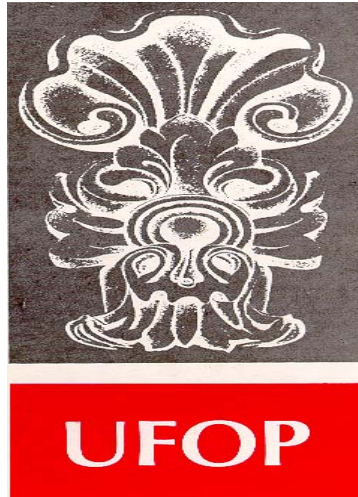


**AVALIAÇÃO DA CONSISTÊNCIA E EVOLUÇÃO DA
REABILITAÇÃO DE ÁREAS MINERADAS NOS ALUVIÕES DO
RIO JEQUITINHONHA COM BASE NOS CONDICIONANTES
GEOLÓGICOS E NA FAUNA DE FORMIGAS**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitor

João Luiz Martins

Vice-Reitor

Antenor 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

Selma Maria Fernandez



EVOLUÇÃO CRUSTAL E RECURSOS NATURAIS

CONTRIBUIÇÕES ÀS CIÊNCIAS DA TERRA – VOL.36

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nº 258

**AVALIAÇÃO DA CONSISTÊNCIA E EVOLUÇÃO DA REABILITAÇÃO
DE ÁREAS MINERADAS NOS ALUVIÕES DO RIO JEQUITINHONHA
COM BASE NOS CONDICIONANTES GEOLÓGICOS E NA FAUNA DE
FORMIGAS**

Cinthia Borges da Costa

Orientador

Sérvio Pontes Ribeiro

Co-orientador

Paulo de Tarso A. de 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 Ciência Naturais, Área de Concentração: Geologia Ambiental e

Conservação de Recursos Naturais

OURO PRETO

2007

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

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

C837a Costa, Cinthia Borges da.
Avaliação da consistência e evolução da reabilitação de áreas mineradoras nos aluviões do Rio Jequitinhonha com base nos condicionantes geológicos e na fauna de formigas [manuscrito] / Cinthia Borges da Costa. - 2007.

xx, 91f.; il. color. (Contribuições às Ciências da Terra. Série M, v. 46, n. 258)

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Pontes Ribeiro.
Co-orientador: Prof. Dr. Paulo de Tarso A. Carneiro.

Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia. Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais.
Área de concentração: Geologia ambiental.

1. Inseto - Sociedades - Teses. 2. Mineração aluvionar - Teses. 3. Permeabilidade - Teses. 4. Mineralogia - Teses. I. Universidade Federal de Ouro Preto. II. Título.

CDU: 550.7(815.1)

Fonte de catalogação: sisbin@sisbin.ufop.br

Dedico esta dissertação à minha Mãe Marilda
e minhas irmãs Bianca e Cláudia.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por ter me dado a chance de me graduar e dar continuidade ao meu estudo em uma universidade pública e de qualidade. A minha Mãe Marilda, que sempre acreditou em mim, me incentivou em todos os momentos e que me ensinou a ser responsável e dedicada em meus estudos. As minhas irmãs Bianca e Cláudia, que mesmo longe torceram por mim e acreditaram nos meus sonhos. Ao Flávio, pelo carinho e dedicação e por me ajudar a executar este projeto.

A Mineração Rio Novo, em especial Luis Carlos, Marco e Matheus, por apoiarem o ensino superior e financiar o projeto de dissertação, dando todo o suporte necessário para a execução do mesmo. A CAPES pela bolsa concedida, ao DEGEO que me forneceu toda estrutura e conhecimento necessário para a realização da dissertação.

Aos meus orientadores, Sérgio e Paulo, o meu muito obrigada! Ao Sérgio que continuou a me ensinar, e ao Paulo por ter sido além de orientador um grande amigo que me fez aprender geologia, e a cima de tudo gostar da geologia. Aos companheiros do Laboratório de Ecologia Evolutiva de Herbívoros de Dossel e Sucessão Natural do Solo, em especial ao Wesley da Rocha e Flávio de Castro, e aos amigos do programa de pós-graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Janaína, Tatiana, Cláudio e Sílvia pelo apoio, e as companheiras Augusta, Liliane e Maria Carolina. Ao Edgar que pela sua disposição e boa vontade em me ajudar.

A República Tropicália, em especial Lindaura Cajazeira, Sheila Carvalho, Maria Regina Boroni, Deborah Lemes e Karolayne Assis, que me acolheu durante o ano em que morei fora, meninas muito obrigada!

Sumário

AGRADECIMENTOS.....	ix
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS.....	xiv
RESUMO	xvii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações Iniciais.....	1
1.1.1. A Influência da Mirmecofauna sobre o Solo.....	3
1.1.2. A Importância Ecológica da Mirmecofauna como Bioindicadora	4
1.2. Justificativa	6
1.3. Objetivos	7
1.4. Localização e Vias de Acesso	8
CAPÍTULO 2. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS E GEOLÓGICOS DO ALTO	
JEQUITINHONHA	11
2.1. Considerações Iniciais.....	11
2.2. Aspectos Fisiográficos da Região do Alto Jequitinhonha.....	12
2.2.1. Geologia do Alto Jequitinhonha e da Região Estudada	12
2.2.2. Geomorfologia	13
2.2.3. Solo	14
2.2.4. Clima	15
2.2.5. Hidrografia	15
2.2.6. Vegetação.....	16
2.2.7. Projeto de Reabilitação.....	19
CAPÍTULO 3. METODOLOGIA - PARÂMETROS ANALISADOS	23
3.1. Desenho Amostral.....	23
3.2. Variáveis Abióticas Determinantes da Sucessão Natural.....	25
3.2.1. Características Sedimentológicas dos Aluviões	25
3.2.2. Granulometria	26
3.2.3. Permeabilidade.....	27
3.2.4. Mineralogia	29
3.3. Variáveis Abióticas bioindicadoras da sucessão natural: Coleta da Mirmecofauna	31
3.4. Análise dos Dados.....	34

CAPÍTULO 4. RESULTADOS	35
4.1. Variáveis Abióticas Determinantes da Sucessão Natural	35
4.1.1. Perfil Comparativo dos Sedimentos	35
4.1.2. Mineralogia e Granulometria.....	48
4.1.3. Permeabilidade	58
4.2. Mirmecofauna e Efeito das Variáveis Abióticas sobre a Estruturação da Assembléia de Formigas	59
4.2.1. Permeabilidade em Função da Mirmecofauna	65
4.2.2. Granulometria em Função da Mirmecofauna	65
CAPÍTULO 5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO	71
5.1. Sobrevivência e Distribuição das Espécies Introduzidas em função da elevada Heterogeneidade espacial	71
5.2. Associações entre Mirmecofauna e Condicionantes Geológicas afetando a Velocidade da Sucessão Vegetacional	72
5.2.1. Mirmecofauna em Função do Novo Perfil do Sedimento	72
5.2.2. Mirmecofauna em Função da Granulometria e Mineralogia.....	73
5.2.3. Mirmecofauna em Função da Permeabilidade	75
5.2.4. Mirmecofauna.....	75
5.2.5. Geomorfologia dos Terraços e Praias.....	77
5.3. Conclusão	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS	87
BANCA EXAMINADORA (<i>Ficha de Aprovação</i>).....	93

Lista de Ilustrações

Figura 1.1- Mapa das Vias de Acesso da Região Estudada	9
Figura 2.1- Foto de Satélite da Região Dragada pela Mineração Rio Novo	14
Figura 2.2- Mapa Hidrológico do rio Jequitinhonha	16
Figura 2.3- Espécies de Plantas da Região Estudada	17
Figura 2.4- Esquema do Método de Lavra	21
Figura 2.5- Método de Trabalho	22
Figura 3.1- Mapa das Áreas Estudadas ao longo do Rio Jequitinhonha	24
Figura 3.2- Trado e Amostras Retiradas do Trado	26
Figura 3.3- Escala Granulométrica da ABNT	27
Figura 3.4- Permêmetro de Guelph	29
Figura 3.5- Normograma	30
Figura 3.6- Diagramas de Shepard	31
Figura 3.7- Isca de Sardinha Exposta em Campo	32
Figura 3.8- Armadilhas de Pitfall no Campo	33
Figura 3.9- Representação Esquemática do Desenho Amostral	33
Figura 4.1- Gráfico Perfil de Sondagem da Área D1	36
Figura 4.2- Gráfico Perfil de Sondagem da Área D2	38
Figura 4.3- Gráfico Perfil de Sondagem da Área D3	39
Figura 4.4- Gráfico Perfil de Sondagem da Área D4	40
Figura 4.5- Gráfico Perfil de Sondagem da Área D5	41
Figura 4.6- Gráfico Perfil de Sondagem da Área D6	42
Figura 4.7- Gráfico Perfil de Sondagem da Área D7	43
Figura 4.8- Gráfico Perfil de Sondagem da Área D8	45
Figura 4.9- Gráfico Perfil de Sondagem da Área D9	47
Figura 4.10- Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D1	49
Figura 4.11- Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D2	50
Figura 4.12- Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D3	51
Figura 4.13- Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D4	52
Figura 4.14- Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D5	53
Figura 4.15- Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D6	54
Figura 4.16- Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D7	55
Figura 4.17- Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D8	56

Figura 4.18- Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D9	57
Figura 4.19- Curva da Condutividade Hidráulica	59
Figura 4.20- Gráfico Cumulativo de Novas Espécies	61
Figura 4.21- Curva espécie – área para as armadilhas de pitfall.....	62
Figura 4.22- Curva espécie – área para as iscas de Sardinha.	62
Figura 4.23- Gráfico do Modelo Geral Linear	64
Figura 4.24- Gráfico Regressão Linear Simples entre Proporção de Espécies de Formigas com tamanho corporal menor que 1 cm	65
Figura 4.25-- Gráfico Discriminante Canônica	66
Figura 4.26- Gráfico da Função Canônica Discriminante mostrando a separação dos habitats em relação à riqueza de formigas.....	68

Lista de Tabelas

Tabela 2.1- Listagem das espécies de plantas que foram utilizadas no processo de revegetação nas áreas recuperadas da MRN, a idade de recuperação das áreas e hectare	17
Tabela 3.1- Escalas de medidas de tamanho dos grãos: equivalência de classes	27
Tabela 3.2- Categorias de medidas dos poros utilizados para estimação de α em análises do Permeômetro de Guelph	28
Tabela 4.1- Valores da Condutividade Hidráulica dos sedimentos para os experimentos com o Permêmetro de Guelph	58
Tabela 4.2- Resultados qualitativos e quantitativos das Subfamílias, tribos e gêneros de formigas coletadas nas áreas da Mineração Rio Novo, Minas Gerais	60
Tabela 4.3- Riqueza e Abundância de espécies de formigas nas áreas estudadas da Mineração Rio Novo	63
Tabela 4.4- Padrões da Função Discriminante Canônica para separação dos habitats em função dos grãos	66
Tabela 4.5- Sumário da Função Discriminante Canônica para separação dos habitats em função dos grãos	67
Tabela 4.6- Padrões da Função Discriminante Canônica para separação dos habitats pela riqueza de formigas	68
Tabela 4.4- Sumário da Função Discriminante Canônica para separação dos habitats pela riqueza de formigas	69
Tabela 5.1- Quadro das espécies de formigas e sua respectiva bioindicação	77

Resumo

Durante os últimos séculos, a demanda por energia e minérios em todo o mundo aumentou, promovendo a abertura de indústrias, hidrelétricas e exploração de minas. Como resultado, temos uma gama de artigos que relatam à necessidade de recuperação de áreas impactadas pelas mesmas. O manejo e recuperação de matas ciliares foram incluídos como uma das prioridades no Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), pela importância que estas formações vegetais representam na conservação da biodiversidade e na manutenção do equilíbrio dos ecossistemas (terrestres e aquáticos) em todo planeta. A recuperação de ecossistemas degradados até recentemente se caracterizava como uma atividade com concepções fundamentadas em melhorias visuais, se limitando ao plantio de mudas, tendo como objetivo a contenção de erosões. Dentro desta nova concepção, o diagnóstico ecológico relacionando a restauração vegetacional com a re-estruturação da comunidade ecológica que antes regia aquele ambiente, portanto, as relações de predadores, herbívoros, consumidores de sementes e decompositores, precisava ser desenvolvido. Para tal, o uso de bioindicadores para avaliar o avanço sucessional têm sido indicado como a forma mais barata e eficiente de “medir” tais fenômenos, o monitoramento com o uso de formigas é uma das formas mais bem descritas e cientificamente fundamentadas. O número e a composição de espécies de formigas em uma área podem indicar a saúde de um ecossistema, sugerindo a presença de outros organismos e suas interações com plantas e outros animais. O conhecimento da diversidade em uma área pode gerar informações para um plano de conservação. Uma das razões para se estudar a biota do solo, especialmente as formigas, e suas relações com a qualidade e manutenção do solo, é a necessidade de se fornecer seguramente e facilmente o monitoramento do solo, identificando os avanços e retrocessos nos sites em processo de recuperação ambiental. Este projeto teve como objetivo geral estudar a influência de condicionantes geomorfológicos e sedimentológicos da zona ripária nas áreas em processo de revegetação dragadas pela Mineração Rio Novo (MRN) utilizando formigas como bioindicadoras. A sobrevivência e distribuição das espécies de plantas introduzidas pela mineração no estágio em que se encontra o processo de reabilitação ainda não sofrem influência do desenvolvimento do sedimento. O avanço na sucessão do solo em algumas subáreas está favorecendo a colonização de novas espécies de plantas, pois melhora a estrutura física do solo e a retenção de água e produção de nutrientes. Com os novos microhabitats novas espécies de formigas irão surgir melhorando ainda mais as condições físicas, como a aeração e drenagem, fertilização e produtividade.

Abstract

For the last centuries, the demand for energy and ore has raised all over the world, promoting the creation of industries, hydroelectrical power plants and the exploration of mines. As a result, there is a great deal of papers reporting the necessity of recovering the areas that suffered the impact of it. The handling and recovery of “riparian” were included as one of the priorities in the United Nations Program for the Environment (UNPE), since this type of vegetation is remarkably important for the conservation of biodiversity and the maintenance of ecosystem balance (terrestrial and aquatic) all over the planet. Until recent days, the recovery of degraded ecosystems was characterized as an activity with visual improvement-based conceptions, having the erosion control as a goal. In the new conception, the ecological diagnosis relating the vegetation restoration with the restructuring of the ecological community which ruled that environment before, therefore the relations of predators, herbivorous, seeds consumers and decomposers, had to be developed. For that, the use of bioindicators to evaluate the successional advance has been indicated as the cheapest and most efficient way to “measure” such phenomena, and the monitoring with the use of ants one of the most well-described and scientifically based method. The number and the composition of ant species in an area may indicate the health of an ecosystem, suggesting the presence of other organisms and its interactions with plants and other animals. The knowledge towards the diversity in an area can generate information for a conservation plan. One of the reasons to study the soil biota, especially ants and its relations with soil quality and maintenance, is the necessity for safely and easily supplying soil monitoring, identifying the advances and stagnation in sites during the process of environmental recovery. This project generally aimed at studying the influence of geomorphological and sedimentological conditioning aspects of the riparian zone in areas under the process of revegetation, previously explored by Mineração Rio Novo (MRN), using ants as bioindicators. The survival and distribution of the plant species introduced by the mining company at the stage of rehabilitation, do not suffer the influence of the sediment development. The advance in soil succession in some sub-areas is favoring the colonization of new plant species, once it improves the soil physical structure and the retention of water, and production of nutrients. With the new micro-habitats, new species of ants will appear, improving even more the physical conditions, like aeration and drainage, fertilization and productivity.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1- CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Durante os últimos séculos a demanda por energia e minérios em todo o mundo aumentou, promovendo a abertura de indústrias, hidrelétricas e exploração de minas. Como resultado, temos uma gama de artigos que relatam à necessidade de recuperação de áreas impactadas pelas mesmas (Majer 1990, Majer & Nichols 1998, Andersen *et al.* 2003, Izquierdo *et al.* 2005, Santos *et al.* 2006). Em acréscimo, o processo de desmatamento nos trópicos, tem levado a extinção de muitas espécies vegetais e animais. Diante de tal quadro de perda de recursos naturais, o dano resultante da retirada da vegetação para mineração não pode mais ser levado em conta de forma impune. Portanto, a adequação de normas para a reabilitação e descomissionamento de áreas impactadas mostra-se urgente de ser feita, porém fundamentada em estudos ecológicos e processos anteriormente ignorados durante o desenvolvimento da lei. Tal reformulação do processo de uso da matéria prima e da forma de produção, incluindo a conservação dos recursos naturais e recuperação de áreas degradadas é fundamental para o desenvolvimento sustentável de áreas ricas em minérios, e para a nação como um todo (Barbosa 2001).

O manejo e recuperação de matas ciliares foram incluídos como uma das prioridades no Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), pela importância que estas formações vegetais representam na conservação da biodiversidade e na manutenção do equilíbrio dos ecossistemas (terrestres e aquáticos), em todo planeta. Em 1989, o governo Brasileiro estabeleceu que todas as empresas mineradoras seriam obrigadas a criar um Plano de Recuperação Ambiental (PRAD), documento este que é entregue ao órgão fiscalizador competente, contendo procedimentos para estabelecer ou restabelecer as formações vegetacionais nativas nas áreas degradadas (Almeida & Sánchez 2005).

A implantação ou recomposição de matas ciliares, bem como o seu manejo, requerem o emprego de técnicas adequadas, e geralmente definidas em função de avaliações detalhadas das condições locais e da utilização dos conhecimentos científicos existentes. Da avaliação dependem a relação das espécies, os métodos de preparo dos solos, a calagem, a adubação, as técnicas de plantio, a manutenção, o manejo e a aplicação dos conhecimentos específicos para a utilização de “modelos” mais adequados ao repovoamento ambiental (Barbosa 2001). Por outro lado, certos processos de dragagem de rios podem descaracterizar de tal maneira as feições geomorfológicas fluviais e o solo que a estrutura vegetacional característica de mata ciliar não pode ser recuperada. Esta impossibilidade, nunca foi levada em

consideração nas análises de impacto de mineração feita de acordo com as leis atuais. Ou seja, a sociedade pode estar autorizando impactos com base na crença em uma reabilitação da área impactada que nem sempre resultará. Como não há dados gerados com confiabilidade científica para a maioria dos processos de reabilitação em andamento, os projetos em vias de serem descomissionados deveriam servir como base para determinação da capacidade de resiliência das comunidades ecológicas de ecossistemas vulneráveis.

A recuperação de ecossistemas degradados até recentemente se caracterizava como uma atividade com concepções fundamentadas em melhorias visuais, se limitando ao plantio de mudas, tendo como objetivo a contenção de erosões (Rodrigues & Gandofi 2003). As técnicas de reabilitação têm mudado consideravelmente nos últimos anos com a meta de se restabelecer a vegetação para recriar a comunidade nativa similar a da região. Dentro desta nova concepção, o diagnóstico ecológico relacionando a restauração vegetacional com a re-estruturação da comunidade ecológica que antes regia aquele ambiente, portanto, as relações de predadores, herbívoros, consumidores de sementes e decompositores, precisava ser desenvolvido. Para tal, o uso de bioindicadores para avaliar o avanço sucessional tem sido indicado como a forma mais barata e eficiente de “medir” tais fenômenos. Dentre as propostas mais bem sucedidas de biomonitoramento de projetos de reabilitação de áreas degradadas, o monitoramento com o uso de formigas é uma das formas mais bem descritas e cientificamente fundamentadas (Andersen *et al.* 2003).

Jonathan Majer (1983) foi um dos pioneiros em todo o mundo na utilização de invertebrados como indicadores em programas de recuperação ambiental. Em seu estudo, Majer, comparou a riqueza de espécies de formigas com riqueza e abundância de plantas em áreas mineradas no oeste da Austrália, sendo as mesmas com idades diferentes de reabilitação. Ao final do estudo, foi observada uma positiva associação entre a riqueza de espécies de formigas e abundância e riqueza de plantas (Alonso 2000), comprovando que a comunidade de formigas reflete e supre a população de plantas, o ambiente físico e até mesmo a diversidade de outras espécies de invertebrados presentes na área (Majer 1992).

Através dos estudos realizados primeiramente na Austrália, e posteriormente na Europa e no Brasil, descobriu-se que a estrutura e fertilidade do solo estão associadas a espécies determinadas que apresentem fidelidade de habitat e que a sucessão natural é moldada por atividades de invertebrados, como por exemplo, herbivoria, polinização, dispersão de sementes, servindo ainda de recurso alimentar para outros animais (Majer 1989). É essencial entender como as comunidades de invertebrados estão mudando ao longo do tempo em áreas reabilitadas, tendo em vista o seu importante papel no desenvolvimento do ecossistema. Dessa forma vários estudos têm indicado uma ligação entre a diversidade de invertebrados com a estrutura e o funcionamento de comunidades sucessionais (Noss 1990, Aronson *et al.* 1993).

Com a grande demanda de estudos interdisciplinares, hoje se faz necessária à interação de profissionais de diversas áreas acadêmicas, para gerar estudos mais aprofundados e dinâmicos, contribuindo para a formação de protocolos de monitoramento e avaliação de áreas impactadas mais eficientes, porém de baixo custo.

1.1.1- A Influência da Mirmecofauna sobre o Solo

“Solo é um material mineral não consolidado na superfície da Terra que serve como um meio natural para plantas” (Soil Science Society of América 1973 – citado por Afubra). Ele é resultado de fatores químicos e físicos agindo sobre a rocha matriz. O efeito produzido por esses fatores irá definir o tipo de vegetação e composição de espécies em uma região. Características físicas como a distribuição de radiação solar e padrões de circulação de ar geram diferenças na precipitação e na temperatura de uma região, juntamente com as formas de relevo e com a litologia, exercerão influências sobre o processo de formação do solo, refletindo assim na composição de espécies de plantas e fauna encontradas num determinado bioma (Huggett 1995, Raven *et al.* 2001, Schenk *et al.* 2003).

A fauna de formigas “de solo” tem sido estudada devido a sua influência no processo de formação e desenvolvimento do solo (Shaler 1891; Baxter & Hole 1967; Denning *et al.* 1977; Cox *et al.* 1992). As modificações ocasionadas pelas formigas e por outros invertebrados (construção de galerias e câmaras) alteram o ciclo nutricional do solo, com a mistura de restos de plantas e animais armazenados na colônia. Durante a construção das galerias e câmaras as formigas relocalizam e redistribuem matéria orgânica e inorgânica dentro do perfil do solo, em um processo que é chamado pedoturbação faunal ou bioturbação (Hole 1961).

A atividade de bioturbação não se limita à construção das colônias. As trilhas de forrageamento também podem induzir a alteração do solo através da excreção, perda acidental de alimento durante o traslado e morte de indivíduos, estendendo o impacto das formigas além dos perímetros da colônia. As extensões das diversas trilhas são importantes, pois amplificam os impactos das colônias dentro do ecossistema, resultando em aumento do fluxo de energia e matéria em todo o habitat (Nkem *et al.* 2000).

Uma das razões para se estudar a biota do solo, especialmente as formigas, e suas relações com a qualidade e manutenção do solo, é a necessidade de se fornecer segura e facilmente o monitoramento do solo, identificando os avanços e retrocessos nos *sites* em processo de recuperação ambiental (Baker & Dalby 1994).

Para Carlson & Whitford (1991), áreas com colônias de formigas possuem mudanças nas propriedades químicas e físicas do solo tornando-o mais rico em alguns nutrientes, como por exemplo, carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg) e cálcio (Ca). A sua concentração é

mais elevada perto das colônias. Esse efeito pode variar de espécie para espécie. Diehl – Fleig (1995) observou que a formiga cortadeira (*Atta* sp) pode ser considerada responsável pela elevada introdução de matéria orgânica no solo, favorecendo o crescimento das plantas em florestas secundárias modificando assim as propriedades químicas e físicas do solo. Há um aumento da fertilidade devido a uma maior capacidade do solo de reter nutriente (C, N, P, K, Mg e Ca), tornando-os disponíveis para as plantas e estimulando o processo de revegetação.

Os ninhos podem ser descritos com uma rede difusa de galerias que conecta câmaras podendo alcançar diferentes profundidades, resultando em um aumento da porosidade do solo. Essa interconexão gera um impacto significativo na infiltração da água, no processo de aeração do solo e penetração das raízes, principalmente em áreas onde a camada superior do solo está compactada. As galerias formadas pelas formigas são particularmente importantes em áreas de recuperação ambiental. A estabilidade das galerias (ou bioporos) aumenta em quatro vezes a infiltração da água no solo e a sua distribuição no perfil, mesmo depois da colônia ter sido abandonada (Nkem *et al.* 2000). Os solos recém devastados possuem uma elevada capacidade de infiltração. Contudo, se forem expostos durante um longo período a eventos pluviométricos os agregados do solo são quebrados pela energia cinética das gotas da chuva no momento em que tocam a superfície do solo. Essas partículas separadas formam uma lisa e densa camada de poucos milímetros na superfície do solo, diminuindo a infiltração d' água, calor e troca gasosa entre o solo e a atmosfera (Al-Durrah & Bradford 1982; Le Bissonais 1989).

A mesofauna do solo, incluindo as formigas, pode e deve ser usada como uma medida integrativa de qualidade do solo. Ela assume um importante papel na regulação dos processos vitais do mesmo, dando continuidade ao seu desenvolvimento e servindo de proteção contra os processos de degradação e erosão (Hawksworth 1991; Doran *et al.* 1994). O valor das formigas como bioindicadores de qualidade do solo para monitorar a sustentabilidade é pouco conhecido, ainda que elas tenham sido usadas muitas vezes nos estudos de recuperação de minas como indicadoras de qualidade ambiental (Majer 1997b). Por este motivo é importante entender as relações entre as estruturas da comunidade de formigas com os tipos de solo e os diferentes tipos de uso da terra.

1.1.2- A Importância Ecológica da Mirmecofauna como bioindicadora

As formigas são insetos sociais. Esses insetos interagem com membros de suas espécies, cooperam na reprodução exclusiva da rainha e têm divisão de trabalho em um sistema de castas com indivíduos estéreis e reprodutores, havendo sobreposição de gerações capazes de contribuir para o funcionamento da colônia. Além das formigas, são insetos sociais as abelhas, vespas e cupins. Estes insetos desempenham múltiplas e relevantes interações ecológicas, sendo mais importantes pela sua biomassa e sua pressão na funcionalidade dos ecossistemas, do que pela sua diversidade de espécies. Por

estas mesmas razões, estas são espécies de grande interesse econômico (IUSSI 2005). Em suma, as formigas são ecologicamente importantes porque estão presentes em diversos ecossistemas, podendo assumir várias funções: predadoras, presas, detritívora, mutualista, polinizadora, “engenheiras”, dispersora de sementes e herbívora (Alonso 2000, Kaspari & Majer 2000).

As formigas pertencem à ordem Hymenoptera, estão em uma única família Formicidae, composta atualmente por 297 gêneros e com aproximadamente 9.000 espécies em todo o mundo (Hölldobler e Wilson 1990) Na região Neotropical encontram-se 2.172 espécies (Bolton *et al.* 2003). A mirmecofauna tem sido o taxa mais comumente utilizado como bioindicador para ecossistemas terrestres por possuir atributos que são ideais para programas de reabilitação. Entre eles estão: dominância numérica, alta diversidade, sensibilidade às mudanças do ambiente, fácil identificação, fácil amostragem, ocupação de diversos níveis tróficos e ampla distribuição geográfica (Majer 1983). Com a variedade de dietas, ninhos estacionários e sua associação com habitats formam um atrativo grupo para o monitoramento (Kaspari 2000).

Para se utilizar a mirmecofauna em um plano recuperação, de conservação ou manejo de uma área é necessário conhecer os fatores que regulam o crescimento e a reprodução da população de formigas. São conhecidos três fatores importantes: recursos, condições abióticas e interações entre populações (Kaspari 2000). Os recursos são usados e exauridos pelas formigas. Assim que uma formiga sai para forragear começa um processo de avaliação da quantidade e qualidade da fonte do recurso encontrado. Uma amostra é selecionada e levada ao ninho, durante o retorno elas depositam um rastro de feromônio químico para garantir que as companheiras de ninho alcancem a mesma fonte. Essa comunicação indireta possibilita uma trilha entre o ninho e a fonte de recurso. Por exemplo, as formigas do gênero *Eciton* (conhecidas como formigas de correição) podem percorrer em um único dia de 100 a 200 metros de distância do ninho em busca de alimento (Fowler *et al.* 1991).

As condições abióticas, como temperatura e umidade, estão ligadas aos recursos regulando o acesso e a quantidade disponível (Kaspari 2000). Temperatura é uma condição essencial para a comunidade de formigas, que são termofílicas. Para Andersen (2000) a baixa temperatura pode ser considerada como o primeiro *stress* no controle da produtividade e estrutura da comunidade de formigas. Em baixas temperaturas o nível de *stress* é elevado. Em habitats com clima temperado o nível de *stress* é considerado moderado e em habitats abertos e sombreados o nível é baixo. Em locais úmidos com elevada produtividade, a densidade e diversidade de formigas são maiores do que em locais secos (Kaspari 1996a).

A interação entre as populações também está ligada ao recurso regulando o acesso à fonte disponível. A disponibilidade de recursos é um fator determinante para a distribuição de espécies de formigas, que por sua vez apresentam uma dieta diversificada (carnívoras, herbívoras, coletoras de

“honeydew” que são gotas açucaradas fornecida pelos Homópteros em troca de proteção contra outros insetos ou uma combinação desses). A abundância e a composição das espécies de formigas indicam a saúde de um ecossistema, e através de suas interações com plantas e animais, pode indicar a presença de outros organismos (Kaspari 2000). Como por exemplo, espécies de *Solenopsis* estão entre as mais agressivas na repartição de recurso (Delabie & Fowler 1995), sendo capazes de competir, e às vezes expulsar, outras formigas ou grupos de animais por apresentarem uma estratégia de recrutamento em massa (Fowler *et al.* 1991, Marinho *et al.* 2002).

A diversidade faunística então sofre influência do grau de complexidade do habitat (diversidade e densidade de espécies vegetais, altura, estratificação, configuração espacial) (Johnson 1992) e fatores abióticos (temperatura, umidade e composição do solo). Boosma e Van Loon (1982) observaram que a mirmecofauna em áreas com diferentes idades de reabilitação possui uma forte correlação entre a diversidade de espécies e a diversidade de microhabitats existentes. O que contribui para esse aumento da diversidade de formigas em habitats estruturalmente mais complexos é a diversidade de sítios de nidificação, quantidade e qualidade do recurso disponível, área de forrageamento e a natureza competitiva entre as espécies (Benson & Harada 1988; Hölldobler & Wilson 1990; Tavares 1996). Estudos como riqueza e composição de espécies de formigas documentam sua distribuição e sua identidade em um dado local, relatando espécies raras e/ ou ecologicamente importantes, como espécies introduzidas ou habitats específicos.

O número e a composição de espécies em uma área podem indicar a saúde de um ecossistema, sugerindo a presença de outros organismos e suas interações com plantas e outros animais. O conhecimento da diversidade em uma área pode gerar informações para um plano de conservação (Alonso & Agosti 2000).

1.2- JUSTIFICATIVA

A Legislação brasileira é clara quanto aos aspectos relacionados com o passivo ambiental de uma mineração. Toda empresa conhece as suas obrigações para com a sociedade ao longo do processo de reabilitação de uma área impactada pela exploração mineral, mas há uma grande lacuna na existência de métodos consistentes de monitoramento destes processos até a fase de descomissionamento ambiental. A MRN (Mineração Rio Novo Ltda) foi uma das primeiras empresas de mineração de Minas Gerais a solicitar o descomissionamento de áreas mineradas. Isto se deu para a área do Projeto Domingas I, em trecho à jusante e contínuo ao atualmente minerado no rio Jequitinhonha. Este trecho é abrangido nesta proposição. Embora a MRN tenha utilizado técnicas modernas de revegetação e monitoramento biológico (descrição detalhada do projeto de recuperação no Capítulo 2), não há muitas informações sobre a sucessão das comunidades ecológicas em solo recomposto.

A influência de aspectos geomorfológicos do sistema fluvial (por ex. terraços e planície de inundação) é pouco entendida, particularmente no que tange à interações entre bioturbação e os agentes biológicos de remobilização do solo. Um outro aspecto a ser considerado diz respeito às poucas informações sobre como as condicionantes geomorfológicas poderiam ser capazes de retardar ou acelerar a sucessão das comunidades.

A expansão do número de trabalhos e de técnicas empregados na recuperação de distintos ecossistemas criou a necessidade do estabelecimento de indicadores que possibilitassem avaliações periódicas dessas propostas de recuperação, verificando se os objetivos estabelecidos foram alcançados. O uso de indicadores previamente definidos e estabelecidos pode permitir uma efetiva comparação entre projetos e uma maior segurança na recomendação de técnicas, dependendo da situação a ser recuperada e dos objetivos propostos (Rodrigues & Gandolfi 2003).

A existência de grande variação temporal quanto ao momento inicial da reabilitação entre os trechos a serem estudados alcança oito anos. Tal condição nos permite a coleta de dados sistematizada, fundamentada em um desenho experimental balanceado. Há poucos projetos de mineração que permitem o teste do efeito real do tempo sobre os processos geo-ecológicos relacionados com a sucessão natural como este.

1.3- OBJETIVOS

Objetivo Geral

Este estudo teve como objetivo geral estudar a influência de condicionantes geomorfológicos e sedimentológicos da zona ripária nas áreas em processo de revegetação dragadas pela MRN. Visa determinar qual a influência destes condicionantes na diversidade, abundância e composição de espécies de formigas, com o objetivo de criar e refinar procedimentos de levantamento de informações sobre bioindicação, ou seja, protocolos de bioindicação que utilizem as formigas como indicador da qualidade de reabilitação.

Os Objetivos específicos foram:

- 1- Reconhecer os diferentes ecossistemas presentes na região a ser estudada independente de seu estado de preservação;
- 2- Caracterizar os atributos físicos (geológicos) que atuaram como condicionantes de notável influência nos processos de sucessão natural do solo, perceptíveis e qualificáveis através do estudo da fauna de formigas;

- 3- Identificar e quantificar a mirmecofauna em função destes atributos geológicos;
- 4- Contribuir com a geração de subsídios científicos para protocolos de monitoramento ambiental com uso de bioindicadores em programas de reabilitação de áreas impactadas.

Hipótese de Trabalho:

1- A área apresenta alta heterogeneidade espacial em função das condicionantes geológicas, as quais por sua vez influenciam a sobrevivência e distribuição das espécies colonizadoras do projeto de reabilitação. Logo, a predição sustentada é que a fauna de formigas poderia indicar a presença de condições abióticas relacionadas com estes condicionantes geológicos os quais afetariam a velocidade da sucessão vegetacional.

1.4- LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área escolhida para a realização dos objetivos acima citados é uma parte da Serra do Espinhaço, na bacia do rio Jequitinhonha. O alto curso do rio Jequitinhonha está situado na porção centro/nordeste do estado de Minas Gerais, entre os paralelos 17° e 19°S e nos meridianos 43° e 44°W. O principal núcleo urbano é a cidade de Diamantina (Patrimônio Cultural da Humanidade - UNESCO) (Chaves & Uhlein 1991).

A região estudada é cortada pela rodovia BR 367, situada em áreas da Mineração Rio Novo Ltda (MRN), subsidiária do Grupo Andrade Gutierrez S.A., que desde 1988 lavra ouro e diamante nos depósitos aluvionares do Alto Jequitinhonha, nos municípios de Diamantina (distrito de Mendanha) e Couto de Magalhães de Minas. Ela é cortada pela rodovia BR 367. De Belo Horizonte a São Gonçalo do Rio Preto são 309 Km em estrada asfaltada, e mais 80 Km em estrada não pavimentada até o acampamento da mineração. Além dessa rodovia, a região é cortada por diversas estradas secundárias (não pavimentadas), principalmente aquelas que fazem ligações entre as diversas minerações (e garimpos clandestinos) e fazendas (Figura 1.1).

A região Alto Jequitinhonha tem características ambientais e históricas próprias, distinguindo assim do Médio Jequitinhonha. O Médio Jequitinhonha era coberto por floresta, com vales abertos e ondulações mais suaves, onde foram instaladas grandes fazendas de gado. No alto Jequitinhonha, os grandes planaltos são formados por terras planas cortados por vales mais fundos e estreitos onde as terras férteis são encontradas.

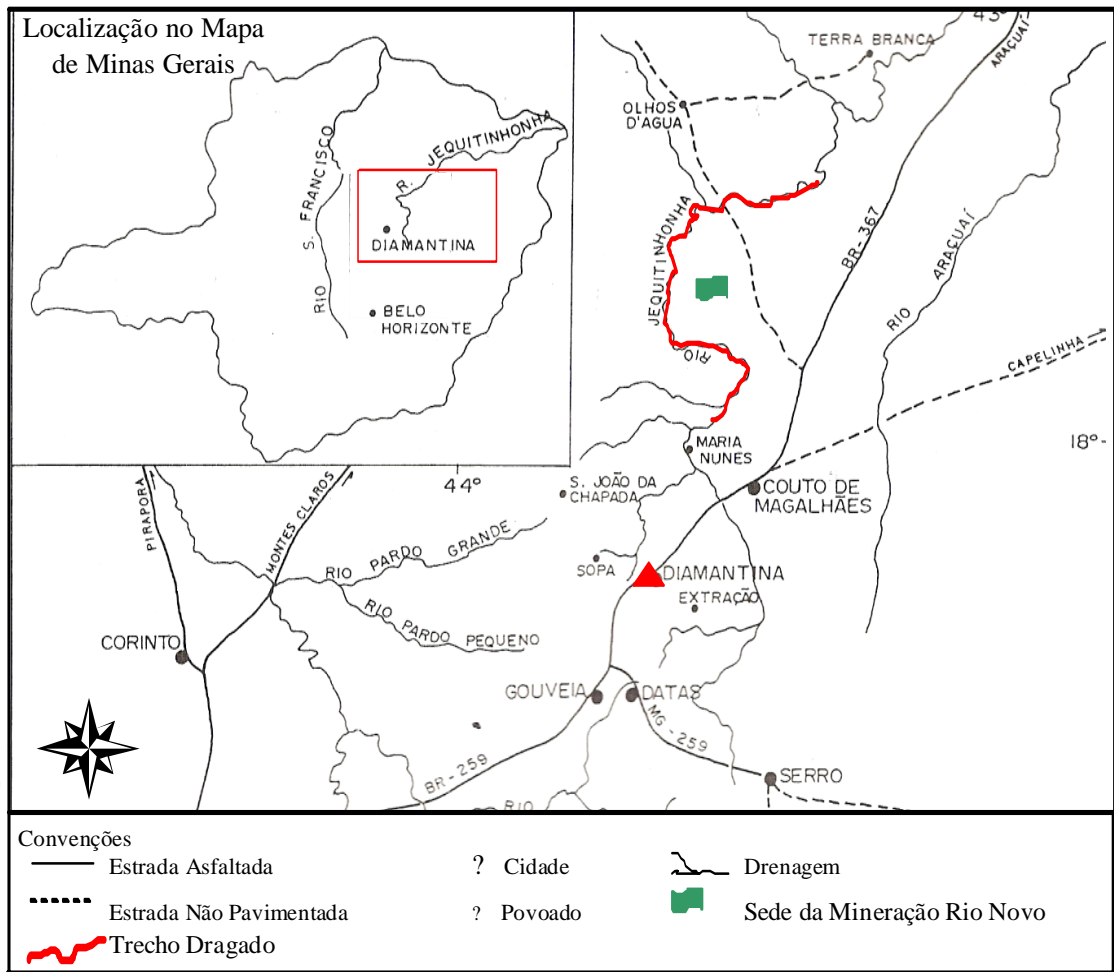


Figura 1.1: Mapa de localização da Mineração Rio Novo.

Da Costa, C.B., 2007 Avaliação da Consistência e Evolução da Reabilitação...

CAPÍTULO 2

ASPECTOS FISIAGRÁFICOS E GEOLÓGICOS DO ALTO JEQUITINHONHA

2.1- CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Vale do Rio Jequitinhonha é marcado por fortes contrastes sociais. Conhecido como uma das regiões mais pobres do Brasil abriga em seus aluviões uma grande riqueza em diamantes. Ocupa uma área de mais de 85 mil km² onde vivem, aproximadamente, um milhão de pessoas distribuídas em cerca de 80 municípios.

As atividades econômicas da região são, à exceção da mineração organizada de diamante e ouro por dragagem, a monocultura de eucaliptos nas chapadas e atividades de subsistência, tais como a lavoura de suporte alimentar familiar, a pecuária extensiva e o garimpo clandestino de diamantes.

A Serra do Espinhaço é uma das feições mais importantes do Brasil, possuindo em toda sua extensão um relevo rugoso e protuberante, compondo uma paisagem de rochas nuas expostas, entremeados por campos rupestres e faixas estreitas de mata ciliar. O Vale do rio Jequitinhonha corta essa paisagem ao norte do Estado de Minas Gerais (Abreu *et al.* 2005).

No início do século XVIII, começou a lavra dos depósitos aluvionares da Bacia do Jequitinhonha pela coroa portuguesa. Entre 1772 e 1841 a lavra passou a ser trabalhada pelo próprio império, criando-se para isso a Real Extração, alcançando a marca de 1.354.770 quilates de diamantes. O primeiro relato científico referente à extração de diamantes em território brasileiro, mencionando o rio Jequitinhonha como uma das principais reservas de diamantes, foi apresentada pelo geólogo José Bonifácio de Andrada e Silva, para a Sociedade de História Natural de Paris em 1792 (Chaves & Uhlein 1991).

No final do século XIX tiveram início os estudos científicos vinculados, principalmente à mineralogia dos depósitos diamantíferos. Já na segunda metade do século XX foram desenvolvidas dissertações e teses que procuraram descrever os metaconglomerados diamantíferos e mapeamentos geológicos em escala de semidetalhe.

Este capítulo procura fornecer informações sobre os aspectos fisiográficos e geológicos que envolvem a região dragada e recuperada pela Mineração Rio Novo.

2.2) ASPECTOS FISIOGRAFICOS DA REGIÃO DO ALTO JEQUITINHONHA

2.2.1 - Geologia do Alto Jequitinhonha e da Região Estudada

Há diferentes teorias a respeito da evolução regional da Cordilheira do Espinhaço, muitas vezes controversas. Para Abreu *et al.* (2005) a Serra do Espinhaço é uma faixa orogênica que evoluiu de rifte (calha ou bacia sedimentar), passando pelas fases de bacia oceânica, inversão até colisão continental, entre aproximadamente 1750 e 1300 milhões de anos. Por volta de 1750 e 1700 milhões de anos ocorreram o desenvolvimento do rifte, e entre 1700 e 1500 milhões de anos o período de bacia oceânica e 1500 e 1300 milhões de anos a fase de inversão e colisão.

Na bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha ocorrem formações de chapadas com coberturas eluviais e depósitos clásticos (sedimentos em geral). Sob as mesmas dominam rochas do SuperGrupo Espinhaço, do embasamento cristalino, e rochas dos Grupos Macaúbas e Bambuí (Neves *et al.* 2005).

No alto vale do rio Jequitinhonha, nas proximidades de Diamantina, estão presentes quartzitos, filitos e metaconglomerados do SuperGrupo Espinhaço composto pelos grupos Diamantina e Conselheiro Mata (Chaves & Benitez 2004).

A principal formação que aflora nessa região é Formação Sopa - Brumadinho, que constitui uma das unidades do Grupo Diamantina. Esta formação é a unidade mais importante de todo Supergrupo Espinhaço por permitir correlações estratigráficas em nível regional e deter um potencial econômico reconhecidamente importante para toda a cordilheira (Fogaça 1997).

Geologicamente, o Alto Jequitinhonha corre sobre rochas proterozóicas e em aluviões do terciário – quaternário formado por depósitos de areias finas e grossas estratificadas, siltes, argilas e horizontes de cascalhos diamantíferos e auríferos. As unidades litoestratigráficas presentes na região são as seguintes (Grossi-Sad *et al.* 1997):

- o Grupo Macaúbas - constituído por quartzitos portando níveis ferruginosos e meta conglomeráticos (Formação Duas Barras), por metadiamictitos (Formação Serra do Catuni) e micaxistos (com intercalações de quartzito e de níveis grafitosos) e quartzitos, pertencentes à Formação Capelinha. Todos os contatos entre as unidades mencionadas são de caráter tectônico (falhamento de empurrão).
- o Super Grupo Espinhaço - Formação Sopa Brumadinho: conjunto heterogêneo com freqüentes variações laterais e verticais de: filitos e quartzitos finos a médios, com estratificação cruzada; quartzitos médios a grossos, em partes ferruginosos; lentes métricas de metaconglomerados diamantíferos e metassiltitos, metaargilitos. Filitos hematíticos podem ocorrer nos níveis inferior e mediano. Destacam-se da formação dois membros, Campo Sampaio (quartzito laminado, micáceo, com níveis de filito

e metaconglomerado) e Itapanhoacanga (quartzito com filito hematítico, com raro metaconglomerado e formação ferrífera).

2.2.2 – Geomorfologia

O Espinhaço está orientado segundo N-S na cadeia de montanhas do Escudo Atlântico Brasileiro, estendendo-se por mais 1.200 km até o Quadrilátero Ferrífero Minas Gerais (Porção Sul do Espinhaço), fazendo fronteira entre os estados da Bahia e Pernambuco (Porção Norte do Espinhaço) (Martins-Neto 1993). Representa uma das regiões de maior altitude do território brasileiro, variando de 650 m a aproximadamente 1.600 m. O ponto mais elevado é o Pico do Itambé, com 2014 metros de altitude, posicionado a sudeste da cidade de Diamantina (Oliveira *et al.* 1997).

No Espinhaço Meridional a serra é bem mais ampla no sentido transversal, sua morfologia é caracterizada por planaltos elevados obstruídos por escarpas rochosas. Em alguns fragmentos a cordilheira está resumida a um estreito cordão rochoso na porção setentrional. A Serra do Espinhaço separa a bacia do Rio São Francisco, a oeste, das bacias dos rios Doce, Mucuri, Jequitinhonha e Pardo, a leste tornando - o um importante divisor de águas em Minas Gerais (Noce 1997).

Ainda que as rochas tenham sido deformadas durante a Orogênese Brasileira, a Serra do Espinhaço teve um soerguimento mais significativo no Mesozóico, em fusão com aos movimentos epirogenéticos causados pela separação do Gondwana (Chaves & Benitez 2004).

Os vários eventos ocorridos que delinearam a Serra do Espinhaço ao longo do tempo geológico são responsáveis pelo relevo escarpado. Essa morfologia é sustentada pelos horizontes de quartzitos, filitos e metaconglomerados do SuperGrupo Espinhaço (Fogaça 1997).

A porção mais discreta da serra encontra se de Diamantina até a porção norte, dominando um planalto elevado até as proximidades de Itacambira. Desse local para Grão Mogol e mais para norte, a morfologia rugosa volta a aparecer. Serra do Espinhaço, cujo relevo é suportado predominantemente por quartzitos, exhibe antigas superfícies de erosão. As superfícies presentes nas porções mais altas são uniformes, apresentando como termo mais evolutivo a chapada com discreto capeamento de solo laterítico (Oliveira *et al.* 1997) (Figura 2.1).

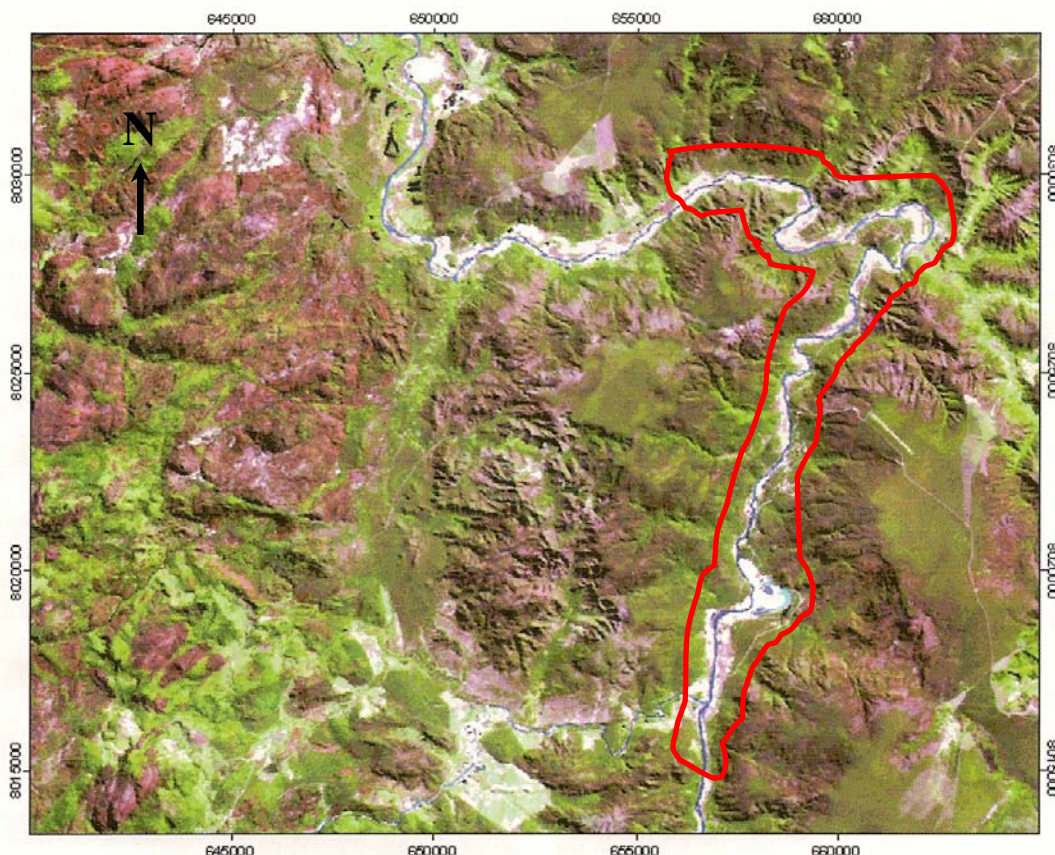


Figura 2.1: Foto de Satélite do trecho dragado pela Mineração Rio Novo. Foto:

2.2.3 – Solo

A cobertura pedológica influencia significativamente a distribuição de espécies e biodiversidade dentro dos ecossistemas. Os mapas de solos geram uma caracterização dos aspectos físicos, atributos morfológico e químico dos solos dentro de uma dada paisagem. Por apresentarem capacidade de retenção de água e nutrientes disponíveis para as plantas, atributos estes que irão determinar o desenvolvimento de diferentes fisionomias vegetais, os solos são os principais estratificadores de ambientes (Silva 2005) e fundamentais no diagnóstico de projetos de reabilitação.

A grande diversidade de tipos de solos encontrados na Serra do Espinhaço pode ser entendida como um reflexo da variedade de materiais de origem e do processo de evolução do relevo. Aproximadamente 70% da cobertura pedológica é formada por Neossolo Litólico Psamítico típico, que ocorre sempre associado a afloramentos rochosos. Em escala menor encontramos o Neossolo Quartzarênico Hidromórfico típico e Organossolo Mésico Sápico típico. O primeiro ocorre em superfícies aplainadas com altitude entre 1.800 a 1.600m e 1.500 a 950m, o segundo é encontrado

nas cabeceiras de drenagem das superfícies aplainadas. Nesses tipos de solos a fisionomia vegetal associada é Campo Rupestre, Campo Limpo e Cerrado Rupestre (Silva 2005).

Anterior ao processo de dragagem o solo encontrado nos terraços formado pelo rio Jequitinhonha, e dragados pela Mineração Rio Novo, era o Neossolo Flúvico Psamítico Léptico, que possui origem na deposição de sedimentos aluviais e coluvionais. A maioria das rochas são resistentes ao intemperismo e metarenitos, conseqüentemente, os solos formados são essencialmente arenosos e rasos (Neves *et al.* 2005). Suas principais características são: arenoso, raso, ácido e com baixos teores de matéria orgânica, e como vegetação típica encontramos mata ciliar.

2.2.4 - Clima

Em vista da altitude em que se situa, a Serra do Espinhaço tem clima temperado, com temperatura média anual na faixa de 18° a 19° C, podendo no verão chegar a 40°C. O verão é caracterizado por um clima chuvoso e o inverno é seco (Abril à Setembro).

O relevo acidentado da região favorece a precipitação, elevando a agitação do ar pela ascendência orográfica. A estação chuvosa tem início no mês de Novembro, em Dezembro a precipitação média pode chegar a 300.19 mm. Os meses de Junho, Julho e Agosto são caracterizados pela estação seca com pluviometria média é de 8,25 mm. Entre as duas estações ocorrem períodos de transição, nos meses de Abril e Maio o clima é chuvoso-seco e nos meses de Setembro e Outubro o clima é seco-chuvoso (Neves *et al.* 2005).

A umidade relativa média mais alta registrada é de 89,75 % e a mais baixa e de 72,33 % (Dados do Instituto Nacional de Meteorologia entre o período de 1994 a 2003). A velocidade média dos ventos registrados pelo INMET foi de 1,98 m/s mais elevada no mês de Novembro, e de 1,23 m/s mais baixa no mês de Junho (Neves *et al.* 2005).

2.2.5 – Hidrografia

O principal curso d'água que drena a Serra do Espinhaço é o Rio Jequitinhonha, que tem como afluentes importantes pela margem esquerda os rios Itacambiruçu, Vacaria e Salinas e, pela margem direita, o Rio Araçuaí. O Rio Doce desenvolve-se fora da Serra do Espinhaço, mas tem afluentes nascidos na mesma, como os rios Piracicaba, Tanque, do Peixe, Guanhões, Santo Antônio e Suaçuí Grande. O Rio Gorutuba escoia na porção norte da serra, e é afluente de segunda ordem do Rio São Francisco (Oliveira *et al.* 1997).

O Rio Jequitinhonha nasce no Serro, sua alta carga é de sedimentos arenosos finos, porém seu vale se encontra encaixado entre nos quartzitos do Supergrupo Espinhaço, sendo assim seus vales são estreitos e impedem a formação de vastas planícies de inundação (Souza e Grossi-Sad 1997). O Rio Jequitinhonha corre de sul para norte e para nordeste, passando por uma extensa área de chapadas, a calha do rio estende-se por cotas variando entre 600 a 700 m. O Rio Caeté – Mirim e os

ribeirões Inhacica Grande e Duas Barras são os principais distribuintes na margem esquerda, pois drenam a vertente oriental da Serra Mineira (Noce 1997) (Figura 2.2).

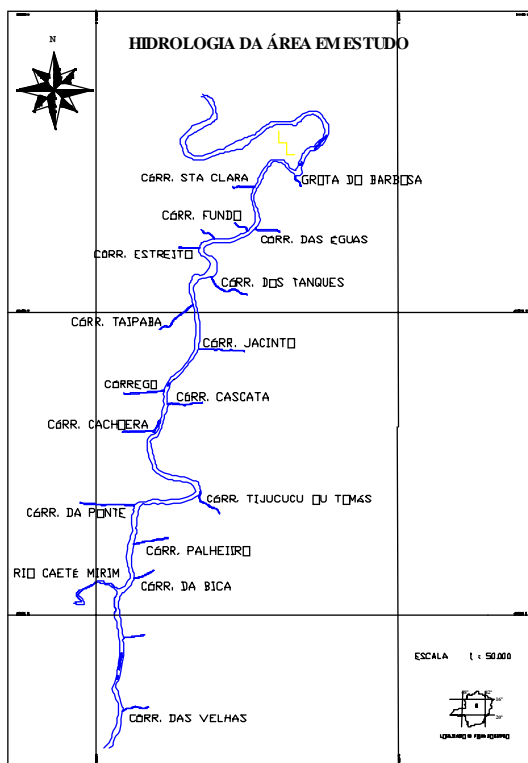


Figura 2.2: Mapa hidrológico do rio Jequitinhonha da região estudada, principal contribuinte rio Caeté Mirim. O estudo foi realizado na margem direita do rio. Fonte MRN.

2.2.6 – Vegetação

Situada em uma área de transição para o semi-árido, grandes biomas brasileiros como Cerrado, Floresta Estacional Semidecidual e as Formações Rupestres coexistem nessa região. O Espinhaço para alguns autores é considerado um mosaico de vegetações e compõe o centro de diversidade de numerosos gêneros de muitas famílias, como por exemplo, Asteraceae, Melastomataceae, Ericaceae, Leguminosae, Velloziaceae, Eriocaulaceae e Xyridaceae (Filho 2005).

Na região estudada, ao longo do leito ocorrem formações de pequenas e médias dunas de areia branca bem drenadas onde diversas espécies nativas de arbustos e árvores se estabelecem, como o xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) e *Acacia allata*, *Pippa sp* dentre outras (Ribeiro 2002) (Figura 2.3).

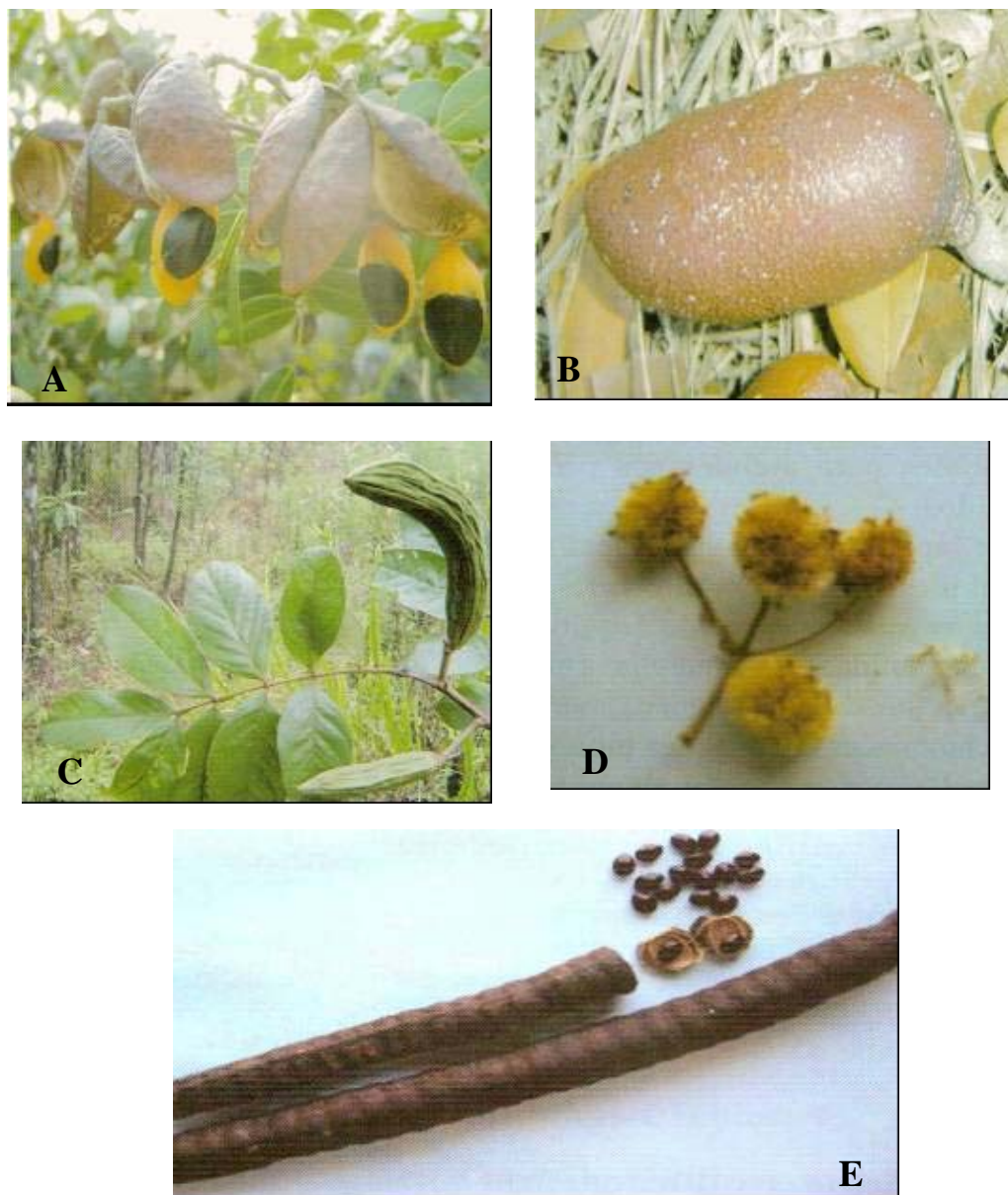


Figura 2.3: A, B e C) Espécies de Leguminosae: Pau D' Óleo (*Copaifera langsdorffi*); Jatobá (*Hymenaea stigonocarpa*) e Ingá *sp.* respectivamente; D) Candeia (*Eremanthus erythropappus*); E) CanaFístula (*Cassia ferruginea*). Fotos: A, B e C Nunes & Senra 2005; D e E Filho 2005.

Ribeiro (2002) fez uma listagem de espécies vegetais de cada área recuperada pela MRN (Ver nomes científicos em anexo) (Tabela 2.1).

Tabela 2.1: Listagem das espécies de plantas que foram utilizadas no processo de revegetação nas áreas recuperadas da MRN, a idade de recuperação das áreas e hectare.

Áreas	Idade de Reabilitação	Hectare	Composição Florística (Nome Popular)
D1	9 anos	11,9 ha	Cana Fístula Xique Xique Dormideira, Fedegoso Goiaba, Ingá, Jambo

			Lobeira, Mangue Maricá Branco Maricá Rosa Mulungú, Urucum
D2	9 anos	9,6 ha	Cana Fístula Xique Xique Dormideira, Fedegosão Goiaba, Ingá, Jambo Lobeira, Mangue Maricá Branco Maricá Rosa Mulungú, Urucum
D3	*	12,9 ha	Cagaiteira, Xique Xique, Cana Fístula Dormideira, Fedegosão Goiaba, Ingá, Jambo Lobeira, Mulungú Maricá Branco Maricá Rosa
D4	8 anos	12,0 ha	Cagaiteira, Candeia Cana Fístula XiqueXique, Dormideira, Ingá, Jatobá, Lobeira Manga, Mangue Maricá Branco Maricá Rosa Pana, Pau D'óleo Pequizeiro, Urucum
D5	6 anos	9,0 ha	Cagaiteira, Candeia Cana Fístula XiqueXique, Dormideira, Ingá, Jatobá, Lobeira Manga, Mangue Maricá Branco Maricá Rosa Pana, Pau D'óleo Pequizeiro, Urucum
D6	5 anos	9,7 ha	Eugênia, Qualea, Xylopia e Acácia
D7	8 anos	25,0 ha	Bacuparí, Cagaiteira Cana Fístula Xique Xique Dormideira Fedegosão, Goiaba Imburucú, Ingá Ipê Roxo, Jaboticaba Jambo, Jatobá, Lobeira Manga, Mangue Maricá Branco Maricá Rosa Mulungú, Panã Pequizeiro, Urucum
D8	5 anos	47,0 ha	Bacuparí, Cagaiteira Cana Fístula Xique Xique, Dormideira

			Fedegosão, Goiaba Imburuçú, Ingá Ipê Amarelo Ipê Roxo, Jaboticaba Jambo, Jatobá, Lobeira Manga, Mangue Mulungú, Panã Pequizeiro, Urucum
D9	6 anos	12,3 ha	Bacuparí, Cagaiteira Cana Fístula Xique Xique, Dormideira Fedegosão, Goiaba Imburuçú, Ingá Ipê Amarelo Ipê Roxo, Jaboticaba Jambo, Lobeira, Manga Mangue, Maricá Branco Marica Rosa, Mulungú

* Esta área serviu de apoio à mineração, servindo de suporte às dragas, a qual não foi minerada.

2.2.7) Projeto de Reabilitação

As atividades de lavra mecanizada no rio Jequitinhonha são conduzidas nos aluviões que tem em média 170 metros de largura, podendo alcançar até 45 metros de profundidade (tornando assim proibitiva a lavra não mecanizada em grande escala). Para a retirada do diamante, a mineração utiliza duas dragas, uma de sucção, para a escavação do estéril e outra de alcatruz, para escavação do cascalho mineralizado e pré-concentração do material (Chaves 1991).

O processo tem início com a supressão da vegetação, o desmatamento é feito com o aproveitamento de todo material lenhoso. A remoção do húmus é realizada através de tratores de esteiras D8 –11, acoplados com seraper 463 – G. Após a retirada, o material é estocado para recobrimento de áreas mineradas no futuro. Durante o período operacional o cascalho minerado é disposto a jusante da draga com o auxílio de tratores de esteira do tipo D6 formando os paióis de rejeito que são trabalhados compondo as bacias de deposição. O estéril proveniente do recalque da draga de sucção é dirigido para estas bacias que no futuro também serão usados no processo de reabilitação ambiental. Após a finalização do processo de dragagem foi realizado o ajuste topográfico do perfil começando o processo de recuperação dos terraços do rio. Posteriormente, é recolocada a camada de húmus previamente estocada, em seguida a estrutura das areias aluvionares foram tratadas com calcário dolomítico e gesso agrícola. A recuperação biológica do solo é feita com adubação verde, o processo de revegetação com espécies nativas estimula a sucessão natural, implantada espontânea ou artificialmente (Figura 2.4 e 2.5) (PRAD – realizado pela Brandt Meio Ambiente).

Os sedimentos lavrados foram empilhados às margens do rio, ficando expostos a chuvas e processos intempéricos. Nas áreas D1 e D2 o processo de recuperação começou em Outubro de

1996; áreas D4 e D5 começaram em Outubro de 1997; área D6 em Novembro de 2000; áreas D8 em Novembro de 1998 e D9 em Novembro de 1999.

Na primeira fase foi feita a calagem do sedimento. Segunda fase: o plantio de gramíneas e leguminosas, durante o primeiro ano de recuperação. Terceira fase: plantio de mudas clímax, durante o segundo ano de recuperação. Quarta fase: plantio de mudas pioneiras e replantio em geral, durante o terceiro ano de recuperação. Durante os nove anos de recuperação para as áreas mais antigas e cinco anos para as áreas mais novas, a Mineração Rio Novo dá todo suporte necessário para o processo de recuperação ambiental das áreas, promovendo relatórios anuais de monitoramento e avaliação dos esforços de reabilitação.

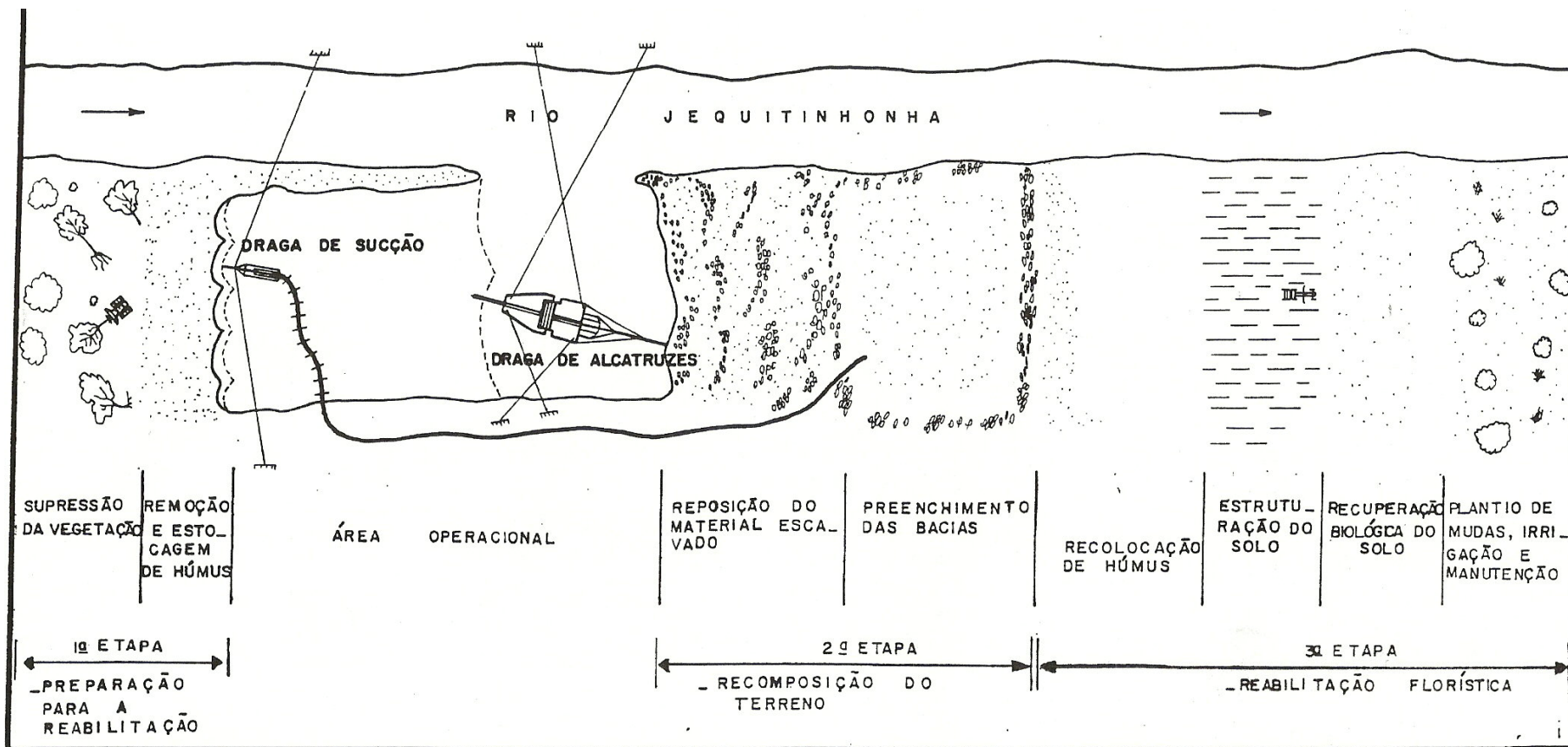


Figura 2.4: Esquema do Método de Lavra realizado pela Mineração Rio Novo. Fonte: PRAD realizado pela Brandt Meio Ambiente.

MÉTODO DE TRABALHO

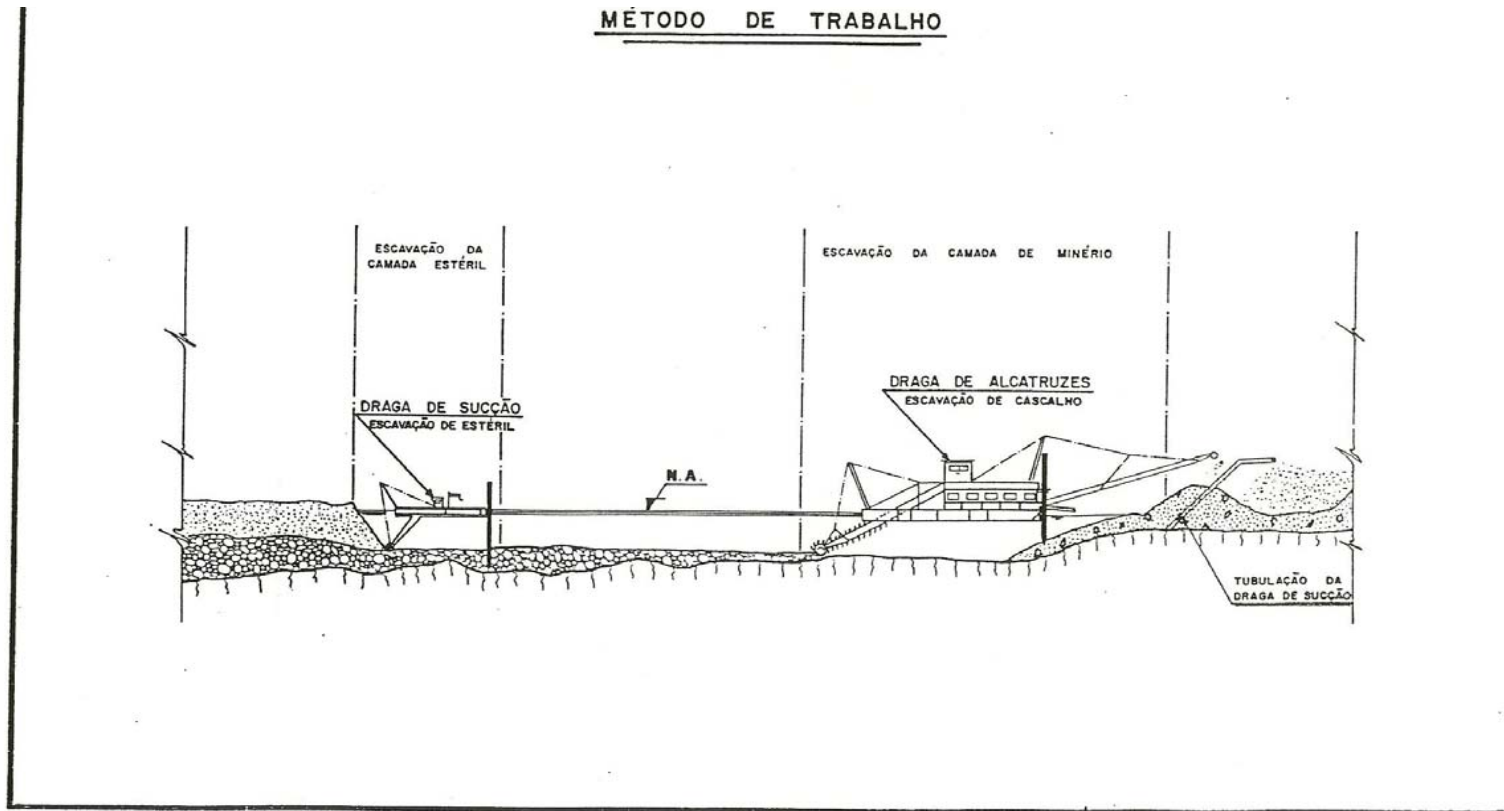


Figura 2.5: Esquema da lavra utilizando a draga de alcatruzes e sucção. Fonte: PRAD – realizado pela Brandt Meio Ambiente.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA – PARÂMETROS ANALISADOS

3.1 – DESENHO AMOSTRAL

O presente estudo foi realizado em nove (9) áreas da Mineração Rio Novo, sendo que sete (7) dessas áreas passaram pelo processo de dragagem e recuperação e duas (2) que não passaram pelo processo de dragagem e recuperação e foram consideradas áreas controles. A área controle da área D1 é formada por cerrado, e a área controle D3 é formada por mata ciliar (serviu de base para a mineração durante o período de dragagem). Todas as áreas estudadas estão na margem direita do rio, sendo assim foi estabelecido para nomenclatura das áreas D - de margem direita, numeração das áreas de 1 a 9, e P - praia, I - intermediária, E - ecótone ou C – controle para nome das sub-áreas. Exemplo: D4E – ecótone da área 4 situado a margem direita do rio.

As áreas que passaram pelo processo de dragagem foram subdivididas em praia, intermediária e ecótone. Praias foram os locais adjacentes ao rio e sob intensa influência do mesmo. As faixas de terreno onde o rio não definiu dunas e praias e que são descontínuas com a vegetação preservada foram definidas como Intermediárias (estão inteiramente sob a ação da reabilitação). Ecótones foram às faixas reabilitadas contínuas a vegetação natural, seja cerrado ou mata ciliar, apresentando um avanço mais substancial na sucessão natural devido a influencia direta desta vegetação nativa adjacente (Figura 3.1).

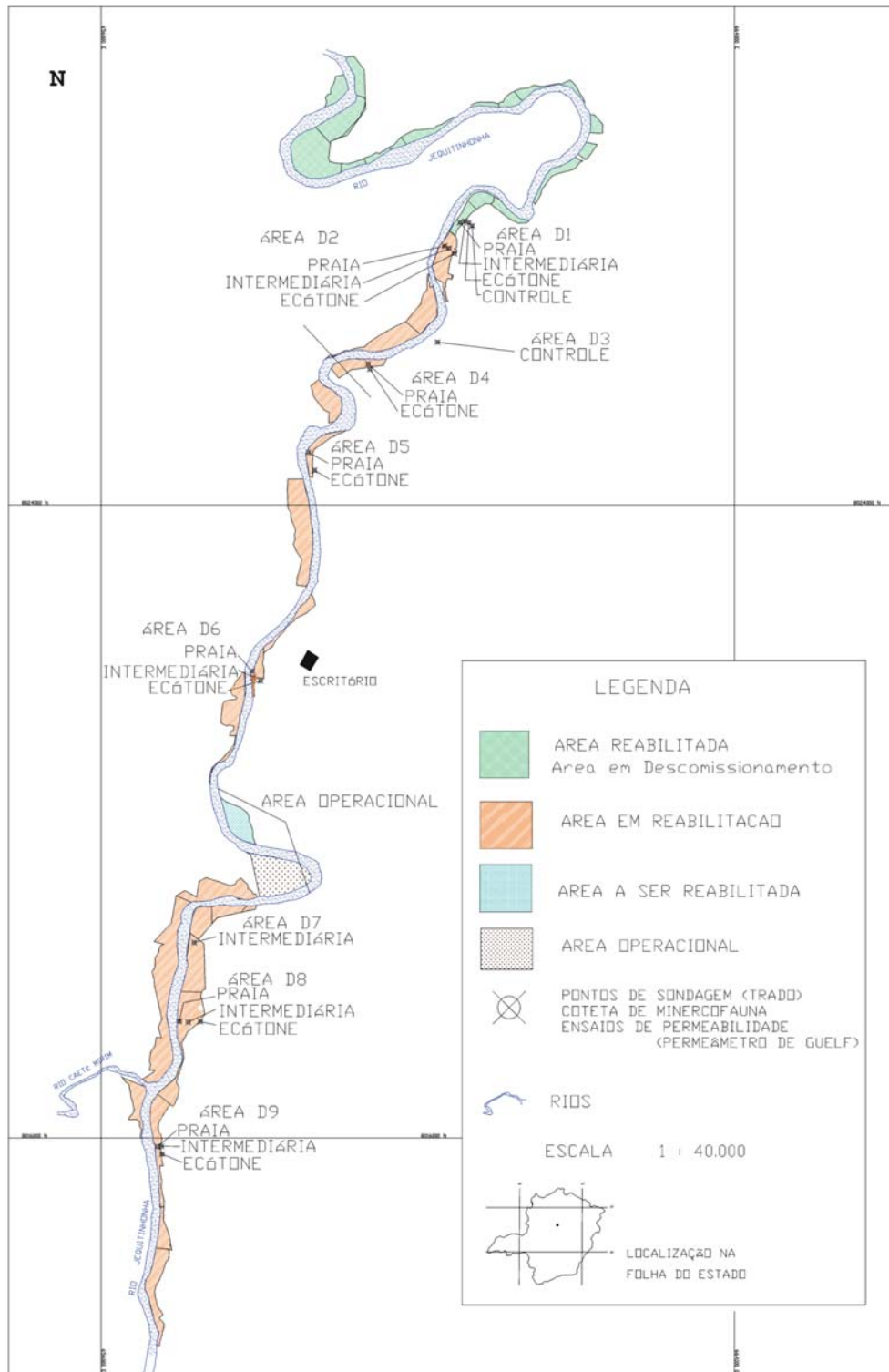


Figura 3.1: Mapa das áreas estudadas ao longo do Rio Jequitinhonha

3.2-VARIÁVEIS ABIÓTICAS DETERMINANTES DA SUCESSÃO NATURAL

3.2.1-Características Sedimentológicas dos aluviões

Com o processo intempérico, a rocha e os sedimentos sofrem transformações que dão origem ao solo. O perfil de um solo bem desenvolvido pode ser apresentado por quatro horizontes, horizonte O composto essencialmente por matéria vegetal cobrindo a parte superficial do solo; horizonte A composto por matéria orgânica em decomposição, sendo o fornecedor dos sólidos carreados pela água para horizontes inferiores; horizonte B receptor dos sólidos carreados de A apresentando um desenvolvimento máximo de cor e estrutura; horizonte C considerado como uma zona de transição para a rocha (Mantilla 2004).

As áreas estudadas são formadas por sedimentos recolocados pela mineração após o processo de dragagem. Esses sedimentos estão fortemente impactados pelo revolvimento e relocação decorrente do processo de lavra. Os processos pedogenéticos foram interrompidos e a relocação dos sedimentos representa mais a recuperação morfológica dos aluviões do que o restabelecimento das condições pedológicas presentes em terraços aluviais não lavrados. Deste modo, ainda que os terraços aluviais da região normalmente não apresentem perfis de solo bem desenvolvidos, a recuperação das áreas se dá quanto à forma dos depósitos aluviais e não quanto ao retorno a um estado de desenvolvimento natural de solos aluviais. Em vista disto, foi realizada a caracterização dos sedimentos em termos de distribuição granulométrica e mineralógica para o melhor entendimento do processo de recuperação das áreas.

Visando reconhecer os perfis granulométricos dos aluviões foram realizados furos de trado de 3 polegadas (10 cm) com extensores de 1,00 metro cada (Figura 3.2). Em cada uma das subáreas foi feito um furo tentando avançar ao máximo com trado. Áreas com muito cascalho, com raízes de árvores ou em contato com água dificultaram o processo de perfuração, por vezes restringindo a profundidade alcançada. Em algumas áreas o furo alcançou 3,00 m de profundidade.

As amostras que foram retiradas para a caracterização do perfil do sedimento, são as mesmas amostras que serão utilizadas no peneiramento (caracterização da granulometria) e na análise mineralógica. Os furos foram aleatórios e o número de camadas variou de furo pra furo.



Figura 3.2: A) Trado; B) Amostras retiradas do trado. Fotos: da Costa 2005.

3.2.2-Granulometria

A granulometria constitui a base para descrição precisa do sedimento; caracteriza os sedimentos depositados em determinados ambientes; fornece informações sobre o processo físico atuante durante o transporte e deposição dos sedimentos; podendo ainda influenciar outros parâmetros, como porosidade e permeabilidade (Suguio 1980). Assim, é por meio da análise granulométrica que se determina a textura dos solos, parâmetro fundamental na inferência do potencial de compactação, da disponibilidade de água, da aeração, da condutividade do solo ao ar, à água e ao calor, da infiltração e da redistribuição de água (Prevedello, 1996).

A medida de tamanho dos grãos por peneiramento é o método mais preciso e acurado. O peneiramento é feito mecanicamente utilizando um peneirador automático e um conjunto de peneiras com diferentes tramas (Ver tabela 1), por um tempo de 10 a 15 minutos. O sedimento antes de ir para o peneiramento ficou na estufa por 24 horas em uma temperatura média de 80° C, em seguida foi pesado em uma balança de precisão com duas casas decimais. Após o peneiramento, o sedimento retido em cada uma das peneiras foi colocado em sacos menores e passou por uma nova pesagem. Finalizado o processo determinou-se a porcentagem de cada fração (Figura 3.3).

Tabela 3.1: Escalas de medidas de tamanho dos grãos: equivalência de classes (Netto 1980).

Mesh U.S.Bur. Soils	Milímetros	Phi (ϕ)	Classes nominais Wentworth, 1922
10	2.00	- 1.0	Grânulo
18*	1.00	0.0	Areia Muito Grossa
35	0.50	1.0	Areia Grossa
60	0.75	2.0	Areia Média
120*	0.125	3.0	Areia Fina
230*	0.065	4.0	Areia Muito Fina
400*	0.031	5.0	Silte Grosso

* Por não haver peneiras com os respectivos números tivemos que fazer uma aproximação utilizando peneiras com números 16, 115, 250 e 325 mesh.

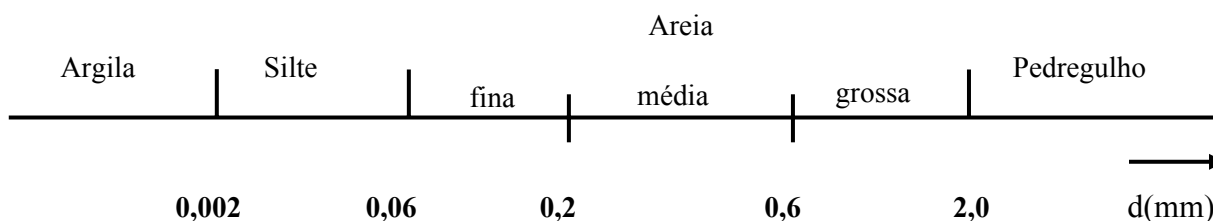


Figura 3.3: Escala Granulométrica da ABNT.

3.2.3-Permeabilidade

A disponibilidade de água no solo constitui um dos fatores mais importantes para o crescimento e produtividade das plantas, nativas ou cultivadas. Sendo este o principal reservatório de água para as plantas, é evidente que a determinação das suas propriedades hidráulicas colabora para a descrição e entendimento dos processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera (Silva & Libardi 2000).

Geralmente, os estudos relacionados com problemas de fluxo do movimento da água nos solos estão ligados a obras, como por exemplo, estabilidade de taludes e sistemas de drenagem, ou ao meio ambiente, incluindo aterros sanitários, sistemas de reservatórios e recuperação ambiental. As propriedades hidráulicas do solo podem ser medidas em ensaios feitos tanto em laboratório quanto em campo. Para os ensaios feitos em campo, podemos utilizar dois instrumentos o permeâmetro ou o infiltrômetro, ambos medem a condutividade hidráulica saturada do solo (Soto & Vilar 2003). A condutividade hidráulica (K_{fs}) e sorvidade (S_o) do solo caracterizam o processo de infiltração da água. A sorvidade acontece no início do processo e é independente da gravidade e dos efeitos geométricos (Borges *et al.* 1999).

Neste estudo optou-se pelo Permeâmetro de Guelph (Figura 3.3), aparelho que permite determinar a condutividade hidráulica saturada no campo, levando em conta outros fatores importantes do solo como a determinação da função da condutividade não saturada, mediante a uma lei de variação desta função.

$$K_{fs} = \frac{C.Q}{(2\pi H^2 + \pi a^2 C + 2\pi H/\alpha)}$$

Onde, K_{fs} é a condutividade hidráulica saturada do solo, Q (m^3/s) é o fluxo de recarga permanente, H (m) é a carga hidráulica colocada no furo, a (m) raio do furo e C é um fator adimensional que irá depender da relação H/a . Os valores para α irão depender das Categorias de medidas dos poros que estão listados na tabela 2 abaixo, em nossos experimentos utilizamos o α valendo 0,12 (Soto & Vilar 2003). As medidas foram realizadas no mês de agosto de 2005.

Tabela 3.2: Categorias de medidas dos poros utilizados para estimação de α em análises do Permeâmetro de Guelph (Dafonte *et al.* 1999).

Categoria de Medida dos Poros	Valores de α (cm⁻¹)
Materiais argilosos pouco saturados, compactados.	0,01
Solos que tem textura fina, desestruturados.	0,04
Solos com argilas, incluindo areias finas a grossas, desestruturado.	0,12
Areias grossas a cascalho, incluindo grandes fendas e macroporos.	0,36

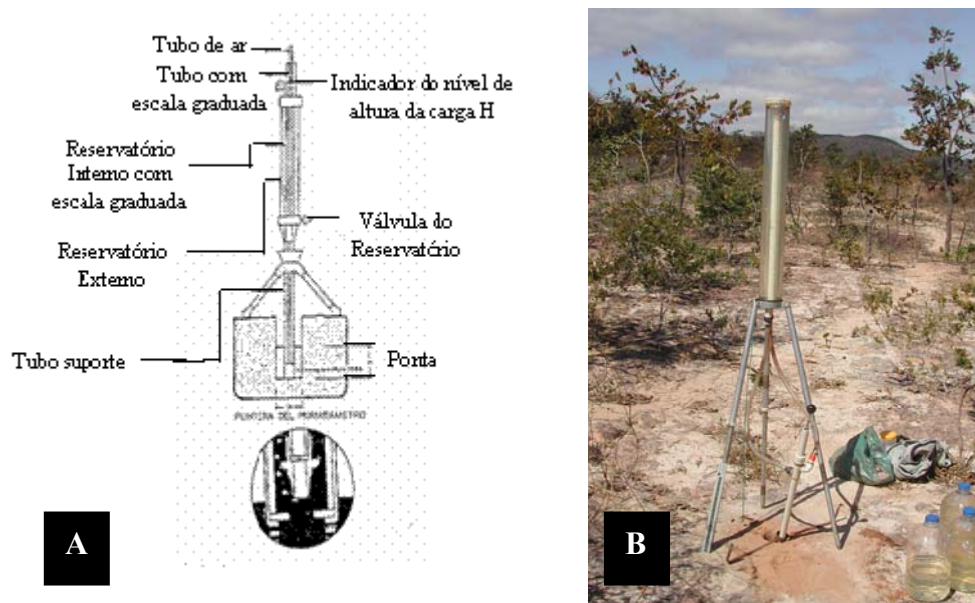


Figura 3.4: A) Esquema do Permeâmetro de Gueph (Soto & Vilar 2003), B) Foto do Permeâmetro de Guelph em campo. Foto: da Costa 2005.

3.2.4-Mineralogia/ Petrologia

Após o processo de peneiramento foi analisada a composição mineralógica/ petrológica de cada amostra. A composição dos sedimentos é de grande importância, porém esta tarefa não é tão simples devido à insuficiência de precisão de alguns métodos. Este trabalho privilegiou a “Análise da Fração Grosseira”. Esta análise é pouco rigorosa, mas bastante rápida. Em geral, conduz a resultados muito bons na caracterização de sedimentos. Em nosso estudo analisamos a fração areia (-1 ϕ a 0 ϕ - areia muito grossa; 0 ϕ a 1 ϕ - areia grossa; 1 ϕ a 2 ϕ - areia média; 2 ϕ a 3 ϕ - areia fina e 3 ϕ a 4 ϕ - areia muito fina) (Dias 2004).

As frações granulométricas provenientes da peneiração possuem pesos diferentes e elevados (dezenas a centenas de gramas), neste caso torna-se necessário retirarmos uma alíquota. Para esta separação utiliza-se micro-separadores, ou simples quarteamento (com auxílio de uma lupa binocular e o placa de petri onde se coloca amostra) (Dias 2004).

Normalmente, considera-se a contagem de 100 grãos por fração, sendo o mínimo para que o método tenha validade estatística. Para se calcular os erros em função da porcentagem determinada e do número total de grãos observados existem Normogramas (Folk 1980) (Figura 3.5).

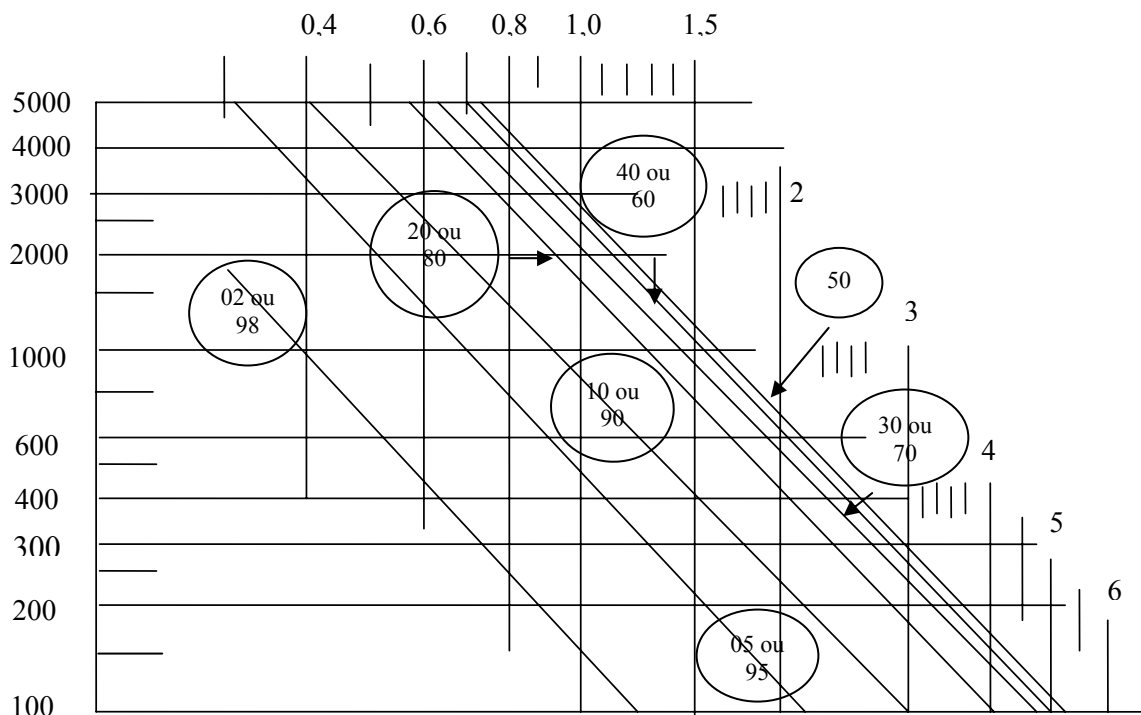


Figura 3.5: Normograma adaptado de Folk 1968 por Dias em 2004. Exemplo: Em 100 grãos de uma fração granulométrica foram encontrados 95 grãos de quartzo, o erro é de 2, 3, ou seja, a percentagem de quartzo está entre 92,7 e 97,3.

Para o tratamento dos resultados foram calculadas as médias e os desvios padrões para permitir a caracterização dos vários depósitos ali existentes e identificar as diferenças e as analogias. Utilizamos um método de representação diagramática através da construção de “Diagramas de Shepard”.

Há vantagens em integrar e sintetizar as informações de caráter composicional e granulométrico em diagramas simples e de fácil visualização, pois permite ao leitor uma rápida caracterização dos sedimentos. Este diagrama é composto por três gráficos para cada furo.

O primeiro é um gráfico retangular que irá representar o valor relativo de cada fração granulométrica. Cada linha vertical irá representar a freqüência da respectiva classe granulométrica (neste diagrama os grãos maiores, como cascalho, e os mais finos, silte e argila também aparecem no gráfico). O segundo também é um gráfico retangular que irá representar a composição mineralógica das frações granulométricas da areia. Cada linha vertical irá marcar as porcentagens de cada classe granulométrica de cada classe composicional (quartzo, turmalina, biotita, etc). O terceiro é um gráfico circular que irá representar a composição mineralógica total da amostra (Figura 3.6). Não se padronizou o número de camadas coletadas, por este motivo há uma variação entre o número de amostras de cada área.

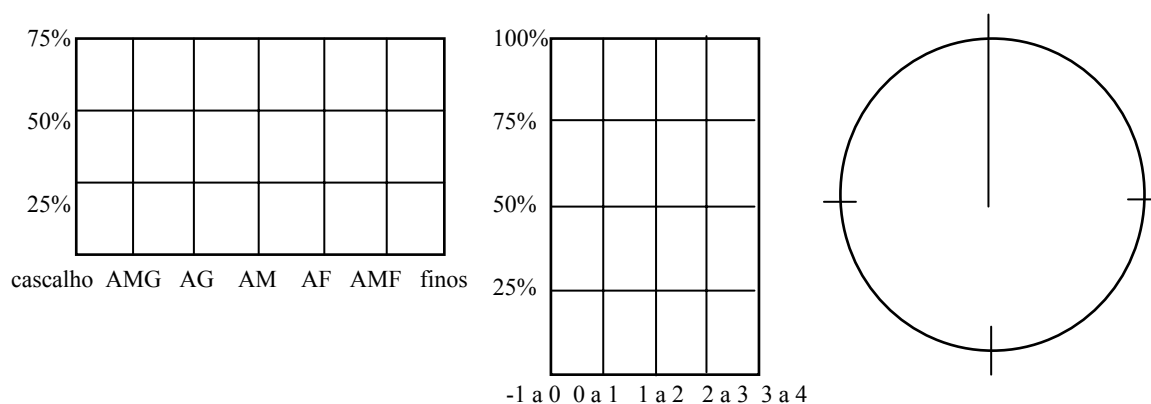


Figura 3.6: Diagramas de Shepard, modificado por Dias (1987).

3.3-VARIÁVEIS BIÓTICAS BIOINDICADORAS DA SUCESSÃO NATURAL: COLETA DA MIRMECOFAUNA

A coleta de dados no campo foi conduzida no mês de abril de 2005. Para um completo levantamento da fauna de formigas é aconselhável a combinação de técnicas, por esse motivo este trabalho utilizou três métodos de amostragem conjugados (isca de sardinha, armadilhas de pitfall (ou armadilhas de queda) e coleta direta).

As iscas de sardinha (IS) são constituídas por sardinhas em conserva, que são maceradas até formarem uma pasta. Procedimento: no campo pincelá-se esta pasta em guardanapos que são espalhados por toda área a ser investigada (Figura 3.7). As iscas são deixadas no campo por cerca de 40 minutos (tempo mínimo para o recrutamento) e então recolhidas em sacos plásticos. Após o recolhimento os sacos com as formigas são armazenados no freezer. Foram espalhados um total de dez (10) iscas para cada sub-área, a medida utilizada foi de uma colher de sopa para cada isca de sardinha.



Figura 3.7: Isca de sardinha exposta no campo. Note o recrutamento das formigas na isca. Foto: Castro 2005.

Esse método é utilizado em virtude de apresentar elevado poder de atração e constituição química semelhante àquela das presas e detritos comumente encontrado no solo pelas formigas (Tavares 1996). É bastante eficiente e comumente empregado em estudos de comunidades de formigas, tendo sido utilizado nos trabalhos de Benson & Brandão (1987) e Neto (1987). A isca de sardinha coleta preferencialmente as espécies mais agressivas e com capacidade de recrutamento, as quais têm sua densidade ampliada pela busca ativa de recurso nas iscas, mas captura também espécies raras e exigentes de habitat.

As armadilhas de pitfall (AP) consistem em potes de plástico enterrados no solo com a abertura voltada para a superfície, dentro dos potes contém uma solução de álcool 70% glicerinado a 5% em aproximadamente 1/3 do recipiente. As dimensões do pote são 8.5cm de profundidade e 6.5cm de diâmetro. Procedimento: os animais que possuem atividade no solo caem dentro do pote ao acaso e são mortos e conservados pelo álcool 70%, a glicerina quebra a tensão superficial do álcool impedindo a saída do inseto do pote. (Figura 3.8)

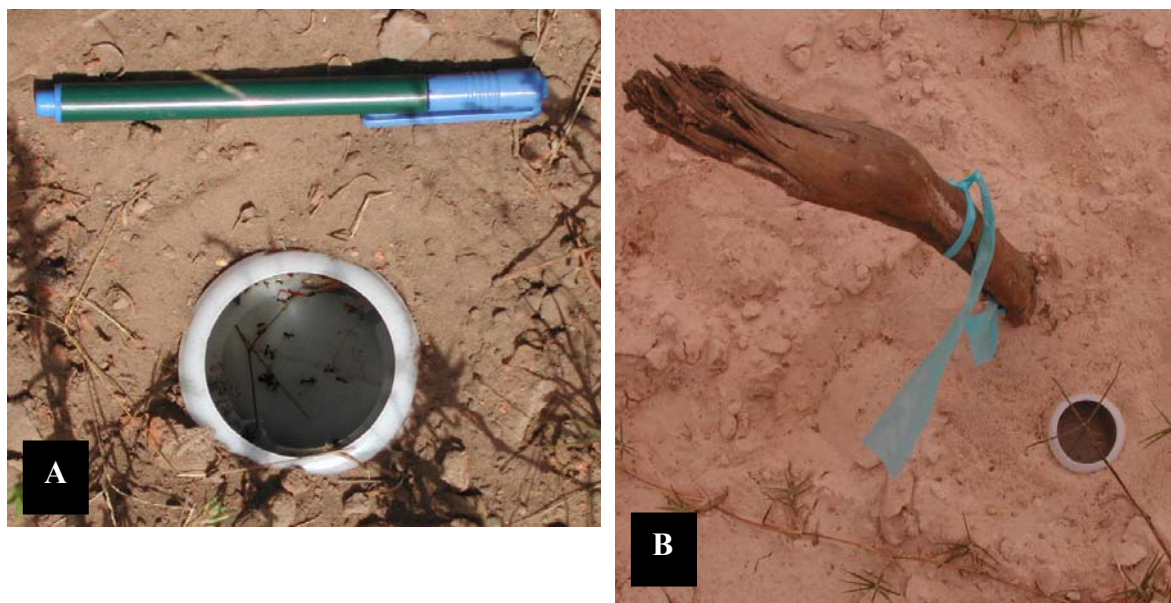


Figura 3.8: A e B) Pitfall colocado a um dia no campo. Note que na figura A já existem algumas formigas caídas dentro do pote. Fotos: Castro 2005.

Os pitfalls ficaram dispostos ao acaso por três dias para captura passiva de formigas. Os dados da armadilha de pitfall são importantes para confirmar padrões de riqueza e abundância relativa de espécies entre as áreas de esforços, também visam gerar uma caracterização mais ampla da assembléia de formigas. Em cada subárea (praia, intermediária, ecótono) e nos controles, foram montados conjuntos de 10 unidades amostrais: 10 potes de armadilhas de pitfall sorteadas dentro de uma grade de 50X50 metros (sendo os pontos sorteados situados nas intercessões de linhas que passavam a cada 10 metros) (Figura 3.9).

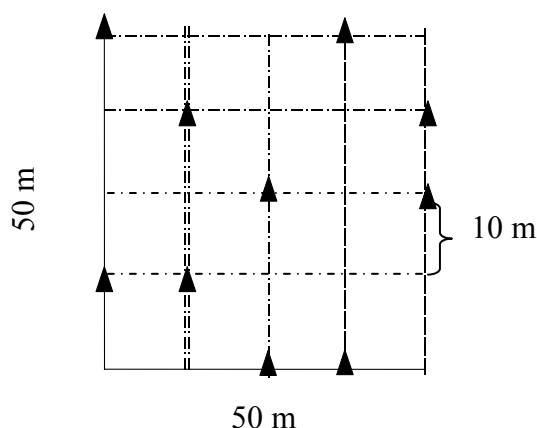


Figura 3.9: Representação esquemática do desenho amostral para as coletas com armadilhas de pitfall. Cada triângulo simboliza uma armadilha com distâncias mínimas de 10 metros e máxima de 40 metros.

A coleta direta (CD) foi feita utilizando-se de pote com álcool, pinça e pincel nas mãos. Procedimento: a formiga é localizada e observada no solo e em seguida coletada. Este método foi utilizado para capturar formigas que não seriam atraídas pelas iscas de sardinha e que possivelmente poderiam não cair nas armadilhas de pitfall. Todas as sub-áreas foram percorridas durante uma (1) hora.

As formigas coletadas foram triadas e identificadas até o nível de gênero, sendo montados três exemplares de cada morfoespécie. Os outros exemplares estão armazenados em álcool 70%, no Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais. As formigas foram posteriormente identificadas até o nível de espécie no CPLAC da Universidade Estadual de Santa Cruz (Ver lista de espécies em Anexo).

3.4- ANÁLISE DOS DADOS

Os dados do novo perfil do sedimento e mineralogia foram plotados gráficos gerando melhor visualização dos resultados. Para testar os efeitos da permeabilidade do sedimento em reabilitação sobre a riqueza e abundância de formigas, foi utilizada uma regressão linear simples, onde as variáveis dependentes foram riqueza e abundância e a variável independente foi à permeabilidade. Para os dados da granulometria foram realizadas Análises Discriminantes Canônicas entre o tamanho do grão e o tamanho corporal das formigas presente em cada área. Para testar o efeito das subáreas na riqueza de formigas foi realizado uma Análise de Variância Fatorial, onde a variável qualitativa e dependente foi a riqueza de formigas e a variável quantitativa e independente foram as subáreas. Nível de significância $p < 0,5$.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1- VARIÁVEIS ABIÓTICAS DETERMINANTES DA SUCESSÃO NATURAL

4.1.1- Perfil Comparativo dos Sedimentos

Nos gráficos que se seguem encontram-se os resultados descritivos dos sedimentos das áreas dragadas em duas etapas distintas:

- coluna de perfis à esquerda da figura; perfis granulométricos anteriores ao processo de dragagem, obtidos dos documentos das operações de pesquisa que apresentam a descrição do material recuperado na sondagem para a prospecção de ouro e diamante (realizado em 1985);

- coluna de perfis à direita da figura: perfis realizados por sondagem a trado nos aluviões “recuperados”. Estes sítios tiveram a sua recuperação iniciada em 1997. A perfuração a trado foi feita em agosto de 2005.

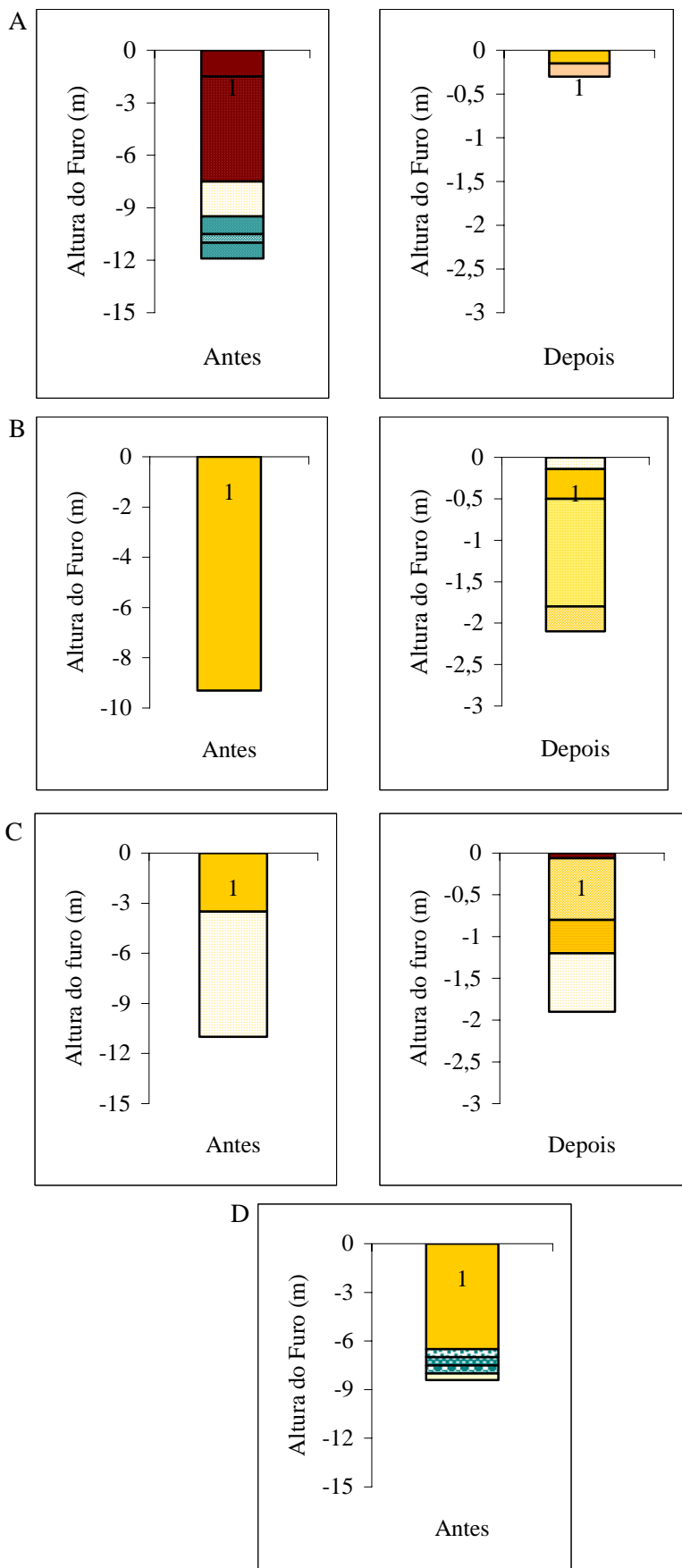















Figura 4.1: Resultado dos perfis de sondagem da área D1 para praia (A), intermediária (B), ecótono (C) e controle (D), respectivamente. O zero (0) nos gráficos é a superfície dos solos e sedimentos, sendo os outros valores a profundidade do perfil.

LEGENDA:

 Argila	 Areia fina	 Areia fina com cascalho grande
 Argila arenosa	 Areia fina argilosa	 Areia grossa argilosa
 Areia média	 Quartzito	 Areia fina com cascalho pequeno
 Cascalho grande	 Cascalho médio	 Cascalho pequeno
 Areia fina à grossa		

A antiga área D1 “praia” era caracterizada por um solo aluvial com grande quantidade de sedimentos na fração argila (o que significa presença de argilominerais) favorecendo a formação e a fixação de mata ciliar (Figura 4.1 A). O perfil atual obtido na perfuração a trado na área está caracterizado por areias finas a médias na superfície podendo ser encontrado cascalhos médios ao longo da praia.

A área D1 intermediária (Figura 4.1 B) era um terraço aluvial constituído por sedimentos finos advindos das cheias do rio Jequitinhonha e pela formação das lagoas de cheia, hoje o perfil encontra-se heterogêneo contendo sedimentos finos (areia fina) a cascalho.

Já na área D1 ecótone (Figura 4.1 C) o solo era formado por sedimentos finos (areia fina) com presença de argila, em seu novo perfil encontramos uma fina camada de argila arenosa seguida de areia fina a grossa argilosa e cascalhos.

Na D1 controle (Figura 4.1 D) o solo não foi dragado, em seu perfil podemos observar uma grande faixa de areia fina seguida de uma camada mediana de cascalhos até a rocha, em uma pequena amostra atual, podemos verificar que o solo continua em pedogênese apresentando areia argilosa, areia fina com materiais orgânicos. As cheias do rio Jequitinhonha não alcançam as áreas D1 ecótone e D1 controle.

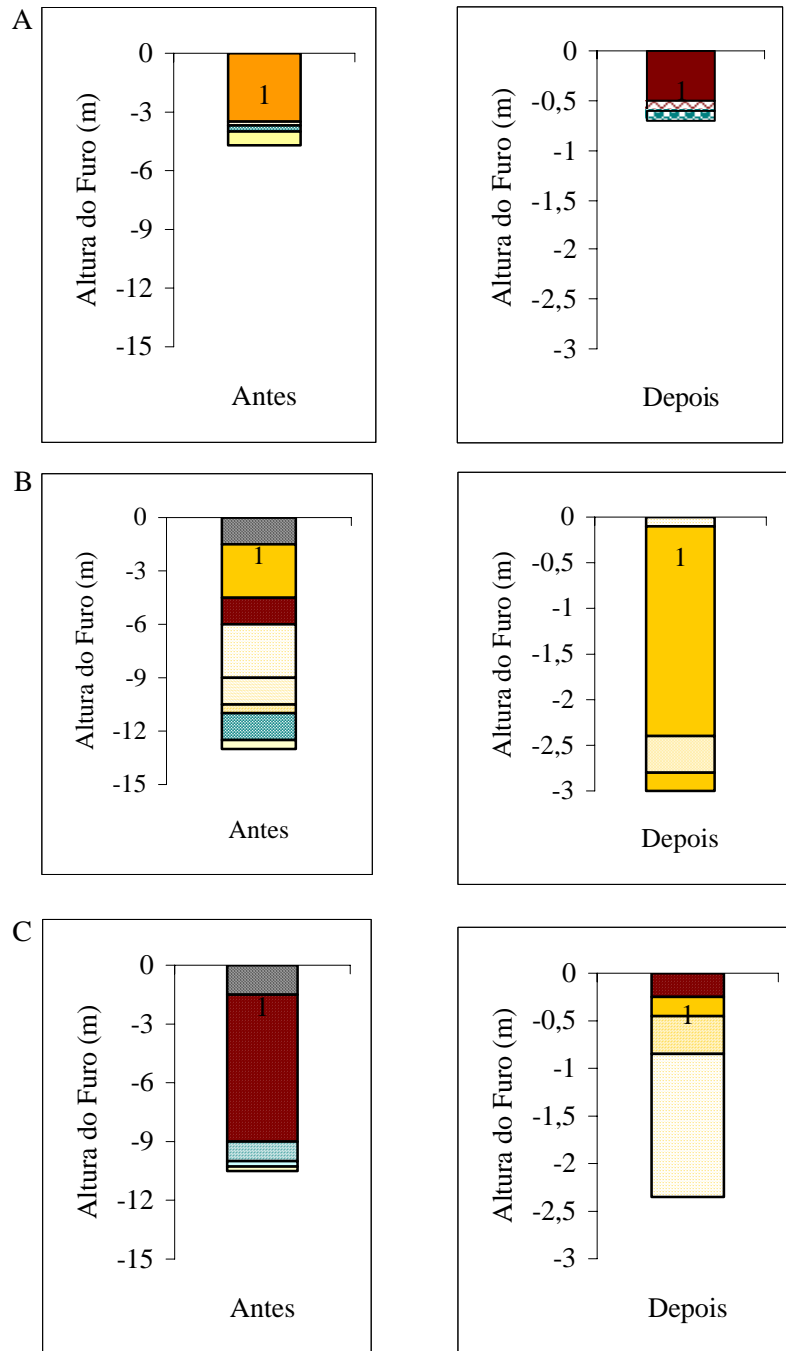


Figura 4.2: Resultado dos perfis de sondagem da área D2 para praia (A), intermediária (B) e ecótono (C), respectivamente. O zero (0) nos gráficos é a superfície dos solos e sedimentos, sendo os outros valores a profundidade do perfil.

LEGENDA:

Argila	Areia fina	Areia grossa com pouco cascalho
Argila arenosa	Areia fina argilosa	Areia fina com pouco cascalho
Argila orgânica com restos vegetais	Quartzito	Areia fina dura argilosa
Cascalho grande	Cascalho médio	Cascalho pequeno
Matéria orgânica	Areia argilosa com restos vegetais	Areia grossa

A área D2 praia (Figura 4.2 A) era constituída por sedimentos aluviais mais grossos, trazidos pelo rio Jequitinhonha, além de possuir pouca espessura em comparação com a área D1 praia. Na D2 intermediária (Figura 4.2 B), foram encontrados materiais orgânicos e areias mais compactadas. Atualmente, o perfil encontra-se pouco heterogêneo prevalecendo areia grossa. D2 ecótone (Figura 4.2 C) possuía a formação vegetacional cerrado. Neste local o solo era caracterizado por uma camada de matéria orgânica seguida por argila arenosa, favorecendo o crescimento da vegetação e o estabelecimento de animais. Hoje esta área possui uma pequena camada de argila arenosa prevalecendo no perfil areia fina (argilosa ou cascalhosa).

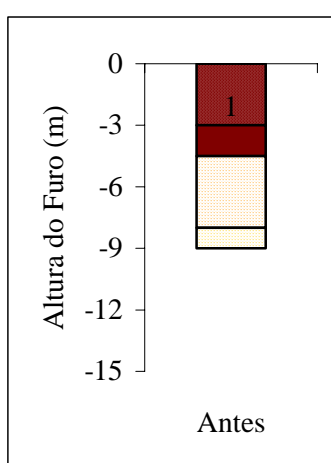


Figura 4.3: Perfil de Sondagem da área D3. O zero (0) nos gráficos é a superfície dos solos e sedimentos, sendo os outros valores a profundidade do perfil.

LEGENDA:

Argila
 Argila arenosa
 Areia grossa argilosa
 Areia fina argilosa

No presente estudo como a área D3 foi considerada controle (Figura 4.3), por não ter sido dragado servindo apenas como área de apoio à mineração, não foi feito um novo perfil. Mas uma amostra da primeira camada do solo foi coletada e analisada. O solo continua com o mesmo padrão: uma camada espessa de argila arenosa com restos vegetais, favorecendo a permanência da mata ciliar e da fauna nativa.

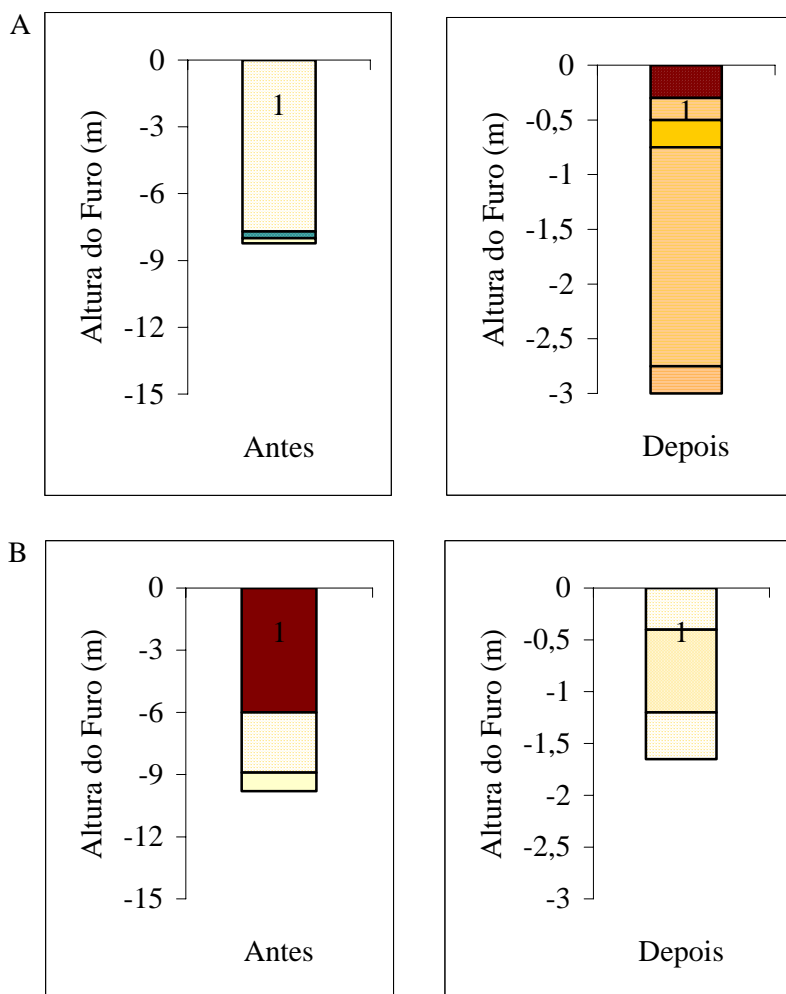
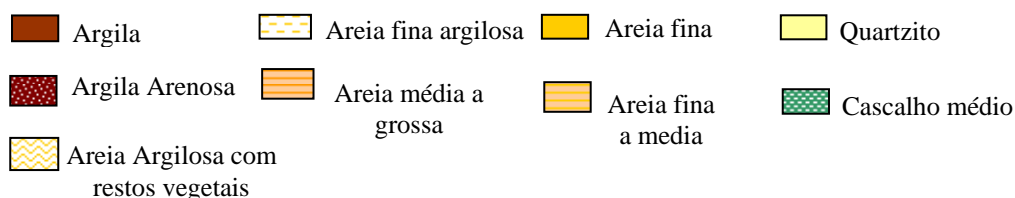


Figura 4.4: Resultado dos perfis de sondagem da área D4 para praia (A) e ecótone (B), respectivamente. O zero (0) nos gráficos é a superfície dos solos e sedimentos, sendo os outros valores a profundidade do perfil.

LEGENDA:



Tanto a área D4 quanto à área D5 não apresentam a subárea intermediária, pois ambas possuem uma largura menor que das outras áreas encostando a formação do ecótone na praia. A praia D4 (Figura 4.4 A) era originalmente formada por sedimentos finos em sua maior parte. Atualmente ela se encontra constituída por sedimentos finos a grossos com uma camada delgada de argila arenosa. O ecótone (Figura 4.4 B), por ser uma área composta por cerrado e que o rio não alcança durante as cheias, é formado por

argilas e por areias argilosas, favorecendo a formação vegetal (cerrado) e abrigando a fauna local. Hoje neste perfil é encontrada areia fina argilosa com restos vegetais advindos do processo reajuste topográfico.

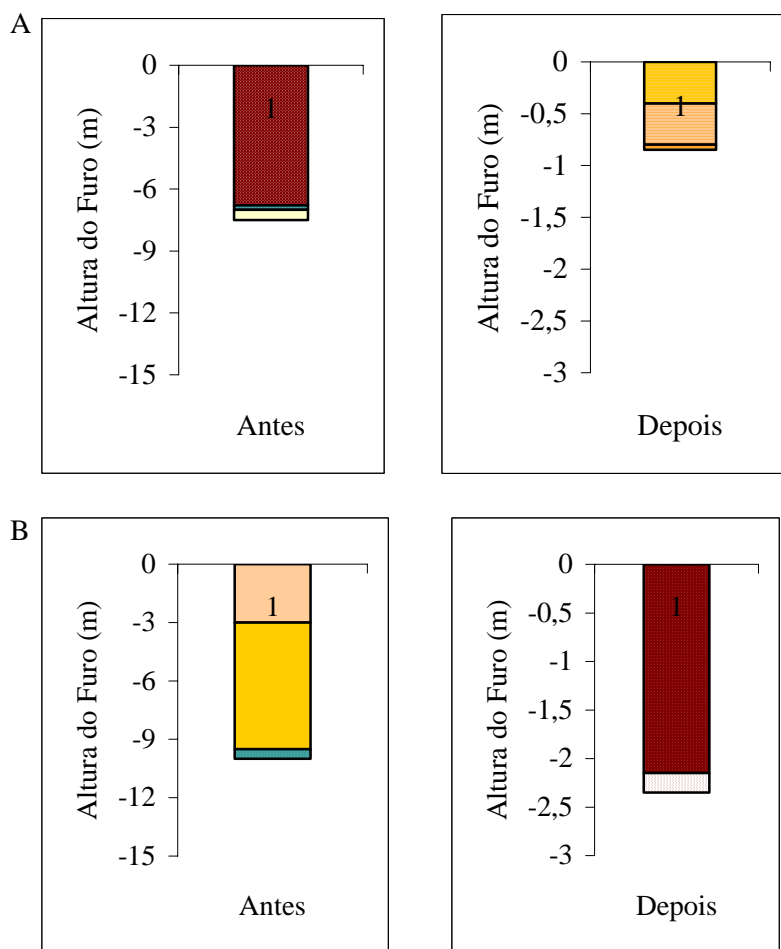


Figura 4.5: Resultado dos perfis de sondagem da área D5 para praia (A) e ecótono (B), respectivamente. O zero (0) nos gráficos é a superfície dos solos e sedimentos, sendo os outros valores a profundidade do perfil.

LEGENDA:

- | | | |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Argila fina | Areia fina | Areia média a grossa com cascalho |
| Argila arenosa | Argila arenosa com cascalho | Areia média |
| Areia fina a média | Quartzito | Areia média a grossa |
| Cascalho médio | | |

Na área D5 a praia (Figura 4.5 A) possuía uma grande quantidade de argila. Após a área sofrer o reajuste topográfico as camadas se misturaram e a área hoje está caracterizada por sedimentos finos a grossos (areia fina à grossa). Já no ecótone (Figura 4.5 B), por ser um terraço antigo formado pelo rio Jequitinhonha, era formado por sedimentos finos a médios da fração areia proveniente das lagoas de cheia. Essa mesma área hoje está caracterizada por argilas arenosas com um pouco de cascalho.

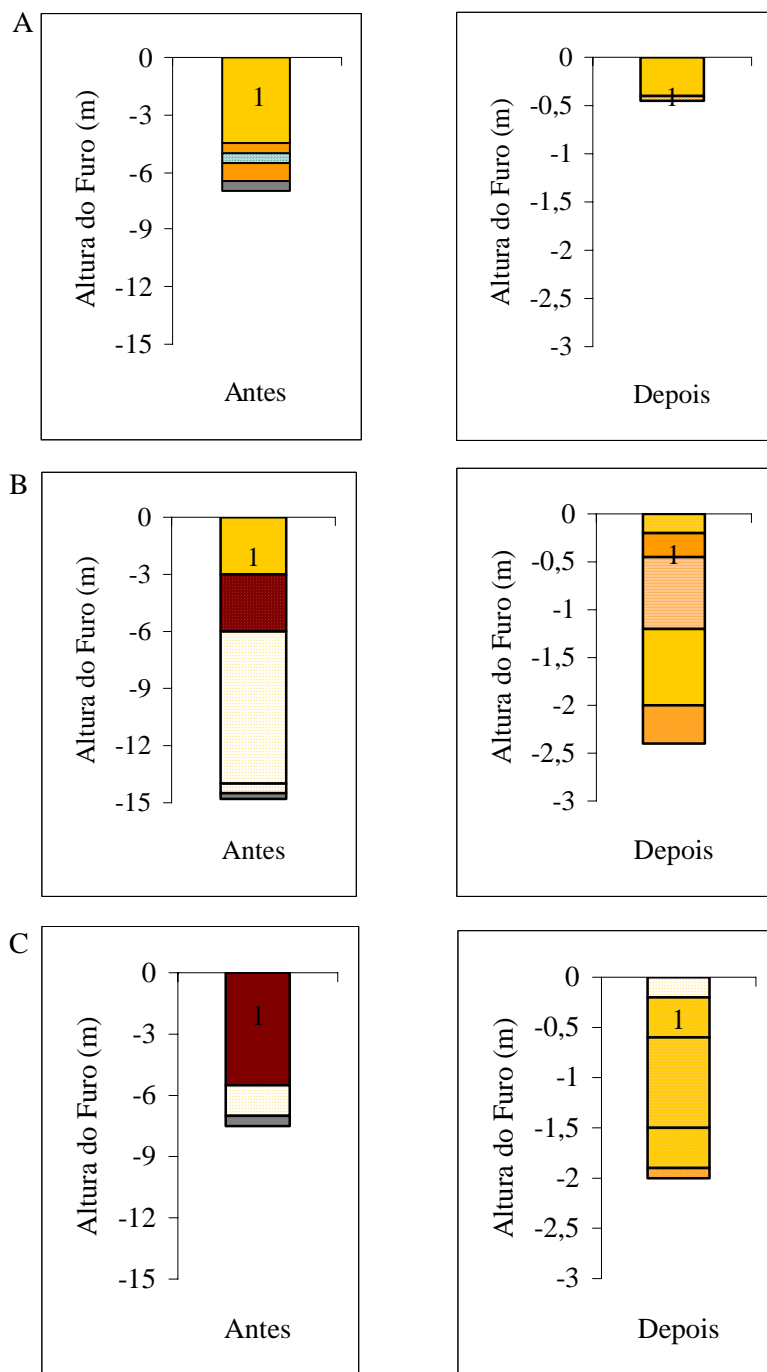


Figura 4.6: Resultado dos perfis de sondagem da área D6 para praia (A), intermediária (B) e ecótone (C), respectivamente. O zero (0) nos gráficos é a superfície dos solos e sedimentos, sendo os outros valores a profundidade do perfil.

LEGENDA:

 Argila	 Areia fina	 Areia grossa cascalho
 Argila arenosa	 Areia fina argilosa	 Areia grossa argilosa
 Xisto	 Quartzito	 Areia média a grossa com cascalho
 Areia média a grossa	 Areia fina a média	 Cascalho pequeno
 Areia fina a media argilosa	 Areia grossa	

Na área D6, na praia (Figura 4.6 A), perfil mostra uma camada de aproximadamente 4 metros de areia fina entremeada com areia grossa e cascalhos. O avanço do trado foi quase impossível devido a enorme quantidade de cascalho em toda superfície da praia. A subárea intermediária (Figura 4.6 B) era formada por sedimentos mais finos, areia fina e argila, advinda das cheias do rio Jequitinhonha. Atualmente encontramos areias finas a grossas misturadas formando o novo perfil da área. No ecótone (Figura 4.6 C) pode-se observar que os sedimentos pós-dragagem misturados é que compõem o novo perfil da área, sendo constituídos basicamente por areia fina.

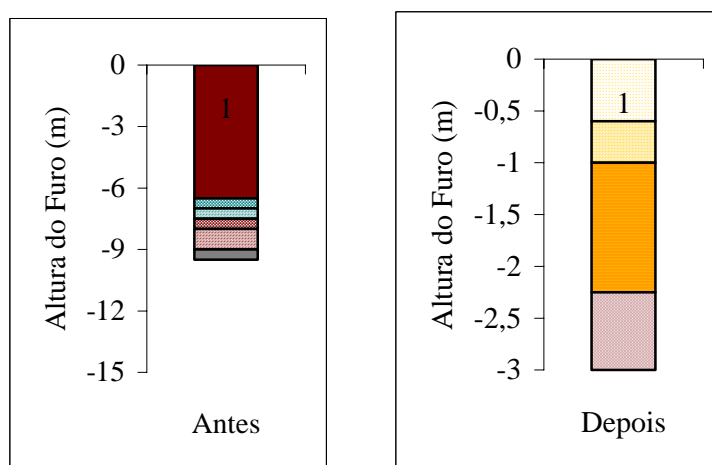













Figura 4.7: Resultado dos perfis de sondagem da área D7 intermediária. O zero (0) nos gráficos é a superfície dos solos e sedimentos, sendo os outros valores a profundidade do perfil.

LEGENDA:

 Argila	 Argila arenosa	 Cascalho fino argiloso	 Xisto
 Cascalho grande argiloso	 Cascalho grande	 Cascalho pequeno	 Areia fina argilosa
 Argila orgânica com restos vegetais	 Areia fina com cascalho	 Areia fina a grossa	

A área D7 é uma grande subárea intermediária, pois não forma praia nas margens do rio nem uma faixa de transição da vegetação nativa para uma área que está fortemente influenciada pela reabilitação. Seu perfil pré-dragagem era caracterizado por sedimentos argilosos intercalados com camadas de cascalhos pequenos a grandes. O perfil atual mostra uma grande concentração de areia fina com pouca presença de argila.

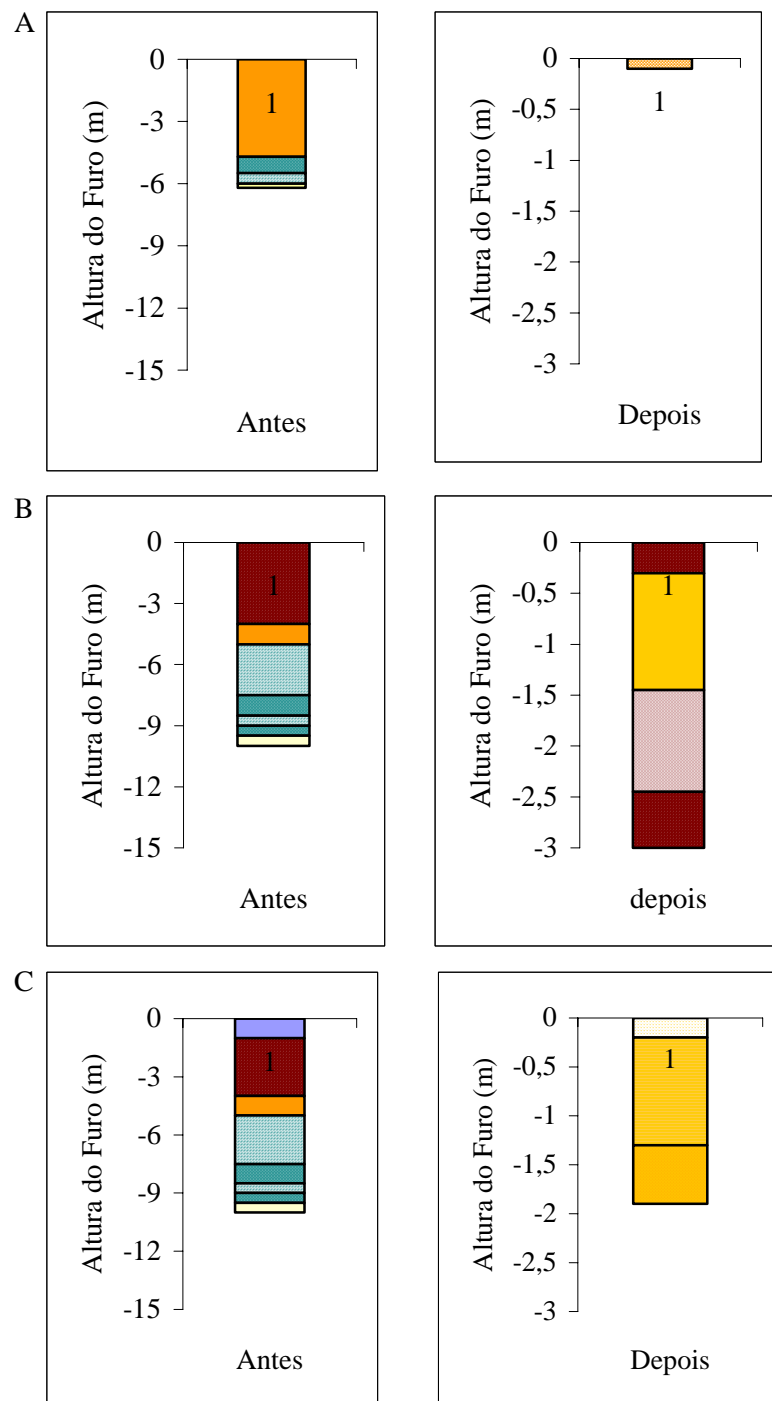















Figura 4.8: Resultado dos perfis de sondagem da área D8 para praia (A), intermediária (B) e ecótono (C), respectivamente. O zero (0) nos gráficos é a superfície dos solos e sedimentos, sendo os outros valores a profundidade do perfil.

LEGENDA:

	Argila orgânica com restos vegetais		Areia fina		Areia grossa com cascalho
	Argila arenosa		Areia fina argilosa		Areia fina com pouco cascalho
	Quartzito		Rejeito de usina		Areia grossa
	Cascalho grande		Cascalho médio		Cascalho pequeno
	Areia fina a média				

A área D8 é uma das mais novas em reabilitação. Sua praia original era formada por sedimentos da fração areia grossa e cascalhos trazidos pelo rio em seu processo normal de deposição. Hoje, ela está caracterizada por sedimentos extremamente cascalhosos dificultando o avanço do trado para obtenção do novo perfil (Figura 4.8 A). Em sua área intermediária (Figura 4.8 B) o perfil era bem heterogêneo sendo composto por rejeito de usina, argila arenosa e diferentes tamanhos de cascalho. Após a dragagem a área foi preenchida em sua maior parte por sedimentos mais finos como areia fina. O perfil da subárea ecótono (Figura 4.8 C) formava duas faixas distintas: uma composta por sedimentos argilosos e arenosos, e a outra por cascalhos de diversos tamanhos. O seu novo perfil mostra que houve uma homogeneização, prevalecendo sedimentos argilo-arenosos advindos da mistura dos sedimentos dragados pela mineração.

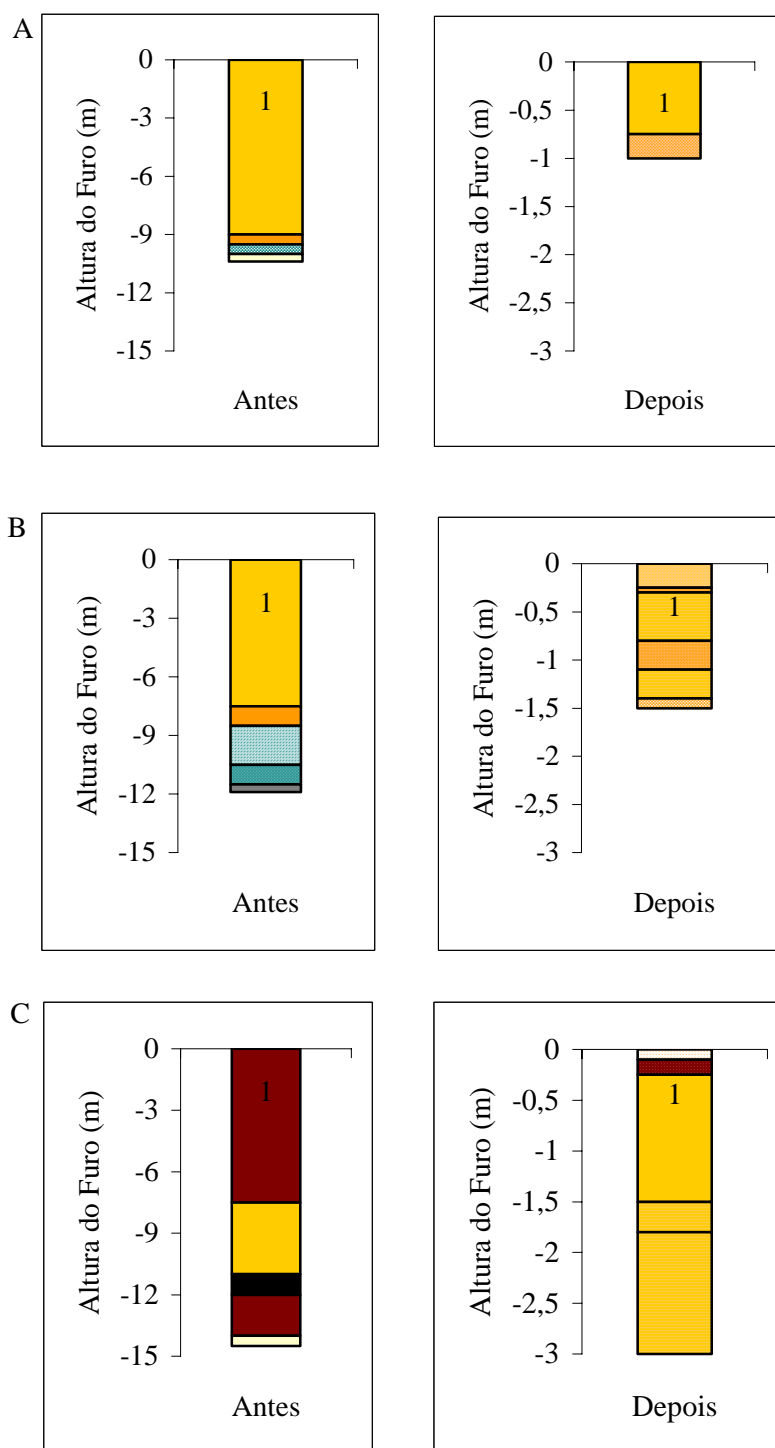

















Figura 4.9: Resultado dos perfis de sondagem da área D9 para praia (A), intermediária (B) e ecótone (C), respectivamente. O zero (0) nos gráficos é a superfície dos solos e sedimentos, sendo os outros valores a profundidade do perfil.

LEGENDA:

 Argila	 Areia fina	 Areia grossa cascalho
 Argila arenosa	 Areia fina argilosa	 Areia média a grossa com cascalho
 Xisto	 Quartzito	 Areia media a grossa com cascalho
 Bloco de Pedra	 Areia fina a média	 Areia fina a media com cascalho
 Cascalho pequeno	 Cascalho médio	 Cascalho grande

Na área D9 a subárea praia era formada por uma camada de 8,5 metros de areia fina, em seu novo perfil a primeira camada continua a ser areia fina, porém a espessura foi reduzida drasticamente. Neste ponto não foi possível o avanço do trado por causa dos cascalhos. No perfil da área intermediária, o que antes era formado somente por areia fina hoje deu lugar a várias camadas de areia fina a média contendo cascalhos pequenos. O ecótono que antes abrigava uma camada de aproximadamente 7 metros de argila com material orgânico, atualmente é formado por argila arenosa e areia fina a média proveniente do processo de reajuste topográfico.

O processo de retirada e armazenagem do solo é lento e de custo elevado, quando se querem armazenar as camadas na mesma ordem de retirada preservando as características do solo de cada área. Devido a grande dificuldade tais resultados para os perfis já eram esperados.

4.1.2) Análise Mineralógica e Granulométrica

Para melhor visualização da análise mineralógica e granulométrica foram plotados os resultados em “Diagramas de Shepard” como sugerido por Dias (2004). Neles os gráficos retangulares horizontais representam a granulometria, cada linha vertical representa a frequência da respectiva classe granulométrica. Os gráficos retangulares verticais representam a composição mineralógica das frações granulométrica da areia, cada linha vertical irá marcar as porcentagens de cada classe granulométrica de cada classe composicional. O gráfico de pizza representa a composição mineralógica total da amostra. Os pontos em que foram retiradas as amostras estão indicados no perfil longitudinal do diagrama.

As amostras retiradas para a descrição do novo perfil após o peneiramento foram submetidas à análise mineralógica. A profundidade de cada furo está descrita no item anterior.

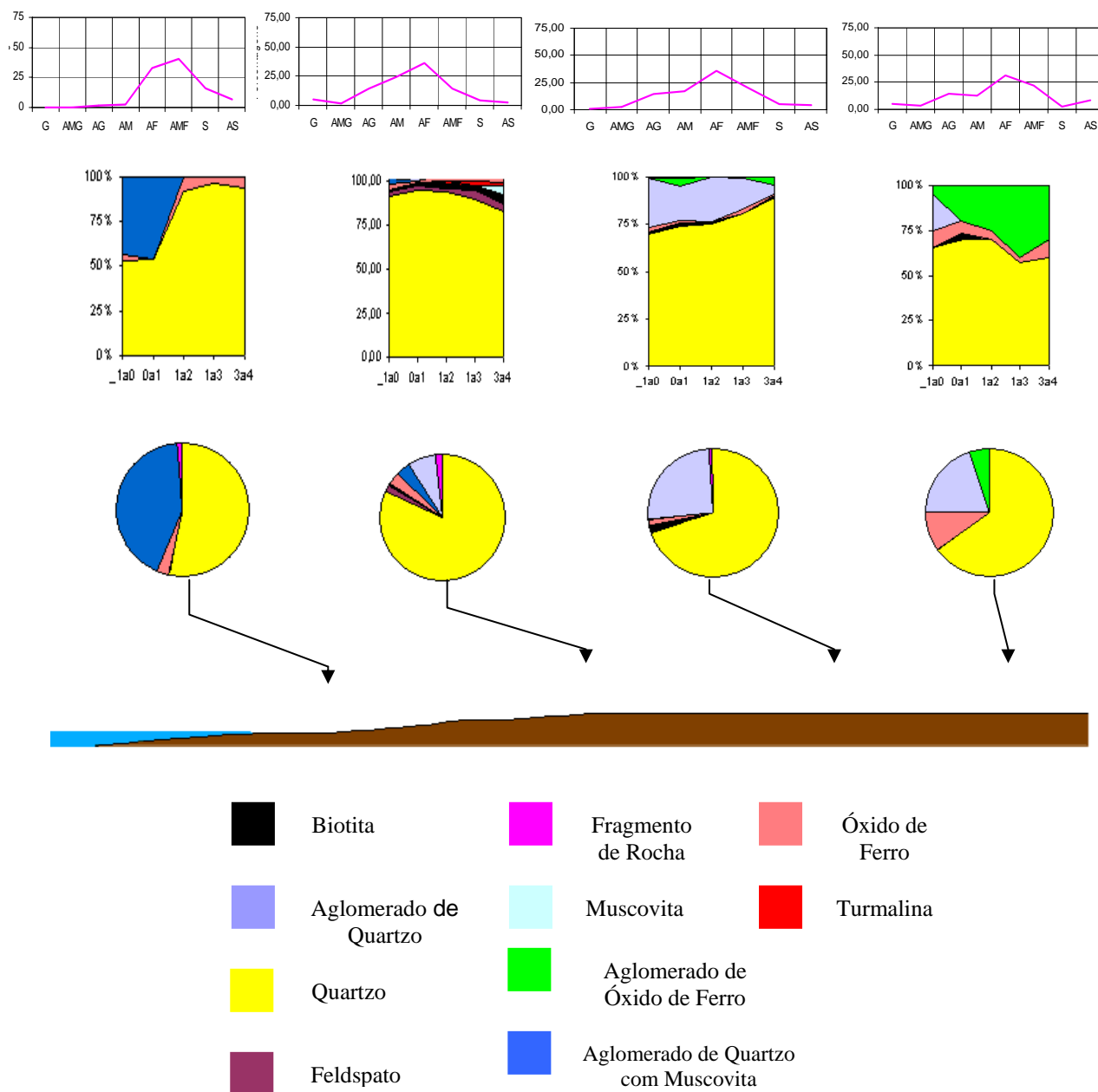


Figura 4.10: Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D1, Mineração Rio Novo. Adaptado de Dias (1987)

A área D1 está caracterizada granulometricamente por grãos mais finos (areia muito fina), desde sua área de praia até a área de cerrado, sendo o quartzo o mineral predominante. Na subárea praia, o aglomerado de quartzo com muscovita e o quartzo estão presentes nas frações mais grossas; na subárea intermediária a amostra está bem homogênea prevalecendo o quartzo; na subárea ecótone 26% dos sedimentos são compostos por aglomerado de quartzo; e no cerrado (controle) os grãos de areia médios a finos são compostos por quartzo em sua maior parte sendo 5 % de aglomerado de óxido de ferro.

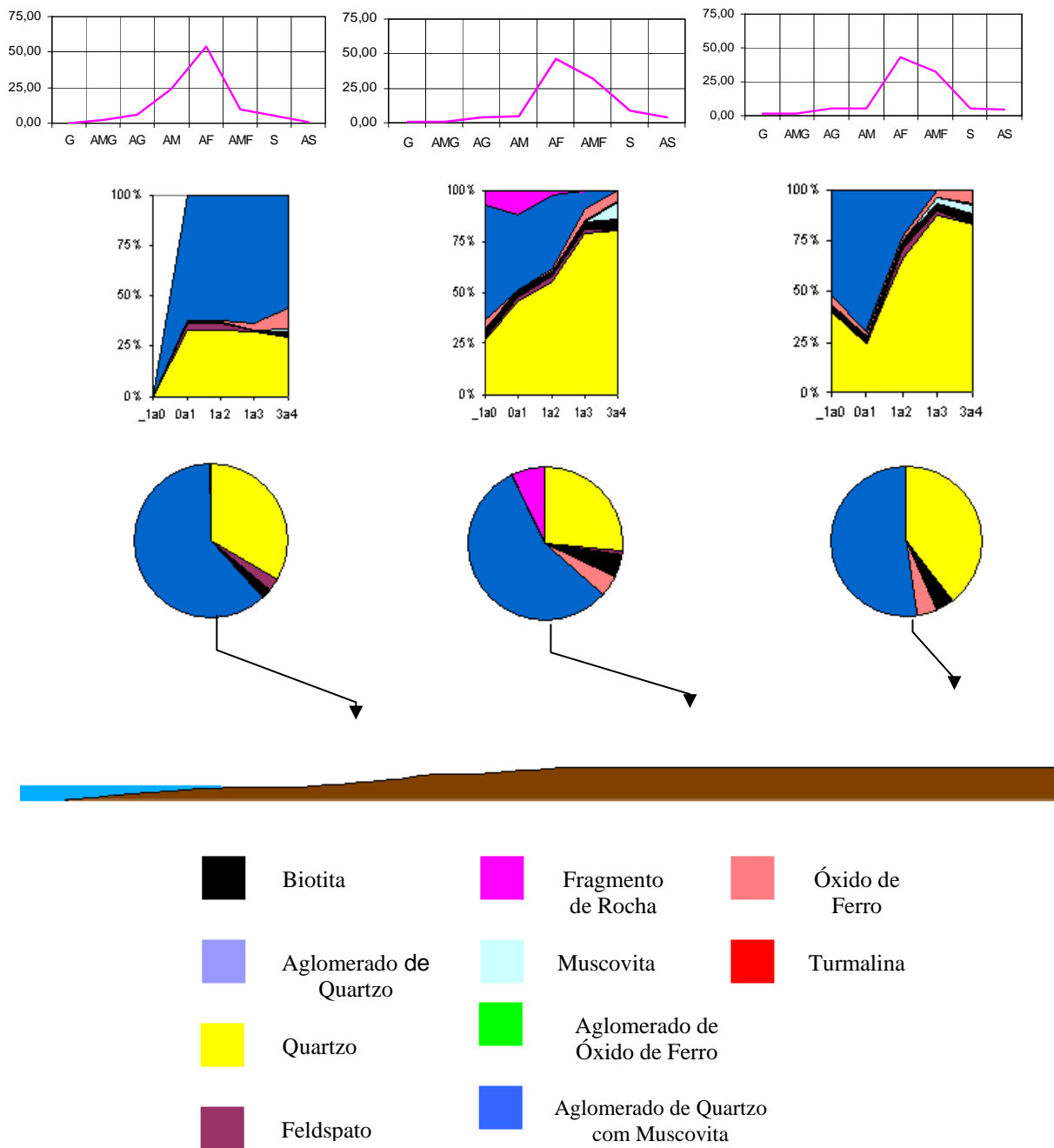


Figura 4.11: Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D2, Mineração Rio Novo. Adaptado de Dias (1987)

Na área D2 a composição mineralógica está caracterizada por aglomerado de quartzo com muscovita nas frações mais grossas da subárea intermediária e ecótone. Quartzo e biotita aparecem em menor quantidade nesta área, e os grãos mais finos continuam em maior proporção em todos os perfis.

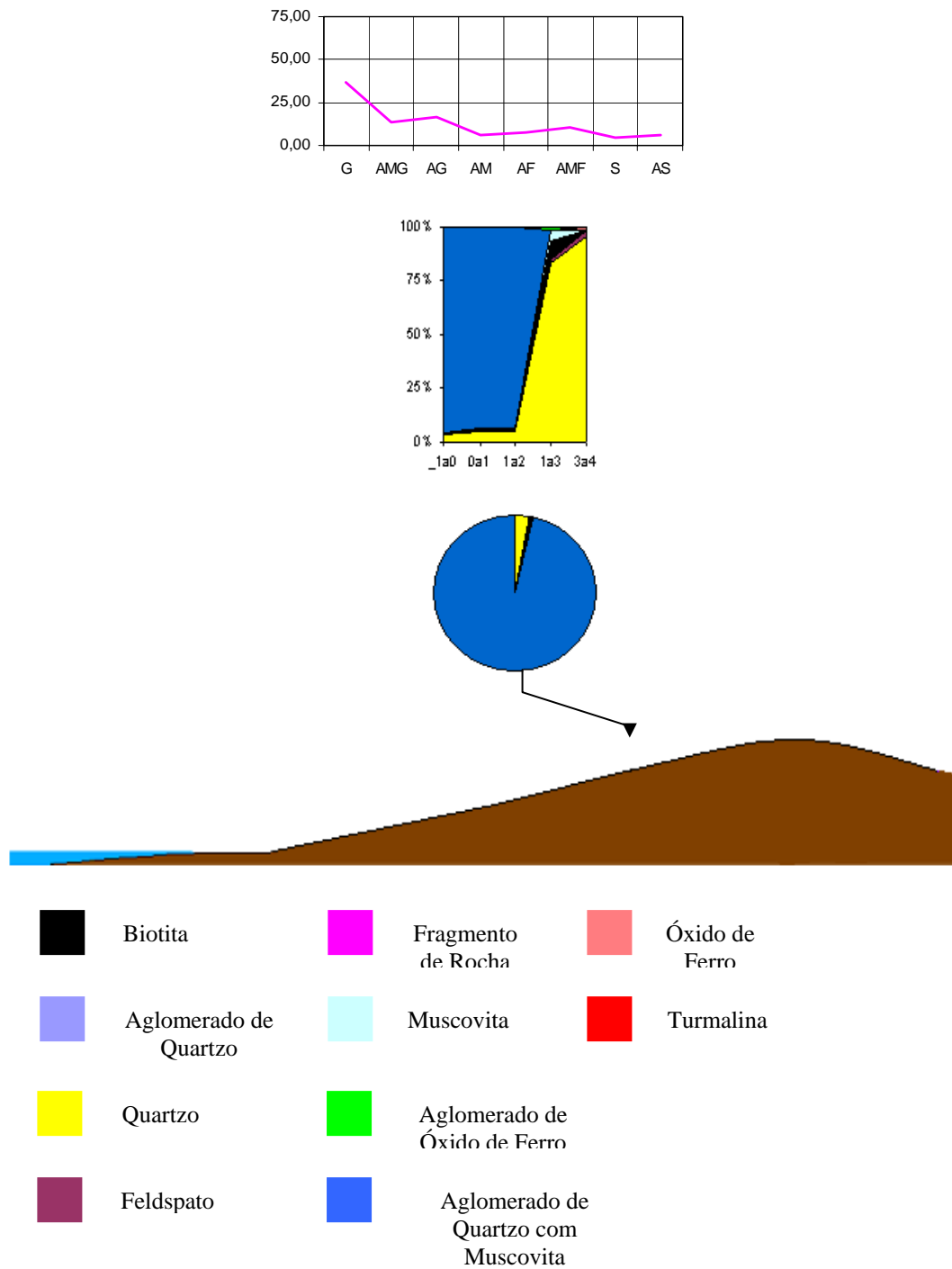


Figura 4.12: Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D3. Mineração Rio Novo. Adaptado de Dias (1987)

Para essa área os gráficos foram gerados a partir da amostra retirada da primeira camada, que está formada por grãos mais grossos (areia grossa) compostos por aglomerados de quartzo com muscovita.

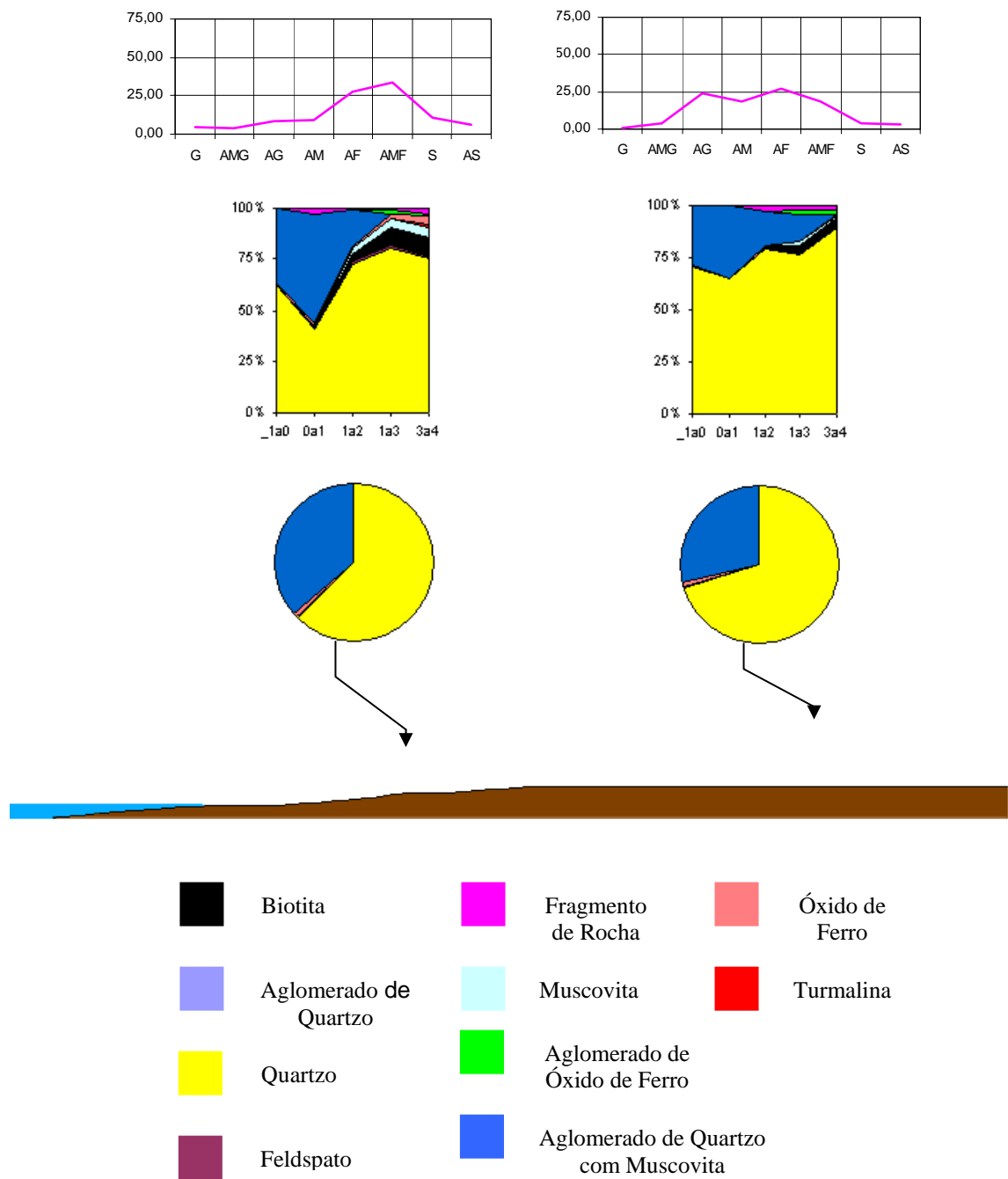


Figura 4.13: Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D4, Mineração Rio Novo. Adaptado de Dias (1987)

Nessa área D4 a subárea praia possui em seu perfil grãos mais finos compostos mineralogicamente por de quartzo e aglomerado de quartzo com muscovita, e seu ecótone por grãos grossos a médios caracterizados também por quartzo e aglomerado de quartzo com muscovita.

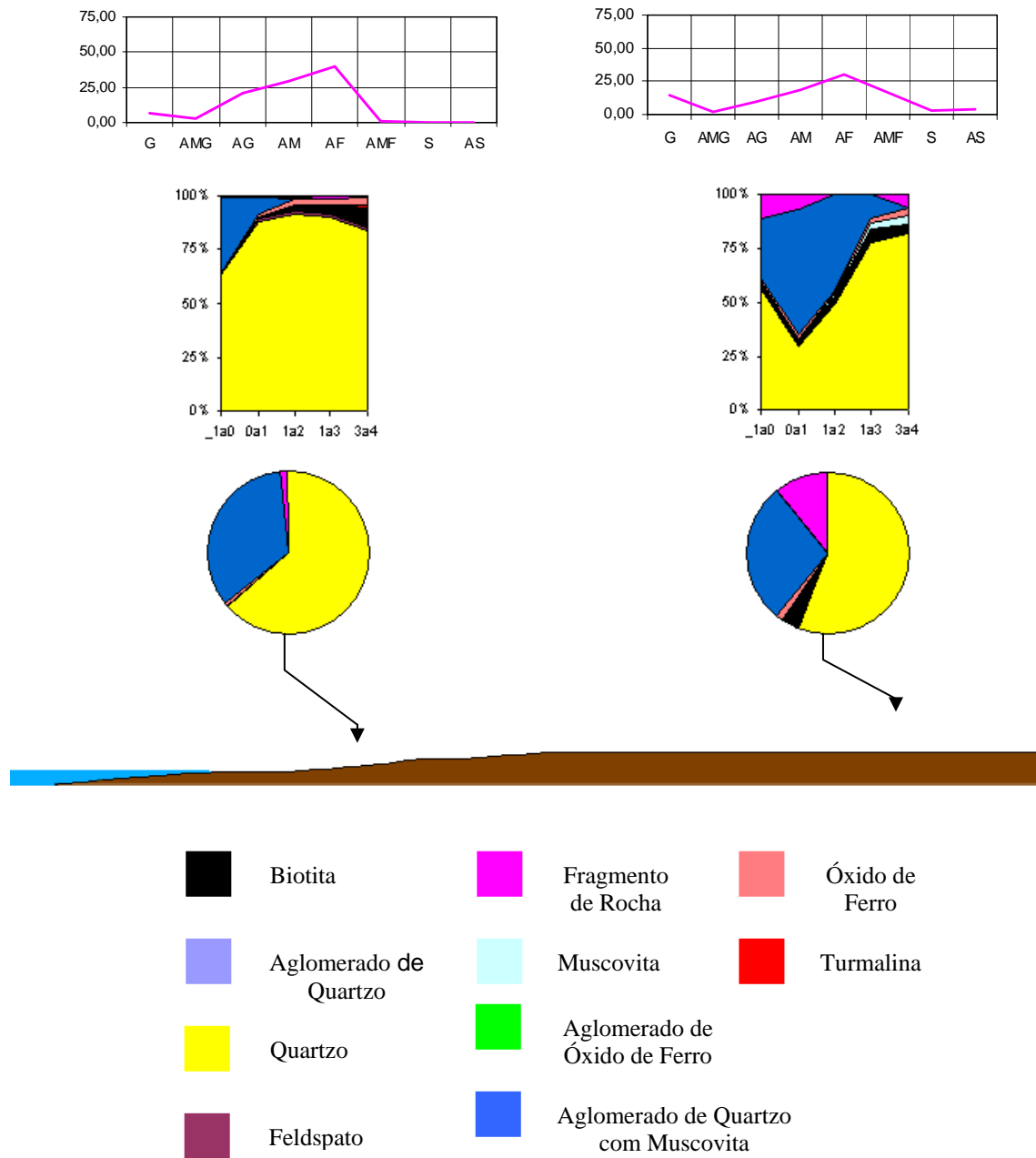


Figura 4.14: Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D5, Mineração Rio Novo. Adaptado de Dias (1987)

Tanto na praia quanto no ecótono da área D5 os grãos de quartzo perfazem mais de 60% da composição mineralógica, o aglomerado de quartzo com muscovita caracterizou 29% da amostra. A granulometria ficou caracterizada por grãos de areia média a grossa em ambas as subáreas.

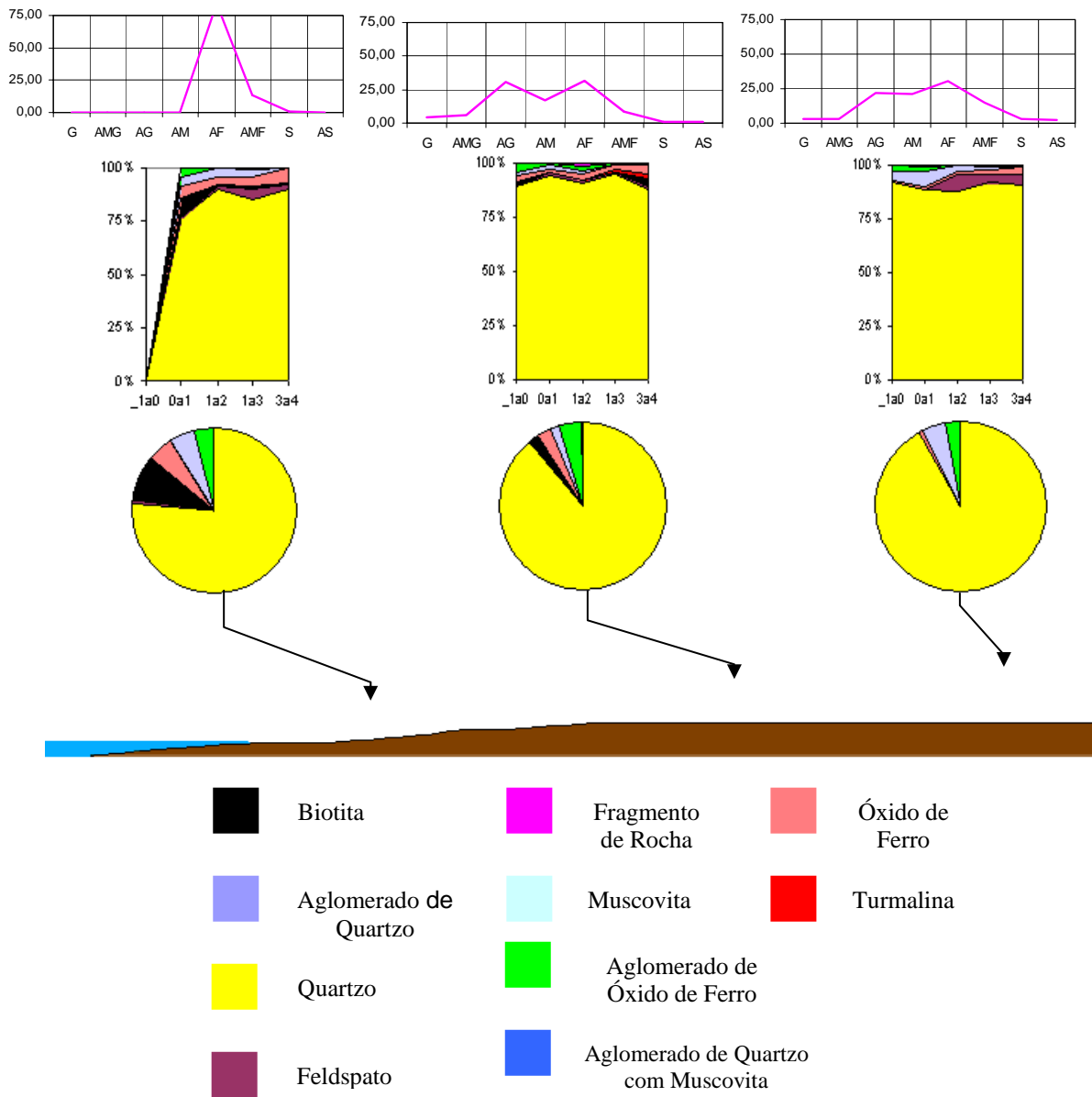


Figura 4.15: Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D6, Mineração Rio Novo. Adaptado de Dias (1987)

A área D6 está caracterizada por grãos de quartzo em quase 100% das amostras em todas as frações granulométricas. Os outros minerais como biotita, aglomerado de óxido de ferro, aglomerado de quartzo e fragmento de rocha somados não chegaram a 30% nas amostras. Na subárea praia o perfil é formado por grãos de areia fina e argila, enquanto que as subáreas intermediária e ecótone os sedimentos variam de grãos de areia mais finos a médios.

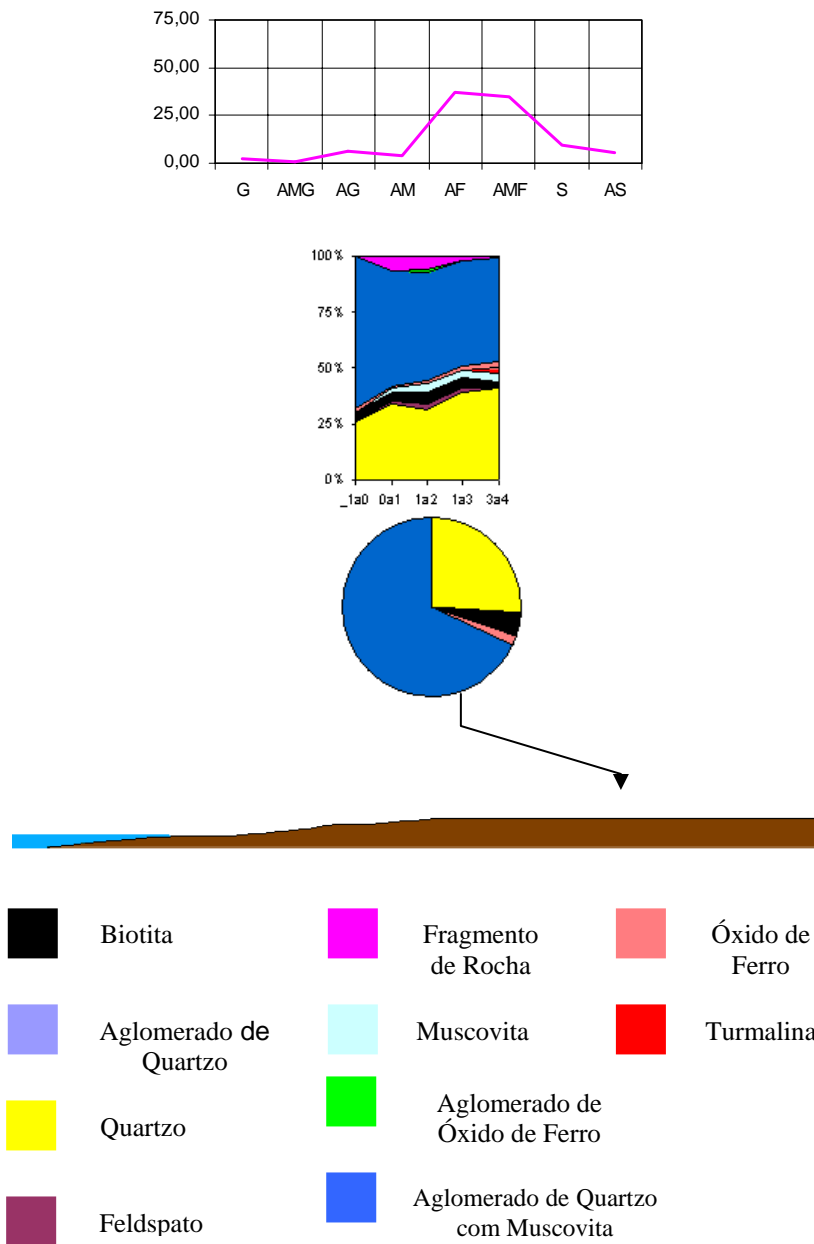


Figura 4.16: Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D7, Mineração Rio Novo. Adaptado de Dias (1987)

Em sua maior proporção de grãos mais finos a área D7 ficou caracterizada mineralogicamente por aglomerado de quartzo com muscovita (68%), os grãos de quartzo obtiveram 26 % da amostra, os outros minerais encontrados somados obtiveram aproximadamente 10%.

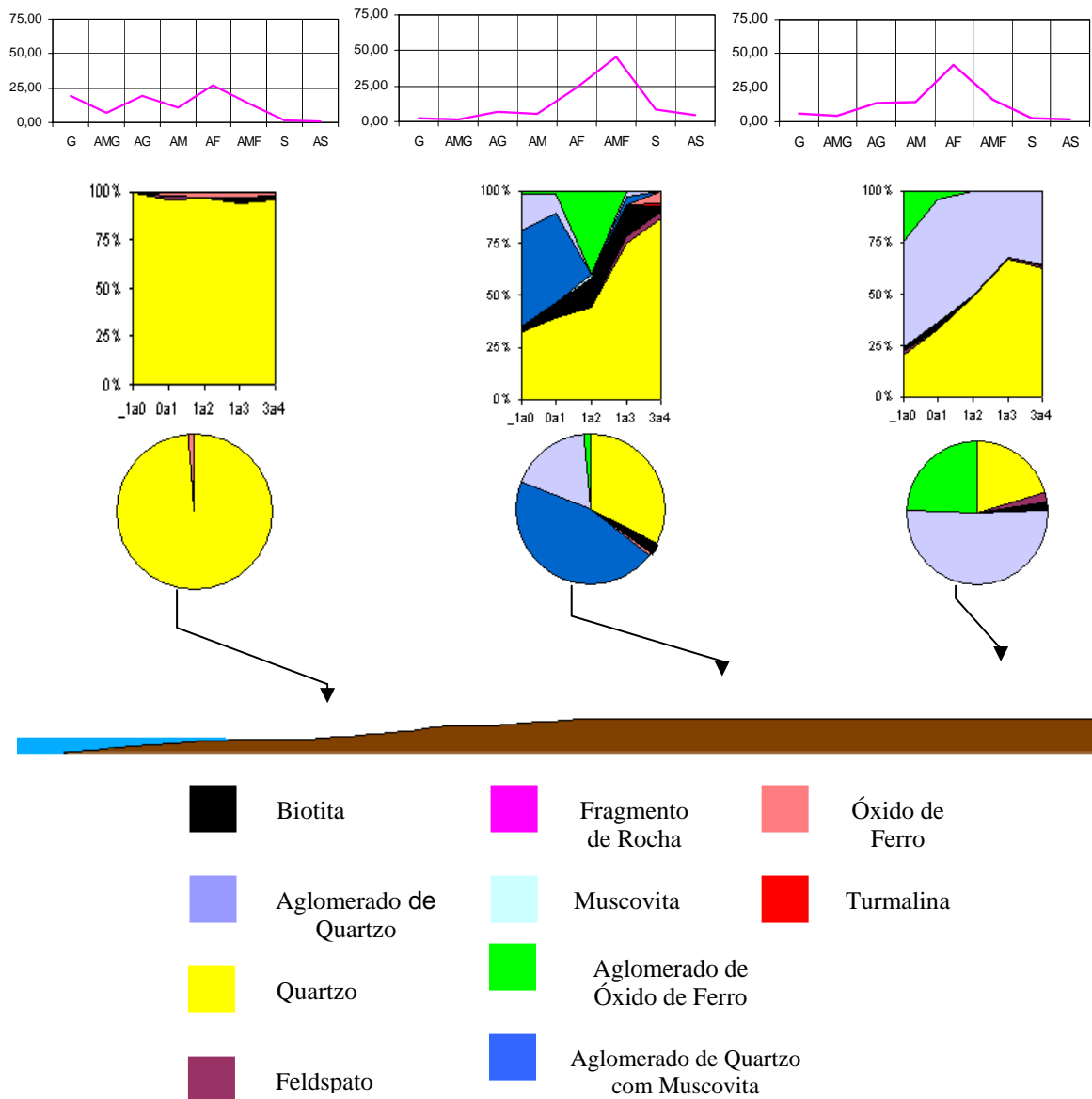


Figura 4.17: Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D8, Mineração Rio Novo. Adaptado de Dias (1987)

As três subáreas da área D8 possuem características granulométricas e mineralógicas diferentes, na praia encontramos um perfil granulométrico onde os grãos grossos e medianos predominam, sendo marcado fortemente pelo mineral quartzo. Na intermediária os grãos são mais finos, contendo 46% de aglomerado de quartzo com muscovita, 33% de grãos de quartzo e 18% de aglomerado de quartzo. No ecótono a granulometria está entre os grãos médios e os finos, sendo os mesmos constituídos por 52% de aglomerado de quartzo, 24% de aglomerado de óxido de ferro e 20% de quartzo.

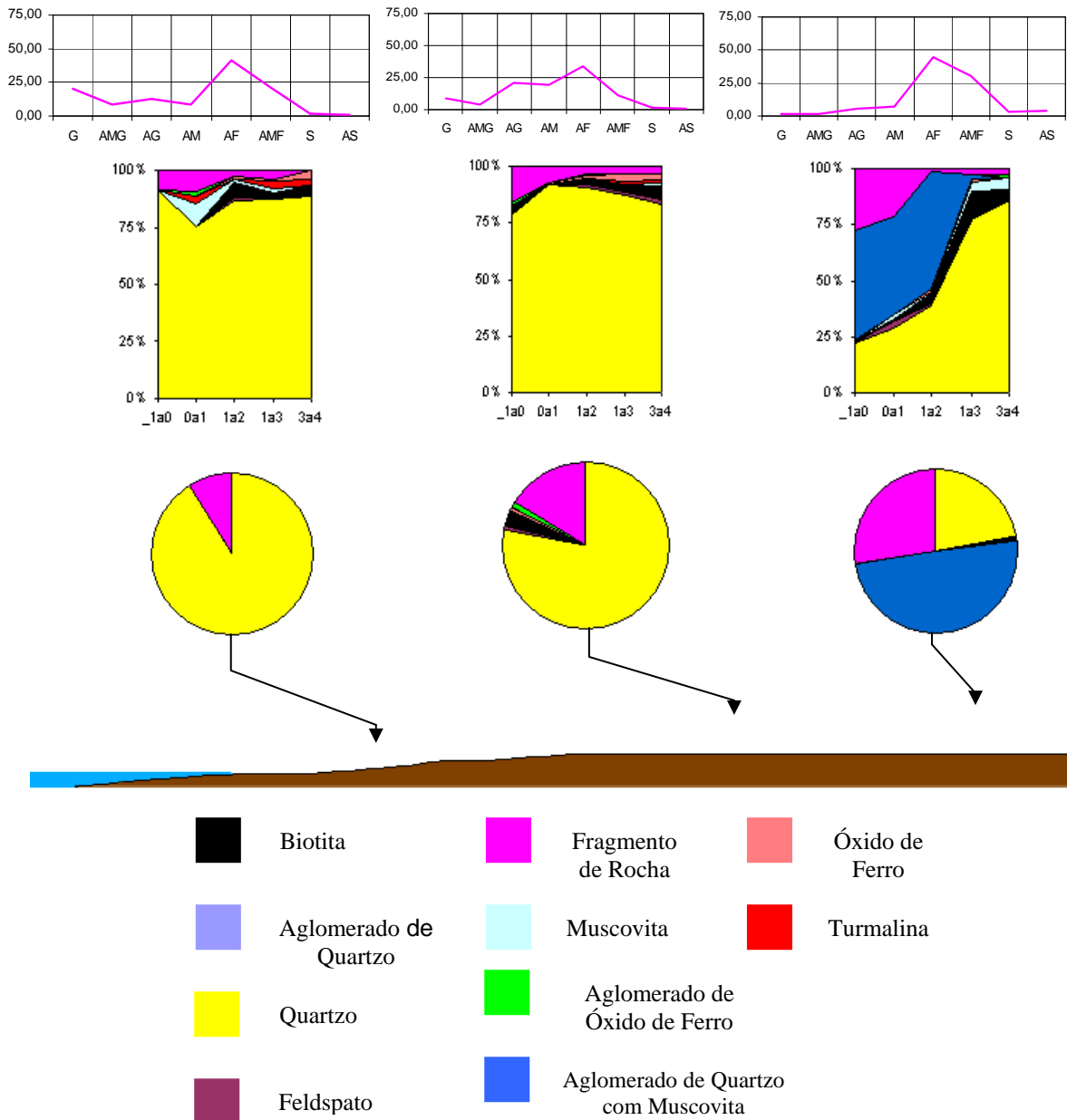


Figura 4.18: Perfil Sedimentológico correspondente a transversal na área D9, Mineração Rio Novo. Adaptado de Dias (1987)

Nas subáreas praia e intermediária da área D9 os grãos tiveram uma mesma tendência, grãos mais grossos (areia grossa e cascalho) caracterizados mineralogicamente por quartzo (91% e 77% respectivamente), no ecótono os grãos são mais medianos e finos (argila e areia fina) contendo 50% de aglomerado de grãos de quartzo com muscovita, 28% de fragmentos de rocha e 22% de quartzo.

As áreas estudadas estão sobre quartzitos e xistos. Os quartzitos possuem como componente principal o quartzo, e os constituintes menores muscovita, biotita, sericita, turmalina, dumortierita. Os xistos têm constituição mineralógica variada. Na região estudada são encontrados xistos que apresentam como constituintes o quartzo, muscovita, biotita, granada, cianita entre outros minerais (Machado *et al.* 2006).

Pode-se observar que em todas as áreas a proporção de grãos mais finos, como areia fina e areia muito fina predominam. Os grãos mais grossos, como grânulos e areia muito grossa possuem proporções menores e em algumas amostras nem aparecem. O mineral mais abundante é o quartzo aparecendo em todas as amostras em proporções bem significativas. Os outros minerais como a biotita, feldspato, óxido de ferro e turmalina apareceram em proporções bem pequenas.

4.1.3) Permeabilidade

O gráfico 4.19 apresenta a curva da condutividade hidráulica dos sedimentos nas áreas estudadas. A determinação dos valores da condutividade foi feita a partir dos dados da tabela 4.1 utilizando a expressão matemática descrita no capítulo 3.

Tabela 4.1: Valores da Condutividade Hidráulica dos sedimentos para os experimentos com o Permêmetro de Guelph realizados na Mineração Rio Novo.

Áreas	Fator C	Q	H (cm)	a (cm)	a	R (cm ³ /s)	denominador	K _{fs}
D1P	1,6	3,0105	10	6	0,12	0,0531	1332,873	0,003614
D1I	1,6	0,4571	10	6	0,12	0,0081	1332,873	0,000549
D1E	1,6	0,4571	10	6	0,12	0,0081	1332,873	0,000549
D1C	1,6	0,1576	10	6	0,12	0,0028	1332,873	0,000189
D2P	1,6	1,2137	10	6	0,12	0,0214	1332,873	0,001457
D2I	1,6	5,5167	10	6	0,12	0,0972	1332,873	0,006622
D2E	1,6	15,2104	10	6	0,12	0,2681	1332,873	0,018259
D3C	1,6	0,2837	10	6	0,12	0,005	1332,873	0,000341
D4P	1,6	2,0491	10	6	0,12	0,0361	1332,873	0,00246
D4E	1,6	0,1734	10	6	0,12	0,0031	1332,873	0,000208
D5P	1,6	1,2137	10	6	0,12	0,0214	1332,873	0,001457
D5E	1,6	0,1103	10	6	0,12	0,0019	1332,873	0,000132
D6P	1,6	3,6253	10	6	0,12	0,0639	1332,873	0,004352
D6I	1,6	5,0911	10	6	0,12	0,0897	1332,873	0,006111
D6E	1,6	2,2067	10	6	0,12	0,0389	1332,873	0,002649
D7I	1,6	2,7899	10	6	0,12	0,0492	1332,873	0,003349
D8P	1,6	3,9405	10	6	0,12	0,0694	1332,873	0,00473
D8I	1,6	2,0491	10	6	0,12	0,0361	1332,873	0,00246
D8E	1,6	2,3958	10	6	0,12	0,0422	1332,873	0,002876
D9P	1,6	4,6498	10	6	0,12	0,0819	1332,873	0,005582
D9I	1,6	1,3555	10	6	0,12	0,0239	1332,873	0,001627
D9E	1,6	2,3170	10	6	0,12	0,0408	1332,873	0,002781

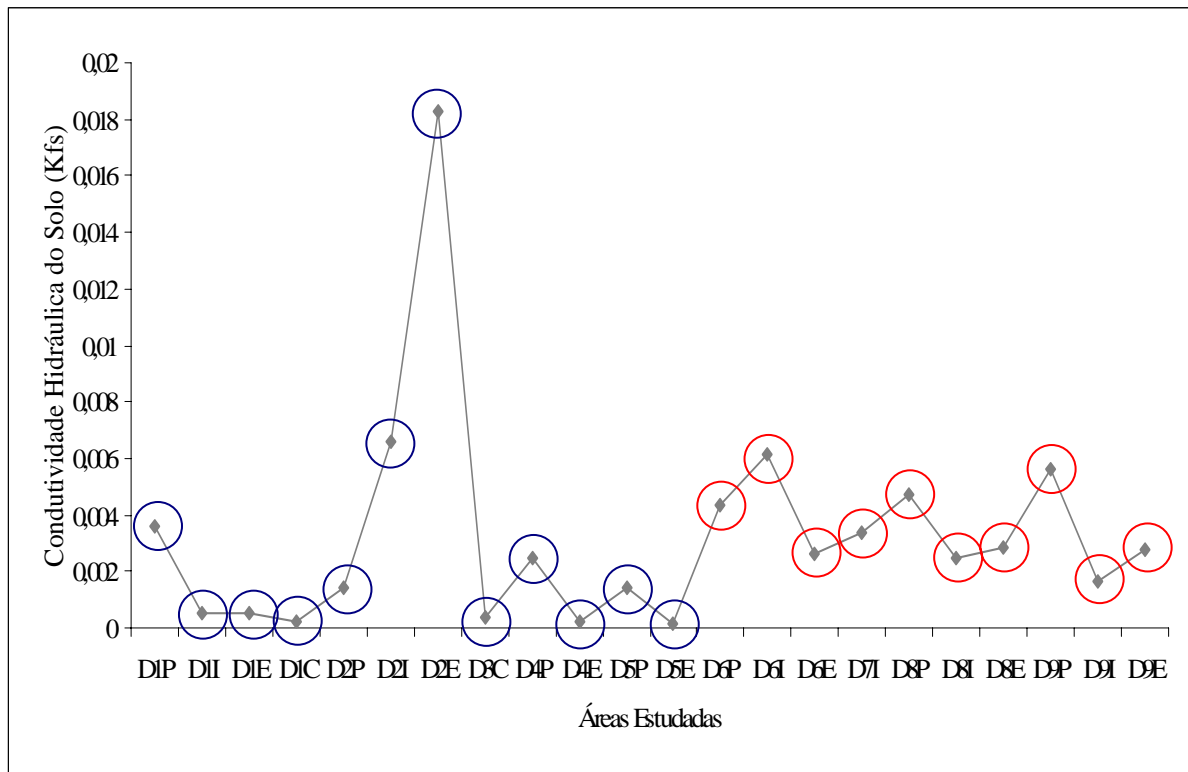


Figura 4.19: Curva da Condutividade Hidráulica das áreas estudadas na Mineração Rio Novo. ○ Círculos azuis áreas com mais de cinco anos de recuperação, ○ círculos vermelhos áreas com no máximo cinco anos de recuperação.

Ecótonos com idades mais avançadas no processo de reabilitação, que estão próximos às áreas preservadas, e áreas controles obtiveram o mesmo padrão, baixíssimas condutividade hidráulicas (círculos azuis). Nas áreas que estão em média com cinco anos de reabilitação (círculos vermelhos) a condutividade hidráulica é mais alta. Entre estas a condutividade hidráulica medida é mais baixa para os ecótonos (sendo os valores das áreas mais antigas menor que dos ecótonos mais novos), e mais elevada para as intermediárias (valores bem maiores que as áreas mais antigas, com exceção do ecótono da área D2). As praias possuem valores médios entre as subáreas intermediárias e ecótonos.

4.2) MIRMECOFAUNA E EFEITO DAS VARIÁVEIS ABIÓTICAS SOBRE A ESTRUTURAÇÃO DA ASSEMBLÉIA DE FORMIGAS

Na tabela 4 encontra-se os resultados qualitativos e quantitativos obtidos das coletas da fauna de formigas em todas as subáreas visitadas no estudo. Foram capturadas 10.784 formigas, pertencente a 6 subfamílias e 24 gêneros. Nos pitfalls foram coletadas 2.904 formigas, nas iscas de sardinhas 7.764 e na coleta direta 116 formigas. Para melhor análise dos dados serão trabalhados os resultados dos três métodos juntos, facilitando a visualização e compreensão dos mesmos.

Tabela 4.2: Resultados qualitativos e quantitativos das Subfamílias, tribos e gêneros de formigas coletadas nas áreas da Mineração Rio Novo, Minas Gerais.

Subfamílias	Tribos	Gêneros	Número de	Abundância
-------------	--------	---------	-----------	------------

			Morfoespécies		
Cerapachyinae	Acanthostichini	<i>Acanthostichus</i>	1	1	
Dolichoderinae	Dolichoderini	<i>Azteca</i>	1	104	
		<i>Dorymyrmex</i>	1	5.593	
		<i>Forelius</i>	1	219	
Dorylinae	Ecitoninae	Nomamyrmex	1	6	
Formicinae	Brachymyrmecini	<i>Brachymyrmex</i>	1	244	
		Camponotini	<i>Camponotus</i>	9	671
		Lasinii	<i>Paratrechina</i>	1	3
Myrmicinae	Attini	<i>Trachymyrmex</i>	2	2	
		<i>Atta</i>	1	513	
		<i>Sericomyrmex</i>	1	1	
		<i>Mycocepurus</i>	1	6	
		<i>Mycetophylax</i>	1	7	
		<i>Myrmicocrypta</i>	1	1	
		<i>Pogomyrmex</i>	1	68	
		Cephalotini	<i>Cephalotes</i>	1	1.040
		Crematogastrini	<i>Crematogaster</i>	1	13
		Leptothoracini	<i>Cardiocondila</i>	1	2
Ponerinae	Ectatommini	<i>Wasmannia</i>	1	1	
		Pheidolini	<i>Pheidole</i>	9	1.857
		Solenopsidini	<i>Solenopsis</i>	4	365
		<i>Ectatomma</i>	2	34	
		<i>Gnamptogenys</i>	1	8	
Pseudomyrmecinae	Pseudomyrmecini	<i>Pseudomyrmex</i>	1	24	

Dentre os 24 gêneros coletados, 8 deles ocorrem exclusivamente na região Neotropical, os outros 16 são encontrados tanto em regiões Neotropicais e Neoárticas. A maioria dos gêneros coletados já havia sido amostrada em estudos anteriores na área, com exceção para os gêneros *Trachymyrmex*, *Acanthostichus* e *Myrmicocrypta*. Foram encontradas novas espécies para os gêneros de *Cardiocondila*, *Sericomyrmex* e *Ectatomma* (Figura 4.20). Destaque para o gênero *Atta* que 89% de sua abundância foi coletada na área D3C. A interpretação sobre a distribuição de formigas cortadeiras, particularmente *Atta sexdens*, parece sugerir uma bioindicação de degradação regional, mas uma dependência local com solos bem estruturados, no caso, do local controle D3C.

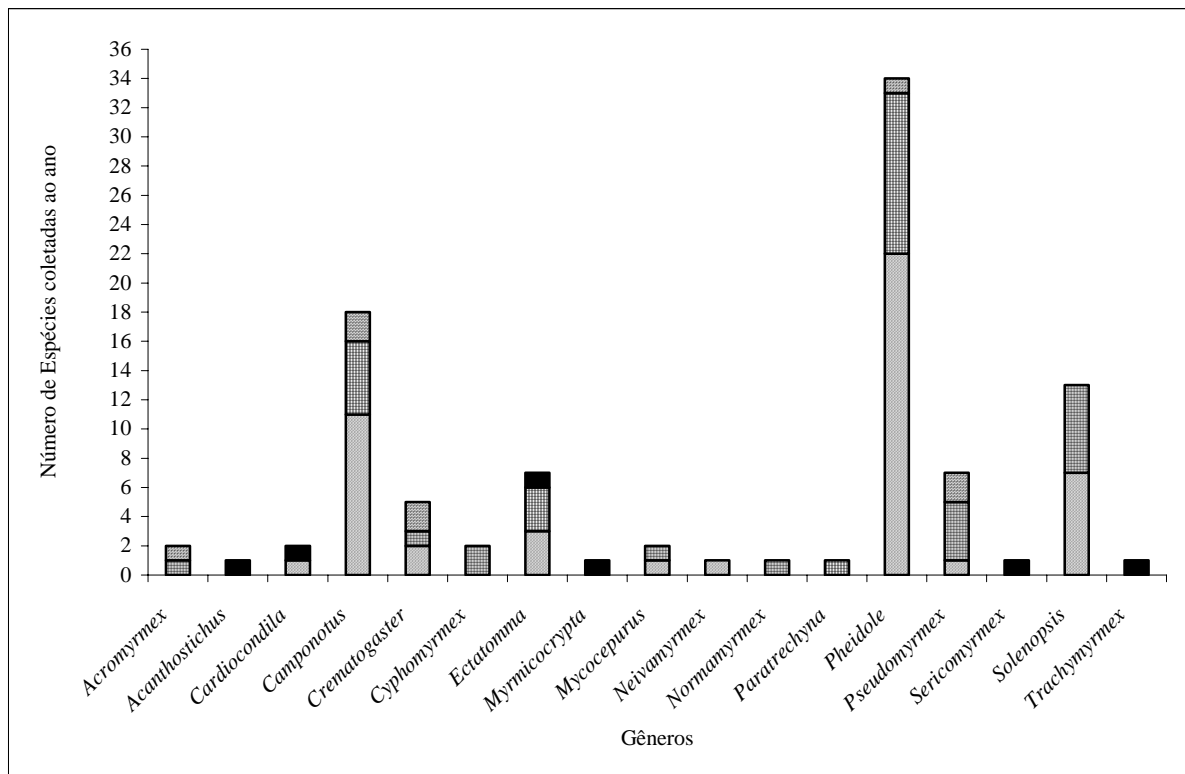


Figura 4.20: Gráfico cumulativo de novas espécies de formigas capturadas entre os anos de 2002 e 2005 (Dados retirados dos PRADS anteriores da MRN realizado por Costa & Ribeiro nos anos de 2002, 2003, 2004 e 2005).

Legenda:



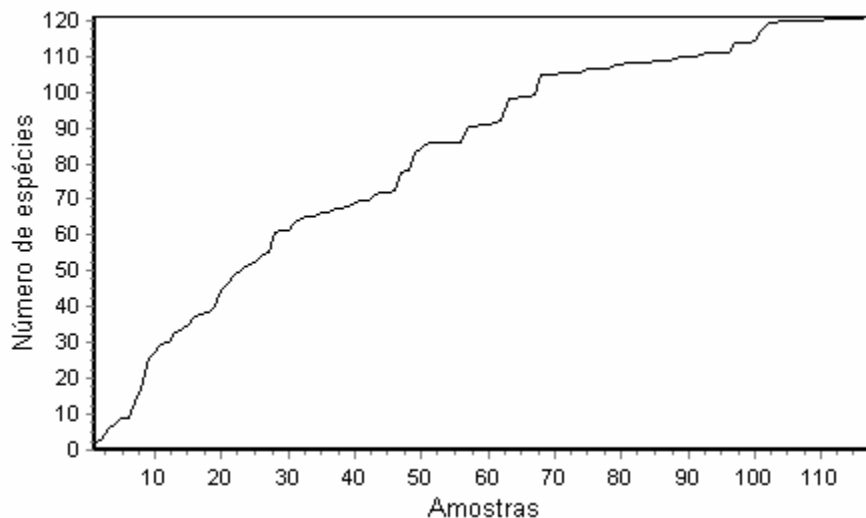


Figura 4.21: Curva espécie – área para as armadilhas de pitfall. Variável Dependente: Número de Espécies de Formigas; Variável Independente: Amostras.

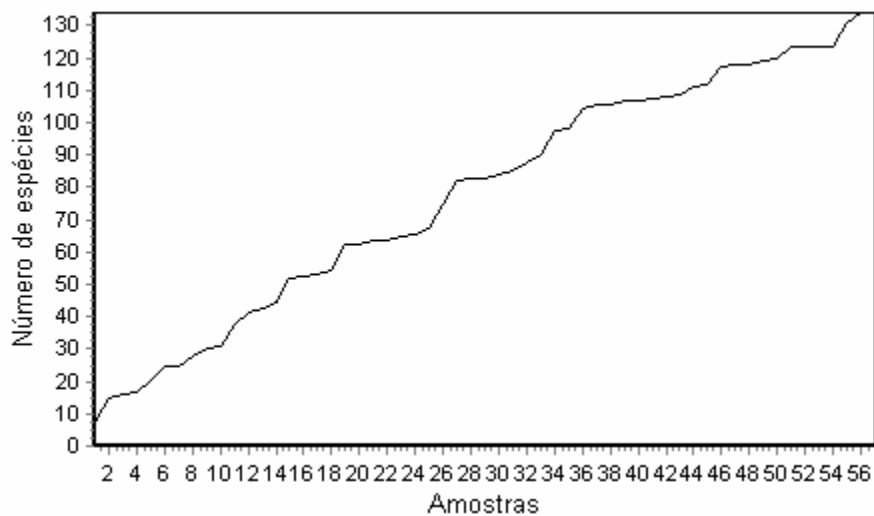


Figura 4.22: Curva espécie – área para armadilhas de isca de sardinha. Variável Dependente: Número de Espécies de Formigas; Variável Independente: Amostras.

Nos gráficos à cima podemos observar que a curva espécie – área para os dados com armadilhas de pitfall (Figura 4.21) está tendendo a ficar constante, nos mostrando que estamos conseguindo coletar o maior número de espécies de formigas possível nas áreas, e que essas espécies estão estabilizando. Já no gráfico da isca de sardinha (Figura 4.22) a curva ainda está inconstante, esse tipo de armadilha não privilegia riqueza de espécies (como nas armadilhas de pitfall) e sim

abundância, sendo assim se torna mais difícil coletar o maior número possível de espécies de formigas.

Em estudos realizados previamente na região a presença do gênero *Dorymyrmex* (5.593 representantes) sempre foi expressivamente maior que a dos outros, sendo seguido pelos gêneros de *Pheidole* (1.857) e *Cephalotes* (1.040). Na tabela 4.3 abaixo, podemos observar a riqueza e abundância de espécies de formigas em cada área estudada.

Tabela 4.3: Riqueza e Abundância de espécies de formigas nas áreas estudadas da Mineração Rio Novo.

Áreas	Riqueza	Abundancia
	Total	Total
D1P	6	124
D1I	6	43
D1E	16	447
D1C	23	269
D2P	4	81
D2I	9	60
D2E	13	277
D3C	19	946
D4P	4	884
D4E	22	1391
D5P	3	1082
D5E	17	866
D6P	9	381
D6I	7	430
D6E	16	1247
D7I	19	905
D8P	0	0
D8I	4	34
D8E	19	412
D9P	3	154
D9I	7	41
D9E	10	713

Nas subáreas marcadas em azul, na grande maioria ecótonos e controle, pode-se observar que a riqueza de espécies de formigas são bem maiores em relação às subáreas de praias e intermediárias. Os ecótonos, por estarem próximos a áreas preservadas de cerrado, contam com uma ajuda extra no processo de reabilitação, mesmo em áreas com pouco tempo de recuperação. A riqueza de formigas é maior, e mostra a importância da preservação da mata nativa próxima às áreas impactadas, ver figura 4.23 (ANOVA fatorial $F= 11,74$, $p = 0,001$). Nos controles a riqueza de espécies de formigas também é elevada, devido ao fato de ser uma vegetação mais estruturada abrigando diversos microhabitats e favorecendo a diversidade local. A única subárea intermediária que possui um resultado elevado para riqueza de espécies de formigas é a da área D7. Nesta área o cerrado preservado está muito próximo da subárea formando um corredor, promovendo assim um maior fluxo de espécies.

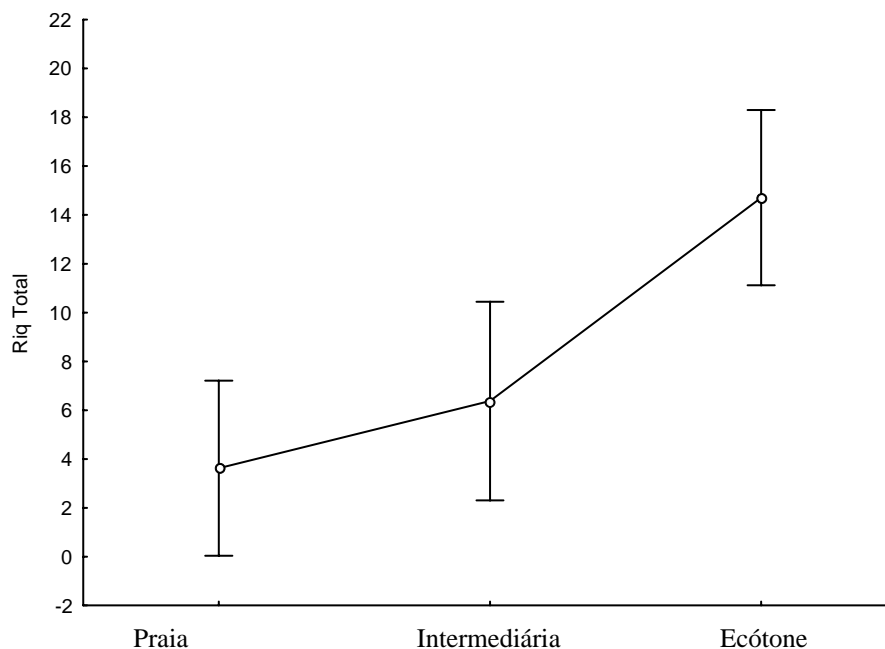


Figura 4.23: Gráfico do modelo geral linear Análise de Variância Unifatorial. Variável Dependente: Riqueza Total e Variável Independente: Locais.

Em comparação com os ecótonos as subáreas marcadas em vermelho na tabela 5, que são praias e intermediárias, possuem abundância alta, porém a riqueza de espécies de formigas é baixa. Nas áreas de praia a vegetação é quase inexistente, sendo formada basicamente por gramíneas, além de sofrer influências das cheias do rio Jequitinhonha. Nas subáreas intermediárias encontramos vegetação arbustiva favorecendo a colonização por um número maior de espécies de formigas. A abundância elevada está ligada a uma espécie específica *Dorymyrmex pyramicus alticonis*, que é uma espécie generalista, pobremente competitiva e, por este motivo, habita locais onde o distúrbio limita a produtividade e diversidade de formigas. Este fato mostra que essas áreas estão em processo de recuperação, porém em um processo lento.

4.2.1) Permeabilidade em Função da Mirmecofauna

Nas Regressões Lineares realizadas com a abundância de formigas e a condutividade hidráulica ($r^2=0,9316$, $p=0,2132$) e com a riqueza de espécies de formigas e a condutividade hidráulica ($r^2=0,9645$, $p=0,4389$), pode-se notar que a condutividade hidráulica (ou permeabilidade) dos sedimentos não influencia na riqueza, nem na abundância de espécies de formigas.

Como relatado no Capítulo 1 as formigas aumentam a drenagem e a porosidade do sedimento devido ao fato de construírem suas colônias no próprio sedimento (com algumas exceções), mas essa medida é pontual referindo-se somente aos locais em que haja uma colônia ou nas proximidades da colônia. Os ensaios realizados com o permêmetro de Guelph foram aleatórios, não coincidindo com nenhuma colônia.

4.2.2) Granulometria em Função da Mirmecofauna

Dentre os gêneros coletados observou uma relação entre a proporção de grãos finos e muito finos e o tamanho corporal das formigas. A proporção de espécies de formigas com tamanho corporal menor que 1 cm responde significativamente ao aumento da porcentagem de grãos finos no sedimento (ANOVA $F_{1,20} = 5,0$; $p = 0,037$; Figura 4.24).

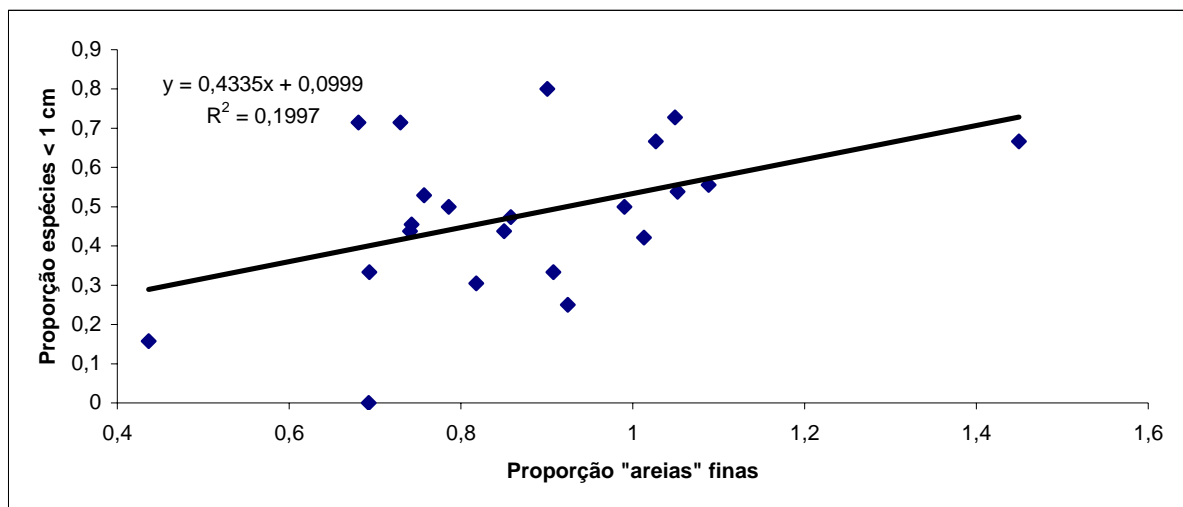


Figura 4.24: Regressão Linear Simples entre Proporção de Espécies de Formigas com tamanho corporal menor que 1 cm (Variável Dependente) e Proporção de Areia Fina e Muito Fina (Variável Independente).

Entretanto, esta medida de predomínio de grãos finos não explica riqueza ou abundância total (ANOVA $F_{1,20} = 0,45$ $p = 0,50$, $F_{1,20} = 2,0$ $p = 0,16$, respectivamente).

Ainda assim, a análise discriminante sobre a granulometria das diferentes camadas para o perfil de cada local, mostrou que há um claro gradiente separando estes locais em resposta à variação

de grãos finos (areia fina a silte) para grãos maiores (areias médias a grossas) (Figura 4.25, Tabela 4.4 e 4.5).

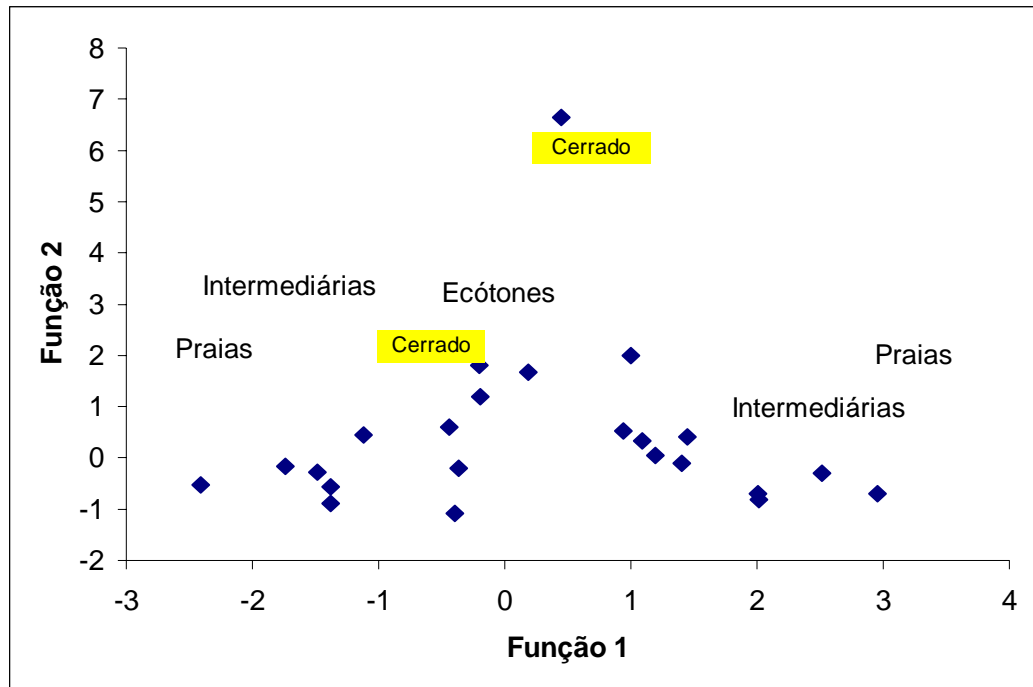


Figura 4.25: Distribuição de centróides (locais/habitats de coleta) pelas Funções Canônicas 1 e 2, feitas a partir da distribuição granulométrica por feição.

Tabela 4.4: Padrões da Função Discriminante Canônica para separação dos habitats em função dos grãos.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Cascalho	0,29939	0,5724114	0,7741823	0,13945	0,4222	0,2516	0,8373	0,7159
Areia Muito Grossa	-0,1605	0,943956	-0,651254	-0,31946	-1,061	0,1008	-1,0182	0,2509
Areia Grossa	0,00285	-0,7788733	-0,090759	-0,03536	0,9015	-0,4884	1,0465	0,93474
Areia Média	-0,6547	0,1372240	0,4016323	0,590026	-0,43785	0,3075	-0,4139	0,5293
Areia Fina	0,59046	0,1708899	0,5056088	-0,63765	0,4536	0,1844	-0,1596	1,71163
Areia Muito Fina	0,18834	0,0921102	-0,479406	0,95520	-0,1742	0,5461	0,13079	0,98076

Silte Grosso	0,44462	-0,6579291	0,7647370	-0,81558	-0,8719	0,1022	0,36953	0,52403
Silte Argila	0,22258	0,7182156	0,4777246	0,39553	0,8540	-0,8500	-0,4935	0,33277

Tabela 4.5: Sumário da Função Discriminate Canônica para separação dos habitats em função dos grãos.

Função	Eigenvalue	% da Variância	% Cumulativa	Correlação Canônica
1	2,9336881	41,88391402	41,88391402	0,8635888
2	1,3258773	18,92939151	60,81330554	0,7550197
3	0,8631038	12,32242998	73,13573552	0,680633
4	0,8318904	11,87680001	85,01253553	0,6738812
5	0,4341971	6,198980371	91,2115159	0,5502234
6	0,3562759	5,086507938	96,29802384	0,5125299
7	0,2332036	3,329420061	99,6274439	0,4348608
8	0,0260951	0,372556101	100	0,1594723

Entretanto, a função canônica mais relevante (Função 1) para discriminação dos locais, não explicou a distribuição total de riqueza ou abundância de espécies de formigas (ANOVA $F_{1,20} = 0,025$ $p = 0,875$).

Assim, podemos perceber que as formigas pequenas são limitadas pela disponibilidade de areia fina e muito fina, podendo bioindicar condições edáficas em uma escala local.

Na Discriminante da página ao lado os habitats se separaram em função da riqueza de espécies de formigas presentes. No alto do gráfico à esquerda (círculos rosa) encontramos as áreas controles (cerrado da área D1 e mata ciliar da área D3), na porção mediana inferior (círculos verdes e lilás) subáreas praia e intermediária e os ecótonos (círculos amarelos) se agruparam à direita inferior do gráfico. (Figura 4.26, Tabela 4.6 e 4.7).

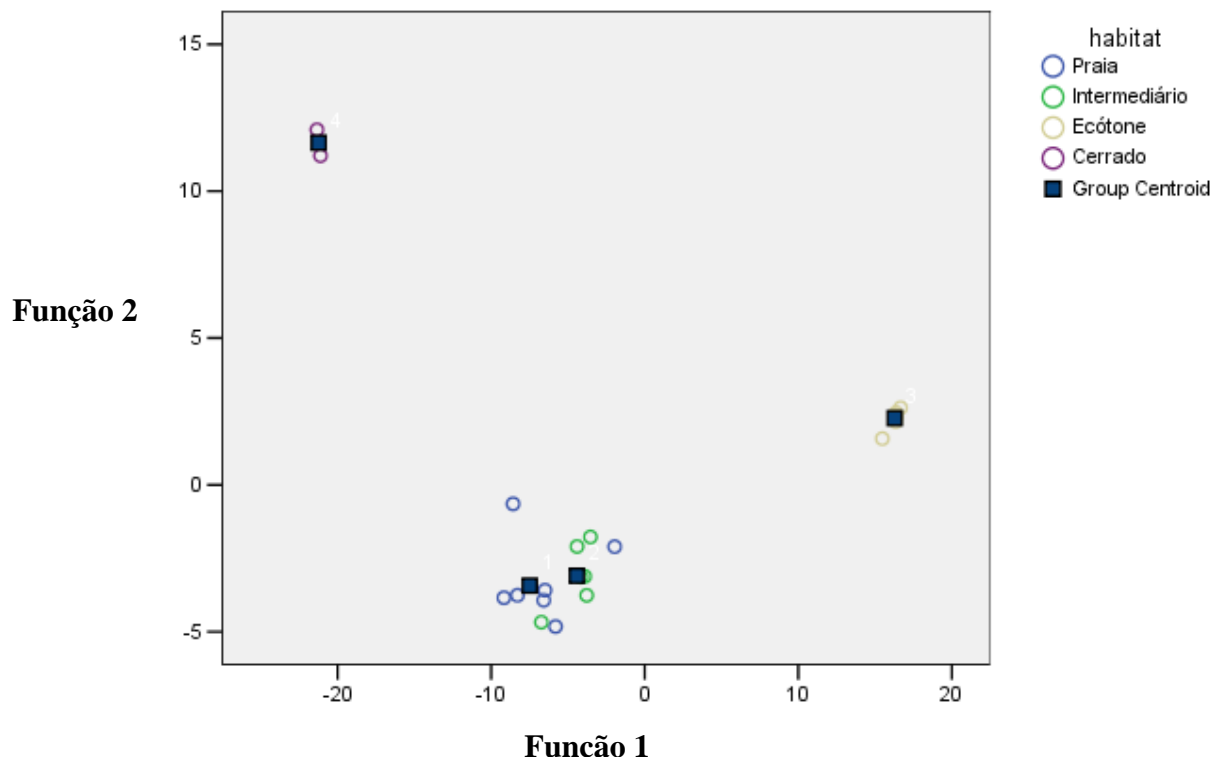


Figura 4.26: Gráfico da Função Canônica Discriminante mostrando a separação dos habitats em relação à riqueza de formigas.

Tabela 4.6: Padrões da Função Discriminante Canônica para separação dos habitats pela riqueza de formigas.

	1	2	3
<i>Trachymyrmex</i>	-3,40149	-2,88838	-0,43334
<i>Paratrechina</i>	3,53725	13,0201	4,842646
<i>Atta</i>	-8,83564	0,091682	6,455881
<i>Azteca</i>	-2,28122	2,624729	-0,60896
<i>Brachymyrmex</i>	-5,11255	-2,06681	1,417672
<i>Camponotus</i>	1,071681	0,086272	-4,87022
<i>Cephalotus</i>	9,859696	2,474273	-0,31419

<i>Crematogaster</i>	3,62012	-1,29512	0,69105
<i>Dorymyrmex</i>	-1,70504	1,059297	0,527264
<i>Ectatomma</i>	1,060143	0,419561	2,295438
<i>Forelius</i>	6,67377	3,557424	-5,85554
<i>Pogomyrmex</i>	1,098775	-1,80016	-0,74356
<i>Mycetophylax</i>	-1,8355	-1,75937	9,11907
<i>Pseudomyrmex</i>	5,440006	3,040385	-2,95572
<i>Solenopsis</i>	-4,05166	2,246519	-4,65802
Areia Fina (%)	0,700012	-0,15699	0,918094

Tabela 4.7: Sumário da Função Discriminante Canônica da separação dos habitats pela riqueza de formigas.

Eigenvalue	% da Variância	% Cumulativa	Correlação Canônica
188,7654	86,94544	86,94544	0,997362
25,62237	11,80168	98,74711	0,981039
2,720113	1,252886	100	0,855097

Contudo, a função canônica mais relevante (função1) mostrou que os locais se discriminaram em função da riqueza de espécies de formigas que respondem diretamente em função da vegetação presente e não em função da composição granulométrica de cada perfil (ANOVA $F_{1, 20} = 0,207$ $p = 0,653$).

CAPÍTULO 5

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

5.1-SOBREVIVÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES INTRODUZIDAS EM FUNÇÃO DA ELEVADA HETEROGENEIDADE ESPACIAL.

Os solos de cerrado são caracterizados por elevada acidez, pela presença de alumínio (Al) e baixa fertilidade. A acidez do solo vem da elevada concentração de íons de hidrogênio (H^+), que por sua vez é controlada pela degradação da matéria orgânica e quantidade de chuva. As raízes das plantas e os microorganismos têm seu crescimento afetado quando o solo encontra-se muito ácido, sendo favorecido em um pH levemente ácido (Furlani 2004).

As plantas introduzidas nas áreas de reabilitação são espécies nativas da região de cerrado e, portanto estão acostumadas com essas exigências. Por outro lado, o sedimento após o reajuste topográfico e sementeira ficou exposto às condições climáticas e ao gado, formando uma camada fina e compacta na superfície. Isto causa a diminuição da rugosidade e do volume dos macroporos, aumentando a densidade do sedimento (Leite *et al.* 2004). Os macronutrientes e os micronutrientes do solo que estão na superfície são barrados pela camada fina e compacta formada na superfície não sendo carregados para os níveis mais profundos. Isto faz com que, durante as chuvas os nutrientes sejam lixiviados para o rio. Esse contínuo processo torna o sedimento pobre em nutrientes não havendo progressão da reabilitação, estagnando a sucessão em algumas áreas.

Nas áreas próximas ao cerrado preservado, a vegetação consegue se desenvolver melhor pelo fato da camada orgânica formada por resíduos vegetais (da área adjacente) dissipar a energia cinética da gota da chuva diminuindo o escoamento superficial, tornando possível à infiltração da água e dos nutrientes para as camadas mais profundas. Nessas áreas encontramos uma vegetação mais estruturada com espécies arbóreas como Lobeiras, Maricás, Pequiizeiros e Acácias, abrigando uma grande diversidade de microhabitats favorecendo a colonização por diversas espécies de formigas entre elas *Azteca*, *Cephalotes* e *Pseudomyrmex*, que são formigas que constroem ninhos e forrageiam em árvores.

Os sedimentos recolocados não possuem as camadas superiores orgânica, compostas por matéria em decomposição. Por outro lado, como os sedimentos são em sua maioria quartzosos (ou seja, são compostos por Si e O) não propiciam a liberação de macro e micronutrientes do solo. Para correção desse problema as áreas são fertilizadas com NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio).

Os macronutrientes Nitrogênio (N) e Potássio (K) são necessários para o desenvolvimento dos vegetais, em sua ausência o crescimento e a produtividade da planta são afetados. O Nitrogênio é

um dos elementos minerais mais requeridos pelas plantas, é constituinte dos ácidos nucleicos, aminoácido e proteínas entre outros, por esse motivo contribui para o crescimento e produtividade. O Potássio é encontrado nas plantas como cátion K^+ , sendo importante na regulação do potencial osmótico das células vegetais. Um outro macronutriente do solo é o Fósforo (P) seu papel central está nas reações que envolvem ATP, respiração e fotossíntese, a deficiência em fósforo inclui redução do crescimento do vegetal. O NPK é colocado após o plantio das mudas nos meses de chuva (é exigência do fertilizante ser molhado após a sua colocação sobre a terra).

Bertol *et al.* (2004) em seus estudos observaram que os nutrientes podem ser carreados para os rios junto com as partículas pelas águas de chuva. Por vezes, as partículas transportadas para o rio provocam assoreamento e eutrofização da água comprometendo a qualidade das águas superficiais, e deixam as áreas sem os nutrientes necessários para dar continuidade ao processo de recuperação. Um fator importante a ser lembrado é que as áreas em reabilitação ainda estão em desenvolvimento porque a mineração monitora e complementa com fertilizantes. Após o prazo legal o monitoramento será finalizado. Após o término da fertilização é que poderá ser avaliado se o esforço foi o suficiente para dar impulso a sucessão natural ou não.

A sobrevivência e distribuição das espécies de plantas introduzidas pela mineração no estágio em que se encontra o processo de reabilitação ainda não sofrem influência do desenvolvimento pedogenético nos sedimentos realocados. O que ocorre de fato é a estabilização das plantas através do suporte dado pela mineração para o desenvolvimento da reabilitação. As áreas próximas ao cerrado preservado possuem melhores resultados, por que formam um corredor favorecendo a troca de espécies da flora (sementes) e da fauna (insetos, mamíferos, aves).

5.2-ASSOCIAÇÕES ENTRE MIRMECOFAUNA E CONDICIONANTES GEOLÓGICAS AFETANDO A VELOCIDADE DA SUCESSÃO VEGETACIONAL.

5.2.1) Mirmecofauna em função do Novo Perfil do Sedimento

A recolocação dos sedimentos aluvionares gerou um distribuição granulométrica e, em parte, mineralógica bem diferente do que era anteriormente à dragagem. O perfil granulométrico atual das áreas estudadas mostra que houve dificuldades em se retirar e armazenar as camadas removidas do solo, uma vez que camadas de húmus que foram armazenadas durante o processo de dragagem não foram encontradas nas sondagens a trado realizadas nas áreas em reabilitação. Ao longo do processo de reajuste topográfico os sedimentos expostos as chuvas podem ter sido lavados, carregando para o rio as camadas superiores de húmus.

Nas estações chuvosas, o nível do rio Jequitinhonha chega a subir 4 metros. Essas cheias também funcionariam como um carreador de sedimentos para o rio nas áreas mais próximas das margens (praias). Nas áreas intermediárias, as lagoas temporárias formadas pelas cheias do rio depositam frações mais finas (argilas e siltes) que poderiam estar contribuindo para o processo de

reabilitação, já que os argilominerais possuem uma capacidade de troca catiônica e de embebição maior que as outras frações (cascalhos e areias). Em alguns ecótonos foram encontradas camadas de argila que poderiam ser resquícios da camada de húmus ou, por ser uma região topograficamente mais baixa do que as vertentes do vale, as argilas teriam vindo carregadas pela força da chuva. Porém nos níveis mais profundos prevalecem as frações maiores, areias e cascalhos, com raras exceções como nas subáreas D5E, D7I e D8E. Nessas subáreas é possível sugerir um melhor desenvolvimento do solo, pois observamos camadas de argilas, argilas arenosas e argilas com restos vegetais em camadas mais profundas do perfil.

Quando estimulado o desenvolvimento das áreas em processo de degradação, o retorno da vegetação inicia o retorno da fauna de formigas e esse retorno irá estimular a vinda de outros invertebrados. Com a vinda desses invertebrados o solo começa a recuperar a sua estrutura pela ação de cupins, minhocas e formigas. Concomitantemente, é estimulada a atividade de mycorrizas, a manutenção da comunidade vegetal (pela ação dos besouros), polinização (vespas e abelhas), dispersão de sementes (formigas) e manutenção da densidade populacional de outros animais (aranhas, besouros predadores, vespas parasitas e borboletas) (Majer 1998).

Observando a mirmecofauna coletada e o novo perfil do sedimento não encontramos nenhuma correlação. A mirmecofauna responde a presença da vegetação estruturada presente nas áreas, como por exemplo a vegetação encontrada nos ecótonos (espécies arbóreas), e não em função do perfil do sedimento. O avanço na sucessão do solo nas subáreas D5E, D7i e D8E está favorecendo a colonização de novas espécies de plantas, pois melhora a estrutura física do solo e a retenção de água e produção de nutrientes. Com os novos microhabitats outras espécies de formigas irão surgir melhorando ainda mais as condições físicas, como a aeração e drenagem, fertilização e produtividade.

5.2.2- Mirmecofauna em função da Granulometria e da Mineralogia

O quartzo é um dos minerais mais abundantes da Terra. Em condições tropicais é muito resistente ao intemperismo e é o principal constituinte das areias continentais. Os grãos de quartzo apareceram em todas as amostras, desde as frações mais grossas até as mais finas, perfazendo sempre mais da metade do percentual de cada camada amostrada. Por ser pouco friável torna-se um mineral que pouco contribui para o processo acelerado de recuperação das áreas. As turmalinas ou dravitas, ciclossilicatos e são encontrados em rochas metamórficas, também são minerais resistentes ao intemperismo igual ao quartzo seguindo o mesmo padrão.

A muscovita, a biotita, os feldspato e agregados de óxido de ferro são encontrados em todas as frações, porém em quantidades reduzidas, em algumas amostras nem aparecem. O grande grupo filossilicatos abrange vários subgrupos entre eles argilominerais e micas. As micas, biotita e muscovita são minerais pouco resistentes aos processos intempéricos, após a sua degradação as micas viram frações muito finas como as argilas, favorecendo a troca catiônica e absorção de água no solo. Os

feldspatos também fazem parte dos minerais mais friáveis, podendo se degradar em caulinita ou sericita. O óxido de ferro libera íons Fe^+ no sedimento, estes íons são absorvidos pela planta, que no futuro contribuirão para a fixação de N_2 , respiração e fotossíntese.

A grande porcentagem dos grãos tem tamanhos entre 0,2 a 0,06 mm (areia fina e areia muito fina) é composto em sua maior parte por quartzo. Esse resultado era esperado, pois as rochas que compõem as áreas estudadas são os quartzitos e os xistos. Os sedimentos das áreas em estudo, sendo compostas em grande parte por frações menores podem dificultar a infiltração da água, pois os espaços entre os grãos se mostram reduzidos. Estas frações são transportadas com maior facilidade para o rio uma vez que o escoamento das águas pluviais não favorecem a remoção e transporte das frações maiores. Ressalta-se aqui a importância da camada orgânica que funciona como um filtro para os fertilizantes e uma barreira contra o transporte de sedimentos para o rio no arraste das chuvas de verão. A incorporação da matéria orgânica reduz a densidade do solo e aumenta a porosidade total, sendo um efeito positivo para o crescimento das plantas (Izquierdo *et al.* 2005).

A técnica básica utilizada pelas formigas de solo na construção dos seus ninhos e canais de forrageamento é extração de partículas do solo com suas mandíbulas, carregando a carga retirada do solo para outro lugar. Sabemos que o efeito de uma assembléia de formigas nos perfis de formação da textura do solo requer uma avaliação da bioturbação e que a profundidade dos ninhos está ligada a densidade do solo.

O solo é coberto por folhas, gravetos e outros obstáculos que podem estar presentes formando assim um complexo ambiente bidimensional (Yanoviak & Kaspari 2000). Formigas com tamanho corporal maior conseguem atravessar obstáculos com maior facilidade que formigas com tamanho corporal menor que optam por fazer suas travessias pelo interstício do solo. Sendo assim, grandes formigas geralmente recrutam para forrageamento em cima da serrapilheira, enquanto que pequenas formigas recrutam para forrageamento nos canais construídos dentro do solo e por baixo da serrapilheira encontrada em certos habitats. A complexidade física (estrutural) do solo também é um mecanismo utilizado pelas formigas para reduzir as interações e competições interespecíficas.

No momento do forrageamento as formigas patrulham as áreas ao redor do ninho e em seguida realizam a coleta do recurso no mesmo local (Silvestre 2000). A coleta no pitfall acontece quando as formigas saem para forragear e ocasionalmente caem no pote, na isca de sardinha elas são estimuladas para o forrageamento, por este motivo resulta na atração de indivíduos da mesma colônia. Com base nos dados que obtivemos, podemos sugerir que formigas com tamanho corporal aproximado de um centímetro forrageiam e nidificam em áreas com maior proporção de grãos finos, isso não quer dizer que nesses locais não existam grãos maiores, somente que estão em menores proporções.

A fauna de formiga não responde a condicionante geológica mineralogia, mas o tamanho do grão influencia o estabelecimento de formigas menores em áreas com predominância de grãos

maiores. Porém, em ambos os casos as formigas continuam a responder a presença da vegetação que se estrutura a partir da degradação dos minerais em compostos favoráveis à estabilização das plantas.

5.2.3-Mirmecofauna em função da Permeabilidade

As subáreas D1C e D3C são áreas controles. Nas amostras analisadas pode-se observar que o solo é constituído por grãos mais finos (areia fina e argilas), tornando a absorção de água um processo mais demorado. Contudo, esse processo lento acaba favorecendo as plantas ao permitir que as raízes mais superficiais absorvam a água antes dela infiltrar em direção ao lençol freático. O que torna isso eficaz são as copas das árvores que diminuem a intensidade da queda de gotas de chuvas diretamente no solo e a camada de matéria orgânica.

D4E e D5E são subáreas que possuem mais de cinco anos de reabilitação. Sua baixa condutividade pode ser explicada pela exposição dos sedimentos recolocados após o reajuste topográfico a chuva. Em um primeiro momento quando sedimento está recém colocado à infiltração e condutividade hidráulica são elevadas, por haver uma certa desordem nos grãos e pouca compactação, como observado nas áreas D6, D7, D8 e D9. Em um segundo momento, após vários anos de exposição, a energia cinética da gota de chuva quando toca a superfície do sedimento é convertida em forças radiais resultando em uma camada lisa e compacta, impedindo ou reduzindo a infiltração e condutividade hidráulica no sedimento. Um outro fator é o pisotear do gado da região, que também colabora para a compactação do sedimento.

A mirmecofauna não está sendo influenciada pela permeabilidade do sedimento, pois áreas que possuem valores baixos para a condutividade hidráulica possuem praticamente os mesmos valores para riqueza de espécies de formigas que as áreas com maior condutividade hidráulica. O que estaria influenciando a permeabilidade seria a compactação do sedimento influenciada pelo aumento do empacotamento dos grãos com o tempo e pelo pisoteio do gado, aumentando a densidade e diminuindo o volume de poros e sua conexão nos aluviões.

5.2.4-Mirmecofauna

Em 1984, Majer sugeriu uma correlação entre plantas e formigas, que a recolonização por espécies de plantas estimularia logo em seguida a recolonização de espécies de formigas. Já em 1998, Majer, conseguiu evidenciar em seus estudos que a recolonização de plantas não só estaria correlacionada com o retorno da mirmecofauna, mas como também estaria ligada ao retorno da fauna de invertebrados estimulados pela fauna de formigas. Como constatado por Nkem (2000) a construção de ninhos de formigas e atividades de forrageamento modificam positivamente alguns aspectos das propriedades físicas do solo, drenagem, ciclagem de nutrientes e aeração.

A subfamília mais abundante foi Myrmicinae com 13 gêneros e 3.876 indivíduos. Esta subfamília é abundante em todos os habitats, pois formam um grupo de formigas extremamente adaptáveis aos mais diferentes tipos de nichos ecológicos na região Neotropical (Santos 2006). O seu

maior representante foi o gênero *Pheidole*, a maioria dos seus ninhos são construídos no solo, são coletoras e dispersoras de sementes. Entre as espécies coletadas está a *Pheidole fallax* que é típica de ambientes perturbados. Por serem tão flexíveis são capazes de explorar áreas e recurso alimentar em diferentes habitats, sendo assim forrageiam em locais pouco explorados por outras espécies de formigas (Marinho 2002). Sua contribuição para o processo de reabilitação é ser dispersora de sementes e contribuir para a fertilização das áreas durante o forrageamento.

Cephalotes é um gênero que se alimenta de grãos de pólen e nidifica no tronco das árvores e arbustos do cerrado brasileiro, mas forrageia em áreas degradadas como constatado neste estudo, pois sua maior incidência foi nos ecótonos D4E e D6E. A sua ocorrência nos ecótonos mostra que nessas áreas há desenvolvimento da vegetação, já que esse gênero forrageia botões florais.

A expressiva presença do gênero *Atta* ocorreu em uma única área, a D3C. Esse gênero também é conhecido como cortadeiras, ou simplesmente saúvas, e constroem seus ninhos no solo. As saúvas nidificam melhor em solos descobertos, com pouca vegetação, sendo assim o solo exposto ao sol diminui a atividade de vários fungos do solo, o que faz cair à contaminação dos ninhos e de seus jardins, que são feitos de uma única espécie de fungo (*Leucoagaricus gongylophorus*). A sua preferência pelas áreas degradadas também está ligado ao fato de preferirem folhas mais tenras, de rápido crescimento, e com menos tanino, encontradas em áreas de sucessão secundária. Mas a *Atta* em foi encontrada em uma área que não foi dragada pela mineração e que não está passando pelo processo de reabilitação. Este fato está em desacordo com os dados da literatura. O solo revolvido pela mineração possui uma elevada condutividade hidráulica (áreas recentes no programa de reabilitação), nas estações chuvosas seus ninhos poderiam estar mais susceptíveis a alagamentos e perda de recurso. O tamanho dos grãos também pode estar interferindo na troca de calor e de gases, em áreas com menor granulometria o espaço entre grãos também é menor dificultando essas trocas. Uma outra possibilidade é que por serem áreas construídas pela reposição dos sedimentos elas não estariam estáveis não favorecendo a construção das galerias e câmaras dos ninhos. Como a área D3 está rodeada por áreas degradadas as saúvas estariam construindo seus ninhos em áreas naturais e forrageando nas áreas em reabilitação, onde é possível encontrar as folhas tenras como recurso base de seus jardins.

Em seus estudos Diehl-Fleig & Rocha (1998) observaram que as formigas cortadeiras preferem construir seus ninhos em solos argilosos a solos arenosos e solos “férteis”. Durante suas observações, as formigas rainhas que nidificaram em solos arenosos em um primeiro momento carregaram posteriormente solo argiloso para dentro do ninho. Este comportamento está relacionado à obtenção de água, pois em solos arenosos a perda de umidade é muito maior do que em solos argilosos. Em áreas desérticas o estabelecimento e a manutenção do jardim de fungo são dificultados pelas elevadas temperaturas e baixíssima umidade, uma solução encontrada pelas formigas para

sanarem este problema é a revoada noturna e a nidificação perto de locais sombreados durante o dia (proteção contra o sol) e com pouca perda de umidade.

Sendo assim, podemos dizer que em nosso estudo gênero *Atta* teve preferência por uma área não degradada, porém com clareiras e solos arenosos que contenham argila em seu perfil estratigráfico, para reter umidade para o jardim de fundo. As áreas em recuperação estariam mais desérticas com pouca vegetação arbustiva para proteção do ninho contra o sol.

Os *Solenopsis*, ou popularmente conhecida como lava-pés, são caracterizados por serem formigas generalistas, geralmente agressivas e territorialistas. Possuem estratégia de recrutamento em massa tornando as suas colônias grandes e ativas (Tavares 1996). Por serem generalistas conseguem enfrentar um longo período de escassez. Sua presença foi observada em todas as subáreas (Marinho 2002). *Pheidole* e *Camponotus* foram os gêneros que obtiveram maior número de espécies (9 e 9 respectivamente). Eles estão entre os gêneros que possuem uma ampla distribuição e são freqüentes na região Neotropical (Marinho 2002).

O Gênero *Mycetophylax* é distribuído por toda a América Latina, ele ocorre preferencialmente em solos arenosos, pobres em nutrientes e susceptíveis a grandes distúrbios. Não há registros desse gênero em ambientes florestais (Albuquerque *et al.* 2005). As formigas desse gênero funcionam como bioindicador de qualidade da sucessão natural, pois foram coletadas em áreas de ecótonos D1, D6 e D8 que são áreas próximas à vegetação preservada e que possuem em seu sedimento uma maior proporção areia fina quartzosa. Contudo, podemos concluir que a recuperação do sedimento dessas áreas está lenta não havendo a formação da camada orgânica do solo até o presente estudo.

A diferença entre a riqueza de espécies de formigas e as áreas estudadas podem indicar uma diversificação de habitats, gerando um aumento nas vantagens de colonização para cada espécie de formiga, diversos sítios de nidificação, qualidade e quantidade de recurso disponível, microclima e solo. Em relação as condicionantes geológicas estudadas (mineralogia, permeabilidade e a morfologia dos terraços e praias) as formigas não respondem nem positivamente nem negativamente. Elas respondem aos diferentes microhabitats formados pela vegetação durante o processo de reabilitação. A granulometria irá influenciar na riqueza de espécies de formigas quando o sedimento possuir uma menor proporção de grãos finos. Por outro lado, as plantas possuem uma correlação com as condicionantes geológicas, a recuperação das características físicas do solo só tende a melhorar a vegetação estabilizada sobre ele, proporcionando uma melhor drenagem, aeração, produção de nutrientes e novas espécies de invertebrados.

5.2.5- Geomorfologia dos Terraços e Praias

Após o processo de reajuste topográfico a ação dos processos geomorfológicos nas praias, durante o tempo de recuperação, resulta em diferentes etapas de sedimentação, assumindo diferentes

características ambientais ao longo do rio. Na praia da área D1 há formação de um canal secundário na estação chuvosa, na área D2 nas cheias do rio há formação de lagoas de cheias. Nas áreas de praia a vegetação pouco se estabiliza, por sofrer influência constante das cheias do rio Jequitinhonha. O sedimento fica pobre em nutrientes e não consegue desenvolver uma camada de matéria orgânica para fixar o vegetal. Desta forma, a fauna de formiga pouco coloniza essa região, tornando a riqueza e composição de espécies de formigas nas regiões de praia baixa.

Nos terraços encontramos as subáreas intermediária e ecótone, com exceção da intermediária da área D9. Os terraços, por não sofrerem influência direta do rio Jequitinhonha, conseguem estabelecer uma vegetação mais estruturada (arbustos nas subáreas intermediárias e árvores nos ecótonos) e abrigam a riqueza e a composição de espécies maiores que das praias. O sedimento nessas áreas consegue reter melhor o fertilizante começando a desenvolver os processos de formação do solo, favorecendo assim a recolonização da fauna e flora. O processo de recuperação das margens do rio está começando nos terraços e caminha lentamente em direção das praias.

5.3) CONCLUSÃO

Ao final deste estudo pode-se concluir que as condicionantes geológicas auxiliam indiretamente a bioindicação, servindo como um instrumento de apoio em protocolos de reabilitação. As formigas respondem positivamente em função da vegetação, que por sua vez quando está preservada abriga diversos microhabitats, possui uma elevada disponibilidade de recursos e de sítios de nidificação. A vegetação introduzida nas áreas em recuperação irá responder positivamente ou negativamente em função das condicionantes geológicas. Por serem sedimentos de aluviões pobres em nutrientes e em troca catiônica o estabelecimento da vegetação é mais demorado do que em um solo "in situ". O grau de compactação do sedimento irá afetar ainda mais o desenvolvimento dessa vegetação.

Através desses resultados e de outros trabalhos realizados por Tavares (1996), Diehl-Fleig & Rocha (1998), Majer (1998), Nkem (2000), Marinho (2002), Albuquerque *et al.* (2005), e Santos (2006) podemos gerar um quadro de informações sobre as principais espécies encontradas na região (Tabela 5.1):

Tabela 5.1: Quadro das espécies de formigas e sua respectiva bioindicação.

Gênero	Bioindicação
<i>Atta</i>	áreas com solo argiloso e com presença de vegetação, para aumentar a umidade dos jardins de fungo e diminuir a dessecação dos ninhos.
<i>Mycetophylax</i>	áreas de solos arenosos e pobres em nutrientes que sofreram grandes distúrbios.
<i>Cephalotes</i>	áreas com vegetação arbustiva, pois se alimenta de grãos de pólen e nidifica no tronco das árvores e arbustos do cerrado brasileiro.
<i>Pheidole</i>	áreas com vegetação, podendo ser gramíneas e ou espécies arbustivas; são dispersoras de sementes.
<i>Solenopsis</i>	áreas com pouco recurso alimentar (vegetação e outros animais), pois conseguem passar por longos períodos de escassez.

Um dos grandes problemas a ser resolvido é a perda de nutrientes pela lixiviação, a água é o principal agente transportador de massa nos ecossistemas naturais. Sugerimos então a inclusão de fertilizantes orgânicos, que são compostos por resíduos de animais ou de plantas ou de depósitos naturais de rochas, esses componentes contém muitos nutrientes e não são facilmente transportados pela água da chuva. Com o acréscimo de resíduos orgânicos os sedimentos irão obter mais nutrientes, dificultará a compactação da camada superficial, aumentando a drenagem hídrica, favorecendo assim a reabilitação.

A reabilitação de ambientes degradados não pode ser vista como um reflorestamento, e sim como uma tentativa de se recuperar o ecossistema perdido. Para tanto, é necessário se fazer um bom inventário da região a ser degradada, adotar plantios de espécies nativas da região gerando futuramente microclima e disponibilidade de recursos similares às condições anteriormente encontradas. As recuperações das matas ciliares, em especial, são necessárias para manutenção da água, por abrigarem uma grande diversidade de fauna e flora, e funcionam como filtros evitando assoreamento dos rios.

Não existe ainda um método completo, que irá atender a todas as fases de um processo de recuperação. A escolha de um método, além de atender os requisitos legais, será em função dos dados existentes, dos recursos financeiros disponíveis e das técnicas conhecidas e aplicáveis. “Tentar prever qual será o cenário futuro que efetivamente irá ocorrer, parece demasiado pretensioso. Na realidade, a técnica muitas vezes não gera resultados convergentes, e sim conduz aos cenários ditos mais prováveis”.(Almeida & Bastos 2002).

Referências

- Abreu, P.A.A.; Fraga, L.M.S. & Neves, S.D. 2005. Serra do Espinhaço Meridional: A.C. Silva, L.C.V.S.F. Pedreira & P.A.A. Abreu (ed) *Paisagens e Ambientes*. In: Geologia. Ed. O Lutador. 17-43.
- Albuquerque, E.Z.; Diehl – Fleig, E. & Diehl, E.2005. Density and distribution of nests of *Mycetophylax simplex* (Emery)(Hymenoptera, Formicidae) in areas with mobile dunes onthe northern coast of Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* **49**(1): 123-126,
- Al-Durrah, M.M. & Bradford, J.M. 1982. The mechanism of raindrop splash on soil surfaces. *Soil Science Society Ambient.* **46**: 1086-1090.
- Almeida, F.F.M. de & Litwinski, N. 1984. Província Mantiqueira: Setor Setentrional. In: F.F.M. de Almeida & Y. Hasui, coordenador Edgard Blücher *O Pré-Cambriano do Brasil*, São Paulo. 282-307.
- Almeida, J.R.; & Bastos, A.C.S. 2002. Método para análise de gestão ambiental III. In: *Avaliação de impactos ambientais*. Ed. Thex. 111-121.
- Almeida, R. O. P. O. & Sánchez, L. H. 2005. Revegetação de áreas de mineração. In: *Crítérios de monitoramento e avaliação do desempenho*. Revista *Árvore* nº1 – **29**:1-8.
- Alonso, L.E. 2000. Ants. Standard methods for measuring and monitoring biodiversity. In: D. Agostini, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz (ed.) *Ants as indicators of diversity*. Smithsonian Institution. 80-88.
- Alonso, L. E. & Agosti, D. 2000. Ants. Standard methods for measuring and monitoring biodiversity. In: D. Agostini, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz (ed.) *Biodiversity studies, monitoring, and ants: Na overview*. Smithsonian Institution. 1-8.
- Andersen, A.N. 2000. Ants. Standard methods for measuring and monitoring biodiversity. In: D. Agostini, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz (ed.) *A global ecology of rainforest ants: Functional groups in relation to environmental stress and disturbance*. Smithsonian Institution. 25-34.
- Andersen, A.N.; Hoffmann, B.D. & Somes, J. 2003. Ants as indicators of minesite restoration: community recovery at one of eight rehabilitation sites in central Queensland. *Ecological Management & Restoration.* **4**: 12-19.
- Aronson, J.; Floret, C.; Le Floc, H.E.; Ovalle, C. & Pontanier, R. 1993. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semiarid regions. I.A. view from the South. *Restoration Ecology.* **1**: 8-17.
- A Floresta e o Solo. Afubra, vol.3.
- Baker, G.H. & Dalby, P.R. 1994. Soil macrofauna, in particular earthworms, as indicators of agricultural sustainability. In: NSW Agriculture and CSIRO (ed.), *Soil sustainability Indicators*. Workshop.

Da Costa, C.B., 2007 Avaliação da Consistência e Evolução da Reabilitação...

- Barbosa, L.M. 2001. Matas ciliares: Conservação e Manejo. In: Rodrigues, R.R.e Filho, H.L. (ed) *Considerações Gerais e Modelos de Recuperação de Formações Ciliares*. Ed. Edusp – Fapesp. 230p., cap, 15.4, 289-312.
- Baxter, F.P. & Hole, F.D. 1967. Ant (*Formica cinerea*) pedoturbation in a prairie soil. *Soil Science Society Ambient.* **31**: 425-428.
- Benson, W.W. & Harada, A.Y. 1988. Local diversity of tropical and temperate ant faunas. *Acta Amazonica.* **18**: 275-289.
- Benson, W.W. & Brandão, C.R.F. 1987. Pheidole diversity in the humid tropics: a survey from Serra dos Carajás, Pará, Brasil. In: Eder Journal.
- Bertol, I.; Leite, D.; Guadagnin, J.C. & Ritter, S.R. 2004. Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. II - Perdas de nutrientes e carbono orgânico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo.* n° 6. **28**:1045-1054.
- Bolton, B.; Palacio, E.E. & Fernández, F. 2003. Morfología y glosario. Pages 221-232 in Fernández, F. (ed) *Introducción a las hormigas de la región neotropical*. Instituto Humboldt, Bogotá. 424 pp.
- Boosma, J.J. & Van Loon, A.J. 1982. Structure and diversity of ant communities in successive subcoastal dune valleys. *Journal of Animal Ecology, Oxford.* n. 51, 957-974.
- Borges, E.; Antonino, A.C.D.; Dal'Olio, A.; Audri, P. & Carneiro, C.J.G. 1999. Determinação da condutividade hidráulica e da sorvidade de um solo não saturado utilizando-se permeâmetro a disco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira.* Brasília. nº11. **34**: 2083-2089.
- Carlson, S.R. & Whitford, W.G. 1991. Ant mound influence on vegetation and soils in a semiarid mountain ecosystem. *Animal Midl. Nature.* **126**: 125-139.
- Chaves, M. S. C. & Benitez, L. 2004. Depósitos Superficiais Diamantíferos da Região de Diamantina, Serra do Espinhaço – MG. *Geociências, UNESP. São Paulo.* **23**: 31-42.
- Chaves, M. S. C. & Uhlein, A. 1991. Principais Depósitos Mineraiis do Brasil: Depósitos Diamantíferos da Região do Alto/Médio Jequitinhonha, Minas Gerais. Ed. ? Brasília. **4**: 118-136.
- Cox, G.W.; Mills, J.N. & Ellis, B.A. 1992. Fire ants (Hymenoptera: Formicidae) as major agents of landscape development. *Environment Entomology.* **21**: 281-286.
- Dafonte, J.D.; Armesto, M.V.; Seijo, X.X.N. & González, A.P. 1999. Análisis de los métodos de cálculo de la conductividad hidráulica saturada de campo medida con permeâmetro Guelph. *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo.* Ed. Muñoz – Carpena, R.; Ritter, A.; Tascón, C. 05-10.
- Denning, J.L.; Hole, F.D. & Bouma, J. 1977. Effects of *Formica cinerea* on a wetland soil on West Blue Mound, Wisconsin. In: C.B. Dewitt and E. Soloway (ed.), *Wetlands Ecology: Values and impacts*. Proc. Waubesa Conf. On Wetlands, Universidade de Wisconsin – Madison. 276-287.

- Delabie, J.H.C. & Fowle, H.G. 1995. Soil and litter cryptic ant assemblages of Bahian cocoa plantations. *Pedobiologia*. **39**: 423-433.
- Dias, J.A. 1987. Dinâmica sedimentar e Evolução recente da Plataforma Continental Portuguesa Setentrional. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa, 384p.
- Dias, J.A. 2004. A análise sedimentar e o conhecimento dos ecossistemas marinhos.
- Diehl – Fleig, E. 1995. Formigas – Organização Social e Ecologia Comportamental. In: *Interações formigas, plantas e herbívoros*. Ed. UNISINOS. 137-152.
- Diehl – Fleig, E. & Rocha, E.S. 1998. Escolha de Solo por Fêmeas de *Acromyrmex striatus* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae) para construção do ninho. *Na. Soc. Entomol. Brasil*. **27** (1): 41-45.
- Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F. & Stewart, B.A. 1994. Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Special Publication, USA. n. 35.
- Filho, C.V.M. 2005. Serra do Espinhaço Meridional. In: A.C. Silva, L.C.V.S.F. Pedreira & P.A.A. Abreu (ed) *Paisagens e Ambientes: Vegetação*. Ed. O Lutador. 119-135.
- Fogaça, A.C. C. 1997. Projeto Espinhaço. In: *Geologia da Folha Diamantina, Minas Gerais*. Companhia Mineradora de Minas Gerais – COMIG. Belo Horizonte.
- Folk, R.1980. Petrology of sedimentary rocks. In: *Description and Nomenclature for terrigenous sediments*. Hemphill Publishing Company, Texas. 148-156.
- Fowler, H.G.; Forti, L.C.; Brandão, C.R.F.; Delabie, J.H.C. & Vasconcelos, H.L. 1991. Ecologia nutricional de formigas. In: Paizzini, A.R.; Parra, J.R.P. (ed.) *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. São Paulo, Manole. 359p.
- Furlani, A.M.C. 2004. Fisiologia Vegetal. In: Kerbauy, G.B. (ed) *Nutrição Mineral*. Ed. Guanabara Koogan. 472p. 40-75.
- Hawksworth, D.L. 1991. The biodiversity of microorganisms and invertebrates: Its role in sustainable agriculture. CAB International, Wallingford.
- Hole, F.D. 1961. A classification of pedoturbation and some other processes and factors of soil formation in relation to isotropism and anisotropism. *Soil Science*. **91**: 375-377.
- Hölldobler, B. & Wilson, E.O. 1990. *The Ants*. Cambridge: Harvard University Press. 732p.
- Huggett, R.J.1995. *Geocology – An evolutionary approach*. Routledge, London, 320p.
- Izquierdo, I.; Caravaca, F.; Alguacil, M.M.; Herna'ndez, G. & Rolda'n, A. 2005. Use of microbiological indicators for evaluating success in soil restoration after revegetation of a mining area under subtropical conditions. *Applied Soil Ecology*.

Da Costa, C.B., 2007 Avaliação da Consistência e Evolução da Reabilitação...

- Johnson, R.A. 1992. Soil texture as an influence on distribution of the desert seed-harvester ants *Pogonomyrmex rugus* and *Messor pergandei*. *Oecologia*. **89**: 118-124.
- Kaspari, M. 1996a. Litter ant patchiness at the 1 m² scale: Disturbance dynamics in three Neotropical forest. *Oecologia*. **107**: 265-273.
- Kaspari, M. 2000. Ants. Standard methods for measuring and monitoring biodiversity. In: D. Agostini, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz (ed.) *A primer on ant ecology*. Smithsonian Institution. 9-24.
- Kaspari, M. & Majer, J.D. 2000. Ants. Standard methods for measuring and monitoring biodiversity. In: D. Agostini, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz (ed.) *Using ants to monitor environmental*. Smithsonian Institution. 89-98.
- Kempf, W.W. 1992. Catálogo abreviado das formigas da região Neotropical (Himenoptera: Formicidae). *Studia Entomológica, Petrópolis*. n. 1/4, **15**: 3-344.
- Le Bissonais, Y.; Bruand, A. & Jamagne, M. 1989. Laboratory experimental study of soil crusting: relationship between aggregate breakdown mechanisms and crust structure. *Catena*. **16**: 377-392.
- Leite, D.; Bertol, I.; Guadagnin, J.C.; Santos, E.J. & Ritter, S.R. 2004. Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. I - Perdas de solo e água. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. n° 6. **28**:1033-1044.
- Machado, F.B.; Moreira, C.A.; Zanardo, A.; André, A.C.; Godoy, A.M.; Ferreira, J.A.; Galembeck, T.; Nardy, A.J.R.; Artur, A.C.; Oliveira, M.A.F. Enciclopédia Multimídia de Minerais e Atlas de Rochas. Disponível na internet via [www.url:http://www.rc.unesp.br/museudpm](http://www.rc.unesp.br/museudpm). Visitado em 28/09/2006.
- Majer, J.D. 1983. Ants bioindicators of minesite rehabilitation, land use and land conservation. *Environmental Management, Nova York*. n. 4, **7**:375-383.
- Majer, J.D. 1984. Recolonisation by ants in rehabilitated open-cut mines in northern Australia. *Reclamation and Revegetation*. **2**: 279-298.
- Majer, J.D. 1989. Animals in primary succession. The role of fauna in reclaimed lands. Cambridge University Press, Cambridge, 547.
- Majer, J. 1990. The role of ants in Australian land reclamation seeding operation. In: Vander, R.K.; Meer, K.; Jaffe, K. & Cedeno, A. (ed), *Applied Myrmecology: A World Perspective*. Boulder: Westview Press. 544-554pp.
- Majer, J. D. 1992. Ant recolonisation of rehabilitated bauxite mines of Poços de Cladas, Brasil. *Journal of Tropical Ecology*. **8**: 97-108.
- Majer, J.D. 1997b. Invertebrates assist the restoration process: Australian perspective. In: Urbanska, K.M.; Webb, N.R. & Edwards, P.J. (Ed.), *Restoration Ecology and Sustainable Development*. Cambridge University Press, London, 212-237.

- Majer, J.D. & Nichols, O.G. 1998. Long-term recolonization patterns of ants in Western Australian rehabilitated bauxite mines with reference to their use as indicators of restoration success. *Journal of Applied Ecology*. **35**:161-182.
- Mantilla, J.N.R. 2004. Sistema de Classificação e Estrutura do Solo. CEGEAMB. 28p.
- Marinho, C.G.S.; Zanetti, R.; Delabie, J.H.C.; Schlindwein, M.N. & Ramos, L.S. 2002. Diversidade de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serrapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. *Neotropical Entomology*. n.2, **31**: 187-195.
- Martins-Neto, M.A. 1993. The sedimentary evolution of a Proterozoic rift basin: The basal Espinhaço supergroup, southern Serra do Espinhaço, Minas Gerais: *Geologia Estrutural Regional*.
- Neto, A.H.G. 1987. Taxa de exploração de iscas por formigas em uma floresta de terra firme na Amazônia Oriental. *Bol. Mus Par E Goeldi* **3**(2): 219-234.
- Netto, A.S.T. 1980. Manual de Sedimentologia. Petrobrás/SEPES/DIVEN. 194p.
- Neves, S.C.; Abreu, P.A.A.; Fraga, L.M.S. 2005. Serra do Espinhaço Meridional. In: A.C. Silva, L.C.V.S.F. Pedreira & P.A.A. Abreu (ed) *Paisagens e Ambientes: Fisiografia*. Ed. O Lutador. 45-58p.
- Nkem, J.N.; Lobry de Bruyn, L.A.; Grant, C.D. & Hulugalle, N.R. 2000. The impact of ant bioturbation activities on surrounding soil properties. *Pedobiologia*. **44**: 609-621.
- Noce, C. M. 1997. Projeto Espinhaço: Geologia da Folha Curimataí, Minas Gerais Companhia Mineradora de Minas Gerais – COMIG. Belo Horizonte.
- Noss, R.F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Conservation Biology*. **4**: 355-364.
- Nunes, U.R. & Senra, L. 2005. Serra do Espinhaço Meridional. In: A.C. Silva, L.C.V.S.F. Pedreira & P.A.A. Abreu (ed) *Paisagens e Ambientes: Sementes de Espécies Nativas*. Ed. O Lutador. 149-163 .
- Oliveira, M. J. R; Grossi Sad, J. H.; Romano, A. W. & Lobato, L. M. 1997. Projeto Espinhaço. In: *Geologia da Folha Grão Mogol, Minas Gerais*. Companhia Mineradora de Minas Gerais – COMIG. Belo Horizonte.
- PRAD – Mineração Rio Novo. Escrito por Brandt Meio Ambiente Ltda. Fornecido pela FEAM em 2006.
- Prevedello, C.L. 1996. Física do solo com problemas resolvidos. Curitiba: Salesward-discovery. 446p.
- Raven, P.D., Evert, R.F., Eichhorn, S.E. 2001. *Biologia Vegetal*. 6ª ed. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 906p.
- Ribeiro, S.P. 2002. Monitoramento e Avaliação dos esforços de reabilitação ambiental no Projeto Domingas II: Bioindicação por invertebrados (enfoque: Mirmecofauna) Relatório técnico: Estação chuvosa 2002. Belo Horizonte.

Da Costa, C.B., 2007 Avaliação da Consistência e Evolução da Reabilitação...

- Rodrigues, R.R. & Gandolfi, S. 2001. Recuperação e Conservação de Matas Ciliares. In: Rodrigues, R.R.e Filho, H.L. (ed) *Conceitos, Tendências e Ações para a recuperação de Florestas Ciliares*. Ed. USP. São Paulo, 230p., cap. 13, 235-248.
- Santos, M.S.; Louzada, J.N.C.; Dias, N. Zanetti, R. Delabie, J.H.C. & Nascimento, I. C. 2006. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. *Ser. Zoologia*, nº 1. **96**: 95-101.
- 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.
- Shaler, N.S. 1981. Effects of animal and plants on soil. In: *The original and nature of soils*. 12^oAnn. Rep., U.S. Geological Survey. 213-345.
- Silva, E.B. & Libardi, P.L. 2000. Propriedades hidráulicas de um solo não saturado utilizando-se o permeâmetro a disco. *Scientia Agrícola*. n.3, **57**: 525-529.
- Silva, A.C. 2005. Serra do Espinhaço Meridional. In: A.C. Silva, L.C.V.S.F. Pedreira & P.A.A. Abreu (ed) *Paisagens e Ambientes: Solos*. 61-77.
- Silvestre, R. 2000. Estrutura de comunidades de formigas do cerrado. Departamento de Biologia. Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado. 216p.
- Soto, M.A. & Vilar, O.M. 2003. Estudio de la conductividad hidráulica en suelos no saturados. XI PANAM, 921-928p.
- Souza, M. A.T. A. & Grossi Sad, J. H. 1997. Projeto Espinhaço: Geologia da Folha Rio Vermelho, Minas Gerais. Companhia Mineradora de Minas Gerais – COMIG. Belo Horizonte.
- Suguio, K. 1980. Rochas sedimentares: propriedades, gênese e importância econômica. Ed. Edgard Blücher Ltda. 500p.
- 1^o Simpósio Brasileiro de Insetos Sociais (IUSSI), promovido pela UFV. 2005.
- Tavares, A.A. 1996. Diversidade de formigas não desfolhadoras (Hymenoptera: Formicidae) em área de cerrado stricto sensu e *Eucalyptus cloeziana*. Departamento de Agronomia. Universidade Federal de Lavras. Dissertação de Mestrado. 57p.
- Yanoviak, S.P. & Kaspari, M. 2000. Community structure and the habitat templet: ants in the tropical forest canopy and litter. *Oikos*, nº 2 **89**:259-266.

Anexo 1

Nomes populares das plantas semeadas no processo de revegetação e seus respectivos nomes científicos.

Nome Popular	Nome Científico
Acácia	<i>Acácia horrida</i> (Mimosaceae)
Bacuparí	<i>Rheedia spp.</i>
Cagaiteira	<i>Stenocalyx dysentericus</i> (Myrtaceae)
Cana Fístula	<i>Cássia ferruginea</i>
Candeia	<i>Eremanthus erytropappus</i>
Dormideira	<i>Mimosa somnians</i> Wild. Var. <i>somnians</i> (Mimoseae)
Pitanga	<i>Eugenia pitanga</i> (O. Berg) Kiaersk (Myrtaceae)
Fedegosão	<i>Senna alata</i> (L.) Roxb. (Cassicae)
Goiaba	<i>Psidium guajava</i> (Myrtaceae)
Ingá	<i>Dioclea grandiflora</i> Benth. (Phaseoleae)
Imburuçu	<i>Spondias tuberosa arruda</i> (Anacardiaceae)
Ipê Amarelo	<i>Tabebuia chrysotricha</i>
Ipê Roxo	<i>Tabebuia avellaneda</i>
Jaboticaba	<i>Myrciaria jaboticaba</i> (Vell.) Berg (Myrtaceae)
Jambo	<i>Syzygium malaccense</i> (Myrtaceae)
Jatobá	<i>Hymenaca stigonocarpa</i>

Lobeira	<i>Solanum grandiflorum</i> (Solanaceae)
Manga	<i>Mangífera indica</i> L. (Anacardiaceae)
Maricá Branco	<i>Acácia polyphylla</i> D.C. (Leguminosae - Mimosoideae)
Marica Rosa	<i>Mimosa bimucronata</i> (Leguminosae - Mimosoideae)
Mulungú	<i>Erytrina velutina</i> Willd. (Phaseoleae)
Panã	<i>Annona crassiflora</i> Mart. (Annonaceae)
Pau D'oleo	<i>Copaifera langsdorffi</i> (Detarieae)
Pequizeiro	<i>Caryocar brasiliense</i> (Cariocaceae)
Não foi encontrado nome popular	<i>Quaeta Xylopia</i>
Urucum	<i>Bixa orellana</i> L. (Bixaceae)
Xique Xique	<i>Pilosocereus gounellei</i>

Anexo 2

Tabela com os Nomes Científicos de cada Espécie de Formiga coletada na Mineração Rio Novo durante o presente estudo.

Nome do Gênero/Espécie	Sub-gênero	Descrita por
<i>Atta sexdens rubropilosa</i>		Forel, 1908
<i>Azteca sp9</i>		
<i>Acanthostichus quadratus</i>		Emery, 1895
<i>Brachymyrmex sp1</i>		
<i>Camponotus fastigatus</i>	Myrmaphaenus	Roger, 1863
<i>Camponotus melanoticus</i>	Tanaemyrmex	Emery, 1894
<i>Camponotus sp</i>	Myrmobrachys	Mayr, 1862
<i>Camponotus sp30</i>		
<i>Camponotus melanoticus</i>	Tanaemyrmex	Emery, 1894
<i>Camponotus blandus</i>	Myrmaphaenus	Smith, 1858
<i>Camponotus balzani</i>	Tanaemyrmex	Emery, 1894
<i>Cardiocondila sp2</i>		
<i>Cephalotes pusillus</i>		Klug, 1824
<i>Crematogaster sp15</i>		
<i>Dorymyrmex pyramicus alticonis</i>		Forel, 1912
<i>Ectatomma permagnum</i>		Forel, 1908
<i>Ectatomma suzanae</i>		Almeida, 1983
<i>Forelius pusillus</i>		Santschi, 1922
<i>Gnamptogenys sulcata</i>		Fr. Smith, 1858

<i>Mycocephurus godii</i>		Forel, 1893
<i>Myrmicocrypta sp1</i>		
<i>Mycetophylax sp1</i>		
<i>Nomamyrmex esenbeckii</i>		Westwood, 1842
<i>Paratrechina sp1</i>		
<i>Pheidole sp</i>		
<i>Pheidole sp12</i>		
<i>Pheidole sp14</i>		
<i>Pheidole sp15</i>		
<i>Pheidole sp18</i>		
<i>Pheidole sp38</i>		
<i>Pheidole sp40</i>		
<i>Pheidole Gertrude</i>		Forel, 1886
<i>Pheidole fallax</i>		Mayr, 1870
<i>Pseudomyrmex termitarius</i>		Smith, 1855
<i>Pogomyrmex naegelii</i>	Ephebomyrmex	Forel, 1886
<i>Sericomyrmex luderwaldti</i>		Santschi, 1925
<i>Solenopsis tridens</i>	Solenopsis	Forel, 1911
<i>Solenopsis saevissima</i>	Solenopsis	Fr. Smith, 1855
<i>Solenopsis sp2</i>		
<i>Solenopsis sp4</i>		
<i>Trachymyrmex fuscus</i>		Emery, 1894

<i>Trachymyrmex spl</i>		
<i>Wasmannia spl</i>		

Da Costa, C.B., 2007 Avaliação da Consistência e Evolução da Reabilitação...

Ficha de Aprovação

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

TÍTULO: Avaliação da Consistência e Evolução da Reabilitação de áreas Mineradas nos Aluviões do Rio Jequitinhonha com Base nos Condicionantes Geológicos e na Fauna de Formigas

AUTOR(A): CINTHIA BORGES DA COSTA

ORIENTADOR: Sérgio Pontes Ribeiro

CO-ORIENTADOR: Paulo de Tarso A. de Castro

Aprovada em: 15 /07 / 2007

PRESIDENTE: Sérgio Pontes Ribeiro

BANCA EXAMINADORA

Profa Dra Mariangela Garcia Praça Leite _____ DEGEO/UFOP

Profa Dra Juliane Floriano Santos Lopes _____ LCA/UFJF

Ouro Preto, 15 / 07 / 2007

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)