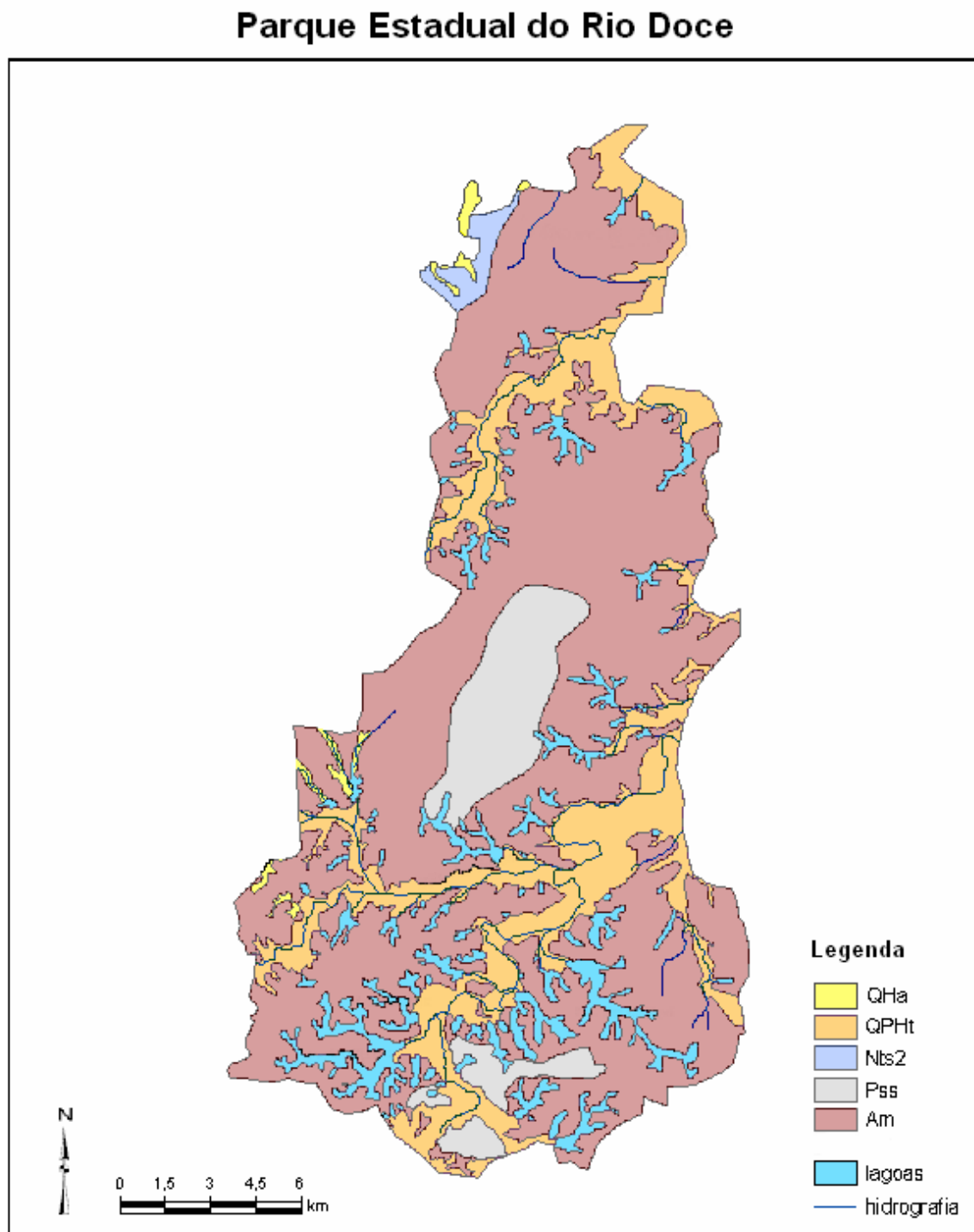
Considerando-se o nível de intervenção humana na região do médio rio Doce, que resultou na destruição de extensas áreas da cobertura vegetal original, o PERD assume uma posição de destaque na preservação dos recursos naturais regionais (Lopes *et al.* 2002). Atualmente, o PERD tornou-se o maior fragmento de mata nativa no estado de Minas Gerais, tendo o seu entorno totalmente alterado devido ao desenvolvimento da região do médio rio Doce. Principalmente ao sul, o PERD é delimitado por extensas plantações de *Eucalyptus* spp. da Companhia Agro-Florestal (CAF), da Belgo-Mineira e da ACESITA Florestal, e no lado norte, é delimitado pelas áreas urbanas de Ipatinga, Coronel Fabriciano e Timóteo, onde localizam-se as siderúrgicas da ACESITA e da USIMINAS, caracterizando a região como o "Vale do Aço".

## 2.2 – ASPECTOS GEOLÓGICOS

O sistema lacustre e a cobertura vegetal do PERD desenvolveu-se sobre rochas arqueanas e proterozóicas e sedimentos quaternários distribuídos segundo faixas de direção N-S e de leste para oeste compondo as seguintes unidades litoestratigráficas (CPRM & Comig, 2001): Complexo Mantiqueira, Suíte Metamórfica São Sebastião do Soberbo, Grupo Rio Doce (Formação São Tomé) e sedimentos pós-pleiocênicos (Terraço Aluvial e Aluvião) (Figura 2.2). Segue um breve sumário das principais rochas e sedimentos que compoem cada unidade litoestratigráfica citadas, segundo levantamento geológico realizado no leste de Minas Gerais pela CPRM & Comig (2001):

- Complexo Mantiqueira: biotita gnaisse bandado com composição tonalítica, granodiorítica e granítica. Subordinam-se anfibolitos, migmatitos, gnaisses charnockíticos e biotititos. Essas rochas estão amplamente distribuídas na região dos lagos;
- Suíte Metamórfica São Sebastião do Soberbo: biotita gnaisse bandado com ou sem granada, com intercalações de anfibolito fino bem foliado, quartzito, xisto e rocha calcissilicática. Tais rochas encontram-se distribuídas ao longo do médio ribeirão Mombaça e nas cabeceiras das paleodrenagens da margem norte do baixo ribeirão do Turvo, a sudeste de Casa Nova.
- Grupo Rio Doce (Formação São Tomé): xisto e quartzito muscovíticos, localmente com silimanita, finos a médios, laminados, bandados e friáveis. Essas rochas ocorrem no médio curso do ribeirão Belém, nas cabeceiras dos afluentes a norte e no médio ribeirão do Turvo.
- terraço aluvial: sedimentos arenosos com níveis de cascalho associados, parcialmente litificados e limonitizados. Intercalações de estratos argilosos e areias sílticas subordinadas.

São encontrados ao longo das principais drenagens do PERD (ribeirão Belém, ribeirão Turvo e ribeirão Monbaça).



**Figura 2.2-** Mapa geológico do PERD Composição das cartas Coronel Fabricinano (SE-23-Z-D-V) e Caratinga (Folha SE-23-Z-D-VI) em escala 1:100000 – CPRM/Projeto Leste 2001. Am: Complexo Mantiqueira; Pss: Suíte Metamórfica São Sebastião do Soberbo; Nts2: Grupo Rio Doce (Formação São Tomé); QPHt: Terraço Aluvial; Qha: Aluvião

- aluvião: sedimentos consolidados arenosos, areno-argilosos, com níveis de cascalho. Ocorrem em alguns porções do rio Piracicaba, do rio Doce e do ribeirão Belém e em algumas cabeceiras do rio Turvo.

O contato entre as rochas da Formação São Tomé, as rochas do Complexo Mantiqueira e da Suíte Metamórfica São Sebastião do Soberbo se dá por meio de falhas de empurrão com vergência para oeste ao passo que os contatos entre as unidades Complexo Mantiqueira e Suíte Metamórfica São Sebastião do Soberbo o contato é inferido.

### **2.3 – ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS**

A região do médio rio Doce, onde está inserida a área de estudo é caracterizada por uma região de topografia baixa no leste de Minas Gerais, orientada no sentido NNE-SSW entre as cidades de Ponte Nova e Governador Valadares, conhecida como “depressão interplanáltica do médio do rio Doce” (Meis & Tundisi 1986). Essa é uma importante feição fisiográfica do sudeste brasileiro, tratando-se de uma região que atinge largura máxima de cerca de 40 km em seção ESE-WNW próximo à cidade de Timóteo, e cerca de 120 km em extensão NNE-SSW, flanqueada por áreas altas com desníveis de até 400m. Na porção mais baixa, onde a maioria dos lagos se desenvolve, os desníveis são menores que 50m (Mello 1997).

O relevo dessa região é caracterizado pela presença de colinas alongadas, com topos nivelados (relevo de “mar de morros”) e altitudes variando entre 200 e 500 m, limitadas por conjuntos de serras, que alcançam altitudes acima de 1000m (Mello, 1997). Cerca de 21% da área do PERD corresponde à classe de relevo plano, 39% ondulado a montanhoso e 34% fortemente ondulado a montanhoso (CETEC 1982).

A literatura relacionada às características geomorfológicas da região do PERD mostra que podem ser separadas, pelo menos, três unidades ou domínios distintos (Mello 1997, Meis & Tundisi 1986, Suguio & Kohler 1992): domínio dos interflúvios e encostas com solos eluviais, domínio das rampas de colúvio e domínio das planícies aluviais do antigo leito do rio Doce e de alguns de seus afluentes.

Destaca-se nessa feição fisiográfica (“depressão interplanáltica do médio rio Doce”), uma faixa com aproximadamente 20 km de largura e 80 km de comprimento, acompanhando o curso do rio Doce, sendo caracterizada pela presença de vales entulhados de sedimentos, na qual estão localizados os corpos lacustres que formam o sistema de lagos barrados do médio

rio Doce (Mello 1997). Esses lagos apresentam extensões variadas, alcançando comprimentos próximos a 5 km e áreas de até 4 km<sup>2</sup> (Meis & Tundisi 1986). As formas desses lagos são, predominantemente, digitadas com a sua origem ligada a antigas drenagens afogadas (Mello 1997).

## **2.4 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE**

A Bacia Hidrográfica do Rio Doce está situada na região sudeste do Brasil, ocupando uma área de drenagem de 83.400 km<sup>2</sup>, dos quais 86% pertencem ao estado de Minas Gerais e o restante ao Espírito Santo (Figura 2.3). Abriga uma população de 3,1 milhões de habitantes, distribuídos ao longo de 228 municípios [para mais informações - <http://www.ana.gov.br/cbhviudou/bacia/caracterizacao.asp>]. O rio Doce, com uma extensão de 853 km, recebe um grande número de tributários sendo os mais importantes os rios Santo Antônio, Piracicaba, Matipó e Casca (Moretto 2001).

Essa bacia, originalmente, era quase toda coberta por Mata Atlântica. Entretanto, o forte desmatamento, iniciado nas primeiras décadas do século XX, acabou reduzindo a floresta em pequenos fragmentos espalhados ao longo da bacia. Dessa forma, a área geográfica da floresta, bem como a sua diversidade animal e vegetal, foi diminuída, restando somente 7% da cobertura inicial (Moretto 2001).

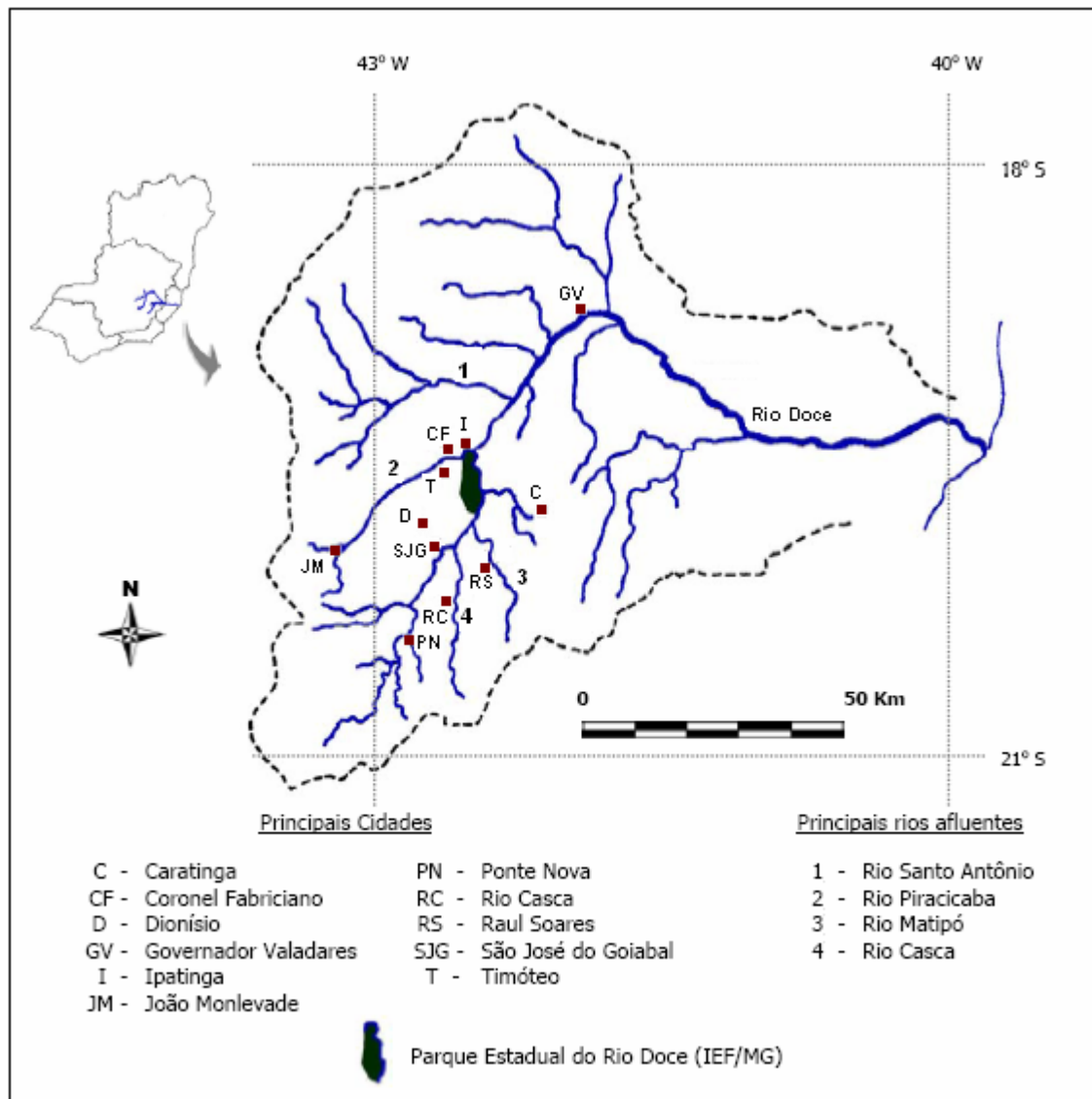
O sistema de drenagem da bacia do rio Doce apresenta um importante papel na economia do leste brasileiro, especialmente no leste do Estado de Minas Gerais e no nordeste do Espírito Santo, pois, além de fornecer água para fins domésticos, industriais, agropecuários e geração de energia, recebe esgotos, rejeitos e efluentes gerados pelas cidades e atividades industriais (Moretto 2001).

Segundo o mesmo autor, a economia ao longo de toda a bacia é baseada nas seguintes atividades: alto rio Doce (grandes projetos de mineração, agricultura e pecuária); médio rio Doce (onde está localizado o maior pólo siderúrgico da América Latina, além de indústrias de celulose, carvão vegetal, agropecuária e hidroelétricas de médio porte nos rios Piracicaba e Santo Antônio) e baixo rio Doce (cultura de café e agropecuária).

## **2.5 – SISTEMA DE LAGOS DO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE**

O PERD possui um conjunto de aproximadamente 50 lagos, localizados à margem esquerda do rio Doce. A idade desses lagos data na época Holoceno (Moretto 2001). A origem dos mesmos tem sido alvo de vários estudos, vindo a se desenvolver, principalmente, a partir do final da década de 1970 (Meis 1977, Barbosa & Kohler 1981, Suguio & Kohler

1992, Turcq et al. 1994, Mello 1997, Rodrigues Filho 1999). Frente a esses estudos, a gênese do sistema de lagos do PERD pode ser agrupada em duas grandes correntes, segundo Castro (2005):



**Figura 2.3-** Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Doce, indicando os principais afluentes, as principais cidades, e localização do PERD. Adaptado de Mello (1997) *apud* Moretto (2001).

1) A origem dos lagos estaria ligada ao entulhamento das drenagens afluentes do rio Doce, em função de mudanças climáticas ocorridas desde o Pleistoceno. Essa corrente foi baseada em estudos geomorfológicos realizados, principalmente, por Meis (Meis 1977, Meis & Monteiro 1979, Meis & Tundisi 1986), a partir de uma forte análise nos depósitos coluvionares e sua relação com depósitos lacustres. Dessa forma, a gênese dos lagos estaria associada ao barramento produzido pelos depósitos coluvionares formando as chamadas

“rampas de colúvio” e interrompendo, por entulhamento, diversas drenagens tributárias dos afluentes do rio Doce. Esses entulhamentos teriam ocorrido devido à mudanças climáticas ocorridas na passagem do Pleistoceno para o Holoceno, continuando ao longo do Holoceno. Assim, climas mais secos teriam propiciado os escorregamentos em períodos de chuvas mais intensas.

2) A origem dos lagos estaria ligada a movimentos tectônicos na região. Barbosa & Kohler (1981), identificaram um forte controle tectônico na orientação dos lagos e na orientação dos barramentos dos lagos. Também, esse estudo identificou a existência de um paleocanal do rio Doce que, em função destes movimentos tectônicos, teria sido abandonado. Esses movimentos ocorrem aproveitando as falhas existentes nas rochas do substrato da região. Os falhamentos, ao movimentarem-se devido aos esforços ocorridos durante o Plioceno (e posteriormente) criaram zonas de fraqueza no substrato rochoso, mais susceptíveis aos processos erosivos, onde os rios tendem a instalarem-se. Com a continuação das movimentações ao longo das falhas, ocorre tanto a subsidência (afundamento) de alguns locais, quanto fluxos de detritos de diferentes intensidades. Essas movimentações poderiam ter causado, mudança no curso do rio Doce até o entulhamento dos cursos d’água e a formação dos lagos nos vales dos tributários.

## **2.6 – COBERTURA VEGETAL**

A cobertura vegetal do leste de Minas Gerais está situada na região de Floresta Estacional Semidecidual ou Floresta Tropical Subcaducifolia (Jordy Filho 1987). Esse tipo de floresta está relacionada a duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca, além de possuir de 20 a 50% de árvores caducifólias (árvores que perdem suas folhas durante a estação seca). Atividades antrópicas provocaram transformações nessa região eliminando grande parte da floresta (CPRM & Comig 2001). Remanescentes dessa floresta são observados em pequenas áreas localizadas, geralmente, em áreas de difícil acesso. O PERD é o maior remanescente dessa floresta no estado de Minas Gerais.

De uma maneira geral, a cobertura vegetal pode ser entendida como um sistema dinâmico, que se modifica devido a processos sucessionais, de modo a alcançar um tipo vegetacional de maior diversidade de espécies e biomassa. Nesse sentido, mesmo havendo a existência de estruturas edáficas semelhantes, a ocorrência de diferenças na comunidade vegetal entre locais distintos, muitas vezes, refere-se a estágios sucessionais diferentes pertencentes a uma mesma tipologia. Diante disso, a cobertura vegetal do PERD é composta de um mosaico de tipos vegetais, que se diferenciam não só pelo estágio sucessional em que



se encontram, mas também devido a fatores ambientais, como fertilidade do solo e disponibilidade de água como, por exemplo, a vegetação presente nos topos de morro que sofrem grande estresse hídrico (Silva 2001).

Gilhuis (1986) identificou no PERD 10 tipos vegetacionais diferentes. Entretanto, Silva (2001), após fazer uma revisão dos estudos botânicos já realizados no parque, sugeriu uma adequação para a nomenclatura utilizada nas descrições de Gilhuis (*op. cit.*), de forma a ajustá-la aos termos mais usuais e mais apropriados ao estágio sucessional em que se encontra. Silva (2001) coloca ainda que a maior parte dos trabalhos e documentos que se referem ao estudo vegetacional do PERD baseiam-se nas definições feitas por Gilhuis (1986), as quais foram construídas a partir de fotos-aéreas de 1973 (5 anos após o maior incêndio já registrado no parque) e comparações de amostras feitas no campo em 1985. Apesar da regeneração florestal acontecer de forma lenta, o início do processo sucessional e das modificações na estrutura florística são perceptíveis, pois as plantas pioneiras (plantas características de estágios sucessionais iniciais) rapidamente se desenvolvem devido sua elevada taxa de crescimento. Dessa forma, algumas referências feitas por Gilhuis já encontram-se defasadas, principalmente para os primeiros estágios sucessionais. Já as porções de floresta primária alta e de médio porte, não atingidas pelo incêndio de 1967, possivelmente não apresentaram modificações relevantes neste intervalo de tempo (Silva 2001).

Além disso, não é plenamente entendido o efeito real das queimadas ocorridas em anos passados e, ainda, há um grande debate sobre o que seria a causa ou consequência entre fisionomia florestal, condições edáficas e fogo no PERD.

## 2.7 – SOLO

Os tipos de solos levantados para o PERD, segundo a Sociedade de Investigações Florestais -SIF (1990), foram:

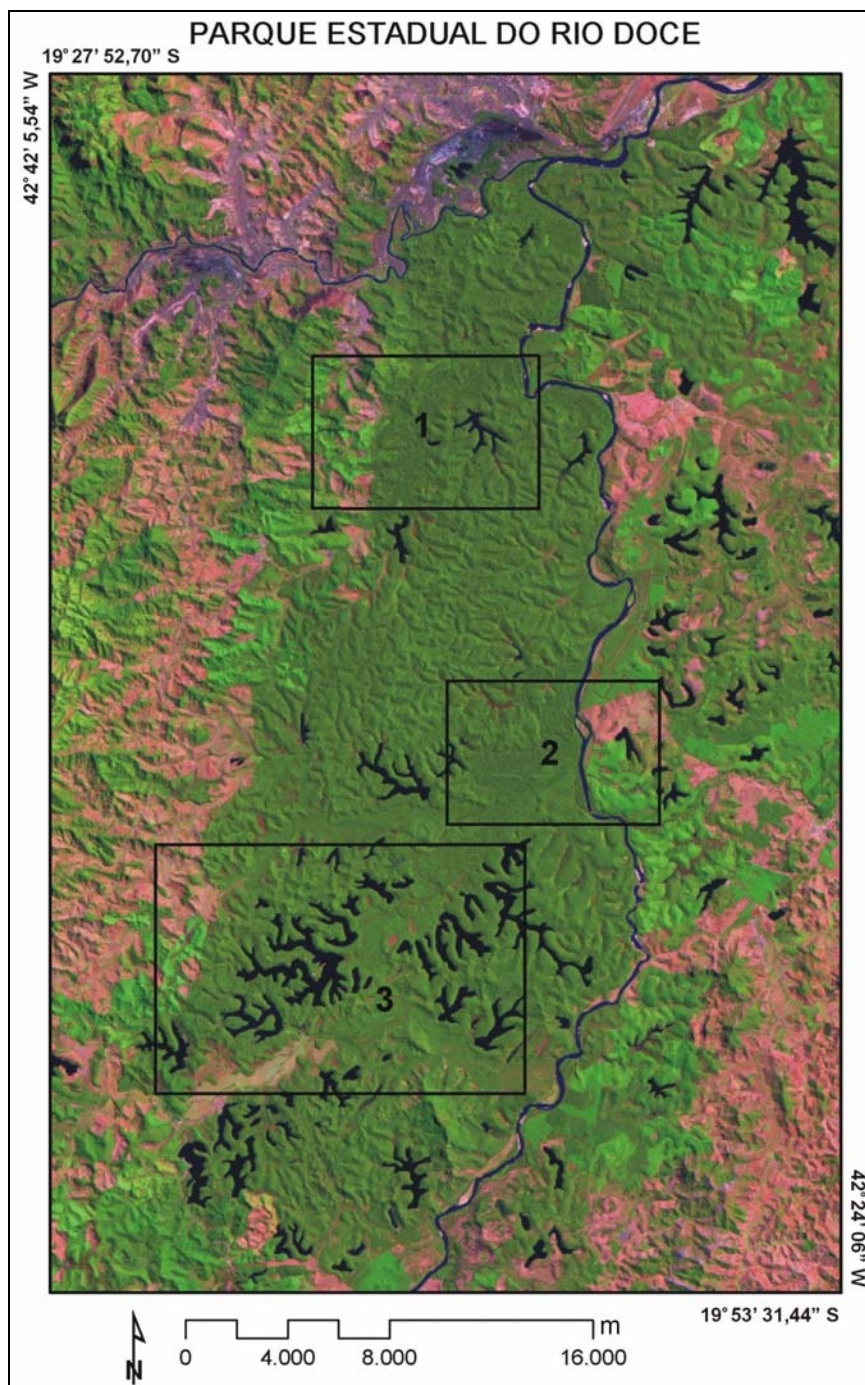
- *Podzólico vermelho-amarelo (tipo 1)* – localizado, principalmente, a noroeste do PERD, em um relevo forte-ondulado e montanhoso;
- *Podzólico vermelho-amarelo (tipo 2)* – altamente sujeito à erosão e caracterizado por solos francamente podzólicos, não havendo ocorrência apreciável de inclusão de Latossolos de baixa fertilidade;
- *Podzólico vermelho-amarelo, fase muito erodida (tipo 2)* – situado em relevo forte-ondulado e montanhoso, sendo uma unidade muito erodida e ravinada, apresentando inclusões de Latossolo vermelho-amarelo álico, nas vertentes mais longas e convexas e, principalmente,

nos topos mais aplainados. Inclui, também, o Podzólico vermelho- amarelo álico-Latossolo argiloso, de relevo ondulado e forte-ondulado, em paisagens de declives fortes e ravinadas, ocupando a porção mais elevada da paisagem.

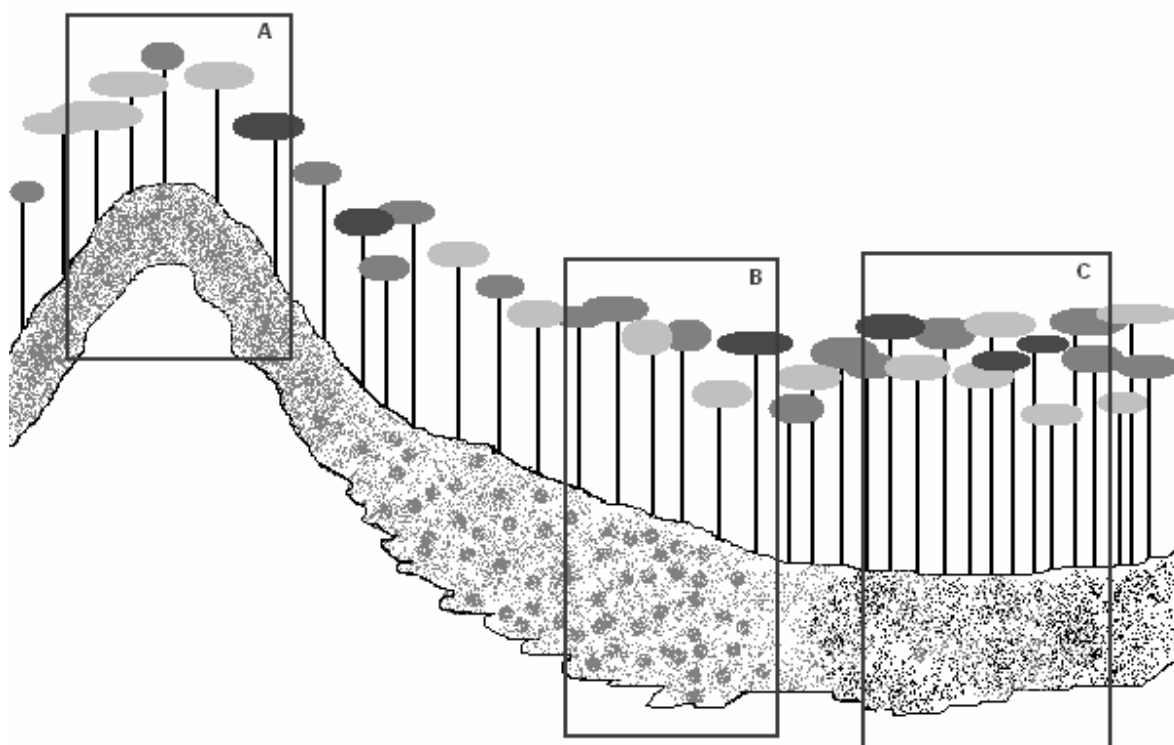
- *Solos de Terraços Aluviais Antigos (Podzólicos/Latossolos)* – corresponde aos vários níveis de terraços aluviais, apresentando aquele de maior cota, algumas características latossólicas,

## 2.9 – SÍTIOS ESTUDADOS

O estudo foi realizado em três áreas (Figura 2.4) distribuídas em duas porções distintas do PERD – norte e sul. Cada porção continham três sítios de mata que se encontravam em diferentes situações geomorfológicas (Figura 2.5) e sobre a mesma unidade geológica, sendo eles:

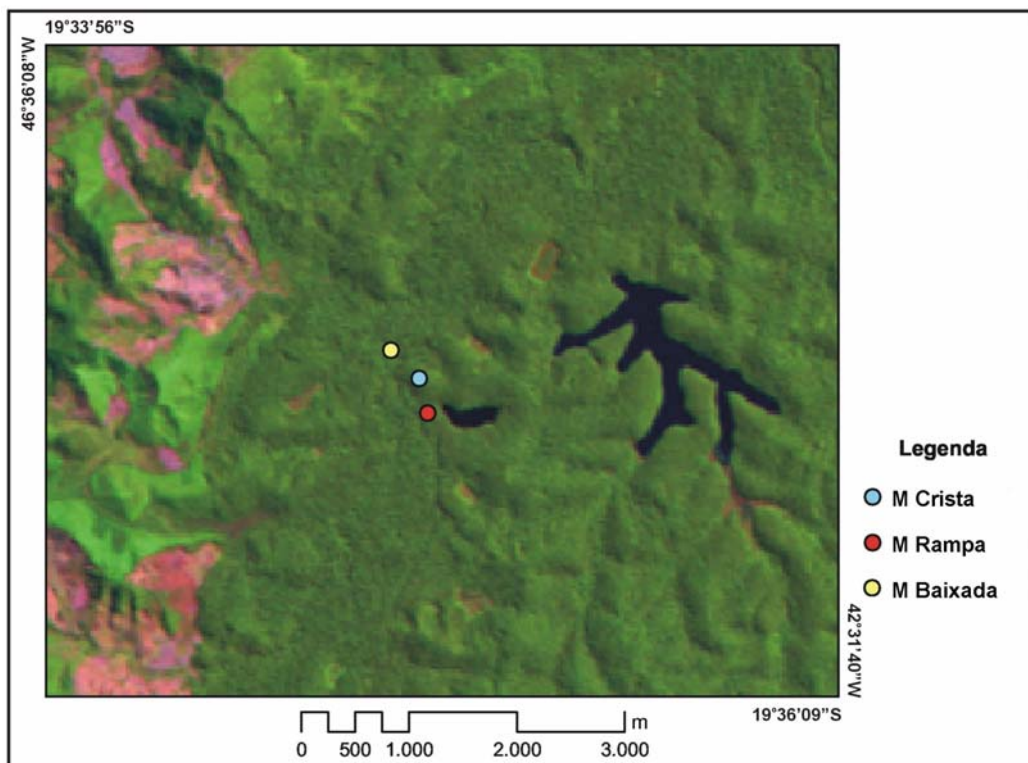


**Figura 2.4-** Imagem de satélite da área de estudo. TMLANDSAT: 5R4G3B. Órbita/Ponto: 217/74 – Aquisição 22/08/1997. (1) porção norte: sítio Macuco; (2) porção sul: sítio Trilha da Teresa e (3) porção sul: sítio Gambá.

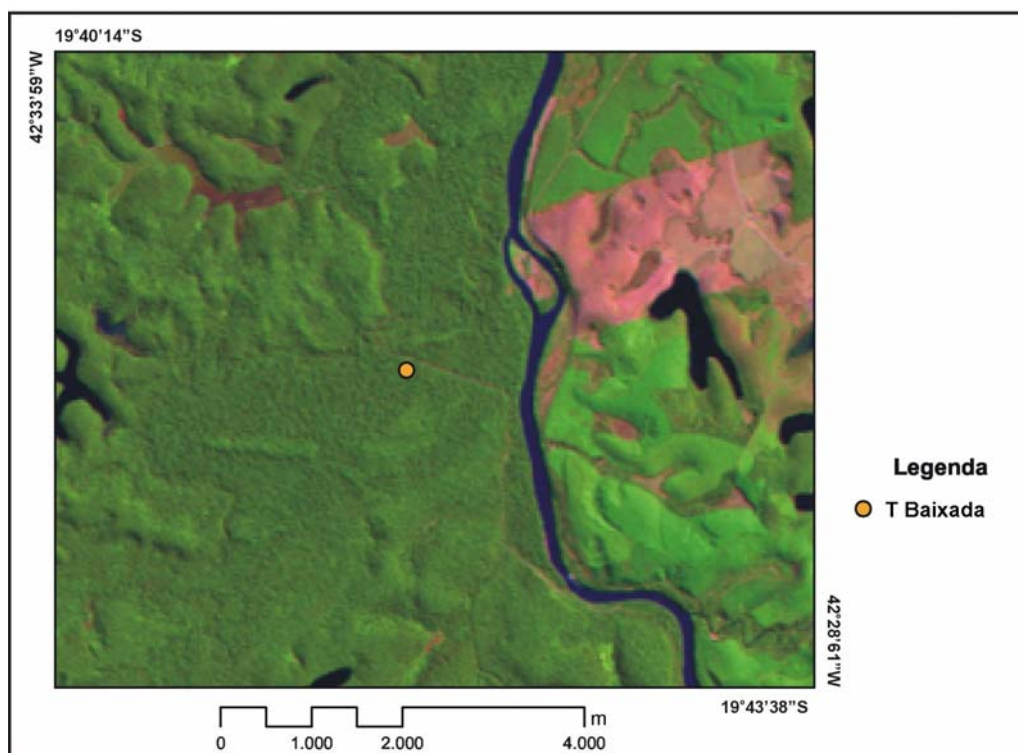


**Figura 2.5-** Desenho esquemático do perfil das matas sobre as diferentes feições geomorfológicas estudadas. (A) feição crista de morro; (B) feição rampa de colúvio e (C) feição baixada.

- Dois sítios de matas presentes sobre a feição crista de morro. Essas, são matas de interflúvios e vertentes íngremes, instaladas sobre solos não movimentados, ou seja, eluviais. Os solos eluviais possuem uma íntima correlação com seu material de origem, e não é influenciado pelo transporte de partículas minerais de regiões próximas. Estão sujeitos a sofrer a influência das características mineralógicas, físicas e químicas da rocha parental (Schumacher & Hoppe 1999). Segundo Mello (1997) tal feição está localizada entre vales fluviais, eventualmente servindo como divisores de pequenos tributários. Neste estudo, os sítios dessa feição foram chamados de: Crista do Macuco, localizado no norte do PERD (Figura 2.6) e Crista do Gambá, localizado na porção sul do PERD (Figura 2.8). Ambos os sítios apresentam aspectos de cobertura vegetal semelhantes a mata baixa, com altura variando entre 15 a 20 m de altura, dossel descontínuo (rugoso) sub-bosque é bastante denso e fechado, sendo difícil a visualização de estratos. É abundante a presença de cipós, bambus e graminóides e podem ocorrer árvores emergentes (árvores que ultrapassam o dossel, *sensu* Ribeiro 2003).

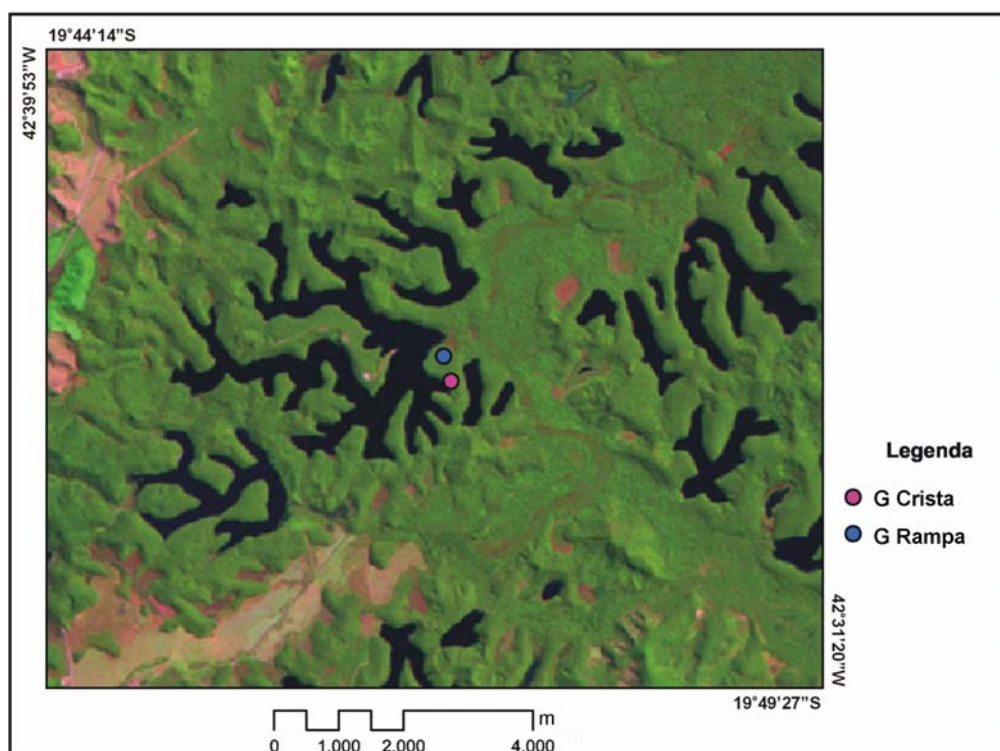


**Figura 2.6-** Imagem de satélite da porção norte – equivalente ao retângulo 1 da figura 2.4 – indicando as feições geomorfológicas presentes nesta porção. TMLANDSAT: 5R4G3B. Órbita/Ponto: 217/74 – Aquisição 22/08/1997.



**Figura 2.7-** Imagem de satélite da porção sul – equivalente ao retângulo 2 da figura 2.4 – indicando a feição geomorfológica presente nesta porção. TMLANDSAT: 5R4G3B. Órbita/Ponto: 217/74 – Aquisição 22/08/1997.

- Dois sítios de matas instaladas sobre a feição rampa de colúvio (solo movimentado), responsáveis pelo barramento dos canais fluviais atualmente ocupados pelos lagos. Os solos colunivonares são desestruturados quanto aos horizontes e, normalmente, são encontrados em locais inclinados. Os sítios dessa feição foram designados de: Rampa do Macuco, localizado na porção norte do PERD (Figura 2.6) e Rampa do Gambá, localizada na parte sul do PERD (Figura 2.8). Considerando aos aspectos vegetacionais, esses sítios diferem pouco. A mata presente na rampa do Macuco é um pouco mais alta e mais fechada que a mata da rampa do Gambá.



**Figura 2.8-** Imagem de satélite da porção sul – equivalente ao retângulo 3 da figura 2.4 – indicando as feições geomorfológicas presentes nesta porção. TMLANDSAT: 5R4G3B. Órbita/Ponto: 217/74 – Aquisição 22/08/1997.

- Dois sítios de matas instaladas sobre a feição baixada, que crescem sobre os aluviões do paleocanal do rio Doce ou sobre aluviões de afluentes do rio Doce. Segundo Barbosa & Kohler (1981), os paleo-aluviões teriam sido abandonados em função de movimentos tectônicos em períodos geológicos passados. Parte dos materiais que compõem os solos aluviais são formados gradualmente pela acumulação de clastos provenientes de regiões próximas, ou então, de regiões dentro da extensão de uma bacia hidrográfica (Schumacher &

Hoppe 1999). Os sítios dessa feição foram chamados de: Baixada do Macuco, situado na porção norte do PERD (Figura 2.6) e Baixada da Teresa situado, na porção sul do PERD (Figura 2.7). Esses dois sítios apresentam características vegetacionais um pouco distintas: a baixada do Macuco apresenta altura do dossel variando entre 20 e 30m de altura, a estratificação da vegetação é menos visível e observa-se poucas árvores ultrapassando o dossel. Já a baixada da Teresa apresenta um tipo de mata mais desenvolvida, bem estratificada, altura variando de 30 a 40m, dossel fechado e possui um certo número de árvores de grande porte ultrapassando o dossel.





## **CAPÍTULO 3**

# **O PAPEL DA GEOMORFOLOGIA NA ESTRUTURAÇÃO DA FLORESTA**

---

Neste capítulo serão abordados os procedimentos metodológicos utilizados para a avaliar a influência das feições geomorfológicas na estruturação da floresta, especialmente relacionadas à altura da mesma. Além disso, adaptações metodológicas para levantamento cartográfico em áreas densamente florestadas, associado a baixo custo e precisão, serão apresentadas aqui. Também, serão apresentados os produtos cartográficos de cada feição, em associação com as características estruturais da floresta (altura) e a discussão no final do capítulo.

### **3.1 – MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1.1 – Seleção e Demarcação dos Sítios Estudados**

Os sítios estudados foram selecionados tomando por base estudos anteriormente realizados (por exemplo, Melo 1997) na área e através de visitas feitas em campo, além de referência em material topográfico, ortofotos e imagens de satélite. A distinção em campo não é facilitada pela densa vegetação sendo necessário recorrer aos métodos remotos na sua classificação. Para a sua caracterização cada área foi submetida a levantamentos topográficos, lançando-se mão de métodos de campo, nem sempre convencionais, mas com a precisão possível em áreas florestadas de unidades de conservação. Assim, foram selecionados seis sítios de mata que se encontram em três diferentes situações geomorfológicas e sobre a mesma unidade geológica:

- 2 sítios de matas de interflúvios e vertentes íngremes, instaladas sobre solos não movimentados, isto é, solos eluviais (crista do Macuco e crista do Gambá);
- 2 sítios de matas instaladas sobre rampas de colúvio, responsáveis pelo barramento dos canais fluviais atualmente ocupados pelos lagos (rampa do Macuco e rampa do Gambá);
- 2 sítios de matas que crescem sobre os aluviões relacionados o paleocanal do rio Doce ou de alguns de seus afluentes (baixada do Macuco e baixada da Teresa).

### 3.1.2 – Levantamento Cartográfico dos Sítios Estudados e Comparação das Feições Geomorfológicas

As diferentes feições geomorfológicas (crista, rampa e baixada) das áreas florestadas estudadas foram cartografadas utilizando o método da prancheta e alidade (Figura 3.1). Entre os métodos mecânicos de cartografia, segundo Lana & Castro (2003), o mais apropriado para o levantamento de feições ambientais em escala de detalhe é o da prancheta e alidade. Esse método, além de fornecer dados de altimetria dos pontos cartografados, permite que o mapa seja traçado no campo, sem a necessidade de interpolação em escritório. Também, é uma metodologia cartográfica de alta resolução e baixo custo (Lana 2004). Em termos de precisão, esse método apresenta erro nominal inferior a 0,1 %, o que pode ser considerado muito pequeno em relação a outros métodos convencionais de cartografia (Lahee 1952, Low 1957, Compton 1962 e 1985 *apud* Lana 2004). Dentre todas as vantagens apresentadas, o motivo principal de escolha do método de cartografia usado neste estudo foi a facilidade de transporte do instrumental, aplicação em áreas densamente florestadas e o baixo custo do método da prancheta e alidade.

a

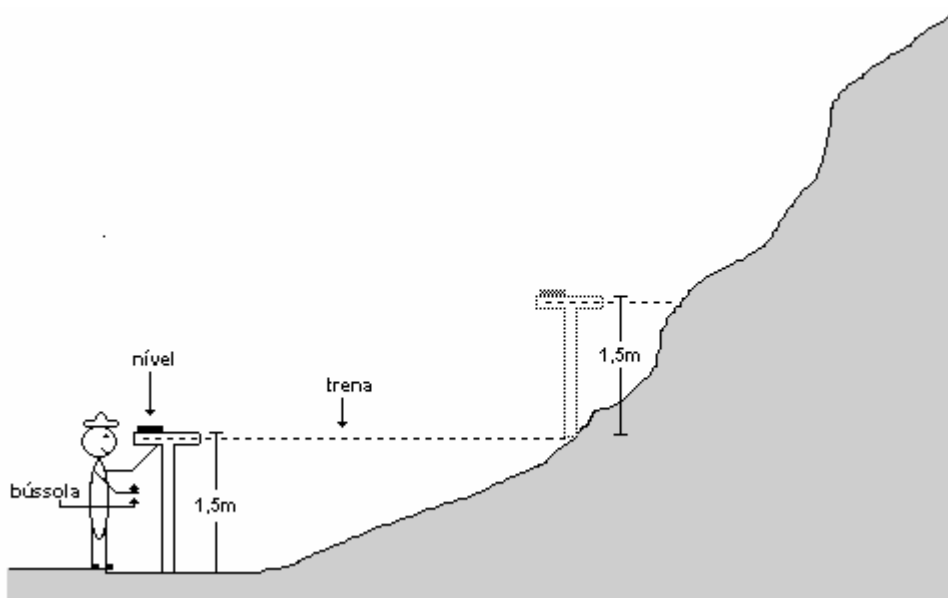
b



**Figura 3.1-** a) Conjunto prancheta e alidade. b) Posicionamento da régua sobre o ponto de interesse e visada do ponto a partir da referência.

Nos locais onde a utilização da prancheta e alidade era difícil, o levantamento das feições foi completado empregando o método da trena e bússola. No método da trena e bússola, desde que haja padronização dos passos seguidos, o erro está em torno de 0,03 % (Lahee 1952 *apud* Lana 2004). Como era indispensável obter a altimetria de cada ponto cartografado, foi necessário fazer uma adaptação ao método da trena e bússola, sendo

adicionados a esse método um suporte móvel nivelado na altura dos olhos do operador, em que foi adicionada uma mira para garantir a visada com menor erro de dispersão. Sua concepção teve como base a Vara de Jacob (Compton 1985). Tem como vantagens ser um aparelho leve, de fácil montagem, regulagem e manuseio, denominado informalmente de “nível Pizzatti” (Figura 3.2).



**Figura 3.2-** Conjunto trena e bússola, sendo adicionado um “nível Pizzatti”. Desenho esquemático fora de escala.

Os mapas, gerados do emprego dos métodos citados acima, foram tratados e digitalizados no programa AutoCAD® 2002<sup>1</sup> e posteriormente no Surfer® 8.0<sup>2</sup>.

### ***Digitalização dos Mapas***

Foram utilizadas, basicamente, três etapas para a digitalização completa dos mapas. A primeira etapa consiste em capturar na íntegra os mapas que acabaram de ser desenhados, por meio de um scanner e posteriormente salvos em formato TIFF. Na segunda etapa, os mapas são digitalizados no AutoCAD® (Lana 2004). Nessa etapa, todos os pontos levantados são realçados, permitindo uma melhor visualização dos mesmos no mapa. Na terceira e última etapa, o mapa produzido na etapa anterior é trabalhado no programa SurferR® 8.0. Esse programa além de permite a geração de isolinhas, ou seja, curvas de nível, ligando locais com mesma altimetria, ele também permite a geração de um modelo digital 3D da feição em estudo. Dessa forma, pode ser obtida uma melhor visualização das feições estudadas e das peculiaridades altimétricas de cada sítio.

<sup>1</sup> Autodesk, Inc.

<sup>2</sup> Golden Software, Inc.

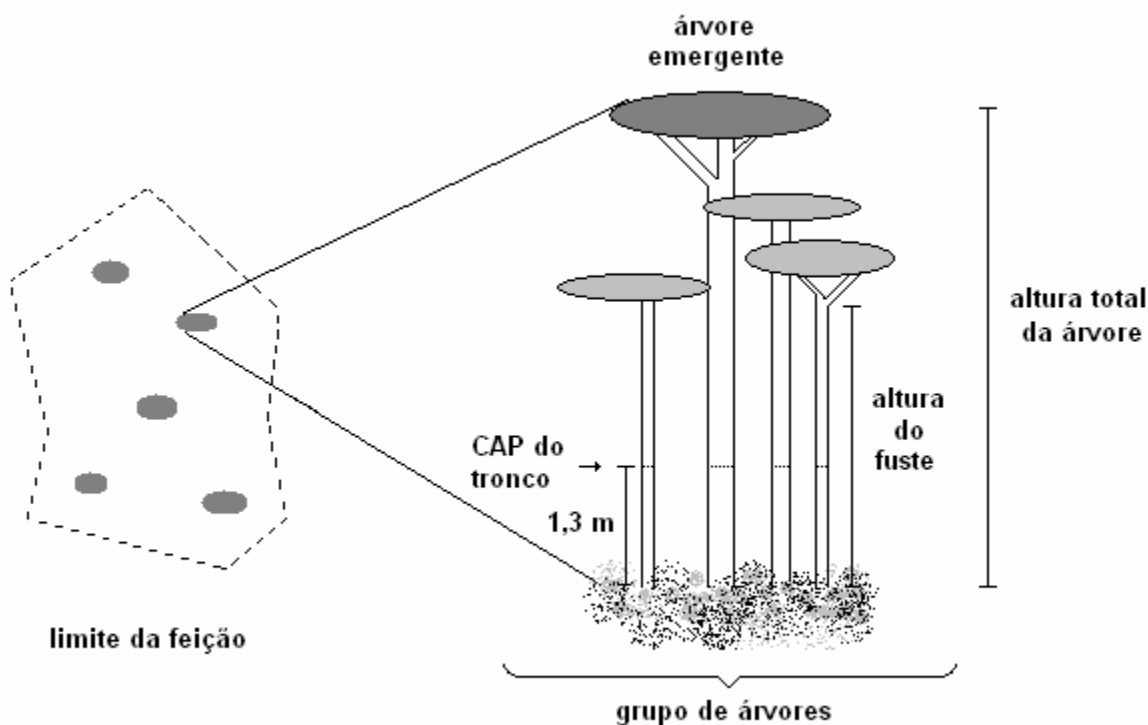
### **3.1.3 – Seleção das Árvores e Coleta das Características Estruturais das Florestas**

Nas matas que se encontravam sobre as diferentes feições geomorfológicas estudadas foram selecionados, aleatoriamente, cinco grupos com quatro árvores próximas em cada, resultando num total de 20 indivíduos arbóreos seccionados por sítio estudado (ver figura 3.3- desenho esquemático). A distância entre cada grupo de quatro árvores resultou do encontro da primeira árvore de grande porte (possível de ser escalar) localizada ao longo de um transecto definido arbitrariamente, cuja direção seguiu aproximadamente a maior distância linear dentro da feição geomorfológica. O posicionamento e a distância entre os grupos de árvores podem ser observados nos mapas do Anexo 2. Em cada grupo existia uma árvore emergente, a qual era escalada (Figura 3.3). Eram realizadas algumas medidas nessa árvore e nas outras 3 árvores que formavam o grupo.

Existem diversas formas de acessar a copa de uma árvore na floresta. No entanto, a maioria das formas de acesso é dispendiosa como, a instalação de passarelas, torres e guindastes dentro da mata. Assim, a forma de acesso utilizada neste estudo foi à técnica de escalada livre em corda simples (“Single Rope Technic” – Perry 1978). Essa técnica é de baixo custo, de fácil transporte dos equipamentos dentro da mata e permite que diversos métodos de coleta de insetos nas copas sejam aplicados (veja Capítulo 4). Também, o pesquisador pode alcançar uma gama de espécies de árvores e posições dentro da floresta. Nesse tipo de escalada arbórea são utilizados equipamentos de ascensão e descensão que ficam presos em uma única corda passada em uma das ramificações centrais da copa da árvore. A corda é fixada na árvore após o arremesso de uma linha de nylon com auxílio de uma atiradeira adaptada para uso na floresta. Nessa linha a corda é amarrada e puxada, e então o sistema é instalado. Uma das pontas da corda toca o chão, onde é iniciada a escalada, e a outra presa na base de outra árvore vizinha de grande ou médio porte.

Com o auxílio de uma trena de 50m e fita métrica, foram quantificadas as seguintes medidas das árvores (Figura 3.3):

- altura total da árvore: definida como a altura entre o ponto mais alto da copa da árvore no solo;
- altura do fuste da árvore: definida como altura da primeira ramificação do tronco da árvore até o solo;
- circunferência á altura do peito (CAP): equivale ao diâmetro do tronco à altura do peito – aproximadamente a 1,30m de altura do solo;



**Figura 3.3-** Desenho esquemático mostrando um sítio amostral com a distribuição aleatória dos 5 grupos de árvores. Cada grupo é formado por 4 árvores. Neste esquema, foi indicado, também, as medidas de altura total da árvore, altura do fuste e a circunferência do tronco à altura do peito.

Dado ao número total de sítios amostrais, essas medidas foram realizadas em 120 árvores, das quais 82 foram identificadas ao nível de espécie, 27 ao nível de gênero e 9 ao nível de família com auxílio de especialistas do Departamento de Botânica do Instituto de Ciências Biológicas/UFMG (Anexo 1). Dois indivíduos arbóreos não foram determinados taxonomicamente, devido a dificuldade de se encontrar material fértil no período de coleta. Os indivíduos que não foram determinados ao nível de espécie (gênero e família), foram classificadas em morfoespécies, ou seja, foram usados caracteres morfológicos para distinguir espécies em situações cujo erro de identificação pode ser controlado, mesmo sem haver a determinação exata do nome específico por taxonomistas.

### 3.1.4 – Análise Estatística dos Dados

Para testar a hipótese de que a altura das árvores difere em função das feições geomorfológicas foi feita uma Análise de Variância (ANOVA), onde a variável resposta “altura média dos grupos de árvores” foi testada em função do fator “feições geomorfológicas” (com os níveis crista, rampa e baixada). Em seguida foi feito um Teste de

Tukey para a verificar qual foi a feição geomorfológica que diferiu das outras em relação a altura média dos grupos de árvores, isto é, a feição geomorfológica que apresentou a maior altura média das árvores amostradas. Essas análises foram realizadas no programa Statistica 6.0<sup>3</sup>.

Além disso, foi realizada uma análise de agrupamento pela associação de médias ou UPGMA (Sneath & Sokal 1973 *apud* Valentin 2000) para se reconhecer o grau de similaridade entre as espécies de plantas amostradas dentro de cada sítio estudado, considerando também as feições geomorfológicas dos mesmos. Esse tipo de análise calcula a média aritmética da similaridade (ou distância) entre o objeto (espécie de planta) que se quer incluir num grupo (sítio/feição) e cada outro objeto desse grupo. O objeto é incluído ao grupo com o qual ele tem a maior similaridade média (ou menor distância média) com todos os objetos (Valentin 2000). Essa análise foi feita no programa SPSS 11.5<sup>4</sup>.

### 3.2 – RESULTADOS

Um total de 74 espécies de plantas distribuídas em 25 famílias (Figura 3.4) foi encontrado neste estudo. As famílias mais ricas em espécies foram Fabaceae (18 spp.), Meliaceae (7 spp.), Lauraceae (6 spp.) e Euphorbiaceae (5 spp.). Essas famílias contribuíram com 49% das espécies. Considerando o número de famílias de plantas nas feições estudadas, pode ser observado que as feições geomorfológicas apresentaram riqueza de famílias praticamente igual (Figura 3.5).

Existem três famílias que apresentaram alguma relação diretamente perceptível com a geomorfologia (Tabela 3.1): Fabaceae (estiveram presentes em todos os locais e feições consideradas), Flacourtiaceae (só tiveram presentes na feição rampa) e Lauraceae (estiveram presentes em todas as feições, exceto nas feições de baixada).

---

<sup>3</sup> Stat Soft, Inc – 2001.

<sup>4</sup> SPSS, Inc – 2002.

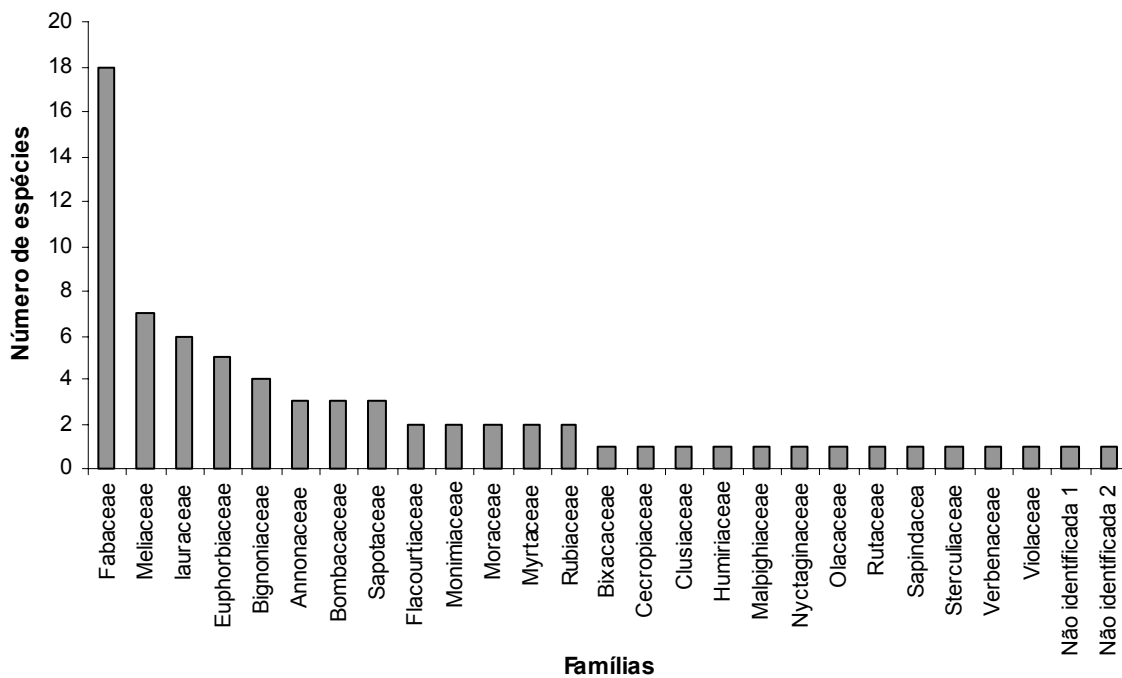


Figura 3.4- Número de espécies de plantas dentro de cada família

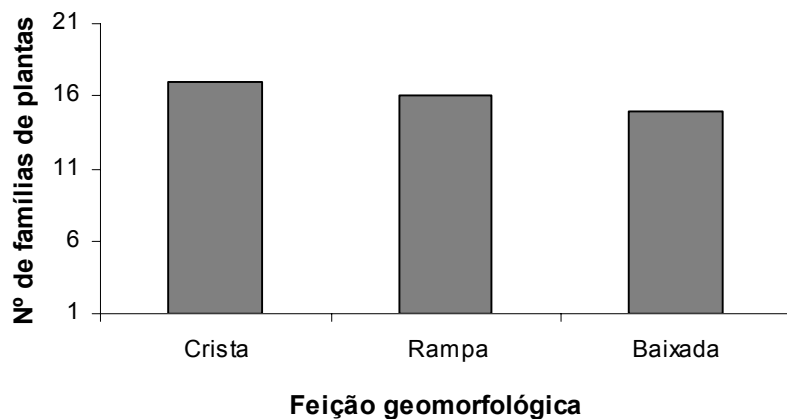


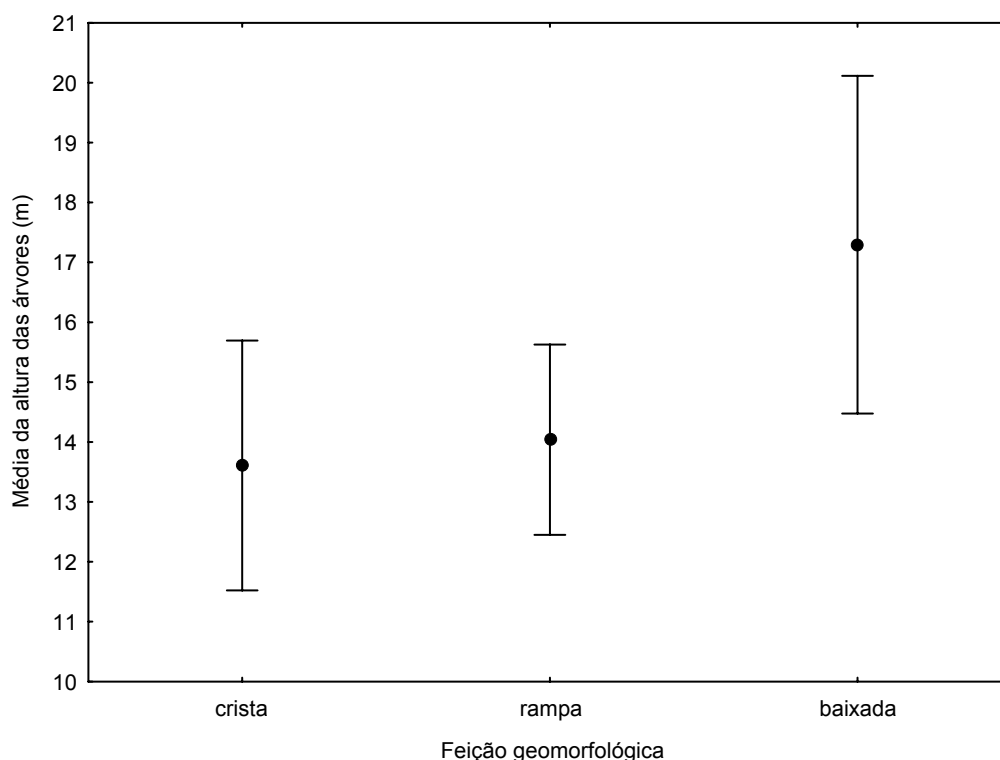
Figura 3.5- Número de famílias em relação aos tipos de feições geomorfológicas estudadas

**Tabela 3.1-** Famílias de plantas encontradas nas diferentes feições geomorfológicas, apresentadas em ordem alfabética. O “x” indica a presença da família e o espaço em branco indica ausência. Em realce: Fabaceae, presente em cada sítio; Flacourtiaceae, exclusiva das rampas e Lauraceae, presente em todas rampas e cristas.

Área	Feições Geomorfológicas					
	Macuco			Gambá		Teresa
Famílias de Plantas	Crista	Rampa	Baixada	Crista	Rampa	Baixada
Annonaceae	x	x		x		x
Bignoniaceae	x					x
Bixacaceae	x					
Bombacaceae	x		x		x	
Cecropiaceae		x	x			
Clusiaceae				x		
Euphorbiaceae	x	x	x		x	x
Fabaceae	x	x	x	x	x	x
Flacourtiaceae		x			x	
Humiriaceae				x		
Lauraceae	x	x		x	x	
Malpighiaceae					x	
Meliaceae			x	x	x	x
Monimiaceae	x		x			
Moraceae	x		x			x
Myrtaceae				x	x	
Nyctaginaceae		x				
Olacaceae	x	x				
Rubiaceae		x				x
Rutaceae						x
Sapindácea		x				
Sapotaceae	x	x		x		x
Sterculiaceae						x
Verbenaceae				x		
Violaceae	x	x				
Não identificada 1			x			
Não identificada 2			x			

Foi encontrado efeito da feição geomorfológicas sobre a estrutura da floresta, nominalmente sobre a altura de árvores. Foi observado, então, diferenças na altura média dos grupos de árvores amostradas entre as feições geomorfológicas (ANOVA –  $F_{2,27} = 4,21$  ;  $p < 0,0256$  – Figura 3.6, Anexo 9a), sendo que a maior altura média das árvores foi encontrada na baixada, enquanto a mesma não variou entre as feições crista e rampa (Tabela 3.2).





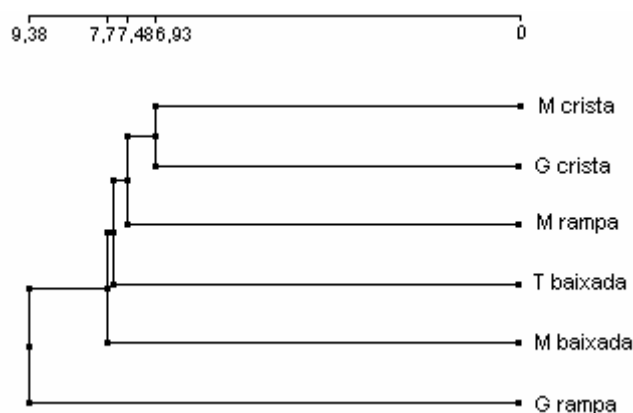
**Figura 3.6-** Altura média dos grupos de árvores em cada feição geomorfológica.

**Tabela 3.2-** Teste de Tukey para diferenças múltiplas das alturas dos grupos de árvores entre as feições geomorfológicas.

Feição geomorfológica	Crista	Rampa	Baixada
<b>Crista</b>	-	0,9488	<b>0,0342</b>
<b>Rampa</b>	0,9488	-	0,0667
<b>Baixada</b>	<b>0,0342</b>	0,0667	-

A análise de agrupamento UPGMA evidenciou uma similaridade taxonômica mais bem definida para as espécies presentes nas cristas do que nos demais locais, o que significa que há mais co-ocorrências nos habitats gerados por esta feição, assim claramente identificáveis pelas espécies de árvores (Figura 3.7). Por outro lado, a comunidade de plantas da feição rampa presente no Gambá, apresentou a maior diferença na composição de espécies comparativamente as demais formações, inclusive a rampa do Macuco. Ou seja, a composição de espécies de árvores foi mais influenciada pela localidade e por outros fatores ecológicos do que pelas características geradas pela rampa em si (Figura 3.7). O fato da rampa do Macuco ter sido mais similar com a crista na mesma localidade do que com a rampa do Gambá, sugere que esta feição influencia menos a distribuição de espécies de árvores do que a crista. De

forma menos evidente, as baixadas também apresentaram suas idiossincrasias, aparentemente não determinadas pela própria feição, mas pela história de cada local. Entretanto, é importante notar que a ocorrência exclusiva de espécies como *Guarea guidonia* (Meliaceae), *Croton piptocalyx* (Euphorbiaceae), *Sparattosperma leucanthum* (Bignoniaceae) e *Pterygota brasiliensis* (Sterculiaceae) nas baixadas, as quais também eram uma das mais altas amostradas, sugere que existam condições limitantes (nutricionais ou relacionadas a estabilidade do terreno) para o estabelecimento destas espécies em outras formações que não as baixadas.



**Figura 3.7-** Agrupamento UPGMA, mostrando as distâncias dos locais/feições estudados em relação às comunidades de plantas. (M: local Macuco, T: local Teresa, G: local Gambá).

### 3.3 – DISCUSSÃO

No sistema considerado, floresta estacional semidecidual sobre diferentes feições geomorfológicas, as famílias de plantas Fabaceae, Lauraceae, Meliaceae e Euphorbiaceae apresentaram maior número de espécies, padrão também observado em outras florestas semidecíduas do centro-sul de Minas Gerais (Oliveira-Filho *et al.* 1994, Carvalho *et al.* 1995, Botrel *et al.* 2002, Espírito-Santo *et al.* 2002, Silva *et al.* 2003). De maneira semelhante, as famílias mais ricas em espécies neste estudo também concordaram com alguns estudos florísticos em florestas estacionais semidecíduais do estado de São Paulo (por exemplo, Ivanauskas *et al.* 1999) e em florestas estacionais semidecíduais da zona da mata mineira (por exemplo, Silva *et al.* 2004).

Dentre as 25 famílias de plantas identificadas neste estudo, a única que teve representante em todos os tipos de feições consideradas foi à família Fabaceae. Entretanto, a ocorrência dos gêneros e espécies variou quanto ao tipo de feição. Espécies do gênero

*Machaerium* foram comuns na feição crista, sendo a espécie *M. brasiliense* a que se mostrou em maior número. Indivíduos dessa espécie são heliófitos (plantas que se adaptam a ambientes com luz intensa) e seletivos xerófitos (tem afinidades por ambientes com pouca umidade) ocorrendo, preferencialmente, em formações secundárias de terrenos altos, declivosos e de drenagem rápida (Lorenzi 1998). Essas condições presentes nas cristas são restritivas para diversas espécies e devem determinar a maior uniformidade das espécies que conseguem se estabelecer nesta feição (veja abaixo).

Por outro lado, as espécies *Bauhinia longifolia* e *Zollernia glabra*, ambas pertencentes à família Fabaceae, foram comuns nas feições de baixada. Segundo Lorenzi (1998), *B. longifolia* é indiferente às condições de umidade do solo, com preferência para solos argilosos e com boa fertilidade. Já *Z. glabra* é seletiva higrófita (tem afinidade por ambientes mais úmidos), ocorre, na maioria das vezes, no interior de mata primária o longo de rios ou em várzeas não inundáveis de terrenos com um certo teor de umidade (Lorenzi 1998). A feição baixada possui as características exigidas pelas duas espécies anteriormente citadas.

Espécies da família Flacourtiaceae foram encontradas, apenas, na feição geomorfológica rampa. Essa feição é formada por sedimentos que caíram das partes mais altas dos morros, por gravidade, e se acumularam nas bases dessas encostas, formando relevo com inclinação bastante suave. Além disso, os solos dessa feição apresentam maior acúmulo de água devido a uma maior formação de agregados no mesmo (Capítulo 4 – Anexo 7). O gênero encontrado nesse tipo de feição foi o *Casearia*, sendo representado pela espécie *C. arborea*. Espécies desse gênero (por exemplo: *C. sylvestris*, *C. decandra* e *C. rupestris*) são descritas em Lorenzi (1992, 1998) como, seletivas higrófitas, tendo grande preferência por terrenos com aclives suaves e o solo com uma certa umidade, como acontece na feição rampa.

Já a família Lauraceae possui distribuição tropical e subtropical nas florestas centro e sul-americana, sendo representada por aproximadamente 31 gêneros (Joly, 1993). O gênero *Ocotea* foi o que se destacou dentro da família em questão com indivíduos das espécies *O. velutina*, *O. brachybotrya* e *O. laxa*. Essas espécies foram encontradas nas feições geomorfológicas crista e rampa. Ainda, a feição crista, na qual estabelece uma floresta com vegetação mais baixa, aberta e com o solo bem drenado, manteve um maior número de indivíduos dessas espécies. Segundo Lorenzi (1992), *O. velutina* é uma espécie heliófita, seletiva xerófita e ocorre principalmente em topos de encostas e em terrenos com boa drenagem, em concordância com as condições presentes nos dados. Outras espécies pertencentes ao mesmo gênero também ocorrem nos topos de morros, nas partes mais

elevadas de terrenos inclinados e em meia encosta com solo apresentando boa drenagem. Porém, a feição rampa teve apenas um representante da espécie *O. brachybotrya*. Essa feição possui florestas com altura intermediária, dossel um pouco menos contínuo que nas baixadas, mas com solo com mais umidade que as cristas.

A vegetação presente sobre a feição baixada apresentou maior altura média se comparada com as árvores de outras feições estudadas. Além das características de história de vida das espécies, fatores ambientais, como disponibilidade de nutrientes, estão diretamente relacionados a um maior crescimento. A altura média elevada das árvores amostradas na feição baixada pode estar relacionada à fertilidade do solo dessa feição, pois ao longo de gradientes topográficos a disponibilidade de elementos químicos necessários ao desenvolvimento da planta, normalmente aumenta das regiões de topo para a base das encostas, estando estas variações relacionadas com o transporte de material das partes altas para as baixas (Resende *et al.* 1995, Botrel *et al.* 2002, Martins *et al.* 2003). Além disso, os locais de baixada neste estudo foram, em tempos geológicos passados, leitos de afluentes do rio Doce que, devido a alterações climáticas ocorridas na passagem do Peistoceno ao Holoceno (continuando ao longo do Holoceno), e também à ocorrência de movimentos tectônicos na região estudada, foram entulhados, localizadamente, por material coluvionar provenientes dos topos das encostas (Castro 2005). Assim, essas comunidades de plantas estabeleceram-se sobre um solo com característica aluvionar, sendo parte dos materiais que compõem esses solos formados pela acumulação de sedimentos provenientes de regiões próximas (Schumacher & Hoppe 1999), o que pode ter tornado essa feição rica em elementos químicos importantes para o crescimento da vegetação e melhorando a estrutura da floresta.

A comunidade árvores presente nas feições de crista foram altamente similares entre elas, a despeito de localização geográfica, ou proximidade com outras feições, dominadas por espécies arbóreas distintas. Essa semelhança na vegetação era esperada, já que esta feição geomorfológica deve de apresentar condições edáficas também semelhantes, porém, limitantes em termo de nutrientes e profundidade. Além disso, a feição crista possui maior elevação em relação às outras feições estudadas, a drenagem é mais acentuada nos seus solos, resultando em uma menor disponibilidade de água para a vegetação. Ainda, a forte drenagem e o escoamento da água resultam em perda de nutrientes (particularmente elementos químicos presentes no solo que são importantes para a vegetação, principalmente elementos de caráter básico) das partes altas para as partes mais baixas no perfil topográfico. Dessa forma, o regime de água presente nos solos pode ser apontado como um fator determinante na

distribuição de espécies arbóreas nesta floresta (Botrel *et al.*, 2002; Espírito-Santo *et al.*, 2002). Enfim, embora os aspectos químicos do solo não tenham sido avaliados neste estudo, pode ser inferido que as espécies de plantas presentes neste tipo de feição são adaptadas a viver em condições de estresse ambiental como solo mais seco, pobre e ácido, com pouca água e nutrientes disponíveis, além de uma baixa saturação de bases em relação às partes mais baixas.

A composição de espécies de plantas da feição rampa do Gambá foi mais dissimilar que àquela encontrada nas outras feições e locais. Esta maior dissimilaridade foi resultado da espécie *Byrsonima sericea* DC. (Malpighiaceae), a qual foi a única espécie desta família, e cuja presença foi restrita a este local onde, porém, aconteceu com densidade elevada. Essa espécie arbórea, popularmente conhecida como Murici, tem ampla distribuição geográfica podendo ser encontrada em ambientes de matas, restinga, matas ciliares e até em áreas de matas mais ensolaradas e na periferia de Florestas Ombrófilas Densas (Lorenzi 1992). Além disso, ocorre preferencialmente em terrenos argilosos e férteis. Por ser uma espécie seletiva higrófila, sua distribuição no Parque Estadual do Rio Doce se restringe a ambientes de mata com maior umidade como bordas de lagos e escoadouros de rios e lagos. Claramente, a rampa do Gambá apresenta características edáficas propícias ao desenvolvimento dessa espécie e restritiva para outras tipicamente dominantes de solos melhor drenados. O solo desse local apresenta maior saturação de água e dessa forma, os elementos químicos necessários para o crescimento e desenvolvimento das árvores devem ocorrer em maior quantidade que nas outras feições e localidades.

O presente trabalho é pioneiro ao investigar a heterogeneidade do dossel em uma floresta, explicitando o efeito de feições geomorfológicas. Os resultados obtidos sugerem que a inclusão de análises geomorfológicas pode auxiliar na compreensão da complexidade de florestas, na conformação do dossel superior e na estrutura taxonomica de ambientes, até então, entendidos como altamente similares.



## CAPÍTULO 4

### DIVERSIDADE DE INSETOS HERBÍVOROS DE DOSEL EM RESPOSTA ÀS CONDIÇÕES ABIÓTICAS

---

Neste capítulo serão abordados os procedimentos metodológicos utilizados para verificar a resposta da diversidade (riqueza e abundância) e composição de insetos herbívoros de dossel frente a distintas condições abióticas do hábitat de floresta, como geomorfologia, granulometria e permeabilidade do solo. Este estudo tem caracter interdisciplinar e envolve metodologias diferenciadas, complementares e, às vezes, não convencionais a cada uma das áreas de conhecimento envolvidas. Ainda, serão apresentados também, os resultados encontrados e a discussão dos mesmos.

#### 4.1 – MATERIAIS E MÉTODOS

##### 4.1.1 – Coleta dos Insetos Herbívoros e Identificação

No dossel das matas que se encontravam nas diferentes feições geomorfológicas estudadas, foram realizadas coletas de insetos herbívoros em 5 grupos com 4 árvores próximas em cada (Figura 3.3 – Capítulo 3). A distância entre cada grupo de quatro árvores resultou do encontro da primeira árvore de grande porte (possível de ser escalada) localizada ao longo de um transecto definido aleatoriamente, cuja direção seguiu aproximadamente, a maior distância linear dentro da feição geomorfológica. O posicionamento e a distância entre os pontos podem ser observados nos mapas do Anexo 2. Em cada grupo existia uma árvore emergente, a qual era escalada. Em um galho previamente sorteado foi realizada a coleta de insetos de acordo com métodos descritos adiante. Depois, a partir deste ponto de escalada, eram realizadas amostras em cada uma das outras 3 árvores que formavam o grupo. Esse procedimento foi repetido em todos os grupos (30 grupos), totalizando 120 árvores amostradas.

O método de coleta utilizado foi o batimento, o qual consiste no posicionamento de um guarda-chuva entomológico (Figura 4.1), que seguiu os padrões propostos por Basset (1999) e modificado por Ribeiro *et al.* (2005), sob uma região da copa (galho e ramos) selecionada aleatoriamente. Com o auxílio de um bastão de madeira, os galhos da região escolhida recebem aproximadamente 15 batidas de forma que os organismos que estão sobre a folhagem dos mesmos caem no pano do guarda-chuva entomológico. Estes organismos são

então “varridos” para uma abertura que existe numa das extremidades desse guarda-chuva, sendo então recolhidos dentro de um saco plástico que fica preso nesta abertura. Cada procedimento desse representou uma amostra por batimento. Neste método assume-se que o galho escolhido aleatoriamente é representativo para a fauna de insetos herbívoros presentes na copa da árvore, partindo do princípio que haja uma distribuição casual e aleatória das espécies que utilizam tal árvore (Southwood & Henderson 2000) Essas amostras foram levadas ao laboratório e congeladas até serem triadas, ou seja, separa os insetos herbívoros descartando pequenos galhos e folhas das árvores que caíram nas amostras e outros organismos. Após a triagem, todos os insetos herbívoros foram identificados.



**Figura 4.1-** Guarda-chuva entomológico. Equipamento utilizado para realizar a coleta dos insetos herbívoros nas copas das árvores (método do batimento).

Os espécimes de insetos herbívoros foram montados e depositados na coleção entomológica de referência do Laboratório de Ecologia Evolutiva de Herbívoros de Dossel e Sucessão Natural do Departamento de Ciências Biológicas no Instituto de Ciências Exatas e Biológicas/UFOP. A maioria dos insetos foi identificado ao nível de família ou subfamília, com o auxílio de chaves de identificação (por exemplo, Borro *et al.* 1992), e então separados em unidades taxonomicas identificáveis, ou morfoespécies (Anexo 3).

#### **4.1.2 – Teste de Permeabilidade do Solo**

Foram realizados cinco ensaios de permeabilidade do solo *in situ*, em cada sítio estudado (seis sítios), utilizando o Permeâmetro Guelph. É importante ressaltar que permeabilidade, condutividade hidráulica e infiltração têm significados similares, porque refletem uma propriedade intrínseca do solo que é a capacidade do mesmo de se deixar atravessar pela água. Cada denominação é geralmente empregada com o fim específico.



Assim, podemos ter os seguintes conceitos para cada denominação [www.mma.gov.br/port/srh/acervo/publica/doc/drena/cap9.pdf. - acesso em 02/08/2005]:

- Permeabilidade – característica de um meio de se deixar atravessar pela água
- Condutividade hidráulica – movimento da água em um solo saturado.
- Infiltração – movimento vertical descendente de água em um meio poroso.

Frente a semelhança desses conceitos, permeabilidade, condutividade hidráulica e infiltração possuem o mesmo significado no presente estudo.

O Permeâmetro Guelph é um equipamento constituído basicamente por dois tubos, um que armazena água e outro com dimensões menores, que entra em contato com o solo, e leva acoplado um sistema que permite manter uma carga hidráulica constante (Figura 4.2). Esse equipamento mede a condutividade hidráulica saturada de campo ( $K_{fs}$ ) em qualquer tipo de solo, acima do lençol freático (Vieira 1998, Dafone Dafonte *et al.* 1999).



**Figura 4.2-** Permeâmetro Guelph.

Diversas vantagens foram encontradas para se utilizar o Permeâmetro Guelph na medição da permeabilidade do solo nos sítios apresentados neste estudo, que são sítios densamente florestados (Mata Atlântica), dentre elas estão:

- é um equipamento apropriado para locais de difícil acesso, como as áreas aqui trabalhadas (com cobertura vegetal densa), sendo de fácil transporte;
- fornece a medida da vazão da água *in situ*;
- é um equipamento simples de operar e pode ser utilizado por uma pessoa;
- produz pouca perturbação no solo.

No solo, próximo a base da árvore emergente de cada grupo, foi aberto um poço com 50 cm de profundidade e 14,5 cm de diâmetro utilizando um trado (Figura 4.3a). Em seguida, o poço foi limpo com uma espécie de trado limpador, o qual retira os torrões e sedimentos soltos que caíram no fundo do poço, deixando o mesmo com forma cilíndrica. Depois, foi passada uma escova no fundo e na parede do poço para eliminar uma possível compactação que possa ter ocorrido durante a realização do furo. Depois disso, o tubo do Permeâmetro Guelph com menor dimensão é posicionado no centro do furo. O tubo que armazena água é completado com água (Figura 4.3b) e no poço é colocado, aproximadamente, 15 cm de água (Figura 4.3c). O êmbolo situado na parte superior do tubo que está dentro do poço é aberto para que a leitura seja feita em uma carga hidráulica constante de 10 cm. Assim, quando o nível da água que está dentro do poço alcançar 10 cm de altura, são iniciadas as medições de vazão da água em intervalos que variaram em 1, 2 ou 5 minutos dependendo das características físicas dos sedimentos presentes em cada ponto amostrado. As leituras estendem-se até que a condição de fluxo de água constante seja alcançado, o qual é constatado no campo quando encontramos, pelo menos, três leituras consecutivas iguais. Dessa forma, foram realizados 5 ensaios (1 ensaio em cada grupo de árvores) em cada sítio totalizando 30 ensaios de permeabilidade.



**Figura 4.3-** a) Poço sendo aberto com o trado; b) Permeâmetro já posicionado no poço e seu reservatório sendo completado com água; c) Poço sendo preenchido com água.

É importante ressaltar que, antes de começar a leitura de vazão da água no campo, foi feita uma avaliação visual do solo para se estimar o valor de  $\alpha$  (parâmetro que relaciona a textura e a estrutura do solo) de acordo com a Tabela 4.1. Assim, neste estudo, o valor de  $\alpha$

considerado para cada ensaio foi de  $0,12 \text{ cm}^{-1}$ , sendo o solo formado por argilas até areias finas com alta a moderada quantidade de macroporos e fissuras (Tabela 4.1).

**Tabela 4.1-** Parâmetros  $\alpha$  sugeridos por Elrick *et al.* (1989).

$\alpha \text{ (cm}^{-1}\text{)}$	Tipo de solo
0,01	Argila compactas (aterro, liners, sedimentos lacustres e marinhos)
0,04	Solo de textura fina, principalmente sem macroporos e fissuras
0,12	Argilas até areias finas com alto a moderada quantidade de macroporos e fissuras
0,36	Areias grossas, incluindo solos com macroporosidade e fissuras evidentes

### ***Cálculo da Condutividade Hidráulica Saturada de Campo***

Para a realização do cálculo da condutividade hidráulica saturada de campo (ou permeabilidade) medida com o Permeâmetro Guelph, foi utilizada a equação proposta por Elrick *et al.* (1989):

$$Kfs = \frac{CQ}{(2\pi H^2 + \pi a^2 C + 2\pi H/\alpha)}$$

Onde:

Kfs: condutividade hidráulica saturada de campo (cm/s);

$\alpha$  : parâmetro que relaciona a textura e a estrutura do solo ( $0,12 \text{ cm}^{-1}$  – ver tabela 4.1)

Q: medida do fluxo da água – vazão ( $\text{cm}^3/\text{s}$ );

H: carga hidráulica colocada dentro do poço, ou seja, a altura de água no poço (cm);

a: raio do poço (cm)

C: Fator adimensional forma do poço – depende da razão H/a e também da textura do solo (0,7).

Os resultados da condutividade hidráulica de cada ponto encontra-se no Anexo 4.

### **4.1.3 – Coleta de Sedimentos e Análise Granulométrica**

A Parte final dos sedimentos que foram retirados durante a escavação do poço, para a realização dos ensaios de permeabilidade, foi coletado para se efetuar análises granulométricas. Assim, foram coletados um total de 30 amostras de sedimentos.

O método utilizado para a realização da análise granulométrica dos sedimentos, foi o método do peneiramento a seco. Esse método consiste na utilização de um conjunto de peneiras que possuem telas com malhas padronizadas e que podem ser combinadas seguindo uma determinada escala granulométrica. A escala granulométrica utilizada neste estudo foi a de Wentworth (*apud* Suguio 1973) (Tabela 4.2). Um conjunto de peneiras, com o tamanho das malhas aumentando de baixo para cima, são colocadas uma sobre a outra. Dessa forma, os grãos que permanecem numa determinada peneira após o processo de peneiramento são maiores que a abertura da malha daquela peneira, mas menores que a peneira superposta (Suguio 1973).

**Tabela 4.2-** Frações granulométricas segundo Wentworth (*apud* Suguio 1973)

<b>Fração</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>
Seixo	> 4
Grânulo	4 – 2
Areia muito grossa	2 – 1
Areia grossa	1 – 0,5
Areia média	0,5 – 0,25
Areia Fina	0,25 – 0,125
Areai muito fina	0,125 – 0,065
Silte/Argila	< 0,065

As amostras foram secadas em uma estufa a uma temperatura de aproximadamente 60°C. Após a secagem, cada amostra era quarteada e quantificada a sua massa em gramas. Com o intuito de avaliar o efeito dos agregados de grãos na permoporidade (propriedade que associa o tamanho dos grãos, a existência de poros juntamente com a conectividades entre eles e a permeabilidade) dos sedimentos das diferentes áreas em estudo, não foi realizada a desagregação mecânica prévia dos agregados formados naturalmente nas amostras após o processo de secagem. Então, as amostras contendo os seus agregados, foram peneiradas em um conjunto de 7 peneiras possuindo malhas (mm) de acordo com a Tabela 4.2. Cada fração de sedimentos contida nas diferentes peneiras era pesada em uma balança digital para posterior cálculo da percentagem das mesmas (Anexo 5).

Depois dessa primeira etapa de peneiramento que levava em consideração os agregados formados naturalmente, era realizada uma segunda etapa de peneiramento. Novamente, a amostra de sedimento bruta era quarteada. Entretanto, antes de efetuar o processo de peneiramento, cada amostra foi cuidadosamente desagregada de forma mecânica,

utilizando um cilindro de borracha, com a finalidade de eliminar, ao máximo, os agregados formados naturalmente. Em seguida, era realizado, novamente, o processo de peneiramento, a pesagem das frações e cálculo da percentagem de cada fração (Anexo 6).

A fração que possuía a maior porcentagem de peso (moda) de cada amostra desagregada mecanicamente, foi utilizada para se fazer uma contagem de grãos dentro de duas categorias: grãos que formam agregados e grãos que não formam agregados. Assim, eram separados aleatoriamente e com o auxílio de uma lupa binocular, 200 grãos da fração que representou a moda de uma determinada amostra. Em seguida, esses grãos eram separados nas duas categorias citadas acima (agregados e não agregados). Tal procedimento foi repetido para as 30 amostras de sedimentos (Anexo 7).

#### **4.1.4 – Análise Estatística dos Dados**

O efeito das feições geomorfológicas sobre a riqueza e abundância média de insetos herbívoros foi examinado por uma análise de variância aninhada (ANOVA Aninhada), onde os grupos de árvores foram aninhados dentro de cada agrupamento nas feições geomorfológicas. Além disso, as feições analisadas ocorriam em duas diferentes porções dentro do parque denominadas blocos (bloco 1 e bloco 2). Cada bloco continha os 3 tipos de feições estudadas (crista, rampa e baixada), sendo o bloco 1 um agrupamento verdadeiro, com as feições do Macuco, e o bloco 2 com as demais feições, ou seja, crista e rampa do Gambá e baixada da Teresa (todas, porém, associadas ao paleoleito do rio Doce). Dessa forma, a riqueza e abundância média de insetos herbívoros foram avaliadas por uma análise de variância bifatorial (ANOVA bifatorial), onde testou-se o efeito das feições em contraste com o efeito da localização destas em dois blocos geograficamente separados. Essas análises foram realizadas no programa Statistica 6.0.

Também, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) para examinar a variação das diferentes frações granulométricas (oito frações), obtidas a partir das duas etapas de peneiramento (peneiramento com agregados naturais e peneiramento após desagregação mecânica dos grãos). Essa análise foi utilizada porque essas frações granulométricas não são parâmetros independentes, sendo desaconselhável a utilização de regressão múltipla (Crawley 2002). Através da PCA, a variação dessas frações foi reduzida a apenas dois componentes principais. Cada componente proporciona informações sobre as semelhanças das amostras com base em vetores lineares calculados a partir da correlação de cada fração com cada ponto amostral (Valentin 2000). Posteriormente, a componente 1 da PCA (chamada a partir de agora de heterogeneidade), que explicou a maior variação das frações granulométricas, foi utilizada

juntamente com os valores de permeabilidade como co-variáveis numa análise de co-variância (ANCOVA), onde foi testada se as características físicas do solo (tamanho de grão e permeabilidade do solo) influenciavam na riqueza e na abundância de insetos herbívoros nas diferentes feições geomorfológicas. Essas análises foram realizadas no programa Statistica 6.0.

Além disso, foi utilizada uma análise discriminante para descrever a distribuição das espécies de insetos herbívoros em resposta aos seis pontos amostrais, ou seja, as diferentes feições geomorfológicas e sítios amostrais estudados. Essa análise foi feita no programa SPSS 11.5.

Finalmente, foi realizada uma análise de correlação canônica (ACC), que visou relacionar a composição das espécies de insetos herbívoros com as variáveis físicas do ambiente (permeabilidade, granulometrias, geomorfologias) e da estrutura das plantas (altura total, CAP e altura do fuste das árvores). Esse tipo de análise envolve a combinação de regressão múltipla com 2 técnicas de ordenação de dados: a PCA e AFC - análise fatorial de correspondência (Valentin 2000). Essa análise foi realizada no programa SPSS 11.5.

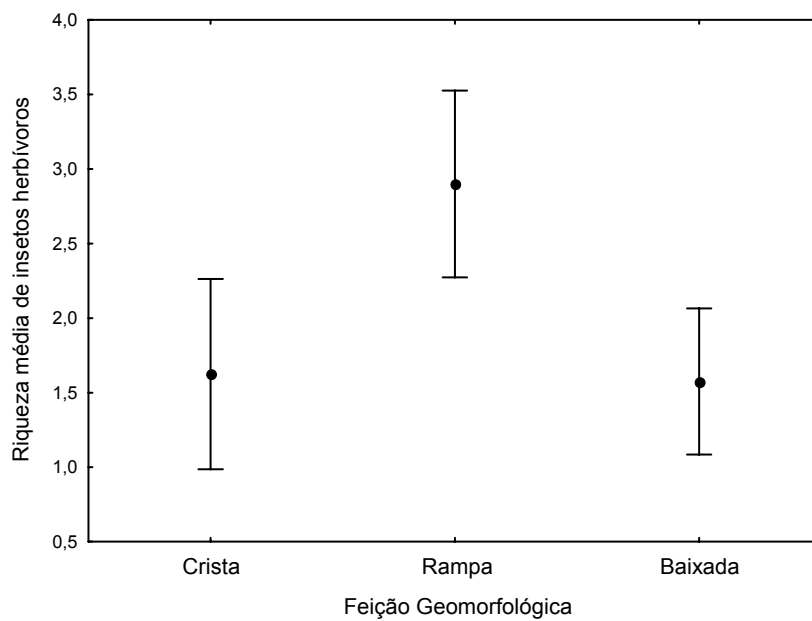
## **4.2 – RESULTADOS**

### **4.2.1 – Descrição da Fauna de Insetos Herbívoros**

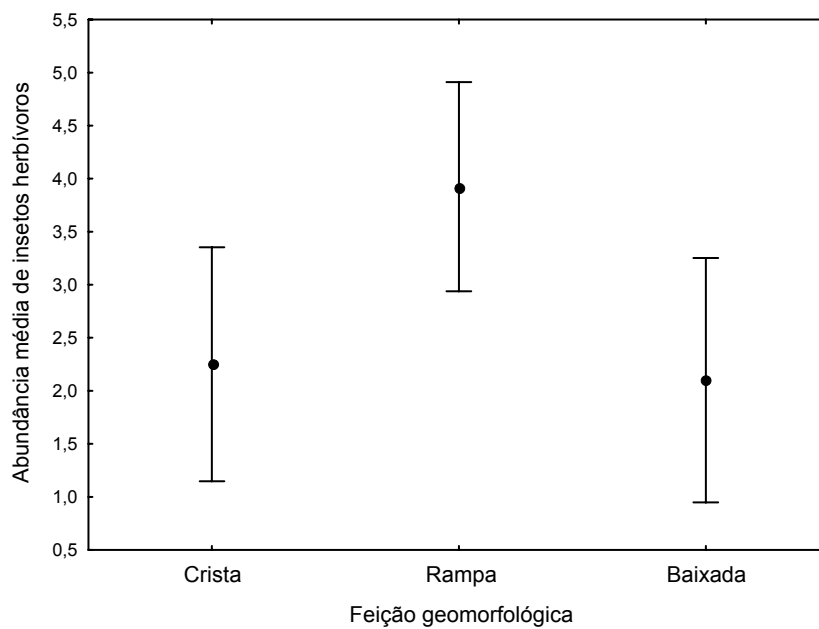
Um total de 331 insetos herbívoros foram encontrados na copa das 120 árvores estudadas, sendo eles distribuídos em 153 espécies. As famílias mais representativas em termos de riqueza de espécies e abundância foram Curculionidade (43 espécies e 87 indivíduos) e Chrysomelidade (16 espécies e 49 indivíduos) (Anexo 8). Essas duas famílias representaram 39% das espécies de insetos herbívoros.

### **4.2.2 – Efeito da Geomorfologia Sobre a Fauna de Insetos Herbívoros**

As feições geomorfológicas determinaram substancialmente a distribuição da diversidade de insetos herbívoros. A média do número de espécies de insetos herbívoros por amostra foi diferente entre as feições (ANOVA Aninhada –  $F_{2,27}=5,63$ ;  $p<0,05$  – Figura 4.4 e Anexo 9b), mas não diferiu entre os grupos de árvores dentro de uma mesma feição (ANOVA Aninhada –  $F_{27,90}=1,26$ ;  $p=0,215$  – Anexo 9b). Embora haja uma tendência de maior abundância nas rampas, esta não foi significativamente diferente (ANOVA Aninhada –  $F_{2,27}=3,4$ ;  $p>0,05$  – Figura 4.5 e Anexo 9c), em função da alta variabilidade dos números em cada copa. Por sua vez a abundância não variou entre os grupos de árvores dentro de uma mesma feição (ANOVA Aninhada –  $F_{27,90}=1,08$ ;  $p=0,379$  – Anexo 9c).



**Figura 4.4-** Riqueza média de insetos herbívoros entre as feições geomorfológicas estudadas.



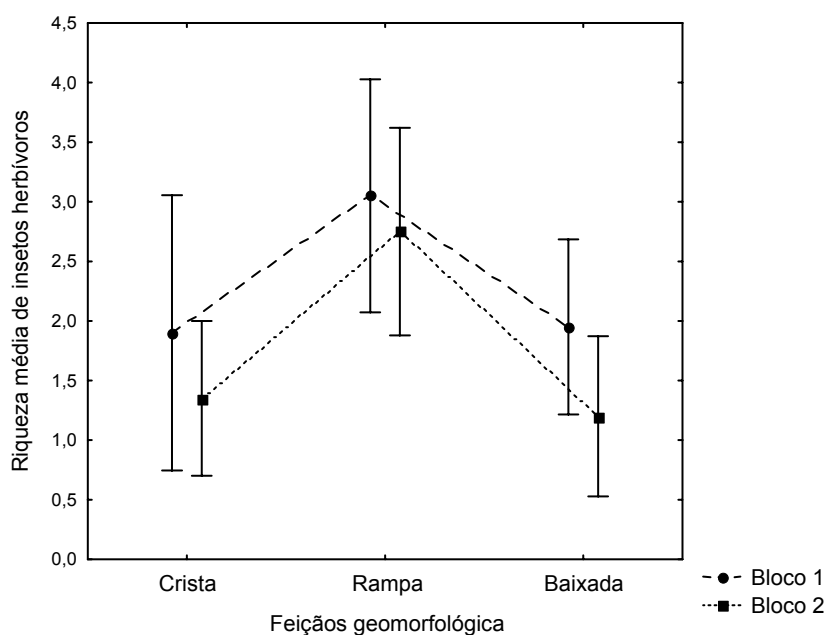
**Figura 4.5-** Abundância média de insetos herbívoros entre as feições geomorfológicas estudadas.

Já que a média da riqueza e da abundância de insetos herbívoros foi distinta entre as feições, foi realizado um teste entre médias (Teste de Tukey) para saber qual feição geomorfológica apresentou maior riqueza de insetos. Tal teste mostrou que a feição rampa foi a que apresentou maior riqueza média de insetos herbívoros (Tabela 4.3), e que as médias da riqueza e da abundância dos mesmos não variou entre as feições crista e baixada.

**Tabela 4.3-** Teste de Tukey para a riqueza média de insetos herbívoros entre as feições geomorfológicas.

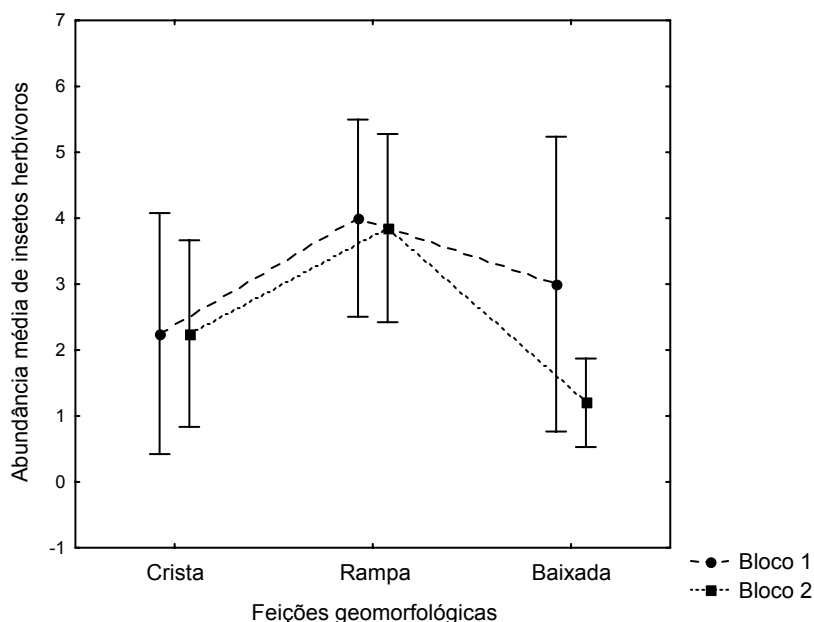
Feição	Crista	Rampa	Baixada
<b>Crista</b>	-	<b>0,005696</b>	0,991517
<b>Rampa</b>	<b>0,005696</b>	-	<b>0,003903</b>
<b>Baixada</b>	0,991517	<b>0,003903</b>	-

Esse padrão de maior riqueza (Figura 4.6) de insetos herbívoros na feição rampa se repetiu nas duas porções (blocos), portanto não houve interação significativa entre os fatores blocos e feições (riqueza: ANOVA –  $F_{2,114}=0,15$ ;  $p=0,861$  – Figura 4.6; Anexo 9d e abundância: ANOVA –  $F_{2,114}=0,87$ ;  $p=0,421$  – Figura 4.7; Anexo 9e), o que é essencial para consolidar a validade da hipótese para a região como um todo. Considerando apenas as médias por blocos, não houve variação significativa na riqueza (ANOVA –  $F_{1,114}=2,51$ ;  $p=0,115$  – Figura 4.6, Anexo 9d) ou na abundância (ANOVA –  $F_{1,114}=1,10$ ;  $p=0,295$  – Figura 4.7, Anexo 9e) de insetos herbívoros entre os blocos 1 e 2.



**Figura 4.6-** Riqueza média de insetos herbívoros por feição geomorfológica combinada em função dos blocos (porções).





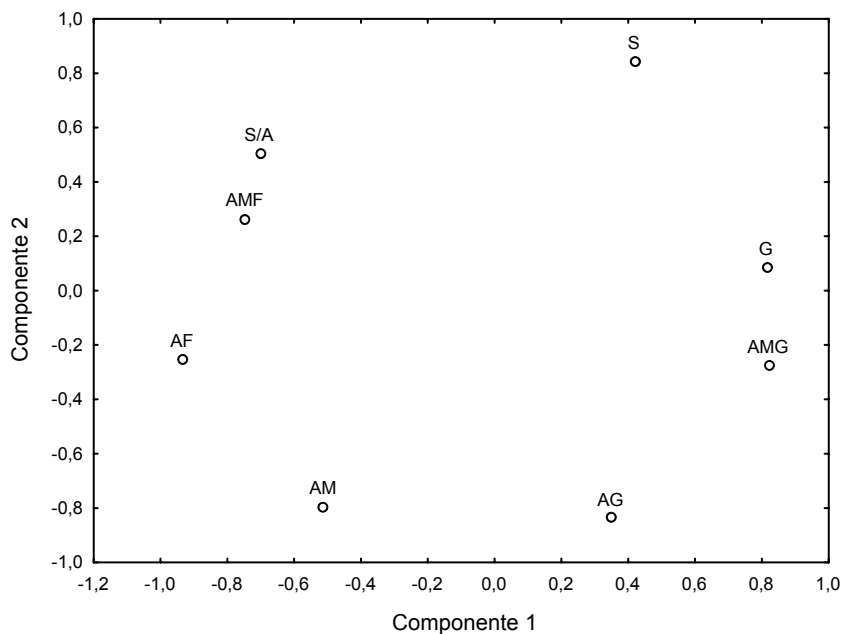
**Figura 4.7-** Abundância média de insetos herbívoros por feição geomorfológica combinada em função dos blocos (porções).

### 4.2.3 – Efeito do Tamanho do Grão e da Permeabilidade do Solo Sobre a Fauna de Insetos Herbívoros

#### *Peneiramento de amostras com Agregados Naturais*

A análise granulométrica realizada nas amostras de sedimento que continham agregados naturais não mostrou padrão claro de dominância de alguma das frações em relação ao tipo de feição geomorfológica (Anexo 4).

Considerando as frações granulométricas geradas a partir desse peneiramento, o componente 1 da PCA explicou 47,69% da variação das 8 frações granulométricas do solo por amostra, enquanto que o componente 2 explicou 31,42% (Figura 4.8 e Tabela 4.4). No componente 1 (heterogeneidade) as frações granulométricas que apresentaram maior peso positivo foram respectivamente: areia muito grossa e grânulo; e as frações que apresentaram maior peso negativo foram respectivamente: areia fina, areia muito fina e silte/argila (Figura 4.8 e Tabela 4.4), dessa forma separando amostras com tais características.



**Figura 4.8-** Ordenação das frações granulométricas, considerando o peneiramento das amostras de solo que formavam agregados naturais, dentro de um sistema reduzido de coordenadas representadas pelos componentes 1 e 2. S – seixo; G – granulo; AMG – areia muito grossa; AG – areia grossa, AM – areia média, AF – areia fina; AMF – areia muito fina; S/A – silte e argila.

**Tabela 4.4-** Peso das frações granulométricas na variação dos componentes 1 e 2 obtidos a partir da PCA, considerando o peneiramento das amostras de solo que formavam agregados naturais.

<b>Frações granulométricas</b>	<b>Componente 1</b>	<b>Componente 2</b>
<b>S</b>	0,417244	0,417244
<b>G</b>	<b>0,813134</b>	0,813134
<b>AMG</b>	<b>0,817189</b>	0,817189
<b>AG</b>	0,347233	0,347233
<b>AM</b>	-0,514748	-0,514748
<b>AF</b>	<b>-0,934454</b>	-0,934454
<b>AMF</b>	<b>-0,747359</b>	-0,747359
<b>S/A</b>	<b>-0,703666</b>	-0,703666
<b>% da variação explicada</b>	47,69	31,42

O efeito das frações sobre a riqueza e abundância de insetos foi testada usando o componente 1 (heterogeneidade) da PCA como co-variável, juntamente com os valores de permeabilidade, numa ANCOVA. Tal análise mostrou que nenhum desses parâmetros influenciaram nem a riqueza e nem a abundância média de insetos herbívoros entre as três feições geomorfológicas (Tabela 4.5).

**Tabela 4.5-** ANCOVA realizada para a riqueza e abundância de insetos herbívoros considerando as feições geomorfológicas e os parâmetros físicos do solo granulometria ou heterogeneidade (amostras que formavam agregados naturais) e permeabilidade como co-variáveis.

Co-variáveis	Riqueza			Abundância		
	g.l.	F	p	g.l.	F	p
Heterogeneidade	1	0,013	0,910	1	0,193	0,663
Permeabilidade	1	0,453	0,506	1	0,010	0,920
Feição	2	3,319	0,053	2	8,806	0,086

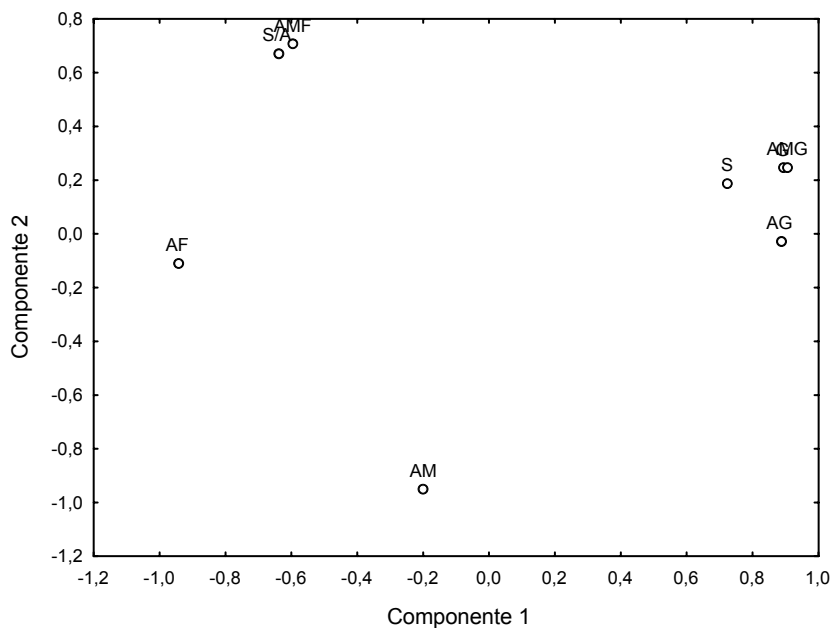
### *Peneiramento de Amostras Desagregadas Mecanicamente*

Foi observada dominância das frações areia em todas as amostras de sedimento desagregados mecanicamente independente do tipo de feição geomorfológica. Mais especificamente, nas feições baixada a fração areia fina foi a mais representativa, enquanto que nas feições crista e rampa observa-se maior porcentagens nas frações areia grossa e média (Anexo 6).

Da mesma forma, considerando as frações granulométricas formadas a partir desse peneiramento, o componente 1 da PCA explicou 57,65% da variação das 8 frações granulométricas do solo, enquanto que o componente 2 explicou 25,43% (Figura 4.9, Tabela 4.6). No componente 1 (heterogeneidade) as frações granulométricas que apresentaram maior peso positivo foram respectivamente: areia muito grossa, granulo, areia grossa e seixo; e a fração que apresentou maior peso negativo foi areia fina (Figura 4.9 e Tabela 4.6).

O componente 1 (heterogeneidade) dessa PCA foi usado como co-variável, juntamente com os valores de permeabilidade numa ANCOVA, e novamente não houve um efeito significativo da granulometria ou da permeabilidade na riqueza ou na abundância média de insetos herbívoros entre as três feições geomorfológicas (Tabela 4.7).

A separação dos grãos em duas categorias (grãos que formam agregados e grãos que não formam agregados), mostrou que as feições crista e rampa de colúvio das duas localidades apresentaram uma maior porcentagem de agregados (Anexo 7).



**Figura 4.9-** Ordenação das frações granulométricas, considerando o peneiramento das amostras de solo após a desagregação mecânica dos grãos, dentro de um sistema reduzido de coordenadas representadas pelos componentes 1 e 2. S – seixo; G – granulo; AMG – areia muito grossa; AG – areia grossa, AM – areia média, AF – areia fina; AMF – areia muito fina; S/A – silte e argila.

**Tabela 4.6-** Peso das frações granulométricas na variação dos componentes 1 e 2 obtidos a partir da PCA, considerando o peneiramento das amostras de solo desagregadas mecanicamente.

Frações granulométricas	Componente 1	Componente 2
S	0,722785	0,190737
G	<b>0,890743</b>	0,249076
AMG	<b>0,904373</b>	0,253008
AG	<b>0,882008</b>	-0,025080
AM	-0,201175	-0,948562
AF	<b>-0,945220</b>	-0,105182
AMF	-0,595776	0,708940
S/A	-0,641461	0,677040
<b>% da variação explicada</b>	<b>57,65</b>	<b>25,43</b>

**Tabela 4.7-** ANCOVA realizada para a riqueza e abundância de insetos herbívoros considerando as feições geomorfológicas e os parâmetros físicos do solo granulometria ou heterogeneidade (das frações desagregadas mecanicamente) e permeabilidade como co-variáveis.

Co-variáveis	Riqueza			Abundância		
	g.l.	F	p	g.l.	F	p
Heterogeneidade	1	0,542	0,468	1	0,138	0,712
Permeabilidade	1	0,266	0,610	1	0,010	0,918
Feição	2	3,257	0,055	2	2,442	0,107

#### 4.2.4 – Composição de Espécies de Insetos Herbívoros x Feição Geomorfológica/Sítio

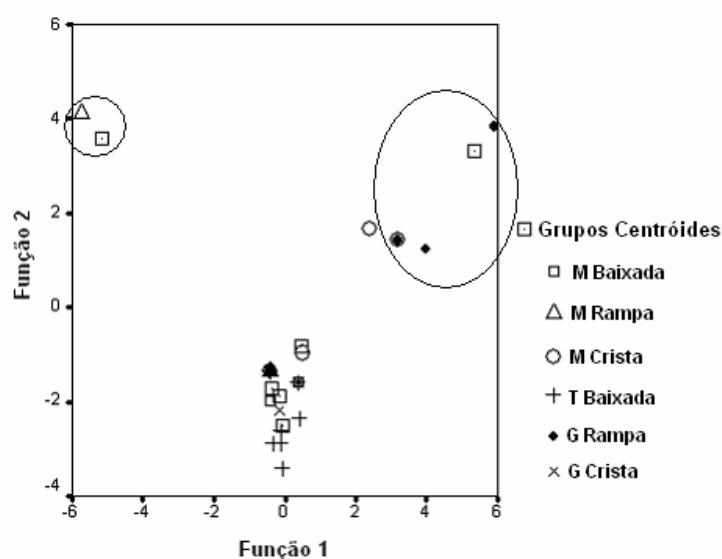
Para entender como a população de cada espécie de inseto era distribuída entre as amostras, vetores matriciais, sumarizando a guilda de herbívoros, foram gerados a partir da matriz de número de indivíduos por espécie versus amostras, em uma análise discriminante. Analisando dessa forma, a fauna de insetos herbívoros sobre as comunidades de plantas presentes nos seis sítios estudados, distribuída dentro de três feições geomorfológicas em duas porções diferentes (M Crista, M Rampa, M Baixada, G Crista, G Rampa e T Baixada), encontrou-se que as duas primeiras funções discriminantes separaram significativamente algumas dessas comunidades de plantas (centróides), explicando ao todo 73% da variação dos dados. Particularmente, houve uma clara distinção das rampas com as demais feições, sendo que dentro das comunidades de plantas sobre as rampas houve ainda níveis mais distintos de separação da fauna de herbívoros para cada rampa (Figura 4.10). A função 1 (Eigenvalue=9,79) explicou 43,8% da variação dos dados (Qui-quadrado=561,97; gl=425;  $p < 0,05$ ) e a função 2 (Eigenvalue=6,51) 29,2% (Qui-quadrado=387,09; gl=336;  $p > 0,05$ ).

A comunidade de plantas sobre a M Rampa foi diferente das demais comunidades e mostrou ter uma forte correlação positiva com a função 1. A presença de indivíduos de *Apion* sp2, Curculioninae sp63 e Tenebrionidae sp16 e Lamprosomatinae sp2 (maiores coeficientes canônicos) nessa comunidade, foram determinantes nessa separação (Figura 4.14 e Tabela 4.9). Por outro lado, a comunidade de plantas sobre a G Rampa apresentou correlação negativa com a mesma função, tornando-a diferente das outras comunidades. Essa comunidade foi distinta das demais, em função da presença de um indivíduo de Curculioninae sp73 e a ausência de indivíduos de Galericinae sp13 (Figura 4.10 e Tabela 4.8).

Do mesmo modo, a fauna de insetos das comunidades de plantas presentes nas M Rampa e G Rampa, foram distintas das outras comunidades e tiveram correlação positiva com a função 2. Essas comunidades foram distintas das outras por causa da presença, nas duas rampas, de indivíduos da morfoespécies *Apion* sp2 e Lamprosomatinae 2 (Figura 4.10 e Tabela 4.8).

**Tabela 4.8-** Morfoespécies de insetos herbívoros (variáveis discriminantes) que apresentaram maiores valores de coeficientes canônicos para as funções 1 e 2 (funções que foram significativas).

Variáveis discriminantes	Função 1	Função 2
<i>Apion</i> sp2	2.639	2.844
Curculioninae sp63	3.814	3.186
Curculioninae sp 73	-3.124	-1.548
Galerucinae sp 13	-4.994	-3.970
Lamprosomatinae sp2	2.682	2.080
Tenebrionidae sp 16	2.953	2.430



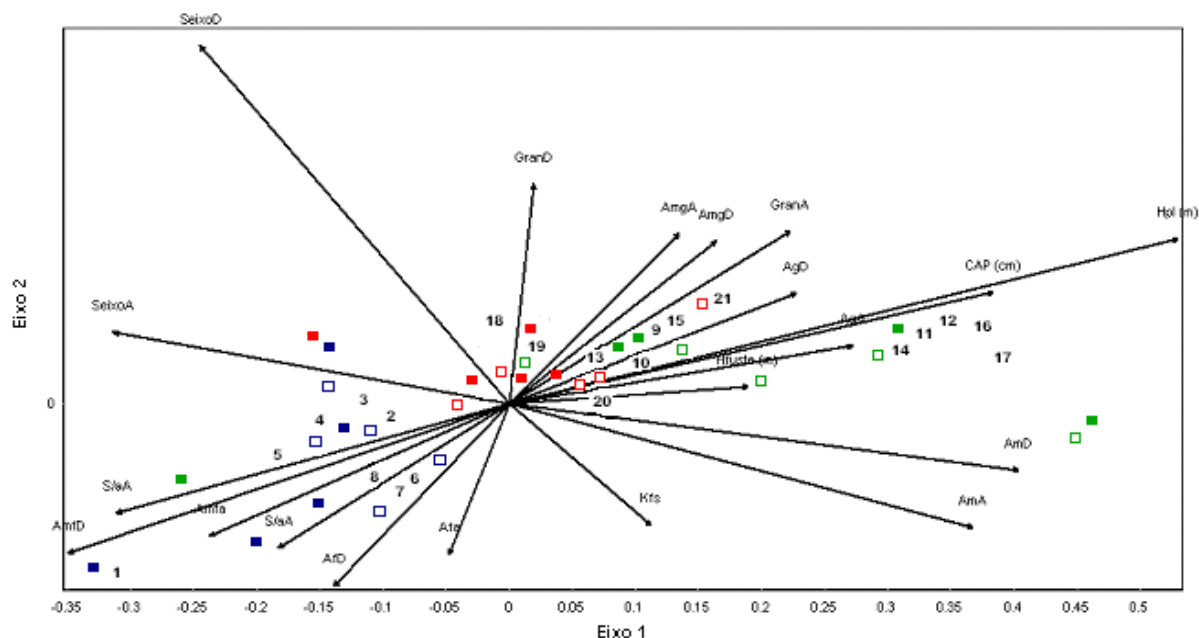
**Figura 4.10-** Distribuição dos grupos centróides. M: Macuco; T: Teresa e G: Gambá.

#### 4.2.5 – Ordenação de Insetos Herbívoros x Variáveis Ambientais

A análise da distribuição das espécies mais influentes na guilda de herbívoros mostrou que estas eram exclusivas de cada sítio amostral, não se repetindo em função das feições geomorfológicas. Entretanto, para estas espécies, a sua ocorrência foi correlacionada com características ambientais particulares destes locais (embora uma relação de casualidade não possa ser inferida com os dados presentes). As espécies *Psyllidae* sp4, sp5 e sp7, *Alticini* sp5, *Curculioninae* sp 71, ninfa de *Fulgoridae* sp 1, ninfa de *Membracidae* sp 11 e *Lygaeidae* sp 1 foram correlacionadas com vetores definidos por granulometrias do solo mais fina tanto agregadas quanto desagregada como, silte/argila (S/aA e S/aD), areia muito fina (AmfA e AmfD) e areia fina (AfA e AfD), e características dos locais crista e rampa do sítio gambá (Figura 4.11). As espécies *Cryptorhynchini* sp 5 e sp6, *Elatteridae* sp 13, *Thenebrionidae* sp17, *Cryptocephalini* sp 4, *Lordops* sp 2, *Tettigonidae* sp 1, *Miridae* sp 1 ocorreram

predominantemente em associação com sedimentos mais grosseiros, tanto agregados como desagregados como, grânulo (GranA e GranD), areia muito grossa (AmgA e AmgD) e areia grossa (AgA e AgD) (Figura 4.11).

As variações vegetacionais como, circunferência a altura do peito (CAP) e altura da planta (Hpl), também, podem influenciar a distribuição de certas espécies. Foi observado que Curculioninae sp 69 e 70, Lycidae sp 3, Cicadellidae sp 1 e nifa de Fulgoridae sp 2, foram encontrados, unicamente, em associação com matas que apresentam árvores grandes (mais altas e de grande diâmetro de tronco). Essa associação foi exclusiva do local Trilha da Teresa (Figura 4.11).



**Figura 4.11-** Análise de Correspondência Canônica relacionando composição de espécies de insetos herbívoros com variáveis físicas do ambiente (peneabilidade, granulometria e geomorfologia) e de estrutura das plantas (altura total da árvore, CAP e altura do fuste). (■)- amostras da rampa do gambá, (□)- amostras da crista do gambá, (■)- amostras da baixada da Tereza, (□)- amostras da baixada do macuco, (■)- amostras da rampa do macuco e (□)- amostras da crista do macuco. (1)- Psyllidae sp7, (2)- Psyllidae sp4, (3)- Psyllidae sp5, (4)- Alticini sp5, (5)- Curculioninae sp71, (6)- Ninfa Fulgoridae sp1, (7)- Ninfa Membracidae sp11, (8)- Lygaeidae sp1, (9)- Cryptorhynchini sp5, (10)- Cryptorhynchini sp6, (11)- Curculionidae sp69, (12)- Curculionidae sp70, (13)- Elatteridae sp13, (14)- Lycidae sp3, (15)- Thenebrionidae sp17, (16)- Cicadellidae sp1, (17)- Ninfa Fulgoridae sp2, (18)- Cryptocephalini sp4, (19)- *Lordops* sp2, (20)- Tettigonidae sp1 e (21)- Miridae sp1.

## **4.3 – DISCUSSÃO**

### **4.3.1 – Descrição da Fauna de Insetos Herbívoros**

Neste estudo, as famílias de insetos herbívoros mais representativas em termos de riqueza e abundância foram: Chrysomelidae e Curculionidae. Esse resultado, de uma forma geral, foi semelhante ao estudo realizado por Basset *et al.* (2001) na floresta do Gabão, sendo o batimento um dos métodos de coleta utilizado. Sua amostragem foi dominada por indivíduos das famílias Chrysomelidae, Curculionidae e Cicadellidae. Ainda, vários outros trabalhos (e.g. Basset & Samuelson 1996, Hammond *et al.* 1996, Kitching *et al.* 1997) realizados em diferentes florestas tropicais e utilizando outros métodos de coleta, também concordaram com o presente estudo, mostrando que as famílias mais significativas considerando a riqueza e abundância foram as mesmas encontradas aqui. Além disso, em toda amostragem, foi perceptível a dominância (em termos de abundância) de poucas espécies de insetos herbívoros e poucos indivíduos e espécies por amostra. Esses dados são consistentes com estudos mostrando que os dosséis tendem a serem dominados por poucas espécies de insetos herbívoros dispersamente distribuídos (por exemplo, Hunter 1992, Barbosa *et al.* 2000, Franklin *et al.* 2003, Ribeiro 2003).

### **4.3.2 – Efeito da Geomorfologia Sobre a Fauna de Insetos Herbívoros**

As feições geomorfológicas estudadas produziram efeito sobre a diversidade de insetos herbívoros. A feição rampa apresentou maior média de riqueza e abundância de insetos herbívoros e as feições crista e baixada não diferiram entre si. Esse resultado corroborou a hipótese de que as feições consideradas nesse estudo originaram-se de processos de gênese diferentes produzindo solos com condições ecológicas e evolutivas variadas, permitindo, assim, distintas composições florísticas com susceptibilidades contrastantes à colonização e manutenção de populações de insetos herbívoros, influenciando na distribuição da riqueza e da abundância dos mesmos e, portanto, no aumento da heterogeneidade e diversidade beta dentro da floresta.

A elevada riqueza da fauna de insetos herbívoros presentes nas florestas sobre a rampa pode ter sido determinada, também, pela heterogeneidade ambiental ou espacial que esta feição pode proporcionar. Ambientes que são espacialmente mais heterogêneos podem acomodar mais espécies, porque eles produzem uma grande variedade de habitats e de climas, além de aumentar a disponibilidade de recursos e de lugares para se esconder de predadores (Begon *et al.* 1996). Os insetos herbívoros utilizam a vegetação como recurso alimentar,



proteção contra inimigos naturais, sítio de oviposição, nidificação e abrigo contra flutuações temporais de temperatura e umidade, e quão mais diversificado for a distribuição destes fatores no ambiente, mais espécies diferentes podem co-existir (Lawton 1983, Strong *et al.* 1984, Price 1997, Novotny *et al.* 2003). Assim, o fato dessa feição apresentar uma certa inclinação faz que os níveis de radiação, luminosidade e umidade que chegam até o dossel sejam diferenciados ao longo de toda rampa, permitindo uma produção de folhas e abrigos contra extremos ambientais e contra predadores dispostos de forma diversificada na paisagem. Esse aspecto físico da feição torna o dossel mais heterogêneo espacialmente, oferecendo a formação e combinação de vários habitats e climas para uma diversificada gama de insetos herbívoros.

Mesmo não tendo sido mensurada a produtividade primária direta nas diferentes feições, provavelmente a rampa pode ser considerado um habitat produtivo, pois apresentou maior riqueza de insetos herbívoros. Segundo Begon *et al.* (1996), tanto para plantas quanto para animais, a produtividade de um habitat está relacionada a uma ampla disponibilidade de recursos (disponibilidade de luz, água, alimentos, etc) ou condições ambientais favoráveis (temperatura e umidade previsíveis, comprimento da estação, etc) podendo conduzir a um aumento na riqueza de espécies.

O padrão de maior diversidade de insetos herbívoros na feição rampa repetiu-se nas duas porções (blocos) e não houve interação entre os fatores blocos e feições. Conseqüentemente, as médias da diversidade de insetos não variou entre as porções norte e sul. Cada porção ou bloco tinha os três diferentes tipos de feições geomorfológicas consideradas no presente estudo. Dessa forma, a idéia de que feições geomorfológicas iguais apresentam condições edáficas e físicas semelhantes, independentes de suas localizações geográficas, é reforçada pelos resultados. Por exemplo, as duas feições crista, sendo uma localizada na porção norte e outra na porção sul da área estudada, além da geomorfologia semelhante, possuem profundidade e estrutura do solo, disponibilidade de elementos químicos, drenagem e outras condições físicas também semelhantes e, assim, permitem a existência de florestas com estruturas parecidas, podendo manter diversidades de insetos herbívoros (e de outros componentes bióticos) similares.

#### **4.3.3 – Efeito do Tamanho do Grão e da Permeabilidade do Solo Sobre a Fauna de Insetos Herbívoros**

O tamanho do grão e a permeabilidade não exerceram efeito detectável sobre a riqueza e a abundância de insetos herbívoros, mesmo considerando os agregados naturais ou

desagregando mecanicamente os sedimentos. Os processos pedogenéticos e as raízes, como agentes de percolação, estão homogeneizando a permoporosidade existente nas feições. Dessa forma, as variáveis físicas analisadas (granulometria e permeabilidade) podem não ter sido suficientes para explicar a ocorrência de qualquer relação entre a fauna e as características abióticas das feições geomorfológicas estudadas. Para estudos futuros, talvez, fosse relevante acrescentar a análise de outras variáveis físicas como, análise da estrutura e da composição mineralógica do solo e o volume e distribuição de raízes nos sítios amostrados.

Os processos pedogenéticos são mais evidentes sobre as feições crista e rampa por causa da maior quantidade de agregados. Nos agregados, os grãos são unidos numa matriz de argila que pode ser, na maioria das vezes, formada por argilominerais. Nas baixadas, as possibilidades de inundações eventuais agragam mais material clástico ao solo, pode inibir os processos pedogenéticos.

#### **4.3.4 – Composição de Espécies de Insetos Herbívoros x Feição Geomorfológica/Sítio**

A análise discriminante fornece as informações básicas sobre a distribuição das populações de cada espécie de inseto herbívoro sobre as comunidades de plantas presentes nos seis sítios estudados, distribuída dentro de três feições geomorfológicas em duas porções diferentes. Essa análise mostrou que as plantas presentes nas rampas tiveram composições de insetos diferentes das demais. Os resultados também evidenciam a fauna de insetos herbívoros que vivem sobre as plantas na feição rampa, sendo essa fauna de mastigadores. As rampas, independente da localização geográfica, possuem condições edáficas, ambientais e estruturais da floresta semelhantes, podendo manter faunas também semelhantes. Por exemplo, as espécies de Apionidade (*Apion* sp2) e Chrysomelidae (Lamprosomatinae sp2) foram comuns as duas rampas.

A despeito de eventuais similaridades ecológicas, as faunas de insetos mastigadores apresentaram níveis de distinção entre as duas rampas, provavelmente devido ao fato da comunidade de planta da rampa do Gambá (T Rampa) ser dominada pela espécie *Byrsonima sericea*. Essa espécie arbórea, que não foi encontrada na rampa do Macuco (M Rampa), é hospedeira de espécies de insetos encontrados exclusivamente na rampa do gambá. Trabalhos anteriores evidenciam uma grande diversidade e espécies especialistas de coleópteras nesta árvore (Soares 2002).

#### **4.3.5 – Ordenação de Insetos Herbívoros x Variáveis Ambientais**

A análise de ordenação permitiu discriminar condições de habitat nas quais diferentes espécies de insetos estavam associadas. Embora não seja possível fazer inferências de casualidade, os dados são sugestivos de que haja condições ambientais identificáveis capazes de elucidar a distribuição espacial da fauna para além da ocorrência de uma dada espécie arbórea hospedeira. O resultado mais evidente é que o aumento da heterogeneidade do habitat resulta no aumento da diversidade beta, ou seja, a existência de diferentes sítios com granulometrias variadas em associação com florestas variando em altura e diâmetro de árvores, proporcionou guildas de herbívoros completamente distintas entre estes sítios. Particularmente, variações na granulometria e altura de árvores de dossel, podem resultar em grande heterogeneidade dos recursos alimentares. Dosséis mais altos correlacionam com maior índice de área foliar, e solos com maior potencial catiônico correlacionam com capacidade de produção de folhas novas. Esses são recursos que deviam atrair tanto mastigadores quanto sugadores generalistas. Florestas menos produtivas e/ou dominadas por árvores esclerofilas (como a *B. sericea* na G Rampa, Sanches *et al.* dados não publicados) tenderiam, por sua vez, a acumular herbívoros especialistas.



## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

#### 5.1- O PAPEL DA GEOMORFOLOGIA NA ESTRUTURAÇÃO DA FLORESTA

A geomorfologia pode exercer influência sobre a distribuição de plantas. Algumas espécies arbóreas foram exclusivas de determinadas feições geomorfológicas como, por exemplo, *Machaerium brasiliens* na feição crista, *Bauhinia longifolia* e *Zollernia glabrana* feição baixada, *Casearia Arborea* feição rampa.

Igualmente, as feições geomorfológicas exercem influência sobre a estrutura da floresta (considerando a altura de árvores). A vegetação presente sobre a feição baixada apresentou maior altura média se comparada com outras feições estudadas, sendo isso, reflexo das condições ambientais, como disponibilidade de nutrientes, que estão diretamente relacionadas a um maior crescimento e, também, a eventos ocorridos em tempos geológicos passados (alterações climáticas e movimentos tectônicos) na região estudada. Isso pode ter permitido que a baixada ficasse rica em elementos químicos importantes para o crescimento da vegetação, logo, aumentando a estruturação da floresta.

A despeito de localização geográfica ou proximidade com outras feições, a comunidade de plantas presente nas feições de crista foram similares entre elas, o que significa que há mais co-ocorrências de espécies de plantas nos habitats gerados por esta feição. As cristas têm maior altitude em relação às outras feições consideradas e sua drenagem é mais acentuada, resultando em uma menor disponibilidade de água para a vegetação e perda de nutrientes do solo.

Finalmente, a comunidade de plantas da feição rampa do Gambá, apresentou a maior dissimilaridade de espécies comparativamente as demais feições e sítios, inclusive a rampa do Macuco, suportando a interpretação de que a feição rampa influencia menos a distribuição de espécies de árvores do que as outras feições.

#### 5.2- DIVERSIDADE DE INSETOS HERBÍVOROS DE DOSSEL EM RESPOSTA ÀS CONDIÇÕES ABIÓTICAS

Além de influenciar a distribuição de plantas, a geomorfologia exerce influência, também, sobre a fauna de insetos herbívoros. A mata presente sobre a feição rampa apresentou maior média de riqueza de insetos herbívoros, reforçando a hipótese inicial de que feições geomorfológicas diferentes produzem solos com condições ecológicas e evolutivas

variadas e assim, podem permitir distintas composições florísticas e manutenção de uma fauna de insetos herbívoros também variadas.

A própria topografia da rampa ofereceu a combinação de vários aspectos físicos, aumentando a heterogeneidade ambiental e contribuindo muito para a maior diversidade de insetos nessa feição. Devido ao fato dessa feição apresentar inclinação leve, ocorre um maior acúmulo de elementos químicos vindos das partes mais altas, que são importantes para as plantas e para os insetos que se alimentam dessas plantas. Ainda, a inclinação presente permite que níveis de radiação, luminosidade e umidade que chegam até o dossel sejam diferenciados ao longo de toda rampa. Assim, a produção de folhas, abrigos contra extremos ambientais e contra predadores é diversificada e isso pode manter uma elevada diversidade de insetos herbívoros.

Houve maior diversidade de insetos herbívoros na rampa, independente da localização geográfica das áreas estudadas. Também, a média da riqueza e da abundância de insetos não variou entre as mesmas feições. Feições iguais, mesmo distantes geograficamente, possuem características físicas semelhantes como, profundidade e estrutura do solo, disponibilidade de elementos químicos para as plantas, drenagem e outras. Dessa forma, as estruturas das florestas são parecidas, podendo manter faunas similares.

A riqueza e abundância de insetos herbívoros não responderam ao tamanho do grão e a permeabilidade.

Os resultados da análise discriminante sugerem que a fauna de insetos herbívoros que vivem sobre a comunidade de plantas presentes nas rampas são dominadas por guildas de mastigadores. Além disso, comunidades de plantas dominadas por uma determinada espécie, provavelmente terá uma fauna de insetos herbívoros especialista. Os dados são sugestivos de que há condições ambientais capazes de explicar a distribuição espacial da fauna de insetos herbívoros além da ocorrência de determinada espécie arbórea, mesmos não sendo possível afirmar a casualidade direta da geomorfologia sobre os padrões de distribuição da comunidade de insetos herbívoros.

## Referências

- Barbosa, G. V., Kohler, H. C. 1981. O sistema lagunar do Parque Estadual do Rio Doce (MG). *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia – MG*, **2**: 37-46.
- Barbosa, P., Segarra, A. & Gross, P. 2000. Structure of two macrolepidopteran assemblages on *Salix nigra* (Marsh) and *Acer negundo* L. abundance, diversity, richness, and persistence of scarce species. *Ecological Entomology*, **25**: 374-379.
- Basset, Y. Aberlenc, H. P., Delvare, G. 1992. Abundance and stratification of foliage arthropods in lowland rain forest of Cameroon. *Ecological Entomology*, **17**: 310-318.
- Basset, Y. & Samuelson, G. A. 1996. Ecological characteristics of an arboreal community of Chrysomelidae in Papua New Guinea. In: P. H. A. Jolivet & M. L. Cox (eds.) *Chrysomelidae Biology – Volume 2: Ecological Studies*. SPB Academic Publishing, 243-262.
- Basset, Y. 1999. Diversity and abundance of insect herbivores collected on *Castanopsis acuminatissima* (Fagaceae) in New Guinea: Relationships with leaf production and surrounding vegetation. *European Journal of Entomology*, **96**: 381-391.
- Basset, Y. 2001. Invertebrates in canopy of tropical rain forest: how much do we really know?. *Plant Ecology*, **153**: 87-107.
- Basset, Y., Aberlenc, H. P., Barrios, H., Curletti, G., Bérenger, J., Vesco, J., Causse, P., Haug, A., Hennion, A., Lesobre, L., Marquès, F. & O'meara, R. 2001. Stratification and diel activity of arthropods in a lowland rainforest in Gabon. *Biological Journal of the Linnean Society*, **72**: 585-607.
- Basset, Y., Novotny, V., Miller, S. E. & Kitching, R. L. 2003. Canopy entomology, an expanding field natural science. In: Y. Basset, V. Novotny, S. E. Miller & R. L. Kitching (eds.) *Arthropods of Tropical Forest: spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy*. New York, Cambridge University Press, 1-6.
- Begon, M., Harper, J. L. & Townsend, C. R. 1996. *Ecology: Individuals, populations and communities*. London, Blackwell Science. 1068p.
- Bengtsson, J., Engelhardt, K., Giller, P., Hobbie, S., Lawrence, D., Levine, J., Vilà, M. & Wolters, V. 2004. Slippin' and slindin' between the scales: the scaling components of biodiversity-ecosystem functioning relations. In: M. Loreau, S. Naeem, & P. Inchausti (eds.) *Biodiversity and Ecosystem Functioning – synthesis and Perspectives*. New York, Oxford University Press, 209-220.
- Borror, D. F. Triplehorn, C. A. & Johnson, N. F. 1992. *An Introduction to the study of insects*. Harcourt Brace College Publishers, Philadelphia, Sixth edition. 875p.
- Botrel, R. T., Oliveira-Filho, A. T., Rodrigues, L. A., Curi, N. 2002. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbórea-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, **25**: 195-213.
- Brewer, S. W., Rejmanek, M., Webb, M. A. H. & Fine, P. V. A. 2003. Relationships of phytogeography and diversity of tropical tree species with limestone topography in southern Belize. *Journal of Biogeography*, **30**: 1669-1688.
- Bryant, J. P., Chapin, F. S. & Klein, D. R. 1983. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos*, **40**: 357-368.
- Burnett, M. R., August, P. V., Brown Jr, J. H. & Killingbeck, K. T. 1998. The influence of geomorphological heterogeneity on biodiversity. I – A patch-scale perspective. *Conservation Biology*, **12**: 363-370.
- Campos, R.I. 2002. *Efeito da estrutura de habitat em assembléias de formigas arbóreas no Parque Estadual do Rio Doce/MG*. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, Monografia, 57p.
- Carvalho, D. A., Oliveira-Filho, A. T., Vilela, E. A., Gavilanes, M. L. 1995. Estrutura fitossociológica de mata ripária do alto Rio Grande (Bom Sucesso, estado de Minas Gerais). *Revista Brasileira de Botânica*, **18**:39-49.
- Castro, P. T. A. 2005. *Origem e Evolução dos Lagos do Médio Rio Doce: perspectiva geológica*. [<http://www.degeo.ufop.br/intranet/Graduacao/disciplina/estratigrafia/perd/htm> – Acessado em 02/08/2005].

- CETEC 1982. Levantamento da Vegetação do Parque Estadual do Rio Doce. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC: Belo Horizonte, MG. (não paginado).
- Coley, P. D., Bryant, J. P., Chapin, F. S. 1985. Resource availability and plant antiherbivore defense. *Science*, **230**: 895-899.
- Compton, R. R. 1985. *Geology in the Field*. USA. John Wiley & Sons, Inc. 398p.
- CPRM & Comig. 2001. Projeto Leste – Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folhas de Coronel Fabriciano e Caratinga. Escala 1:100.000.
- Crawley, M. J. 2002. *Statistical Computing – An Introduction to Data Analysis Using S-plus*. London. John Wiley & Sons, Inc.
- Dafonte Dafonte, J., Armesto, M. V. Seijo, X. N. & González, A. P. 1999. Análisis de los métodos de cálculos de la conductividad hidráulica saturada de campo medida com permeámetro Guelph. In: R. Munoz-Carpena, A. & C. Ritter (eds.) *Tascón Estudios de la Sona No saturada Del Suelo*. Tenerife, 5-10.
- De Blois, S. Domon, G. & Bouchard, A. 2002. Landscape issues in plant ecology. *Ecography*, **25**: 244-256.
- Elrick, D. E. Reynolds, W. D. & Tan, K. A. 1989. Hydraulic conductivity measurement in the unsaturated zone using improved well analyses. *Ground Water Monit. Review*, **9**: 184-193.
- Enoki T., Kawaguchi H. & Iwatsubo G. 1997. Nutrient-uptake and nutrient-use efficiency of *Pinus thunbergii* Parl. along a topographical gradient of soil nutrient availability. *Ecological Research*, **12**: 191-199.
- Erwin, T. L. 1989. Canopy arthropod biodiversity: a chronology of sampling techniques and results. *Revista Peruana de Entomología*, **32**: 71-77.
- Erwin, T. L. 1991. How many species are there: revisited. *Conservation Biology*, **5**: 330-333.
- Espírito-Santo, F. D. B., Oliveira-Filho, A. T., Machado, E. L., Souza, J. S. Fontes, M. A. L. & Marques, J. J. G. S. M. 2002. Variáveis Ambientais e a Distribuição de Espécies Arbóreas em um Remanescente de Floresta Estacional Semidecídua Montana no Campus da Universidade Federal de Lavras, MG. *Acta Botanica Brasílica*, **16**(3): 331-356.
- Franklin, A.J., Liebhold, A.M., Murray, K. & Donahue, C. 2003. Canopy herbivore community structure: large-scale geographical variation and relation to forest composition. *Ecological Entomology*, **28**: 278-290.
- Gilhuis, J. P. 1986. *Vegetation survey of the Parque Florestal Estadual do Rio Doce, MG, Brasil*. Universidade Federal de Viçosa & Agricultural University Wageningen, Minas Gerais, Dissertação de Mestrado, 112p.
- Godinho, A. L. 1996. Peixes do Parque Estadual do Rio Doce. Belo Horizonte, Instituto Estadual de florestas/Universidade Federal de Minas Gerais (não paginado).
- Grime, J.P. 1979. *Plant Strategies and Vegetation Processes*. Chichester: John Wiley. 203p.
- Hall, K. & Lamont, N. 2003. Zoogeomorphology in the Alpine: some observations on abiotic-biotic interactions. *Geomorphology*, **55**: 219-234.
- Hammond, P. M., Kitching, R. L. & Stork, N. E. 1996. The composition and richness of the tree-crown coleopteran assemblage in an Australian subtropical forest. *Ecotropica*, **2**: 99-108.
- Hermes, D. A. & Mattson W. J. 1992. The dilemma of plants: to grow or defend. *Quarterly Review in Biology*, **67**: 283-335.
- Howard, J. A. & Mitchell, A. W. 1985. *Phytogeomorphology*. John Wiley & Sons, Inc. 222p.
- Huggett, R. J. 1995. *Geocology – An evolutionary approach*. London, Routledge, 320p.
- Hunter, M. D. 1990. Differential susceptibility to variable plant phenology and its role in competition between two insect herbivores on oak. *Ecological Entomology*, **15**: 401-408.
- Hunter, M. D. 1992. A variable insect-plant interaction: the relationship between tree budburst phenology and population level of insect herbivores among tree. *Ecological Entomology*, **16**: 91-95.
- IEF – Instituto Estadual de floresta. 1994. Pesquisas prioritárias para o Parque Estadual do Rio Doce, Brasil. Belo Horizonte. 35 p.
- Ivanauskas, N. M., Rodrigues, R. R. & Nave, A. G. 1999. Fitossociologia de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Scientia Forestalis*, **56**: 83-99.



- Joly, A. B. 1993. *Botânica: introdução à taxonomia vegetal*. São Paulo, Companhia Editora Nacional. 777p.
- Jordy Filho, S. 1987. Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. In: *Projeto RADAMBRASIL: Folha Rio Doce – SE.24*. Rio de Janeiro IBGE, V.34, cap 4, p 353-416, il, mapas.
- Karmann, I. 2000. Ciclo da Água, água subterrânea e sua ação geológica. In: W. Teixeira, M. C. M. Toledo, T. R. Fairchild, F. Taioli (eds.) *Decifrando a Terra*. São Paulo, Oficina de Textos. 114-138.
- Kitching, R. L., Mitchell, H., Morse, G. & Thebaud, C. 1997. Determinants of species richness in assemblage of canopy arthropods in rainforest. In: N. E. Stork, J. Adis & R. K. Didham (eds.) *Canopy arthropods*. London, Chapman & Hall. 131-150.
- Lana, C. E. & Castro, P. T. A. 2003. Utilização dos Métodos de cartografia no Levantamento de Estruturas Físicas em Escala de Detalhe em Ecossistemas Fluviais. In: Congresso Brasileiro de Limnologia, 9, Juiz de Fora, Anais, resumo nº 542 em CD-ROOM.
- Lana, C. E. 2004. *Cartografia Integrada de Ecossistemas Lóticos (Fluviais) no Alto Curso do Rio das Velhas – MG*. Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 175p.
- Larcher, W. 2000. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos, SP, Editora RiMa Artes e Textos. 531p.
- Lawton, J.H. 1983. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. *Annual Review of Entomology*, **28**:23-39.
- Levin, S. A. 1992. The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology*, **73**: 1943– 1967.
- Lopes, W. P., Silva, A. F., Souza, A. L. & Meira Neto, J. A. A. 2002. Estrutura Fitossociológica de um Trecho de Vegetação Arbórea no Parque Estadual do Rio Doce - Minas Gerais, Brasil. *Acta Botanica Brasílica* **16**(4): 443-456.
- Lorenzi, H. 1992. *Árvores Brasileiras*. São Paulo, Editora Plantarum Ltda, 1ª edição. 421p.
- Lorenzi, H. 1998. *Árvores Brasileiras*. São Paulo, Editora Plantarum Ltda, 2ª edição. 352p.
- Malhi, Y. & Grace, J. 2000. Tropical forest and atmospheric carbon dioxide. *Trends in Ecology and Evolution*, **15**: 332-337.
- Marques, J. S. 2003. Ciência Geomorfológica. In: A. J. T. Guerra, & S. B. Cunha (eds.) *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil Ltda, 23-50.
- Martins, S. V., Silva, N. R. S., Souza, A. L. & Meira Neto, J. A. A. 2003. Distribuição de espécies arbóreas em um gradiente topográfico de floresta estacional semidecidual em Viçosa, MG. *Scientia Forestalis*, **64**: 171-181.
- Mayr E. 2004. *What Makes Biology Unique? Considerations In The Authonomy Of A Scientific Discipline*. Cambridge Univ. Press. 232 p.
- McGlade 1999. *Advanced Ecological Theory. Principles And Application*. Blacwell Science. 353 p.
- Mello, C. L. 1997. *Sedimentação e tectônica cenozóica no médio vale do Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas implicações na evolução de um sistema de lagos*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, IG, Tese de Doutorado, 275p.
- Meis, M. R. M. 1977. As unidades morfoestratigráficas neouaternárias do médio vale do Rio Doce. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **49**(3): 443-459.
- Meis, M. R. M. & Monteiro, A. M. F. 1979. Upper Quaternary “rampas”: Doce river valley, southeastern brazilian plateau. *Z. Geomorph.*, **23**(2): 132-151.
- Meis, M. R. M. & Tundisi, J. G. 1986. Geomorphological and limnological processes as a basis for lake typology. The middle Rio Doce lake system. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **58**(1): 103-120.
- Moffett, M.W. 2000. What’s “Up”? A critical look at the basic terms of canopy biology. *Biotropica*, **32**: 569-596.
- Moreira, S. 1986. Parque Florestal Estadual do Rio Doce: um pouco de sua história. Apostila datilografada não publicada. 48p.

- Moretto, E. M. 2001. *Diversidade Zooplanctônicas e Variáveis Limnológicas das Regiões Limnética e Litorânea de Cinco Lagoas do Vale do Rio Doce – MG, e suas Relações com o Entorno*. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 310p.
- Norse, D. R., Stork, N. E. & Lawton, J. H. 1988. Species number, species abundance and body length relationships of arboreal beetle in bornean lowland rain forest tree. *Ecological Entomology*, **13**, 25-37.
- Novotny, V., Basset, Y. & Kitching, R. 2003. Herbivore assemblages and their food resources. In: Y. Basset, V. Novotny, S. Miller & R. Kitching (eds.) *Arthropods of Tropical Forests: Spatio-Temporal Dynamics and Resource Use in the Canopy*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 40-53.
- Oliveira-Filho, A. T., Scolforo, J. R. & Mello, J. M. 1994. Composição florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras (MG). *Revista Brasileira de Botânica*, **17**: 159-174.
- Olliera, S., Chessel, D. Couteron, P., Pe'liissier, R., Thioulouse, J. 2003. Comparing and classifying one-dimensional spatial patterns: an application to laser altimeter profiles. *Remote Sensing of Environment*, **85**: 453-462.
- Parker, G. G. 1995. Structure and microclimate of forest canopies. In: M. D. Lowman & N. M. Nadkarni (eds.) *Forest canopy*. California, Academic Press, 73-106.
- Parker, G. G. & Brown, M. J. 2000. Forest canopy stratification – Is it useful? *American Naturalist*, **155**: 473-484.
- Perry, D. R. 1978. A method of access into the crowns of emergent and canopy tree. *Biotropica*, **10**: 155-157.
- Plano de Manejo PERD/IEF. 2002. [<http://www.ief.mg.gov.br> – Acessado em 03/01/2005].
- Price, P. W. 1992. Plant resources as the mechanistic basis for insect herbivore population dynamics. In: M. D. Hunter, T. Ohgushi & P. W. Price (eds.) *Effects of Resource Distribution on Animal-Plant Interaction*. San Diego, Califórnia, Academic Press, 139-173.
- Price, P. W. 1997. *Insect Ecology*. New York, John Wiley & Sons. 874p.
- Rahbek, C. 1995. The elevational gradient in species richness: a uniform pattern? *Ecography*, **18**: 200-205.
- Raven, P. D., Evert, R. F., Eichhorn, S. E. 2001. *Biologia Vegetal*. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan, 6ª edição. 906p.
- Resende, M., Curi, N., Rezende, S. B. & Corrêa, G. F. 1995. *Pedologia: bases para distinção de ambiente*. Viçosa: NEPUT/UFV. 338p.
- Ribeiro, S. P. 2003. Insect herbivores in the canopies of savanas and rainforest. In: Y. Basset, V. Novotny, S. E. Miller & R. L. Kitching (eds.) *Arthropods of Tropical Forest: spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy*. New York, Cambridge University Press, 348-359.
- Ribeiro, S. P., Borges, P. P., Gaspar, C., Melo, C., Serrano, A. R. M., Amaral, J., Aguiar, C., Andre, G. & Quartau, J. A. 2005. Canopy insect herbivores in the Azorean laurisilva forests: key host plant species in a highly generalist insect community. *Ecography*, **28**: 315-330.
- Richard, P. W. 1996. *Tropical Rain Forest*. Cambridge University Press, Second Edition. 575p.
- Ricklefs, R. E. 1996. *A economia da natureza*. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan, 3ª edição. 470p.
- Ridley, M. 1996. *Evolution*. Cambridge, Massachusetts, Blackwell Science Inc. 719p.
- Robert, A. & Moravie, M. A. 2003. Topographic variation and stand heterogeneity in a wet evergreen forest of India. *Journal of Tropical Ecology*, **19**: 697-707.
- Rodrigues-Filho. 1999. A holocene sedimentary record from lake Silvana, SE Brazil. *Lecture notes in Earth Sciences*, **88**: 1-96.
- Ross, J. L. S. 2000. *Geomorfologia – ambiente e planejamento*. Editora Contexto, 5ª edição. 84p.
- Schenk, H. J., Holzapfel, C., Hamilton, J. G., Mahall, B. E. 2003. Spatial ecology of a small desert shrub on adjacent geological substrates. *Journal of Ecology*, **91**: 383-395.
- Schumacher, M. V. & Hoppe, J. M. 1999. *A floreta e o Solo*. Porto Alegre, Pallotti, 1ª edição. 38p.
- Schulze, C. H., Linsenmair, E. & Fiedler, K. 2001. Understorey versus canopy: patterns of vertical stratification and diversity among Lepidoptera in a Bornean rain forest. *Plant Ecology*, **153**: 133-152.

- SIF - Sociedade de Investigações Florestais. 1990. Plano Diretor do Parque Florestal Estadual do Rio Doce – Programa Pró-Floresta. Viçosa, MG . Texto não publicado.
- Silva, L. V. C. 2001. Diagnóstico da Cobertura Vegetal. Contribuição para o Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce. Relatório Técnico.
- Silva, V. F., Venturin, N., Oliveira-Filho, A. T., Macedo, R. L.G., Carvalho, W. A. C., Berg, E. V. D. 2003. Caracterização Estrutural de um Fragmento de Floresta Semidecídua no Município de Ibituruna, MG. *Cerne*, **9**(1): 92-106.
- Silva, N. R. S., Martins, S. V., Meira Neto, J. A. A., Souza, A. L. R. 2004. Composição Florística e Estrutura de uma Floresta Estacional Semidecidual Montana em Viçosa, MG. *Revista Árvore*, **28**(3): 397-405.
- Smith, A. P., Hogan, k. P. & Idol, J. R. 1992. Spatial and temporal patterns of light and canopy structure in a lowland tropical moist forest. *Biotropica*, **24**: 503-511.
- Soares, J. P. 2002. *Diversidade e distribuição de insetos herbívoros e pressão de herbivoria em espécies arbóreas pioneiras no Parque Estadual do Rio Doce/MG*. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, Monografia, 50p.
- Southwood, T. R. E. & Henderson, P. A. 2000. *Ecological Methods*. London, Blackwell Science. Third Edition. 575p.
- Souza, A. F. & Martins, F. R. 2003. Água, luz e árvores: uma nova visão. *Ciêntica Hoje*, **198**: 62-64.
- Stork, N. E., J. Adis & Didham, R. K. 1997. *Canopy Arthropods*. London, Chapman & Hall. 567p.
- Strong, D. R., Lawton, J. H. & Southwood, S. R. 1984. *Insects on Plants: community, Patterns and Mechanisms*. Oxford, England, Blackwell Scientific Publications. 313p.
- Suguio, K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. São Paulo, Editora Edgard Blucher Ltda. 317p.
- Suguio, K., Kholer, H. C. 1992. Quaternary barred lake systems of Doce river (Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **64**(2): 183-191.
- Turcq, B.; Suguio, K.; Ybert, J. P.; Albuquerque, A. L. S.; Cocquit, C.; Kohler, H. C.; Martin, L.; Salgado-Laboriau, M. L. 1994. Evolution of lakes in the middle Doce river basin, Minas Gerais, Brazil. In: International Sedimentological Congress, 14, Recife, Abstracts, S6-10 – S6-11.
- Valentin, J. L. 2000. *Ecologia numérica – uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Rio de Janeiro, Editora Interciência. 117p.
- Vasconcelos, H. L. Macedo, A. C. C. & Vilhena, J. M. S. 2003. Influence of Topography on the Distribution of Ground-Dwelling Ants in an Amazonian Forest. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, **38** (2): 115-124.
- Vieira, S. R. 1998. Permeâmetro: novo aliado na avaliação de manejo do solo. *O Agrônomo*, **47**: 32-33.
- Walterman, P. G.; Ross, J. A. M. & Mckey, D. B. 1984. Factores affecting levels of some phenolic compounds, digestibility, and nitrogen content of the mature leaves of *Barteria fistulosa* (Passifloraceae). *Journal of Chemical Ecology*, **10**: 387-401.



## Anexo 1

Identificação das plantas amostradas neste estudo.

Família	Espécie	Altura média (m)	
Annonaceae	<i>Guatteria</i> sp1	11,52	
	<i>Guatteria</i> sp2	9,50	
	<i>Oxandra martiana</i> (Schltdl.) R.E.Fr.	18,50	
	<i>Rollinia</i> sp	15,60	
Bignoniaceae	Bignoniaceae sp1	21,40	
	Bignoniaceae sp2	32,90	
	<i>Paratecoma</i> sp	32,90	
	<i>Sparattosperma leucanthum</i> Schum.	36,15	
Bixaceae	<i>Bixa arborea</i> Huber	11,80	
Bombacaceae	<i>Ceiba</i> sp	17,25	
	<i>Eristeca</i> sp	11,50	
	<i>Pseudobombax</i> sp	18,47	
Cecropiaceae	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	16,25	
Clusiaceae	<i>Vismia</i> sp	10,20	
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	18,21	
	<i>Aparisthium cordatum</i> Bail.	8,00	
	<i>Croton piptocalyx</i> Müll. Arg.	23,00	
	Euphorbiaceae sp1	18,20	
	Euphorbiaceae sp2	19,20	
	Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> Brenan.	13,60
		<i>Balizia</i> sp	9,10
<i>Bauhinia longifolia</i> D. Dietr.		11,30	
<i>Bauhinia ovata</i> Vogel		6,60	
<i>Dalbergia foliolosa</i> Benth.		16,00	
<i>Dalbergia</i> sp		22,00	
Fabaceae sp1		21,80	
Fabaceae sp2		20,00	
Fabaceae sp3		10,00	
Fabaceae sp4		12,00	
<i>Inga capitata</i> (Miq.) Benth.		7,70	
<i>Inga</i> sp		10,10	
<i>Machaerium brasiliense</i> Vog.		13,50	
<i>Machaerium caratinganum</i> Kuhl. & Hoehne		15,00	
<i>Machaerium</i> sp		13,20	
<i>Platypodium elegans</i> Vog.		24,30	
<i>Sclerolobium rugosum</i> Mart.	15,35		
<i>Zollernia glabra</i> (Spreng.) Yacovlev	15,50		
Flacourtiaceae	<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	13,30	
	<i>Casearia</i> sp	11,40	
Humiriaceae	<i>Humiriastrum villosum</i> (Froés) Cruatec.	11,00	
Lauraceae	<i>Nectandra</i> sp	14,10	
	<i>Ocotea brachybotrya</i> (Meisn.) Mez	13,10	
	<i>Ocotea laxa</i> (Nees) Mez	13,50	
	<i>Ocotea velutina</i> (Nees) Rohwer.	24,00	
	<i>Ocotea</i> sp1	15,25	
	<i>Ocotea</i> sp2	7,00	
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	12,25	
Meliaceae	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer.	18,30	
	<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	10,20	

Família	Espécie	Altura média (m)
Meliaceae	<i>Guarea macrophylla</i> Vahl.	8,50
	<i>Trichilia silvatica</i> C. DC.	11,00
	<i>Trichilia</i> sp1	12,40
	<i>Trichilia</i> sp2	9,40
	<i>Trichilia</i> sp3	14,50
Monimiaceae	<i>Mollinedia</i> sp	8,00
	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	7,50
Moraceae	Moraceae sp1	23,60
	<i>Sorocea guilleminiana</i> Gaudich.	18,80
Myrtaceae	<i>Myrcia fallax</i> DC.	16,25
	<i>Psidium</i> sp	11,90
Nyctaginaceae	<i>Andradia floribunda</i> Allemao	13,90
Olacaceae	<i>Tetrastylidium grandifolium</i> Sleumer	19,60
Rubiaceae	<i>Amaioua corymbosa</i> (Bl.)Tirveng.	16,10
	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	9,20
Rutaceae	<i>Neoraputia alba</i>	14,00
Sapindaceae	<i>Cupania</i> sp	19,20
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum imperiale</i> Benth. & Hook.	19,90
	<i>Pouteria torta</i> Radlk.	8,00
	<i>Pouteria</i> sp	14,60
Sterculiaceae	<i>Pterygota brasiliensis</i> Allemão	38,80
Verbenaceae	<i>Vitex</i> sp	12,40
Violaceae	<i>Rinorea guianensis</i> Aubl.	18,60

## Anexo 2

---

Modelo digital 3D das feições geomorfológicas (crista, rampa e baixada) distribuídas em seis sítios no Parque Estadual do Rio Doce/MG. Esses modelos foram gerados no programa SurferR® 8.0.

Legenda:

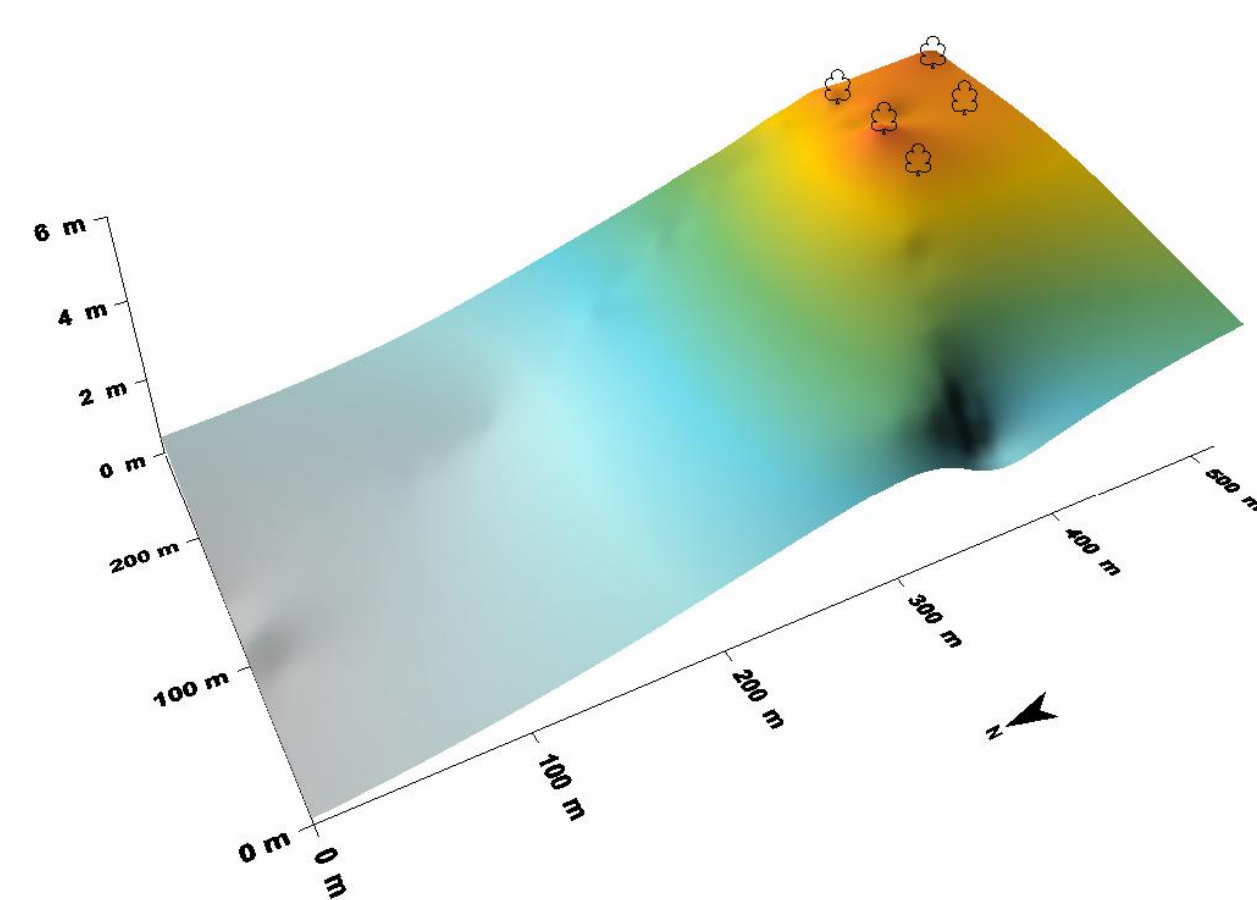


Grupo formado por 4 árvores nas quais foram feitas as coletas dos insetos herbívoros e as medidas estruturais das árvores.



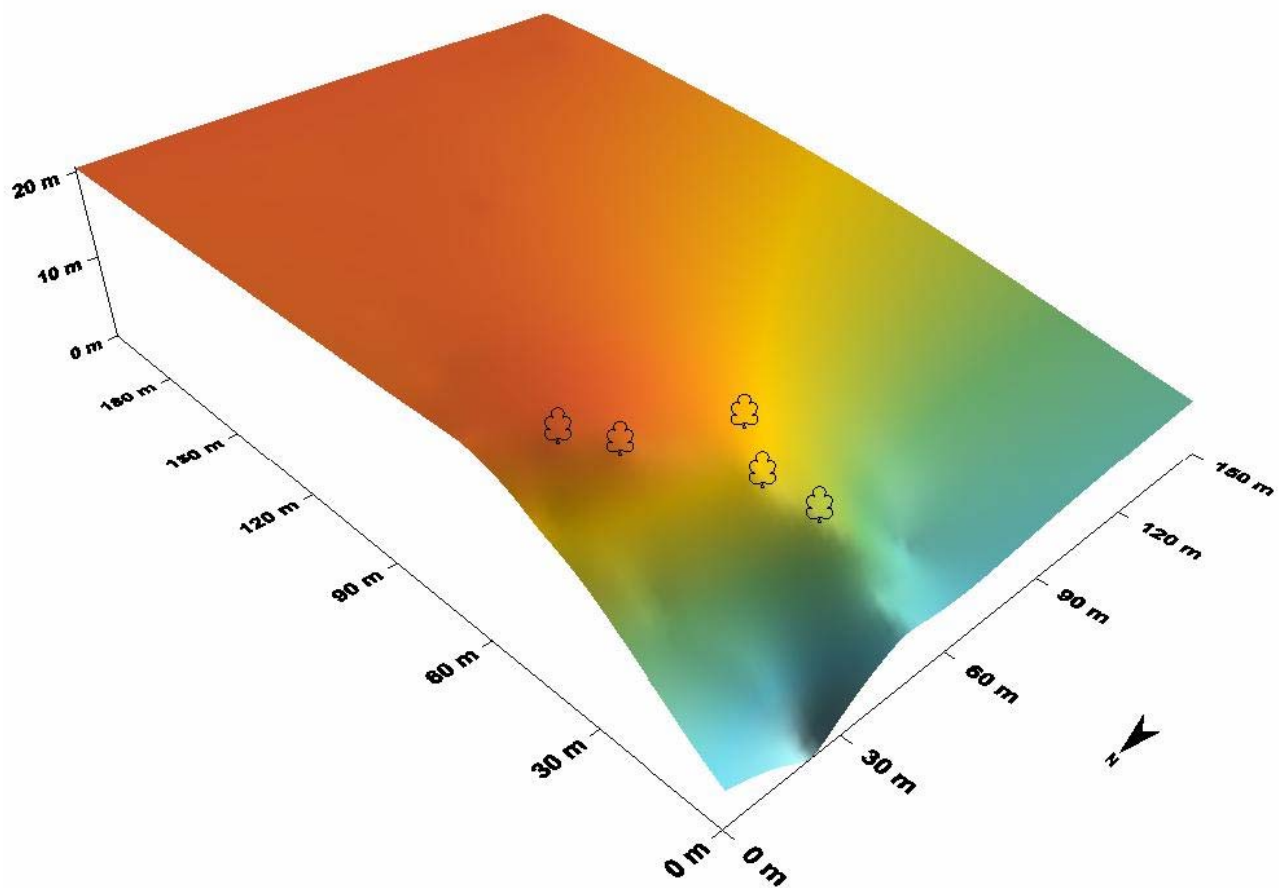


Modelo digital 3D da feição crista do sítio Macuco



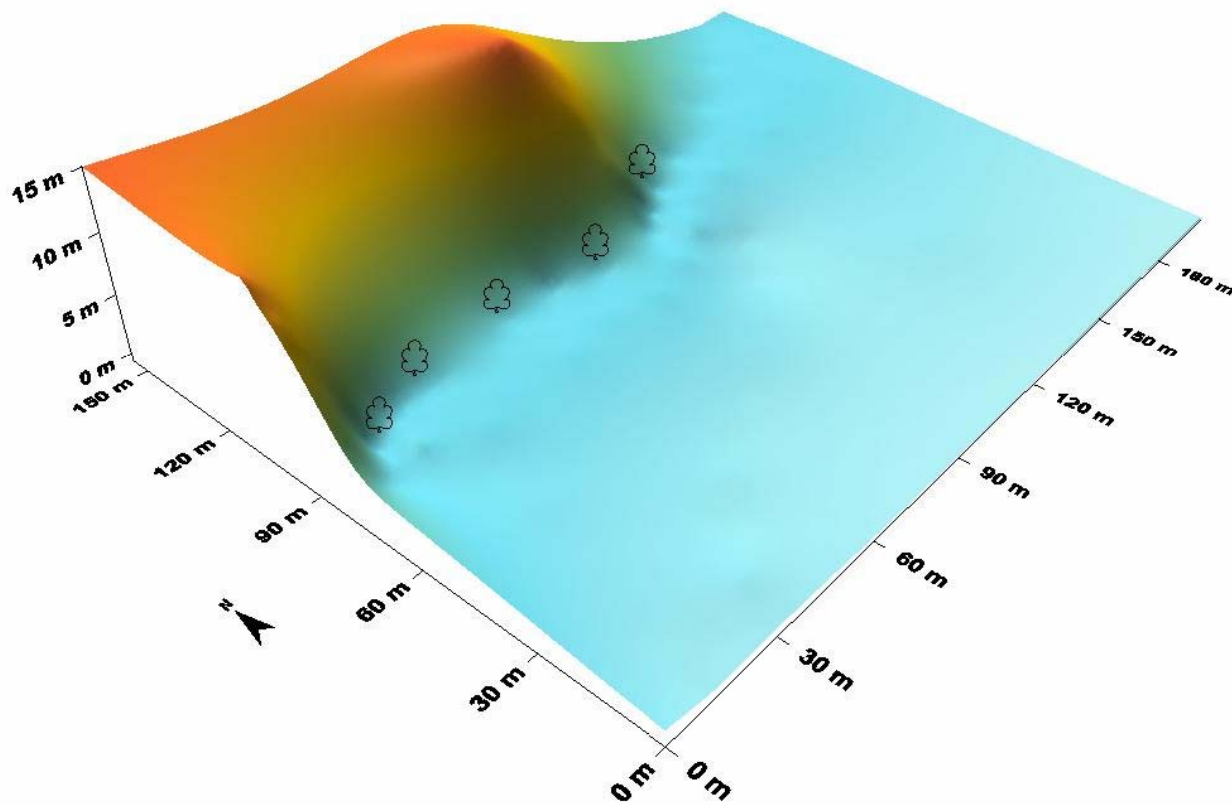
Soares, J. P., 2006, Estudo da Relação entre as Características Abióticas e Bióticas na Compartimentação de ...

Modelo digital 3D da feição crista do sítio Gambá



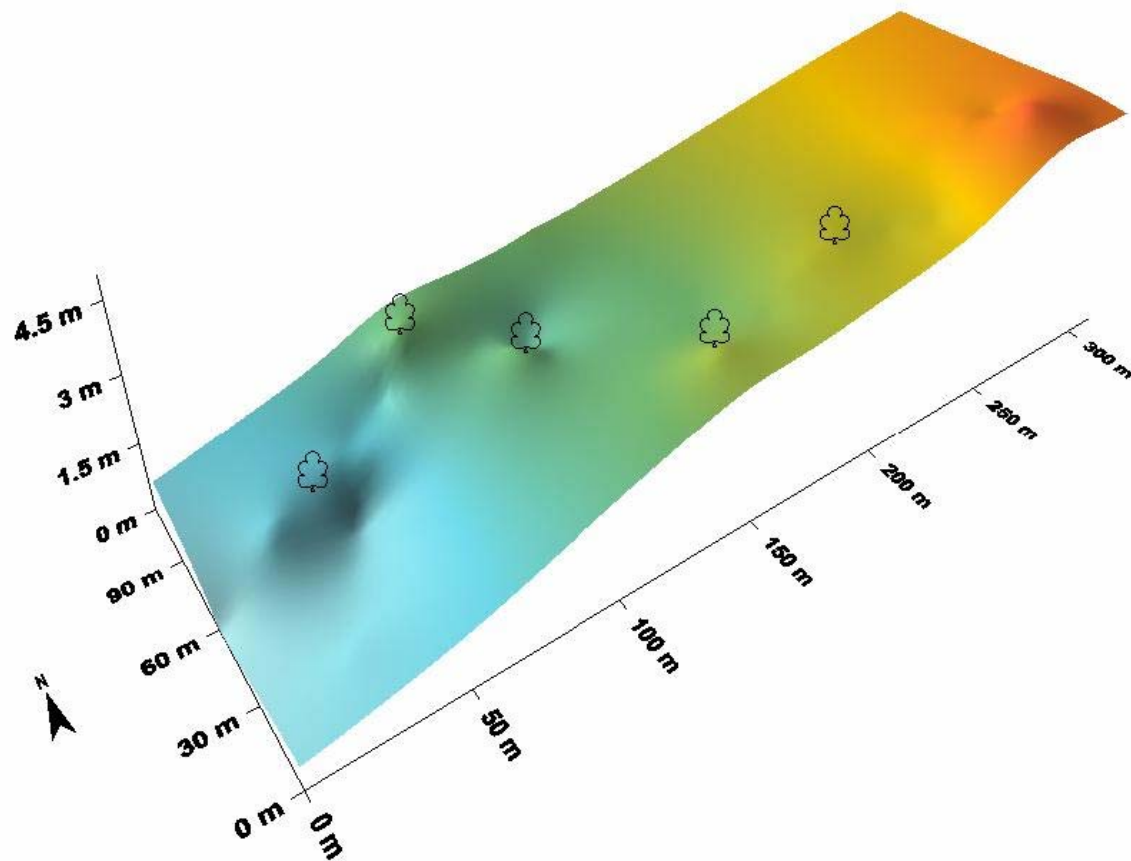
Soares, J. P., 2006, Estudo da Relação entre as Características Abióticas e Bióticas na Compartimentação de ...

Modelo digital 3D da feição rampa do sítio Macuco



Soares, J. P., 2006, Estudo da Relação entre as Características Abióticas e Bióticas na Compartimentação de ...

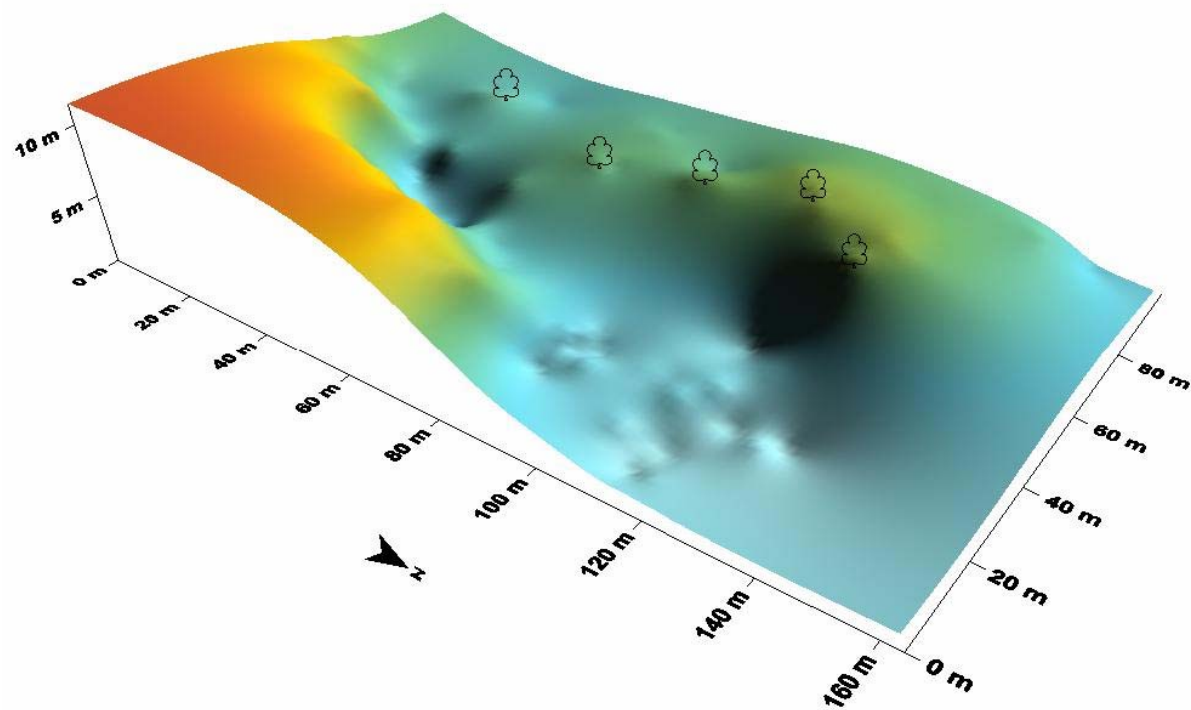
Modelo digital 3D da feição rampa do sítio Gambá



Soares, J. P., 2006, Estudo da Relação entre as Características Abióticas e Bióticas na Compartimentação de ...

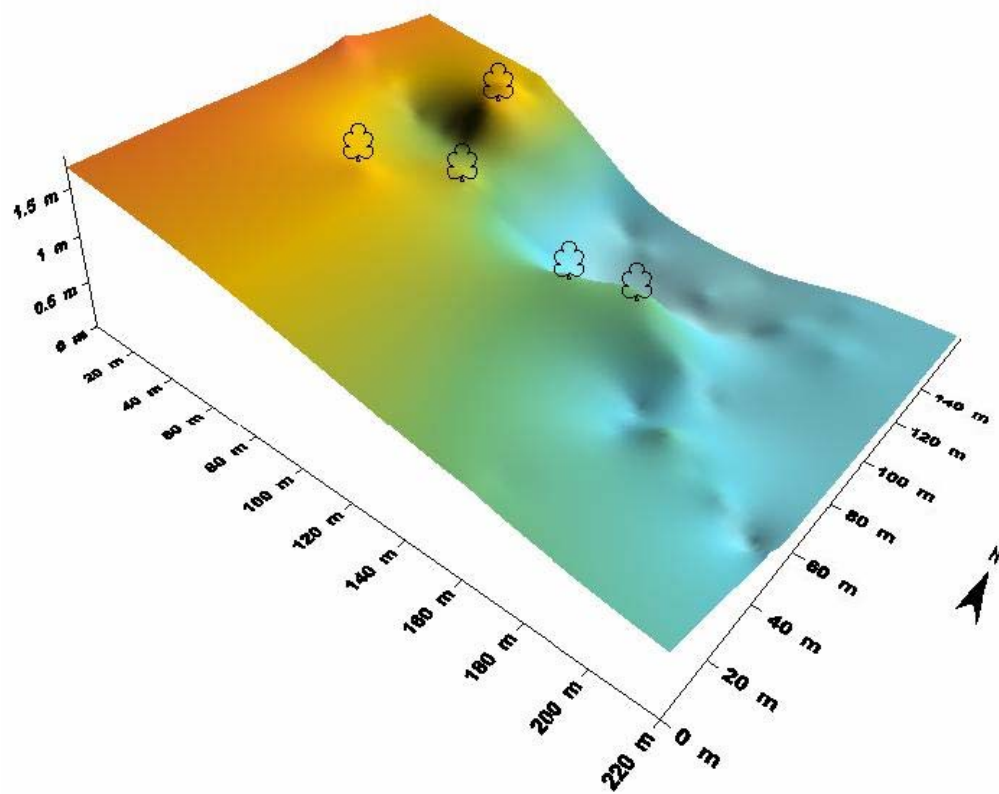


Modelo digital 3D da feição baixada do sítio Macuco





Modelo digital da feição baixada do sítio Teresa



Soares, J. P., 2006, Estudo da Relação entre as Características Abióticas e Bióticas na Compartimentação de ...

**Anexo 3**

Identificação dos insetos herbívoros amostrados neste estudo.

Ordem	Família	Sub-família	Tribo	Gênero	Espécie																
Coleoptera	Aderidae			<i>Aderus</i>	<i>Aderus</i> sp3 Aderidade sp1																
		Anobiidae		<i>Tricorynus</i>	<i>Tricorynus</i> sp1																
	Anobiidae			<i>Petalium</i>	<i>Petalium</i> sp1																
	Brentidae	Apioninae			Anobiidae sp5																
					<i>Apion</i>	<i>Apion</i> sp1 <i>Apion</i> sp2 Apioninae sp1 Apioninae sp2 Bostrichidae sp1															
	Bostrichidae																				
	Buprestidae			<i>Lius</i>	<i>Lius</i> sp1																
	Cerambycidae				Cerambycidae sp1																
	Chrysomelidae	Galerucinae	Alticini		<i>Parasyphraea</i>	<i>Parasyphraea</i> sp1 Alticini sp1 Alticini sp2 Alticini sp3 Alticini sp4 Alticini sp5 Alticini sp6 Alticini sp7 Alticini sp8 Galerucinae sp11 Galerucinae sp12 Galerucinae sp13 Chrysomelidae sp1 Cryptocephalini sp4 Cryptocephalini sp5 Lamprosomatinae sp2															
						Chrysomelidae	Cryptocephalinae	Cryptocephalini													
						Chrysomelidae	Lamprosomatinae														
						Curculionidae	Brachycerinae	Leptosini		<i>Lordops</i>	<i>Lordops</i> sp2 Leptosini sp1 Brachycerinae sp7 Brachycerinae sp8 Brachycerinae sp9 Brachycerinae sp10 Brachycerinae sp11 Brachycerinae sp12										
											Curculionidae	Curculioninae	Cryptorhynchini		<i>Elytrocoptus</i>	<i>Elytrocoptus</i> sp1 Cryptorhynchini sp1 Cryptorhynchini sp2 Cryptorhynchini sp3 Cryptorhynchini sp4 Cryptorhynchini sp5 Cryptorhynchini sp6 Cryptorhynchini sp7					
																Curculionidae	Curculioninae	Otidocephalini			Otidocephalini sp2
																					Otidocephalini sp3
											Curculionidae	Curculioninae					Curculioninae sp51 Curculioninae sp52 Curculioninae sp53				

Ordem	Família	Sub-família	Tribo	Gênero	Espécie					
Coleoptera	Curculionidae	Curculioninae	Otidocephalini		Curculioninae sp54					
					Curculioninae sp55					
					Curculioninae sp56					
					Curculioninae sp57					
					Curculioninae sp58					
					Curculioninae sp59					
					Curculioninae sp60					
					Curculioninae sp61					
					Curculioninae sp62					
					Curculioninae sp63					
					Curculioninae sp64					
					Curculioninae sp65					
					Curculioninae sp66					
					Curculioninae sp67					
					Curculioninae sp68					
					Curculioninae sp69					
					Curculioninae sp70					
					Curculioninae sp71					
					Curculioninae sp72					
					Curculioninae sp73					
					Curculioninae sp74					
					Curculioninae sp75					
						Elatтерidae				Elatтерidae sp11
										Elatтерidae sp12
										Elatтерidae sp13
						Lathrididae				Lathrididae sp3
						Lycidae				Lycidae sp2
					Lycidae sp3					
	Mordellidae				Mordellidae sp3					
	Phalacridae				Phalacridae sp1					
					Phalacridae sp7					
					Phalacridae sp8					
					Phalacridae sp9					
<b>coleoptera (Phasmida)</b>	<b>Phasmidae</b>				<b>Phasmidae sp1</b>					
					<b>Phasmidae sp2</b>					
	Scarabaeidae				Scarabaeidae sp1					
	Tenebrionidae	Alleculinae			Alleculinae sp3					
					Tenebrionidae sp9					
					Tenebrionidae sp16					
					Tenebrionidae sp17					
					Larva Coleoptera					
					Lagarta					
Lepidoptera					Tettigonidae sp1					
Orthoptera	Tettigonidae				Tettigonidae sp2					
					Ninfa Orthoptera					
Tysanoptera					Tysanoptera sp1					
Auchenorrhyncha	Cicadellidae				Cicadellidae sp1					
					Cicadellidae sp2					
					Cicadellidae sp3					
					Cicadellidae sp4					
					Cicadellidae sp5					
					Cicadellidae sp6					
Auchenorrhyncha	Fulgoridae				Ninfa sp1					

Ordem	Família	Sub-família	Tribo	Gênero	Espécie					
Auchenorrhyncha	Fulgoridae				Ninfa sp2					
					Ninfa 14					
	Membracidae					Membracidae sp1				
						Membracidae sp2				
						Membracidae sp3				
						Ninfa sp1				
						Ninfa sp2				
						Ninfa sp1 1				
	Flatidae					Flatidae sp1				
						Flatidae sp2				
						Flatidae sp3				
						Derbidae sp1				
	Derbidae					Cixiidae sp1				
						Achilidae sp1				
					Tropiduchidae sp1					
Auchenorrhyncha					Ninfa sp1					
					Ninfa sp2					
					Ninfa sp3					
					Ninfa sp4					
					Ninfa sp5					
					Ninfa sp10					
					Ninfa sp12					
					Ninfa sp13					
					Ninfa sp15					
					Ninfa sp16					
					Ninfa sp17					
					Sternorrhyncha	Psyllidae				Psyllidae sp1
										Psyllidae sp2
										Psyllidae sp3
										Psyllidae sp4
										Psyllidae sp5
			Psyllidae sp6							
			Psyllidae sp7							
			Psyllidae sp8							
Heteroptera	Pentatomidae				Pentatomidae sp1					
					Ninfa 2					
					Ninfa 3					
					Ninfa 4					
					Ninfa 5					
					Ninfa 6					
	Miridae					Miridae sp1				
						Miridae sp2				
						Miridae sp3				
						Miridae sp4				
	Phloeidae					Ninfa 1				
						Phloeidae sp1				
		Lygaeidae				Lygaeidae sp1				
						Lygaeidae sp2				
		Coreidae					Coreidae sp1			
			Tingidae				Tingidae sp1			
					Tingidae sp2					

## Anexo 4

Resultados dos cálculos da condutividade hidráulica de cada ponto amostral.

Feição geomorfológica	Área	Ponto	Kfs (cm/s)
Crista	Macuco	ML/C1	0,0006957
Crista	Macuco	ML/C2	0,0003102
Crista	Macuco	ML/C3	0,0007458
Crista	Macuco	ML/C4	0,0032904
Crista	Macuco	ML/C5	0,0003729
Crista	Gambá	TG/C1	0,0044374
Crista	Gambá	TG/C2	0,0034095
Crista	Gambá	TG/C3	0,0016765
Crista	Gambá	TG/C4	0,0036978
Crista	Gambá	TG/C5	0,0044906
Rampa	Macuco	ML/R1	0
Rampa	Macuco	ML/R2	0,0001285
Rampa	Macuco	ML/R3	0,0005202
Rampa	Macuco	ML/R4	0,0003447
Rampa	Macuco	ML/R5	0,0008712
Rampa	Gambá	EG/R1	0,000304
Rampa	Gambá	EG/R2	3,447E-05
Rampa	Gambá	EG/R3	8,461E-05
Rampa	Gambá	EG/R4	0,000188
Rampa	Gambá	EG/R5	4,701E-05
Baixada	Macuco	ML/B1	0,0015199
Baixada	Macuco	ML/B2	0,0020808
Baixada	Macuco	ML/B3	0,0001567
Baixada	Macuco	ML/B4	0,005296
Baixada	Macuco	ML/B5	0,0013036
Baixada	Teresa	TT/B1	4,074E-05
Baixada	Teresa	TT/B2	0,0001034
Baixada	Teresa	TT/B3	8,148E-05
Baixada	Teresa	TT/B4	0,0002601
Baixada	Teresa	TT/B5	0,000304



## Anexo 5

Resultado da análise granulométrica de 30 amostras de sedimentos contendo agregados naturais. Os resultados estão apresentados em valores percentuais de cada fração granulométrica.

Feição geomorfológica	Área	Amostra	Seixo	Grânulo	Areia					Silte/argila
					Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina	
Crista	Macuco	ML/C1	37,97	22,34	10,61	15,68	9,19	3,70	0,30	0,19
Crista	Macuco	ML/C2	35,92	24,20	10,98	15,87	8,96	3,77	0,26	0,29
Crista	Macuco	ML/C3	55,01	16,60	6,67	9,06	6,82	4,76	0,47	0,60
Crista	Macuco	ML/C4	39,55	21,05	9,85	15,08	9,31	4,31	0,34	0,43
Crista	Macuco	ML/C5	28,84	24,77	12,14	17,52	11,53	4,73	0,30	0,14
Crista	Gambá	TG/C1	19,63	15,68	9,08	19,36	20,30	14,60	1,01	0,41
Crista	Gambá	TG/C2	17,54	17,05	9,39	20,69	20,17	13,48	1,04	0,62
Crista	Gambá	TG/C3	23,62	20,89	9,54	17,87	15,76	10,86	0,97	0,45
Crista	Gambá	TG/C4	22,57	15,17	8,01	17,97	19,36	15,00	1,22	0,58
Crista	Gambá	TG/C5	41,80	19,17	7,37	11,26	10,43	8,34	0,33	1,30
Rampa	Macuco	ML/R1	49,57	21,44	10,36	11,58	4,50	2,06	0,34	0,14
Rampa	Macuco	ML/R2	35,57	24,83	13,41	17,74	4,62	3,53	0,25	0,32
Rampa	Macuco	ML/R3	25,39	20,39	15,32	25,17	7,04	5,36	0,74	0,44
Rampa	Macuco	ML/R4	40,17	25,86	12,24	15,30	3,40	2,58	0,30	0,22
Rampa	Macuco	ML/R5	46,26	22,93	10,28	11,00	4,97	3,53	0,57	0,31
Rampa	Gambá	EG/R1	31,87	27,04	11,69	13,91	8,00	5,12	0,59	1,57
Rampa	Gambá	EG/R2	39,96	22,13	9,88	10,74	6,34	7,81	0,41	2,64
Rampa	Gambá	EG/R3	37,50	22,95	10,67	13,81	7,36	5,25	1,43	0,98
Rampa	Gambá	EG/R4	33,78	13,40	4,92	4,61	3,85	25,58	4,45	9,37
Rampa	Gambá	EG/R5	60,44	18,67	6,57	5,38	2,07	3,98	0,89	1,93
Baixada	Teresa	ML/B1	15,53	18,13	6,79	13,23	21,82	21,67	1,74	0,79
Baixada	Teresa	ML/B2	13,01	21,45	11,77	22,17	19,20	11,02	1,01	0,51
Baixada	Teresa	ML/B3	48,21	20,91	7,10	8,86	6,90	6,31	0,92	0,76
Baixada	Teresa	ML/B4	30,90	21,70	7,19	8,56	9,04	18,78	1,05	2,74
Baixada	Teresa	ML/B5	15,70	17,86	5,67	12,38	22,73	22,92	0,79	1,75
Baixada	Teresa	TT/B1	30,20	17,24	6,65	11,87	18,64	13,57	0,55	1,25
Baixada	Teresa	TT/B2	17,85	15,04	6,50	12,81	26,14	19,74	0,58	1,26
Baixada	Teresa	TT/B3	21,87	20,72	7,37	12,91	17,81	16,90	0,46	1,77
Baixada	Teresa	TT/B4	30,99	21,20	7,89	12,05	13,15	12,95	0,60	1,17
Baixada	Teresa	TT/B5	36,85	29,19	12,44	11,92	5,69	3,20	0,36	0,34

## Anexo 6

Resultado da análise granulométrica de 30 amostras de sedimentos desagregados mecanicamente. Os resultados estão apresentados em valores percentuais de cada fração granulométrica.

Feição geomorfológica	Área	Amostra	Seixo	Grânulo	Areia					Silte/argila
					Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina	
Crista	Macuco	ML/C1	5,49	17,44	11,60	28,01	18,50	14,26	2,19	0,77
Crista	Macuco	ML/C2	2,87	11,14	7,53	29,68	25,58	17,25	5,09	0,50
Crista	Macuco	ML/C3	6,11	14,99	9,19	25,37	20,53	17,93	4,37	1,49
Crista	Macuco	ML/C4	5,10	10,94	9,62	27,80	24,19	17,40	4,85	0,46
Crista	Macuco	ML/C5	5,81	17,31	10,13	28,75	17,80	15,41	4,06	0,44
Crista	Gambá	TG/C1	0,42	5,04	5,79	24,63	27,47	30,26	4,98	1,27
Crista	Gambá	TG/C2	0,11	3,75	5,08	26,64	30,88	28,01	4,08	1,28
Crista	Gambá	TG/C3	0,91	6,02	6,00	25,80	26,80	28,15	5,11	0,95
Crista	Gambá	TG/C4	0,73	3,95	4,29	22,72	27,84	32,30	6,76	1,40
Crista	Gambá	TG/C5	0,61	6,32	6,72	23,15	27,26	28,49	6,77	0,58
Rampa	Macuco	ML/R1	9,11	15,42	12,12	28,41	14,97	14,39	5,48	0,15
Rampa	Macuco	ML/R2	12,33	13,43	11,28	28,53	16,43	13,54	3,83	0,34
Rampa	Macuco	ML/R3	0,33	8,53	16,09	35,15	21,27	14,25	4,06	0,20
Rampa	Macuco	ML/R4	0,70	11,30	8,87	34,15	22,44	16,96	5,59	0,52
Rampa	Macuco	ML/R5	2,58	14,72	11,45	28,21	19,18	17,33	5,20	1,12
Rampa	Gambá	EG/R1	0,44	5,23	5,92	26,26	18,56	22,97	18,76	1,64
Rampa	Gambá	EG/R2	0,00	5,73	6,55	19,59	15,39	31,58	13,87	6,66
Rampa	Gambá	EG/R3	3,92	11,60	7,14	22,72	14,59	21,18	14,47	4,10
Rampa	Gambá	EG/R4	0,00	1,59	2,68	8,88	7,07	53,21	20,02	6,16
Rampa	Gambá	EG/R5	0,00	3,18	6,14	20,98	11,85	27,48	23,43	6,61
Baixada	Macuco	ML/B1	0,00	2,38	3,42	15,88	28,34	37,58	8,23	3,58
Baixada	Macuco	ML/B2	0,00	6,31	10,04	28,78	27,74	21,24	4,39	1,50
Baixada	Macuco	ML/B3	0,00	7,35	5,70	21,21	16,25	32,09	11,75	5,48
Baixada	Macuco	ML/B4	0,11	1,25	2,05	12,26	18,65	50,56	11,78	3,16
Baixada	Macuco	ML/B5	0,93	13,25	6,44	17,13	24,97	31,21	3,75	2,28
Baixada	Teresa	TT/B1	0,00	0,16	0,94	16,18	36,86	36,56	7,76	1,52
Baixada	Teresa	TT/B2	0,00	0,24	0,69	11,82	36,52	42,68	6,45	1,41
Baixada	Teresa	TT/B3	0,00	0,38	1,26	15,37	31,76	42,77	6,93	1,53
Baixada	Teresa	TT/B4	0,00	0,27	1,53	18,89	27,59	41,83	8,31	1,30
Baixada	Teresa	TT/B5	1,16	11,17	10,82	30,17	17,85	19,45	8,79	0,59

## Anexo 7

Resultado da contagem de 200 grãos para a fração granulométrica que representou a moda em cada uma das amostras de sedimentos desagregadas mecanicamente.

Feição geomorfológica	Área	Amostra	Fração	Total de grãos	% Não agregados	% Agregados
Crista	Macuco	ML/C1	Areia grossa	200	9,5	90,5
Crista	Macuco	ML/C2	Areia grossa	200	7,5	92,5
Crista	Macuco	ML/C3	Areia grossa	200	8,5	91,5
Crista	Macuco	ML/C4	Areia grossa	200	6	94
Crista	Macuco	ML/C5	Areia grossa	200	7,5	92,5
Crista	Gambá	TG/C1	Areia fina	200	20	80
Crista	Gambá	TG/C2	Areia média	200	21,5	78,5
Crista	Gambá	TG/C3	Areia fina	200	40	60
Crista	Gambá	TG/C4	Areia fina	200	31	69
Crista	Gambá	TG/C5	Areia fina	200	28	72
Rampa	Macuco	ML/R1	Areia grossa	200	6	94
Rampa	Macuco	ML/R2	Areia grossa	200	3	97
Rampa	Macuco	ML/R3	Areia grossa	200	14,5	85,5
Rampa	Macuco	ML/R4	Areia grossa	200	7	93
Rampa	Macuco	ML/R5	Areia grossa	200	6	94
Rampa	Gambá	TG/R1	Areia grossa	200	0	100
Rampa	Gambá	TG/R2	Areia fina	200	42,5	57,5
Rampa	Gambá	TG/R3	Areia grossa	200	0	100
Rampa	Gambá	TG/R4	Areia fina	200	48	52
Rampa	Gambá	TG/R5	Areia fina	200	49	51
Baixada	Macuco	ML/B1	Areia fina	200	33,5	66,5
Baixada	Macuco	ML/B2	Areia grossa	200	40	60
Baixada	Macuco	ML/B3	Areia fina	200	21,5	78,5
Baixada	Macuco	ML/B4	Areia fina	200	44,5	55,5
Baixada	Macuco	ML/B5	Areia fina	200	41,5	58,5
Baixada	Baixada	TT/B1	Areia média	200	42,5	57,5
Baixada	Baixada	TT/B2	Areia fina	200	53,5	46,5
Baixada	Baixada	TT/B3	Areia fina	200	51	49
Baixada	Baixada	TT/B4	Areia fina	200	51,5	48,5
Baixada	Baixada	TT/B5	Areia grossa	200	0	100

## Anexo 8

Riqueza e abundância das famílias de insetos herbívoros.

Taxa	Riqueza	Abundância
<b>Auchenorrhyncha</b>		
Achilidae	1	2
Cicadellidae	6	9
Cixiidae	1	1
Derbidae	1	1
Flatidae	3	3
Membracidae	3	3
Tropiduchidae	1	1
Ninfas	17	23
<b>Sternorrhyncha</b>		
Psyllidae	8	12
<b>Heteroptera</b>		
Coreidae	1	1
Lygaeidae	2	2
Miridae	4	7
Pentatomidae	1	2
Phloeidae	1	2
Tingidae	1	4
Ninfas	5	5
<b>Coleoptera</b>		
Aderidae	2	2
Anobiidae	3	15
Brenthidae	4	23
Bostrichidae	1	2
Buprestidae	1	1
Cerambycidae	1	1
Chrysomelidae	16	49
Curculionidae	43	87
Elateridae	3	4
Lathridiidae	1	1
Lycidae	2	2
Mordellidae	1	1
Phalacriidae	3	4
Sacarabaeidae	1	1
Thenebrionidae	4	16
Larva	1	14
Não identificados	3	3
<b>Lepdoptera</b>		
Lagarta	1	3
<b>Orthoptera</b>		
Tettigonidae	2	3
Ninfas	2	18
<b>Phasmatodea</b>		
Phasmidae	2	3
<b>Total</b>	<b>153</b>	<b>331</b>

## Anexo 9

a) Tabela de ANOVA para efeito da feição geomorfológica sobre a estrutura da floresta (considerando a altura de árvores).

Variável dependente	Altura média dos grupos de árvores				
Variável independente	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Soma dos quadrados médios	F	P
Feição geomorfológica	81,253	2	40,626	4,21	0,0256
Erro	260,640	27	9,653		

b) Tabela de ANOVA aninhada para efeito da feição geomorfológica sobre a riqueza de insetos herbívoros.

Variável dependente	Riqueza de insetos herbívoros				
Variáveis independentes	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Soma dos quadrados médios	F	P
Feição geomorfológica	45,116	2	22,558	5,63	< 0,05
Grupo de árvores (feição)	108,25	27	4,009	1,215	0,215
Erro	288,5	90	3,205		

c) Tabela de ANOVA aninhada para efeito da feição geomorfológica sobre abundância de insetos herbívoros.

Variável dependente	Abundância de insetos herbívoros				
Variáveis independentes	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Soma dos quadrados médios	F	P
Feição geomorfológica	82,117	2	41,058	3,40	> 0,05
Grupo de árvores (feição)	328,125	27	12,152	1,08	0,379
Erro	1011,75	90	11,241		

d) Tabela de ANOVA bifatorial para efeito das feições geomorfológicas em contraste com o efeito da localização destas em dois blocos geograficamente distantes sobre a riqueza de insetos herbívoros.

Variável dependente	Riqueza de insetos herbívoros				
Variáveis independentes	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Soma dos quadrados médios	F	P
Bloco	8,533	1	8,533	2,51	0,115
Feição geomorfológica	45,116	2	22,558	6,64	0,001
Bloco x Feição	1,016	2	0,508	0,15	0,861
Erro	387,2	114	3,396		

e) Tabela de ANOVA bifatorial para efeito das feições geomorfológicas em contraste com o efeito da localização destas em dois blocos geograficamente distantes sobre a abundância de insetos herbívoros.

Variável dependente	Abundância de insetos herbívoros					
	Variáveis independentes	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Soma dos quadrados médios	F	P
Bloco		12,675	1	12,675	1,1	0,295
Feição geomorfológica		82,117	2	41,058	3,58	0,031
Bloco x Feição		19,95	2	9,975	0,87	0,421
Erro		1307,25	114	11,467		

## Ficha de Aprovação

---

### **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**TÍTULO: Estudo da relação entre as características abióticas e bióticas na compartimentação de comunidades ecológicas no Parque Estadual do Rio Doce/MG com base na geomorfologia e na interação inseto-planta**

**AUTOR(A): Janaina Pizzatti Soares**

**ORIENTADOR: Sérgio Pontes Ribeiro**

**CO-ORIENTADOR: Paulo de Tarso A. Castro**

**Aprovada em: 31/03/2006.**

**PRESIDENTE: Sérgio Pontes Ribeiro**

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof Dr Sérgio Pontes Ribeiro (DEGEO/UFOP)

Profª Drª Mariângela Garcia Praça Leite (DEGEO/UFOP)

Prof Dr Og Francisco Fonseca de Souza (UFV)

**Ouro Preto, 31/03/2006.**