

**CARACTERIZAÇÃO DE  
UMA PAISAGEM NA ÁREA  
DE INFLUÊNCIA DO  
RESERVATÓRIO DA USINA  
HIDRELÉTRICA DO FUNIL,  
IJACI - MG**

**LUCIANE DA SILVA  
CONHALATO ROSTAGNO**

**1999**

47227

33168 MFA

**LUCIANE DA SILVA CONHALATO  
ROSTAGNO**

**CARACTERIZAÇÃO DE UMA PAISAGEM NA ÁREA DE  
INFLUÊNCIA DO RESERVATÓRIO DA USINA  
HIDRELÉTRICA DO FUNIL, IJACI-MG**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do Curso  
de Mestrado em Agronomia, área de  
concentração em Solos e Nutrição de  
Plantas, para obtenção do título de  
"Mestre".

**Orientador**

Prof. Hécio Andrade

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1999**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Conhalato Rostagno, Luciane da Silva

Caracterização de uma paisagem na área de influência do reservatório da usina hidrelétrica do Funil, Ijaci- MG / Luciane da Silva Conhalato Rostagno. – Lavras : UFLA, 1999.

66 p. : il.

Orientador: Hélcio Andrade.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Geomorfologia. 2. Pedologia. 3. Fotointerpretação. 4. Sistema de informação geográfica. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-551.41

-526.982

**LUCIANE DA SILVA CONHALATO ROSTAGNO**

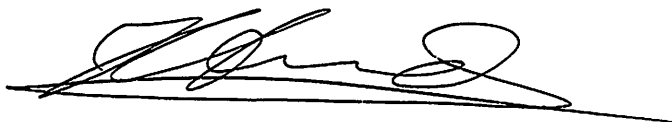
**CARACTERIZAÇÃO DE UMA PAISAGEM NA ÁREA DE  
INFLUÊNCIA DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA  
DO FUNIL, IJACI - MG**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do Curso  
de Mestrado em Agronomia, área de  
concentração em Solos e Nutrição de  
Plantas, para obtenção do título de  
“Mestre”.

**APROVADA em 20 de abril de 1999.**

**Prof. - Alcione de Oliveira, UFLA**

**Pesquisadora - Maria Inês Nogueira Alvarenga, EPAMIG**



**Prof. - Hélcio Andrade, UFLA**

**(Orientador).**

**LAVRAS**

**MINAS GERAIS - BRASIL**

A todas as pessoas que fazem da vida um constante aprender e  
que têm como principais valores:  
*Amizade, Honestidade e Caráter*

Dedico.

“O amor é o que existe, existiu  
e existirá, a consciência crítica,  
razão de tudo, compreende o  
que se manifesta e o que não se  
manifesta”.

C. M. T. da Silva.

## AGRADECIMENTOS

À minha família, por sempre demonstrar amor, compreensão e ser motivo de estímulo em minha formação profissional.

Ao orientador, professor Hélcio Andrade.

Aos meus co-orientadores Alcione de Oliveira e Maria Inês Nogueira Alvarenga, pela ajuda nos trabalhos de campo e no desenvolvimento do trabalho escrito.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

Às Instituições, Fundações, Órgãos, Empresas e Universidades, pela disponibilidade em fornecer dados que se fizeram necessários.

À pesquisadora, Helena Maria Ramos Alves, pelo constante incentivo e apoio ao longo de todo o trabalho.

Aos professores Alcione de Oliveira, Geraldo César de Oliveira e Vicente Gualberto, pela amizade, dedicação e ensinamentos.

Ao professor Allaoua Saadi, pela ajuda no trabalho de campo e pelas críticas construtivas.

Aos geólogos, Cláudio Maurício Teixeira da Silva e Marilusa Pinto Coelho Lacerda, pela ajuda no entendimento da geologia da área estudada.

Aos alunos de graduação do curso de Agronomia, Andréa Cury Lang, Dimas Renato Esteves e Ricardo J. T. Pereira de Resende e aos alunos de graduação do curso de Engenharia Agrícola, João Paulo Rodrigues da Cunha e Renato Barbosa Lima Neto, pela ajuda nas etapas de coleta de dados, de referências bibliográficas e de digitalização dos mapas.

Aos agrônomos, Tânia Foster e Maurício Ariel Rostagno, pelo empenho na utilização de programas computacionais na edição das figuras.

Ao meu marido, Marcos Horacio Rostagno, pelo permanente incentivo, pelas enriquecedoras críticas e pela ajuda no trabalho de campo.

Ao meu filho, Pedro Conhalato Rostagno, por participar de todo trabalho de campo e dar mais significado à minha vida.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	iii
1 INTRODUÇÃO .....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 Representações Cartográficas .....	03
2.2 Sistemas de Informação Geográfica .....	04
2.3 Fotointerpretação e Análise do Ambiente .....	05
2.4 Geomorfologia .....	07
2.5 Geomorfologia Regional .....	12
2.6 Relações entre Pedologia, Geomorfologia e Meio Ambiente .....	16
2.7 Caracterização do Meio Físico da Área Estudada .....	23
2.7.1 Geologia .....	23
2.7.2 Geomorfologia .....	25
2.7.3 Clima .....	27
2.7.4 Vegetação .....	27
2.7.5 Solos .....	29
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	32
3.1 Localização da Área Estudada .....	32
3.2 Fotointerpretação Preliminar .....	35
3.3 Metodologia de Campo .....	35
3.4 Metodologia de Laboratório .....	36
3.4.1 Caracterização Química .....	36
3.4.2 Caracterização Física .....	38



3.5	Elaboração dos Documentos Cartográficos .....	38
3.5.1	Mapa da rede de drenagem .....	38
3.5.2	Mapa das classes de declive .....	38
3.5.3	Mapa da Paleogeografia .....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	41
4.1	Rede de Drenagem .....	41
4.2	Classes de Declive e Classes de Solo .....	44
4.3	Paleogeografia .....	48
4.4	Relação entre Pedologia e Geomorfologia .....	50
4.5	Geomorfologia Local .....	54
4.6	Solo e Paisagem .....	56
5	CONCLUSÕES .....	62
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63

## RESUMO

CONHALATO ROSTAGNO, Luciane da Silva. **Caracterização de uma paisagem na área de influência do reservatório da usina hidrelétrica do Funil, Ijaci-MG.** Lavras: UFLA, 1999. 66p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

Caracterizou-se a área entre os municípios de Ribeirão Vermelho, Lavras e Ijaci, no que se refere às feições do meio físico, sendo esta caracterização inserida no contexto regional. Partiu-se para a descrição local e para o estudo das relações entre os solos e a geomorfologia da margem esquerda do Rio Grande, no município de Ijaci-MG, na qual enquadrou-se a toposseqüência. Efetuou-se a fotointerpretação da rede de drenagem, utilizando fotografias aéreas de 1972 e 1979, na escala aproximada de 1:25.000. Essa fotointerpretação auxiliou a identificação da melhor posição para a toposseqüência, para a descrição dos perfis e para a coleta das amostras. A toposseqüência foi analisada do topo, a uma altitude de 1.008m, vertente abaixo, até a margem esquerda do Rio Grande, a uma altitude de 806m, com o objetivo de verificar as variações que ocorreram nos solos, em função da posição na paisagem. Elaborou-se o mapa das classes de declive, pelo método do ábaco, manualmente. A partir desse mapa e associado à checagem de campo, obteve-se o mapa dos grupamentos de solos, levando-se em conta o modelo de distribuição de solos na paisagem para a região. As relações entre os solos e a declividade foram expressas em forma de área, em que os solos Glei Pouco Húmico e os Aluviais foram relacionados a declives de 0 - 3 % e a relevos planos, ocupando 7,1% da área total estudada; os Latossolos aparecem em declives de 3 - 12% e em relevos suave-ondulados, ocupando esta classe 31,04% da área total; já os Podzólicos aparecem em declives de 12 - 20 % em relevos ondulados a forte-ondulados, ocupando 22,37% e também em declives de 20 - 45%, em relevos forte-ondulados a montanhosos, representando 22,28 %; e os Litólicos foram observados em declives superiores a 45 % em relevo montanhoso, ocupando 4,41 % da área total.

---

Comitê Orientador: Hécio Andrade - UFLA (Orientador), Alcione de Pliveira - UFLA e Maria Inês N. Alvarenga - EPAMIG.

## ABSTRACT

**CONHALATO ROSTAGNO, Luciane da Silva. Characterization of a landscape within the influence area of the hydro-electric dam at Ijací, Minas Gerais. Lavras: UFLA, 66p. (Dissertation - Master Program in Soil Science).**

The physical environment of a selected area between the counties of Ribeirão Vermelho, Lavras and Ijací was characterized and related to the surrounding region. The relationship between soils and geomorphology of part of this area, located at the left margin of the Rio Grande river in Ijací, was studied. The drainage network was obtained from aerial photographs of 1972 and 1979, at the approximated scale of 1:25,000 and used to locate a toposequence for soil profile descriptions and soil sampling.

The toposequence was analysed from top, at an altitude of 1,008 m, downhill until the left margin of the river, at an altitude of 806 m, in order to verify the soil variations that occur as a result of its position in the landscape. A slope class map was elaborated using the contours of a printed topographical map from IBGE, scale 1:50,000. Soils were mapped using this slope classification and a model of the distribution of soils over the landscape adopted for the region, which relates landform to soil class. According to this model, Gley and Alluvial soils were related to the lowlands with slopes varying between 0 - 3%, and corresponded to 7.1% of the studied area. Latosols were related to slopes of 0 to 3% on the flat hill tops and to slopes between 3 to 12% of declivity on gently sloping to moderately sloping landscapes. They occupy 31,04% of the studied area. Podzolic soils occur on slopes between 12 - 20% on strongly sloping relief that correspond to an area of 22,37% and on slopes between 20 - 45%, on moderately steeply sloping relief, occupying 22,28% of the studied area. Lithosols were observed on slopes over 45% on steeply and very steeply sloping relief, occupying 4,41% of the studied area.

---

Guidance Committee: Hécio Andrade - UFLA (Major Professor), Alcione de Oliveira - UFLA, Maria Inês Nogueira Alvarenga - EPAMIG, Helena Maria Ramos Alves - EPAMIG and Marilusa Pinto Coelho Lacerda - EPAMIG.

## 1- INTRODUÇÃO

O solo é um dos principais recursos naturais para aproveitamento agrícola, podendo ser considerado renovável, desde que utilizado de acordo com sua aptidão agrícola. O uso impróprio, entretanto, resulta normalmente em erosão, que é uma das mais graves formas de degradação deste recurso natural, uma vez que pode reduzir de maneira acelerada a sua capacidade produtiva.

Segundo Guerra e Cunha (1995), o meio ambiente é hoje, sem dúvida, uma das grandes preocupações da humanidade, ao buscar melhorias na qualidade de vida e na tentativa de preservar o patrimônio que a natureza produziu. Os estudos de caracterização do meio físico e os levantamentos de solos são indispensáveis para um manejo sustentado dos recursos naturais e para o planejamento, ordenação e/ou reordenação da ocupação de áreas.

Com o crescimento acelerado da população mundial, nas últimas décadas, faz-se necessário uma maior conscientização da vital importância dos recursos naturais, dentre eles: solo, água, flora e fauna. A utilização consciente desses recursos permite que eles não se tornem um obstáculo ao desenvolvimento da humanidade, mas possibilita uma harmonia entre eles e os homens, uma vez que estes são parte integrante e dependente do meio ambiente.

Para a coleta e análise das inúmeras informações temáticas e para elaboração de documentos cartográficos, que envolvem o planejamento agrícola e ambiental, utilizam-se atualmente, como ferramentas indispensáveis, técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas (SIG).

Ao selecionar a área de estudo, preocupou-se com a diversidade de solos, com a região a ser diretamente inundada com a construção do reservatório da

Usina Hidrelétrica do Funil (UHF) e com as evidências da evolução geomorfológica, uma vez que a área em estudo é pouco pesquisada, principalmente no que diz respeito às suas feições geomorfológicas e sua relação com a pedologia, sendo esta relação de grande importância, tanto para realizar sua adequada utilização como para sua preservação.

O trabalho teve como objetivo estudar o modelo de distribuição dos solos da região, levando em consideração sua posição na paisagem. Os demais objetivos foram:

- Estudar a relação entre a distribuição dos solos e as formas de relevo, em uma topossequência, na vertente do Morro Samambaia, no município de Ijaci-MG, para identificar as modificações entre os perfis analisados;

- Realizar a caracterização da paisagem da área de influência do futuro reservatório da UHF, elaborando mapas de classes de declive, classes de solos e da rede de drenagem, com o auxílio de técnicas de geoprocessamento;

- Elaborar o mapa da Paleogeografia, como forma de esboçar a evolução geomorfológica de todo o município de Lavras-MG e parte do município de Ijaci-MG.

## 2- REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Representações Cartográficas

A representação cartográfica tem utilidade para profissionais de diversos campos científicos, a partir do momento em que esses necessitam representar seus dados de pesquisa. Os mapas surgiram para armazenar e transmitir, de uma forma organizada e eficiente, as informações sobre as relações espaciais, de um dado ambiente. O que se conhece atualmente como mapa é, seguramente, uma das mais antigas formas de comunicação visual de toda a humanidade. É importante ressaltar que os mapas não são apenas ilustrações, mas são documentos repletos de informações, passíveis de serem lidas. Sabe-se que a cartografia é a expressão gráfica da descrição e interpretação do conhecimento humano da superfície terrestre. Essa forma de representação tem superioridade sobre outras formas de comunicação, pois demanda apenas um instante de percepção e facilita a apreensão das informações. Mas nem sempre quem elabora um mapa tem noção das várias etapas envolvidas. Segundo Le Sann (1983), as etapas de construção de um documento cartográfico são: escolha do tema, definição do contexto, tratamento das informações, escolha do fundo de mapa, elaboração da legenda e definição do formato de apresentação definitiva. O formato definitivo deverá incluir a identificação completa do documento, a saber: o título (e subtítulo, se necessário), a legenda, a escala, a orientação, a data dos dados, a fonte, o autor, o órgão divulgador e a data de publicação. Estando atento a todo esse processo, o resultado final será uma representação cartográfica rica e de fácil leitura.

## 2.2 Sistemas de Informações Geográficas

Para Valério Filho (1984), a ocupação agrícola das terras tem sido, em parte, objeto de interesse das instituições governamentais voltadas ao planejamento e à adoção de políticas agrícolas. Nesse contexto, as técnicas de geoprocessamento, incluindo sensoriamento remoto, integração de dados em ambientes computacionais e sistemas de informações geográficas (SIG), são ferramentas que possibilitam a coleta e análise das informações temáticas e oferecem subsídios ao planejamento agrícola e ambiental. É indiscutível que o conhecimento básico da localização, quantidade e disponibilidade dos recursos naturais são essenciais a um planejamento mais racional.

A necessidade de armazenamento, análise e apresentação de um volume cada vez maior e mais complexo de observações sobre o meio ambiente, levou à utilização de computadores para a manipulação desses dados e à criação de sofisticados sistemas de informação. A utilização de técnicas modernas de tratamento e armazenamento de dados, que permitem a centralização e integração de informações, é uma poderosa ferramenta que não pode mais ser desprezada por aqueles profissionais que usam as informações geográficas (Medeiros e Tomas, 1994). Através do uso dessa nova tecnologia, dados espaciais podem agora ser transformados, combinados e apresentados no formato requerido pelo usuário, de acordo com as suas necessidades. Nesses sistemas, conjuntos de dados extremamente complexos e volumosos podem ser armazenados de modo compacto e acessados rapidamente com grande precisão.

O geoprocessamento é o ramo da ciência que estuda e lida, cientificamente, com o tratamento de informações georreferenciadas, ou seja, as que estão relacionadas a posições na superfície terrestre e cujas coordenadas são conhecidas ou podem ser determinadas. Esses sistemas manipulam dados de diversas fontes como mapas, fotografias aéreas, imagens de satélites, cadastros e

outros, permitindo recuperar e combinar informações e efetuar os mais diversos tipos de análises sobre os dados.

Para Calijuri (1995), os SIGs têm orientação espacial na sua capacidade de busca e análise, podendo posicionar geograficamente características de feições nas suas posições relativas. Conceitualmente, um Sistema de Informações Geográficas é um mapeador automatizado ou um sistema de mapeamento temático, acoplado a um sistema de gerenciamento de banco de dados. O cerne do sistema é o banco de dados que, em síntese, é uma coleção de mapas e informações associadas na forma digital, que representam as características da superfície do terreno. Ainda segundo a mesma autora, os SIGs não são, simplesmente, ferramentas para inventários de informações, mas para modelagem, podendo ser utilizados para simular e testar modelos e/ou estimar situações ou acontecimentos. Os SIGs combinam os avanços da cartografia automatizada, dos sistemas de manipulação de banco de dados e do sensoriamento remoto com o desenvolvimento metodológico da análise geográfica, para produzir um conjunto distinto de procedimentos analíticos que auxiliam no gerenciamento e na atualização constante das informações disponíveis.

### **2.3 Fotointerpretação e Análise do Ambiente**

As fotografias aéreas verticais também constituem ferramentas indispensáveis quando se está trabalhando com a caracterização do meio físico. Segundo Caver (1945), a extração de dados sobre o meio físico, a partir de material fotográfico, constitui a base de qualquer tipo de planejamento, independente do seu propósito, devendo-se incluir no estudo o padrão de drenagem. A interpretação de fotografias possibilita ganho de tempo; visão global da paisagem; traçar diferentes ambientes, sem limitação de acesso; traçar o



roteiro ideal para auxiliar o trabalho de campo; abranger grandes áreas; marcar pontos de amostragem mais representativos e construir a base cartográfica preliminar.

Ao trabalhar com fotografias aéreas, é necessário fazer um trabalho conjunto com o campo, apesar delas mostrarem padrões bem distintos de relevo, drenagem, erosão e vegetação, e assim permitir inferências sobre a distribuição dos solos e do material de origem (Vieira, 1991). Para Oliveira (1991), é indiscutível a importância do uso da fotografia aérea nos levantamentos de solos, sendo sua utilidade atribuída a três fatores: área expressiva abrangida por uma fotografia, visão tridimensional da superfície, e as imagens dos objetos registradas nas fotos são permanentes e não tendenciosas.

Para Ab'Sáber (1969), basta analisar uma boa carta ou um grupo de fotografias aéreas de escala apropriada para se obter uma idéia da compartimentação territorial, em um nível de visualização muito superior àquele obtido pelo trânsito na área. Desta forma, o descuido em relação ao entendimento da compartimentação e das formas representa mais um desprezo por um nível de pesquisa, considerado elementar. Ab'Sáber (1960) salienta que a sensibilidade fotográfica, para o registro dos detalhes do terreno, está em conformidade com as condições climáticas da região onde é feita a cobertura aerofotográfica. Nas regiões de clima seco, o número de informações é maior que as conseguidas em clima úmido.

Anderson (1982) preconiza que mesmo as imagens orbitais obtidas através de satélites não superam a fotografia convencional, quanto ao grau de resolução e escala permissível para fins de planejamento regional.

O arranjo dos cursos de água, tanto dos cursos permanentes quanto dos temporários, constitui o padrão de drenagem, e com o auxílio das fotografias aéreas ele é facilmente traçado, o que contribui muito para a identificação dos

solos e do substrato rochoso. A rede de drenagem está diretamente relacionada ao tipo de relevo e ao controle estrutural (geologia), ou seja, reflete suas características e, por isso, pode ser considerada como um bom indicativo das condições reais do terreno (Lueder, 1959).

O termo *anomalia*, que foi preconizado por Ricci e Petri (1965), evidencia as características de um ou mais rios que não se adaptam aos aspectos dominantes apresentados pelos demais rios da área. Ela permite que se obtenha informações sobre as variações de textura superficial, permeabilidade dos materiais expostos, condições estruturais e grau de erodibilidade presente num sistema de drenagem, bem como a ocorrência de eventos tectônicos.

Para Magalhães Júnior, Magni e Marques (1990), a densidade de drenagem é mais um importante fator para a diferenciação dos compartimentos morfoestruturais, já que em diferentes litologias e ambientes morfodinâmicos, o comportamento hidrodinâmico se altera. A densidade de drenagem reflete condições de permeabilidade do solo, densidade da vegetação, resistência da rocha e uniformidade do relevo.

A fotografia aérea não mostra o perfil, mas simplesmente sua superfície. Contudo, ela pode oferecer informações sobre as características da paisagem, como: relevo, drenagem, aspectos erosivos, vegetação e outros, todos de grande importância para a fotopedologia. Logo, a utilização da fotografia aérea aplicada a solos é um meio para se trabalhar a pedologia.

## 2.4 Geomorfologia

A geomorfologia é a ciência que estuda a forma, gênese e evolução do modelado dos relevos de uma paisagem. Representa a expressão espacial de uma superfície, compondo as diferentes configurações da paisagem morfológica. É o seu aspecto visível, a sua configuração, que caracteriza o modelado topográfico

de uma área. É importante ressaltar que a geomorfologia não se detém, apenas, em estudar a topografia, pois envolve os processos responsáveis pela configuração de um relevo, que podem ser endógenos ou exógenos. Os primeiros referem-se às mudanças ocorridas na litosfera (tectônica de placas, vulcanismo, entre outros). Já os processos exógenos traduzem as mudanças ocorridas na atmosfera, hidrosfera e biosfera. Na verdade, não existe um relevo cuja gênese tenha sido elaborada apenas por um dos processos. Estes interagem no espaço e no tempo.

Para Ab'Sáber (1969), a geomorfologia é o campo científico que cuida do entendimento da compartimentação da topografia regional, assim como da caracterização e descrição, tão exatas quanto possíveis, das formas de relevo de cada um dos compartimentos. Além dessas preocupações topográficas e morfológicas básicas, a geomorfologia procura obter informações sistemáticas sobre a estrutura superficial das paisagens, referentes a todos os compartimentos e formas de relevo. Desta forma, observações geológicas dos depósitos superficiais e observações geomorfológicas das feições antigas (superfícies aplainadas, relevos residuais, entre outros) e recentes do relevo (formas de vertentes, pedimentos, terraços, entre outros) conduzem à visualização da paisagem atual. A geomorfologia moderna procura, ainda, entender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais, em sua plena atuação, ou seja, procura compreender globalmente a fisiologia da paisagem, através da dinâmica climática e de observações mais detalhadas.

É evidente que o relevo atual, cuja diversidade superficial é produto do intemperismo da rocha e da cobertura vegetal, comporta um saldo de interferências que somente pode ser compreendido à custa de uma investigação minuciosa das coberturas superficiais, sem esquecer que a base litológica da paisagem é muito influenciada pelos diferentes domínios climáticos. É dessa

forma complexa que os estudos geomorfológicos podem servir às disciplinas vizinhas e atingir alguma coisa de mais objetivo para a restauração dos eventos que responderam pela evolução do relevo e pelas transformações globais e locais da própria paisagem.

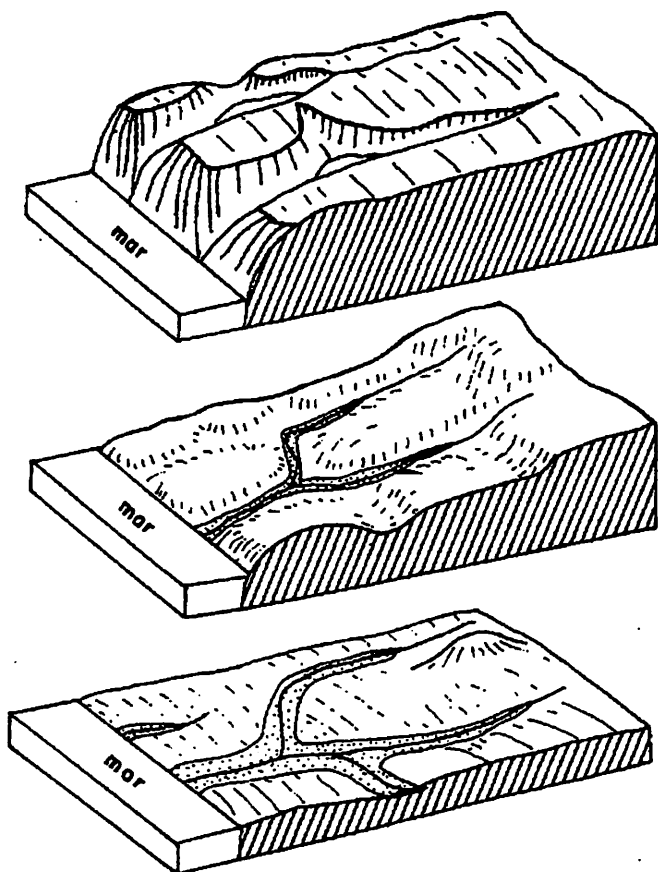
Segundo Melo (1991), William Morris Davis, em 1889, criou um modelo de descrição da evolução da paisagem denominado *Ciclo Normal de Erosão* ou *Ciclo Geográfico*. Proposto inicialmente como um modelo explicativo de evolução do relevo para todas as partes do Globo, essa teoria sofreu algumas alterações no início do século XX. Contudo, seu esquema fundamental, que é a seqüência de fases evolutivas cíclicas até o aplainamento final, não foi mudado. A Teoria do *Ciclo Geográfico* pode ser resumida como: uma parte da crosta terrestre, soerguida por movimento tectônico rápido, permanece estruturalmente estável, enquanto passa por uma série de estágios evolutivos de erosão, que finalmente a rebaixa e nivela em um relevo quase plano, suavemente ondulado. O suposto final da seqüência desse relevo seria a superfície de erosão, de baixa elevação, que Davis chamou de peneplano. Os estágios de erosão mostram uma seqüência completa de diferentes formas de relevo. A superfície soerguida por outro movimento tectônico tem uma posição elevada em relação ao nível de base. É a superfície inicial previamente aplainada, que no decorrer dos estágios de erosão, será dissecada, formando cristas e vales rebaixados e aplainados. O peneplano sofrerá um rejuvenescimento quando, após um novo soerguimento tectônico, terá início um outro ciclo de erosão.

Com o passar do tempo, o conhecimento sobre os princípios geomorfológicos foi-se aperfeiçoando. Assim, surgiram outros modelos, como o de Penck. Este modelo possui um resultado semelhante ao de Davis, mas são distintos na sua essência, pois para Penck, o soerguimento é constante, não havendo ciclos, e a erosão está sempre atuando.

O esquema fundamental de Davis é a seqüência de fases evolutivas até o aplainamento generalizado. Para ele, as formas de relevo, como os seres vivos, deveriam ser estudadas em função de sua evolução. A construção davisiana é apoiada no princípio de que todas as formas de relevo são dependentes de três variáveis: estrutura, processos e tempo. O conceito de ciclo geomórfico pode ser definido como as várias mudanças a que é submetida uma porção da superfície terrestre na sua configuração, à medida que atuam sobre ela os estágios de elaboração do relevo terrestre. Assim, até aproximadamente a metade do século XX, as superfícies de erosão eram interpretadas pelos seguidores de Davis, como resultantes de processos de peneplanização. O caráter policíclico do modelado era explicado através de sucessivos períodos de instabilidade crustal, provocando o soerguimento, seguido por épocas de estabilidade endógena e desnudação (figura 1). No território brasileiro, com os estudos efetuados por De Martonne em 1944, as superfícies aplainadas eram, genericamente, interpretadas como resultantes de processos de peneplanização. King (1956) voltou a explicar as superfícies de erosão encontradas a várias altitudes no leste brasileiro, substituindo os processos de peneplanização, até então aceitos, pelos de pedimentação e pediplanização, de acordo com a sua teoria de evolução das encostas.

A partir de 1960, uma vez provada a importância fundamental das mudanças climáticas cíclicas como um fator importante na evolução da paisagem, as superfícies de aplainamento foram definidas como pediplanos, adaptando-se à teoria de King.

Bigarella e Ab'Sáber foram os primeiros a generalizar as influências das mudanças climáticas Cenozóicas na explicação de toda a paisagem oriental do país. Para eles, condições de climas secos teriam gerado as grandes superfícies aplainadas (pediplanos) e níveis embutidos nos vales (pedimentos). Deve-se ressaltar que tal interpretação concorda com o pensamento de uma corrente



a. região soerguida por movimento tectônico; os rios encaixam-se por erosão remontante

b. os rios principais estão em equilíbrio; nesse estágio tem-se o máximo de relevo e o maior número de canais fluviais

c. nesse estágio os rios tributários são menos numerosos e todos os rios atingiram o equilíbrio; os relevos residuais podem estar presentes

**FIGURA 1: Ciclo Normal de Erosão**

Fonte: Melo, 22p. 1991.

existente dentro da geomorfologia atual, que afirma ser os processos de pedimentação e pediplanização, no lugar de peneplanação, os responsáveis pela gênese da maior parte das superfícies aplainadas existentes no modelado da paisagem. Portanto, a ciclicidade dos episódios observados na paisagem ligar-se-ia, principalmente, às alternâncias climáticas entre o semi-árido e o úmido.

## 2.5 Geomorfologia Regional

Segundo Ab'Sáber (1977), por ocasião do início das variações climáticas Quaternárias típicas, ocorreram mudanças agressivas de processos morfológicos, suficientemente amplos e radicais. Esses processos arruinaram as paisagens estabelecidas no Terciário Superior e favoreceram a expansão das novas coberturas vegetais e da nova fisiografia. Muito pouco se sabe sobre essas mudanças de marcha dos processos erosivos de modelagem da paisagem, a não ser que elas efetivamente prepararam as condições para mudanças ecológicas regionais mais amplas.

Os limites dos principais domínios de relevo são essencialmente erosivos, salvo nos casos em que existem evidências da influência de tectônica Pós-Cretácea na evolução geomorfológica, como é o caso de toda a região Oeste de São João del Rei, como afirma Magalhães Júnior et al. (1990) e Saadi e Torquato (1992).

A neotectônica no Brasil começou a ser reconhecida na década de 70, a partir de dados sismológicos e de considerações tectônicas, e seu conhecimento vem sendo ampliado gradativamente. Ela é relacionada a manifestações de tensões intraplacas ligadas à deriva do continente sul-americano para oeste, que favoreceu descontinuidades crustais antigas e reativação de faixas de tempos Pré-Cambrianos e Fanerozóicos (Hasui, 1990).

A tectônica Cenozóica foi bem marcante na evolução morfodinâmica de toda área a Oeste de São João del Rei. É consensual que as causas da tectônica Cenozóica estão ligadas à abertura do Atlântico Sul, quando houve a separação do Brasil do continente de Gondwana (King, 1956). As teorias sobre o assunto mostram que a partir desta fase, conhecida como reativação Wealdeniana, teria se originado um sistema de *rifts* na costa brasileira, denominado *Sistema de Rifts Continentais da Serra do Mar* (Almeida, 1977).

Um grande compartimento morfotectônico de Minas Gerais é o da região Sul e Sudeste, que se estende ao Sul do *rift* de São João del Rei e alcança o sistema de *rifts* da Serra do Mar em São Paulo e Rio de Janeiro. Sua morfologia foi controlada por movimentos de falhas transcorrentes de direção NE-SW a ENE-WSW e basculamentos de blocos de SE para NW e conseqüentes escalonamentos entre os topos da Mantiqueira e a calha do Rio Grande.

Para Saadi (1991), duas expressivas faixas que adentram os Estados vizinhos tiveram grande importância no desenvolvimento deste compartimento. Ao longo dessas faixas, que foram qualificadas como descontinuidades crustais, incidiram as maiores movimentações. As descontinuidades crustais são a do Alto São Francisco e a do Alto Rio Grande. Esta última exerceu influência no modelado da área de estudo. A descontinuidade do Alto Rio Grande foi resultante de reativação de grandes zonas de cisalhamento transcorrente, de direção ENE-WSW e de idade Pré-Cambriana, com movimentação transcorrente dextral. A essa reativação relaciona-se a origem do *rift* de São João del Rei, onde se reconhecem zonas transtensivas com bacias sedimentares associadas e uma zona transpressiva com inversão de bacia. Os depósitos sedimentares correlativos à evolução do quadro morfotectônico regional e o embasamento adjacente mostram-se afetados por falhas de tipos diversos.



Os trabalhos geomorfológicos sobre o Cenozóico não devem resumir-se em uma simples seqüência de descrições sobre as formas de relevo e formações superficiais e nem mesmo desprezar o passado tectônico recente, pois caso isso ocorra, pode-se incorrer em explicações errôneas ou incompletas sobre os ambientes geomorfológicos.

Segundo King (1956) e Magalhães Júnior, Magni e Marques (1990), o período Terciário é conhecido, por grande parte dos geomorfólogos, pela elaboração de duas superfícies de aplainamento regionais (Sul-americana e Velhas) e pela reativação de movimentos tectônicos (ainda pouco conhecida). Já o período Quaternário é conhecido por uma aparente quiescência tectônica e por sucessivas oscilações climáticas contemporâneas a eras glaciais e interglaciais no hemisfério norte, refletindo-se na alternância de ciclos de erosão e sedimentação. A maior parte dos vestígios geomorfológicos Terciários foram apagados pelas fases de dissecação posteriores. As impressões estruturais, por sua vez, não partilham do mesmo problema, mas logicamente a abundância de lineamentos Terciários não resulta do maior grau de preservação e sim da atuação da neotectônica naquele período.

O período Terciário pode ser considerado o período em que a geomorfologia do Brasil Oriental começou a esboçar sua conformação atual. A partir de então, os ciclos anteriores de sedimentação generalizada foram substituídos por ciclos de erosão (King, 1956). Os ciclos erosivos originaram pediplanos, cujos remanescentes encontram-se, na maioria das vezes, bem preservados na região em estudo, já tendo sido analisados por vários autores, inclusive como objetos para análise de neotectônica.

Um dos principais estudos da geomorfologia do Brasil Oriental foi realizado por King (1956), que deu ênfase aos remanescentes de paleo-superfícies aplainadas. O autor identificou dois ciclos de denudação na região: Ciclo da

Superfície Sul-americana (Terciário antigo) e Ciclo da Superfície Velhas (Terciário inferior). Concordando com o estudo de Martonne, quando ele relaciona os topos situados a 1.000-1.100 metros, com a superfície Sul-americana, verificou-se grande número de amplos vales do Ciclo Velhas nas cabeceiras do Rio Grande, a altitudes abaixo de 1.000 metros. Saadi (1989) supõe ter sido o Domínio dos Planaltos Intermediários da bacia do Alto Rio Grande, área deprimida da Superfície Sul-americana (área de trânsito dos sedimentos).

O Quaternário pode ser caracterizado como um período marcado por uma quiescência tectônica (lentos movimentos epirogenéticos) e pela ocorrência de sucessivas mudanças climáticas (oscilações paleo-climáticas), registrando-se uma marcante umidificação no Holoceno. Porém, a idéia inicial de caracterização do Quaternário, como um período marcado por uma quietação tectônica, tem-se modificado a partir de estudos recentes, apesar de bases antigas já lançarem controvérsias a respeito do assunto.

As mudanças climáticas resultaram em alterações nos processos morfogenéticos e pedológicos, estabelecendo novas paisagens. Nos ambientes subtropicais e intertropicais, formaram-se os pediplanos (superfícies de aplainamento) nos períodos glaciais, resultados da morfogênese mecânica intensa associada a intemperismo químico pouco expressivo. Nos períodos interglaciais, ocorre a mamelonização do relevo, devido às condições climáticas propícias ao intemperismo químico e à pedogênese, quando elaboram-se espessos mantos de regolito. Bigarella (1964) considera as influências climáticas na explicação da paisagem oriental do Brasil, onde os climas secos teriam gerado pediplanos e pedimentos, e os climas úmidos seriam os responsáveis pelo entalhe das paleo-superfícies.

As áreas elevadas correspondentes a atual Serra da Mantiqueira constituiriam o flanco NW ou reverso geral da ampla zona de arqueamentos e grandes *horsts* rebaixados por erosão Terciária-Quaternária, que teria terminação sul-oriental no *graben* do Paranaíba (CETEC, 1989). A Serra da Mantiqueira representaria o local de maior expressão dos eventos neotectônicos, cujos reflexos teriam atingido a bacia do Alto Rio das Mortes, afluente do Rio Grande, prolongando-se inclusive durante o Quaternário.

A região de estudo situa-se na unidade morfoestrutural Planalto do Sul de Minas Gerais, segundo IBGE (1977), ou Planalto do Rio Grande (unidade Planalto de Andrelândia), segundo RADAMBRASIL (1983) e CETEC (1989). A morfologia acha-se dissecada em diferentes níveis topográficos (compartimentos interplanálticos) conectados por *degraus* e cortados por vales em aprofundamento, estando condicionada por fatores lito-estruturais. Em certas áreas, o relevo apresenta-se sob forma de colinas suaves de topos convexos ou tabulares e vertentes convexo-côncavas, mas a paisagem é marcada principalmente por interflúvios alongados, por vezes com topos aplainados, podendo os dois grupos morfológicos ocorrerem concomitantemente. Nas áreas de litologias mais resistentes, dominam as cristas vivas ou de topos arredondados. Encontram-se, ainda, na área, serra de quartzito com altitude acima de 1.000 metros (como a Serra de Ijaci), amplas planícies fluviais (como a do Rio Capivari) e formas de aplainamento residuais (formas de topos aplainados), que atestam a alternância de ciclos de agradação e degradação na região.

## \* 2.6 Relações entre Pedologia, Geomorfologia e Meio Ambiente

Gerrard (1981) afirma que Penck relacionou a progressão da formação dos solos com a maturidade dos processos de vertente, quando ficou reconhecido que, no esquema de evolução do relevo, muitos processos de solo também eram

processos geomorfológicos e que a diferenciação entre a geomorfologia e a pedologia estava sendo obscurecida nos limites das duas disciplinas. A pesquisa moderna demonstra a estreita dependência dos solos e formas de relevo, e uma nova disciplina, a *Geomorfologia do Solo* ou *Pedogeomorfologia*, conforme proposta por Conacher e Dalrymple (1977), parece estar surgindo, incorporando as abordagens tradicionais aos solos, bem como a moderna engenharia de solo. Existem muitas maneiras pelas quais se expressa a integração entre a geomorfologia e a pedologia. Uma delas é o transporte de matéria de um local para outro; outra é a transformação das propriedades físicas por reações químicas. Isso porque a forma do relevo pode acelerar ou retardar o transporte e também as transformações físico-químicas.

Um conceito importante é que sistemas abertos tendem a estar em equilíbrio dinâmico ou *Steady state*, ou seja, a taxa de matéria e energia que entra é igual a que sai, enquanto que a energia e matéria armazenada no sistema permanece constante. Quando a taxa de entrada ou saída é modificada, o sistema tende a achar um novo equilíbrio (Jenny, 1941; Buol et al., 1980; Gerrard, 1981, citados por Teramoto 1995). Para Christofolletti (1980), este estado é atingido quando a importação e a exportação de matéria e energia forem equacionadas por meio do ajustamento das formas do próprio sistema, permanecendo constantes, enquanto não se alterarem as condições externas. As paisagens e os perfis do solo tornam-se um registro de como os fluxos internos e externos de energia tem-se dissipado com o decorrer do tempo. A espessura do solo e do regolito em qualquer ponto dependerá das taxas relativas de remoção e de formação do solo.

As vertentes limitadas pelo intemperismo possuem solos delgados, têm seções retas proeminentes, com importantes ângulos de limite (*threshold*) e desenvolvem-se por recuo paralelo. As vertentes limitadas pelo transporte possuem solos espessos, são essencialmente convexo-côncavas e tornam-se

progressivamente menos íngremes com o tempo. Este é um exemplo muito específico da interação entre os solos e o desenvolvimento, a longo prazo, da paisagem.

O modelo das nove unidades de superfície do terreno argumenta que linhas definíveis de fluxo de material podem ser organizadas em unidades do sistema solo-paisagem. Em um sistema de vales, as linhas de fluxo divergem e convergem; os padrões convexos das curvas de nível conduzem ao fluxo divergente e os padrões côncavos ao fluxo convergente. Para Marques Júnior (1995), o modelo aperfeiçoado por Conacher e Dalrymple (1977) identificou e definiu nove unidades fundamentais, conforme características físicas e morfológicas, registradas como respostas a processos pedogeomórficos recentes (figura 2). Neste modelo registrou-se com grande ênfase as interações entre materiais do solo e a sua movimentação, translocação e redeposição pela água e gravidade, ocorrendo na superfície e subsuperfície do terreno. Considerado pedogeomórfico por associar processos geomórficos superficiais aos processos pedológicos de subsuperfície atuais, suas unidades podem mudar através de progressão ou regressão lateral, podendo estar parcialmente ausentes, ou repetidas na catena, constituindo, assim, um modelo de grande potencial para os estudos em ambientes tropicais (tabela 1).

A compreensão de que determinadas formas de vertentes estavam associadas a determinadas seqüências de solo, conduziu à formulação do conceito de catena, que é a interação dos solos e formas de relevo e, portanto, dos processos pedológicos e dos processos geomorfológicos. Esses processos são a chave para as catenas e o motivo pelo qual o conceito tem sido tão importante nos estudos de solo e de formas de relevo. A ampla aplicabilidade do conceito, contudo, é complicada por considerações de variações do material de origem e das diferenças climáticas. Segundo Marques Júnior (1995), a limitação do modelo

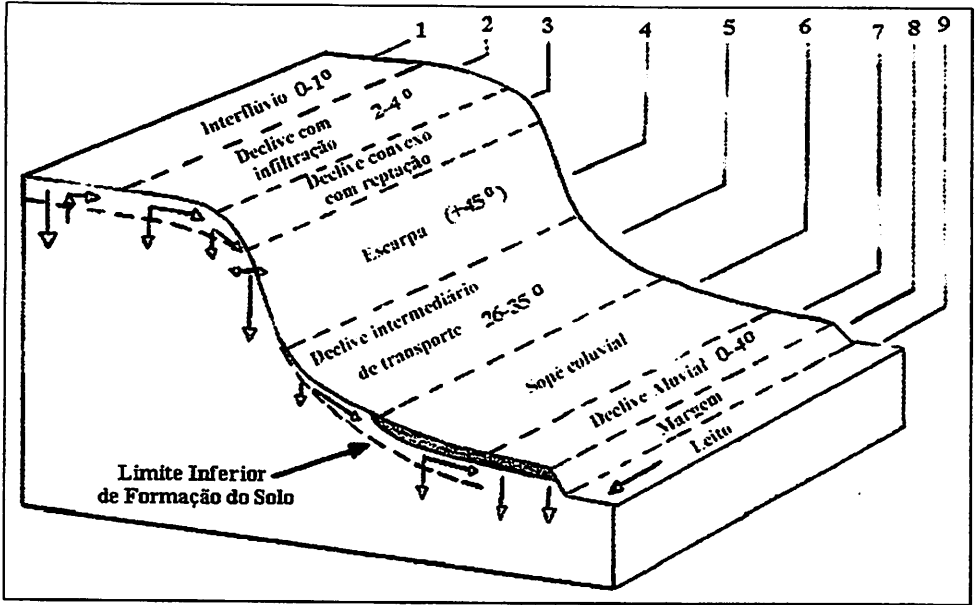


FIGURA 2: Modelo das Nove Unidades Hipotéticas da Vertente de Dalrymple et al. (1968).

Fonte: Modificado de Christofolletti, 1980.

- ↓ → As setas indicam a direção e intensidade relativa do movimento da rocha intemperizada e dos materiais do solo pelos processos geomórficos dominantes.

**TABELA 1 - Características de cada uma das nove unidades de vertente.**

UNIDADE DA VERTENTE	PROCESSO GEOMÓRFICO DOMINANTE
1 Interflúvio (0°-1°)	Processos pedogenéticos associados com movimento vertical da água superficial.
2 Declive com infiltração (2°-4°)	Eluviação mecânica e química pelo movimento lateral da água subsuperficial.
3 Declive convexo com reptação	Reptação <sup>*</sup> e formação de terracetes.
4 Escarpa (ângulo mínimo de 45°)	Desmoronamentos, deslizamentos, intemperismo químico e mecânico.
5 Declive intermediário de transporte	Transporte de material pelos movimentos coletivos do solo; formação de terracetes; ação da água superficial e subsuperficial.
6 Sopé coluvial (ângulo entre 26° e 35°)	Reposição de material pelos movimentos coletivos e escoamento superficial; formação de cones de dejeção; transporte de material; reptação; ação subsuperficial da água.
7 Declive aluvial (0°-4°)	Deposição aluvial; processos oriundos do movimento subsuperficial da água.
8 Margem de curso de água	Corrasão <sup>**</sup> , deslizamento, desmoronamento.
9 Leito do curso de água	Transporte de material para jusante pela ação da água superficial; agradação periódica e corrasão.

Fonte: Christofolletti - p. 41, 1980.

<sup>\*</sup> Reptação = Deslizamento. <sup>\*\*</sup> Corrasão = deflação, ou seja, termo usado para indicar o trabalho feito pelo vento destruindo as partes mais salientes, e acumulando nas áreas relativamente mais baixas (Guerra, 1993).

**[REDACTED]**


de catena está no fato de não se considerar os processos erosionais e sedimentológicos que, via de regra, ocorrem na maioria das paisagens. A morfologia e os processos dos membros da catena são integrados entre si e por sua vez estão se ajustando continuamente às mudanças ambientais da paisagem, caracterizando processos contemporâneos (Conacher e Dalrymple, 1977).

A caracterização dos diferentes compartimentos da paisagem, onde ocorrem processos superficiais e subsuperficiais distintos, é de grande importância para os estudos de relações solo-geomorfologia. O deslocamento vertente abaixo do material em solução é de grande significado nos estudos catenários. Dessa forma, os solos são afetados pelo influxo de materiais solúveis, especialmente bases, provenientes das partes mais elevadas da vertente e pela lixiviação e redeposição de material, que constitui um forte elo físico entre os membros de uma catena, que é estreitamente análoga ao elo entre os horizontes A e B de um perfil de solo. Uma melhor compreensão do solo deve ser buscada em uma avaliação geomorfológica da paisagem e do solo. Da mesma forma, uma melhor compreensão da geomorfologia de uma região deve ser buscada em um estudo de solo.

Para Gerrard (1981), a relativa importância da lixiviação da solução, do rastejamento e dos deslocamentos rápidos de massa, dependem não somente do clima, mas também do ângulo da vertente e da distância a partir da crista da vertente. Sendo assim, cada catena é o resultado dos interrelacionamentos complexos entre os processos de solo e de vertente, e será governada pela diferente proporção de erosão para a deposição que ocorre sobre diferentes partes da vertente.

Young (1972) fez a distinção entre causas estáticas e dinâmicas que conduzem à diferenciação catenária. As causas estáticas são governadas apenas pelas diferenças de sítios e de sua posição e incluem efeitos de ângulo de vertente





e de profundidade do lençol freático. As causas dinâmicas são ocasionadas pela posição do sítio no que diz respeito à vertente, que é, principalmente, o processo de transporte vertente abaixo.

Três fatores diferentes são claramente importantes na determinação da seqüência catenária. A forma da superfície da vertente é obviamente importante, como também a forma da base da rocha intemperizada ou regolito. A forma dessa frente de intemperismo é amplamente controlada pelo tipo e pela orientação estrutural da rocha fresca. Essa frente de intemperismo pode ser extremamente variável e o relacionamento entre ela e a superfície da vertente tem significado básico. A esses dois fatores deve ser acrescentado, a forma do lençol freático. Esses três fatores estão ligados de uma maneira altamente complexa, porém, todos são de elevado significado pedogenético e geomorfológico.

A essência das catenas é o relacionamento entre o solo e a topografia, que se expressa em termos de ângulo da vertente. Uma certa quantidade de tempo é exigida antes que os solos tornem-se suficientemente diferenciados, para que surja uma seqüência catenária. Portanto, qualquer análise de catena deve levar em conta a história fisiográfica passada da área. Da mesma forma que os solos mudam com o tempo, assim tem acontecido com as formas de relevo. Para que seqüências catenárias existam, os relacionamentos precisam permanecer razoavelmente estáveis. Assim, a catena em qualquer localidade é uma interação complexa de forma de relevo, solo e tempo. Logo, ela tem que ser considerada como um fenômeno dinâmico, com uma dimensão no tempo e vista como uma parte essencial dos processos de erosão e de deposição.

Para Wilding e Drees (1983), citado por Marques Júnior (1995), o número de transeções, bem como o intervalo entre os pontos de amostragem, depende inicialmente da complexidade da área, como por exemplo, do conhecimento prévio sobre o relevo, a vegetação e as finalidades do estudo.

## 2.7 Caracterização do Meio Físico da Área Estudada

### 2.7.1 Geologia

Segundo CETEC (1983), a área de estudo está inserida na unidade de mapeamento P<sub>egn</sub>, ou seja, associação de gnaisses e granitos diversos. O complexo gnáissico-migmatítico é um conjunto litológico constituído de gnaisses e migmatitos leucocráticos, bandados, de composição granítica, granodiorítica ou tonalítica. Apresenta rochas que sofreram deformações internas, como milonitos, ultra-milonitos e filonitos. As rochas que compõem esta unidade estão generalizadamente distribuídas no Estado, sendo contínuas no Centro-Sul e Nordeste. Na área estudada, os tipos litossomáticos que compõem essa unidade, são: gnaisses charnockíticos, pegmatitos, gnaisses bandados, gnaisses de composição granodiorítica, gnaisses miloníticos e ortognaisses. Os minerais que compõem esses tipos petrográficos são: quartzo, feldspato, moscovita, biotita, anfibólios, granadas, zircão e apatita. Normalmente, todo o conjunto encontra-se perturbado, podendo, localmente, apresentar até cinco fases de dobramentos, com pelo menos três sistemas de falhas de direções distintas. No manto de rocha decomposta, os minerais instáveis são lixiviados, concentrando normalmente o óxido de ferro e o quartzo, com a formação de caulinita. Na superfície, desenvolve-se um manto regolítico, no qual coexiste material orgânico. São raros os locais onde a rocha gnáissica não decomposta é aflorante, a não ser localmente, ao longo dos drenos e nas cachoeiras.

A área situa-se entre a sede dos Municípios de Ijaci, Lavras e Ribeirão Vermelho, mais especificamente, à margem esquerda do Rio Grande; tem em sua constituição geológica: faixas de anfibolitos e metabasaltos; granitos tipo Bom Sucesso; gnaisses tonalítico-trondhjeníticos (gnaisse Pau-da-Bandeira); ortognaisses; granulitos; supracrustais, provavelmente do supergrupo São João del Rei e coberturas Terciário-Quaternário (Quéméneur, 1995). A topossequência

estudada encontra-se sobre os granulitos, e as coberturas Terciário-Quaternário e a sede do município de Ijaci sobre a unidade supracrustais e coberturas Terciário-Quaternário.

Os anfibólitos e metabasaltos são pertencentes ao “Greenstone Belt” Lavras (Quéméneur e Garcia, 1993). Em geral, os anfibólitos intercalam-se com rochas ultramáficas. A composição do *Greenstone* apresenta intercalações sedimentares inter-derrame no empacotamento basáltico. Trata-se de formações ferríferas bandadas e gonditos.

Os granitos tipo Bom Sucesso apresentam coloração cinza-escura, às vezes, azulada, granulação média a grossa e mineralogia fundamental, dada por quartzo, biotita e feldspatos. Em alguns locais, o bandamento é incipiente, mas em outros, o corpo mostra-se orientado predominantemente E-W, tectônica esta possivelmente representativa da Faixa Alto Rio Grande, marginal ao Cráton do São Francisco. Concentrações anômalas de titanita apresentam-se de forma pontual neste corpo.

Os gnaisses tonalíticos-trondhjeníticos (gnaisse Pau da Bandeira) localizam-se a Leste e Sudeste da cidade de Lavras e são constituídos essencialmente por gnaisses monzoníticos porfiroblásticos de coloração cinza-clara e granulação média a grossa. A mineralogia principal é fornecida por plagioclásios, quartzo, feldspato potássico, biotitas e opacos.

Os ortognaisses, gnaisse granodioríticos (gnaisse de Lavras) estão situados a Sudoeste dessa cidade. Essa unidade é constituída exclusivamente por ortognaisses de composição granodiorítica, levemente superimpostos por uma deformação tectônica cisalhante, possivelmente ligada à Faixa Alto Rio Grande. A foliação nesta unidade situa-se entre N 70 W a E-W. Em geral, as rochas apresentam cor cinza-clara, às vezes esverdeadas, com granulação variando de

média a grossa. A mineralogia fundamental é dada por biotita, quartzo e porfiroblastos milimétricos de feldspatos, geralmente na forma sigmoidal.

A unidade dos granulitos é constituída predominantemente por granulitos de filiação ácida, intercalados com enderbitos e gnaisses bandados, apresentando, via de regra, foliação com direção preferencial N 60 W e E-W, muito semelhante a unidade dos ortognaisses. As descrições desses granulitos são escassas, mas sabe-se da ocorrência de rochas máficas e ultramáficas granulitizadas. Unidades bandadas são de ocorrência abundante na Ponte do Funil.

As unidades supracrustais distribuem-se a Nordeste da cidade de Lavras, sendo constituída por metacalcários e xistos quartzosos. Os metacalcários pertencem à Formação Barroso e mantêm os estratos remanescentes da fase sedimentar que se orientam sub a horizontalmente. O pacote superior, ou seja, xistos quartzosos, acompanha a estratificação do metacalcário, que juntos repousam em discordância angular sobre as rochas do embasamento, propiciando a feição geomorfológica conhecida como Serra de Ijaci. Alguns autores relacionam o pacote às supracrustais do Supergrupo São João del Rei.

### 2.7.2 Geomorfologia

O relevo constitui um elemento fundamental para a compreensão das inter-relações entre as estruturas rochosas, o clima, a topografia, a vegetação, a hidrografia e o solo, e da forma como esses fatores condicionam ou influenciam as atividades humanas. Do ponto de vista geomorfológico, a caracterização das formas de relevo é essencial para a identificação de áreas de desequilíbrio ambiental ou de equilíbrio precário.

Em linhas bastantes genéricas, pode-se dizer que o relevo de Minas Gerais, caracterizado por planaltos, depressões e áreas dissecadas, resultou de uma alternância de atuação de processos morfoclimáticos, favoráveis ora à elaboração de extensas superfícies de aplainamento, ora ao aprofundamento dos

cursos d'água. Logo, a evolução geomorfológica foi marcada predominantemente por processos de aplainamento e de dissecação fluvial.

Pode-se mesmo afirmar que, se algumas unidades geomorfológicas têm origem morfoclimática, outras, na verdade, são essencialmente morfoestruturais. Constata-se, em síntese, que as cotas altimétricas mais elevadas, os grandes escarpamentos, as cristas mais extensas e, enfim, a orientação e disposição geral do relevo, relacionam-se com as macroestruturas geológicas, enquanto a tipologia geral das formas foi e continua sendo determinada por processos erosivos de origem climática e ou pelas diferentes litologias.

A área de influência do reservatório está inserida na unidade geomorfológica *Superfície Cristalina do Alto Rio Grande* ou *Planalto Sul de Minas*, como é comumente chamado. Trata-se de uma ampla superfície de relevo ondulado, onde predominam rochas do complexo gnaíssico-migmatítico, com altitudes mais variando em torno dos 900 metros, na qual salientam-se espigões de altitude um pouco superior a 1.000 metros.

A região de estudo localiza-se no domínio geomorfológico do Planalto Dissecado do Sul de Minas, como visto anteriormente, e na Depressão do Rio Grande, segundo mapa geomorfológico CETEC (1983). O Planalto Dissecado do Sul de Minas localiza-se no extremo Sul do Estado, estende-se para Norte em direção à Serra da Canastra, e tem como limites na parte ocidental o prolongamento da Depressão Periférica Paulista e o Planalto da Bacia Sedimentar do Paraná. Seus limites a Leste são descontínuos, estando o planalto fragmentado em blocos, devido à abertura da Depressão do Rio Grande e ao trabalho erosivo de seus principais afluentes da margem esquerda, os rios Sapucaí e Verde. Nas proximidades do Rio Grande, são identificadas cristas, em sua maioria quartzíticas, seguindo um alinhamento de direção SW-NE. As formas de relevo apresentam-se como colinas de topo arredondado, vertentes côncavo-convexas e

algumas planícies aluvionares abertas, que constituem uma superfície com altitudes predominantes entre 1.000 e 1.100 metros. A Depressão do Rio Grande é um amplo compartimento rebaixado de relevo, desenvolvido ao longo da drenagem do Rio Grande, que ocupa grandes extensões no Sul de Minas e pequena parte no Triângulo Mineiro. Com o desenvolvimento dessa unidade, o processo erosivo isolou trechos do Planalto Dissecado do Sul de Minas e promoveu o recuo das camadas areníticas e basálticas da Bacia Sedimentar do Paraná.

### 2.7.3 Clima

Para Vilela e Ramalho (1979), Lima (1987) e Bueno (1988), o clima da região de Lavras é caracterizado, segundo o Sistema Climático de Köppen, por Cwb, ou seja, temperado úmido. O regime pluviométrico dessa região é tipicamente tropical e as estações secas e chuvosas são bem definidas: o inverno corresponde ao período seco e o verão ao período chuvoso, com excesso de água entre os meses de novembro a março e deficiência entre os meses de abril a agosto. Apresenta uma precipitação total anual de 1.411mm e menos de 17mm de chuva no mês mais seco. O mês mais quente apresenta temperatura média de 21,9°C, que ocorre entre outubro e março, e o mês mais frio com temperatura média de 15,4°C, ocorre entre abril e setembro. A temperatura média anual é de 19,5°C.

Pela sua posição geográfica, a região onde se instalará a UHE Funil está sob o domínio de circulação do anticiclone subtropical sobre o Atlântico (verão) ou sobre o continente (inverno), o que resulta em estações bem marcadas.

### 2.7.4 Vegetação

A região de estudo apresenta o campo, o cerrado e a floresta tropical como formações vegetais que dominaram todo o ambiente.

A formação vegetal campestre, constituída pelos cerrados em suas diversas gradações e pelos campos rupestres, tem sido bastante cerceada em seus limites naturais. Ela tem desaparecido paulatinamente das áreas planas, passíveis de serem mecanizadas, limitando-se atualmente a áreas de relevo mais acidentado. Segundo CETEC (1983), no que se refere à vegetação nativa, a área de estudo fica restrita à formação vegetal classificada como An, atuação antrópica.

Os campos ocupam grande extensão, sendo sua presença condicionada a altitudes acima de 900 metros, topografia suave, clima ameno e solos pouco espessos. É uma formação vegetal predominantemente constituída por revestimento herbáceo, às vezes interrompida por espécies arbustivas. Essa formação vegetal associa-se, geralmente, às áreas serranas e solos litólicos álicos. Em Minas Gerais, os campos naturais ou os originados de intervenções antrópicas, como por exemplo a degradação pelo uso secular do fogo, são utilizados como pastagens em pecuária de regime extensivo.

É importante ressaltar a presença da capoeira, na região, que é uma formação secundária em fase de desenvolvimento originárias da floresta cortada ou queimada.

O cerrado foi identificado em quase toda a calha do Rio Grande. Sua ocorrência está relacionada a ambientes de clima semi-úmidos, com estações bem definidas e solos pouco férteis. Já o CETEC (1989) identificou a presença de cerrado, campo-cerrado e cerradão em todo o planalto da Bacia do Rio Grande, estando o último associado a relevos suaves com declividade entre 3 e 8%.

Encontra-se também na região, segundo CETEC (1989), a floresta subtropical perenifólia. A região enquadra-se no domínio da Floresta Atlântica, na divisão das zonas fitogeográficas de Rizzine. Devido ao desmatamento vigente desde as etapas iniciais de ocupação da região, essa mata acha-se reduzida a

poucas áreas isoladas. Matas-galerias estendem-se ao longo dos principais cursos d'água.

### **2.7.5 Solos**

Os principais solos da área de estudo são os podzólicos, os latossolos, os aluviais, os hidromórficos e os litólicos.

Os Podzólicos compreendem solos minerais não hidromórficos. Sua característica determinante é a presença de um horizonte B textural, com cor vinculada ao teor e à natureza dos óxidos de ferro. O teor de  $Fe_2O_3$  inferior a 11% caracteriza-se como vermelho-amarelo, e entre 11% e 15%, como vermelho-escuro. A presença do horizonte E é pouco freqüente, sendo rara a condição de E alábico. Comumente apresentam mudança textural abrupta. Usualmente, o aumento de argila translocada para o horizonte B é acentuado, podendo ser pouco expressivo no caso de alguns desses solos originados de calcários ou mármores. O horizonte B textural apresenta textura e estrutura variadas, porém, os argilosos e bem estruturados são os mais comuns e geralmente associados a bom desenvolvimento de cerosidade. Ocorrência de variações cascalhentas ou concrecionárias são ocasionais. Apresentam um gradiente textural acentuado, porém, quando pouco espesso, o horizonte B deve apresentar estrutura em blocos ou prismática e cerosidade suficientemente desenvolvidas para qualificá-lo como B textural. O desenvolvimento da estrutura está estreitamente relacionado à textura: a estrutura forte do tipo prismática ou em blocos é comum nos de textura argilosa ou muito argilosa. Apresentam ampla variabilidade de classes texturais, quer de um solo para outro, quer na seqüência de horizontes de um mesmo perfil.

Os Latossolos compreendem solos minerais não hidromórficos. São solos profundos, formados de material de origem variado. Isso lhes confere certa variabilidade nas características morfológicas, especialmente textura e consistência, além de influir nas propriedades químicas. A textura varia desde



média até muito argilosa. Os menos providos de argila, quando molhados, apresentam consistência não plástica e não pegajosa; os muito argilosos podem chegar a muito plástica e muito pegajosa. Estando esses solos úmidos, a consistência mais usual é a friável; nos mais arenosos, pode aproximar-se da solta. A estrutura do horizonte B é, em geral, muito pequena, granular, com aspecto de maciça porosa ou, no máximo, em blocos subangulares moderadamente desenvolvida; esta, porém, não é comum e apenas encontrada em solos de textura argilosa ou muito argilosa. O teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , na TFSA, proveniente do ataque sulfúrico é muito variado, ficando normalmente entre 7 a 18%, com exceção dos latossolos roxos e ferríferos, que é superior a 18% e dos latossolos amarelos, que é inferior a 7%. É importante ressaltar que os teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  estão intimamente ligados à textura do solo, ou seja, quanto mais argiloso é o solo maior será o teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e também ao material de origem. São normalmente porosos, mesmo aqueles com teores elevados de argila. A textura é muito variada, havendo registro de teores de argila desde 15% até mais de 80%. No perfil, as diferenças texturais do A para o B são pequenas, com a relação textural raramente ultrapassando o índice 1,3. Há ocorrência de latossolos portadores de teores apreciáveis de frações grosseiras (0,2cm - 2cm).

Os Aluviais compreendem solos minerais rudimentares, pouco evoluídos, não hidromórficos, formados nas planícies aluvionais, em depósitos recentes de origem fluvial, marinha ou lacustre, apresentando como horizonte diagnóstico apenas o A, seguido de uma sucessão de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si. Esses solos apresentam propriedades que podem variar consideravelmente a curta distância vertical e/ou horizontal. A feição mais importante a considerar na identificação desses solos é a ausência do horizonte diagnóstico de subsuperfície. Os solos aluviais apresentam estratificação,

comumente acompanhada por uma distribuição irregular de carbono em profundidade (conteúdo de matéria orgânica variando de estrato para estrato).

Os Hidromórficos são solos minerais hidromórficos ou com restrição importante à percolação de água, com horizonte B textural gleizado (Btg) abaixo de um horizonte E álbico ou não. Apresenta horizonte A e o incremento de argila no B é insuficiente para caracterizar uma mudança textural abrupta, sem a manifestação da superfície de fraturamento entre o Ctg e o E suprajacente, quando secos e carência de estrutura em blocos angulares grandes no topo do horizonte B textural. Apresentam cores acinzentadas devido às condições de hidromorfismo.

Os Solos Litólicos são solos minerais não hidromórficos, rudimentares, pouco evoluídos, rasos, com horizonte A assentado diretamente sobre a rocha coerente e dura, ou cascalheira espessa, ou sobre horizonte C pouco espesso, ou mesmo exíguo Bi (Oliveira et al., 1992). Usualmente contêm elevados teores de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo e variavelmente blocos de rochas semi-intemperizadas de diversos tamanhos. Esses solos apresentam grande diversidade morfológica, sendo também bastante heterogêneos no que concerne aos atributos químicos, físicos e mineralógicos. Sua característica comum é a profundidade, arbitrada por muitos pedólogos em menos de 50cm. Alguns têm apenas um horizonte A seguido de rocha (camada R), outros, um horizonte C ou Cr pouco espesso acima da rocha, admitindo-se também um Bi muito delgado. A textura está intimamente relacionada com o material de origem desses solos. Eles geralmente contêm apreciável proporção de fragmentos de rocha, parcialmente intemperizados e/ou ainda pedras ou cascalhos no interior ou mesmo na superfície do solo.

### 3- MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização da Área Estudada

A região em estudo localiza-se no Estado de Minas Gerais, abrangendo parte dos municípios de Lavras, Ijaci e Ribeirão Vermelho. Mais especificamente a área de estudo é delimitada pelas coordenadas 21°04' a 21°14' de latitude Sul e 45°02' a 45°12' de longitude Oeste de Greenwich (figura 3).

Sob o contexto hidrográfico, a região está inserida na Bacia do Rio Grande e faz limite com a Bacia do Rio São Francisco a N, Bacia do Rio Doce a NE e Bacia do Rio Paraíba do Sul a E (figura 4). Em relação às Bacias locais, a área de estudo se situa a E pela Bacia do Rio das Mortes, ao S pela Bacia do Rio Capivari e a SW pela Bacia do Ribeirão Vermelho.

Com o objetivo de estudar os solos e suas relações com a geomorfologia, foram selecionados sete perfis ao longo de uma topossequência de aproximadamente 4.675m de extensão (calculado pelas fotografias aéreas). A área selecionada para a realização deste trabalho compreende parte da área de influência da Usina Hidrelétrica Funil (UHF), à margem esquerda do Rio Grande, e cujas bacias de drenagem contribuirão para o futuro reservatório.

O acesso a essa região é facilitado pela densidade da rede viária, intercomunicando-se, através de rodovias asfaltadas, com importantes cidades, tais como: Belo Horizonte-MG pela BR - 381; São Paulo-SP também pela BR - 381; Barbacena-MG pela BR - 265; Brasília-DF pela BR - 040; Uberlândia-MG pela BR - 262 e a área é também bem servida por ferrovias, entre elas, a Ferrovia do Aço integra municípios próximos da região, como São João Del Rei, Madre de Deus de Minas, Andrelândia e outros.



FIGURA 3: Localização da área de estudo

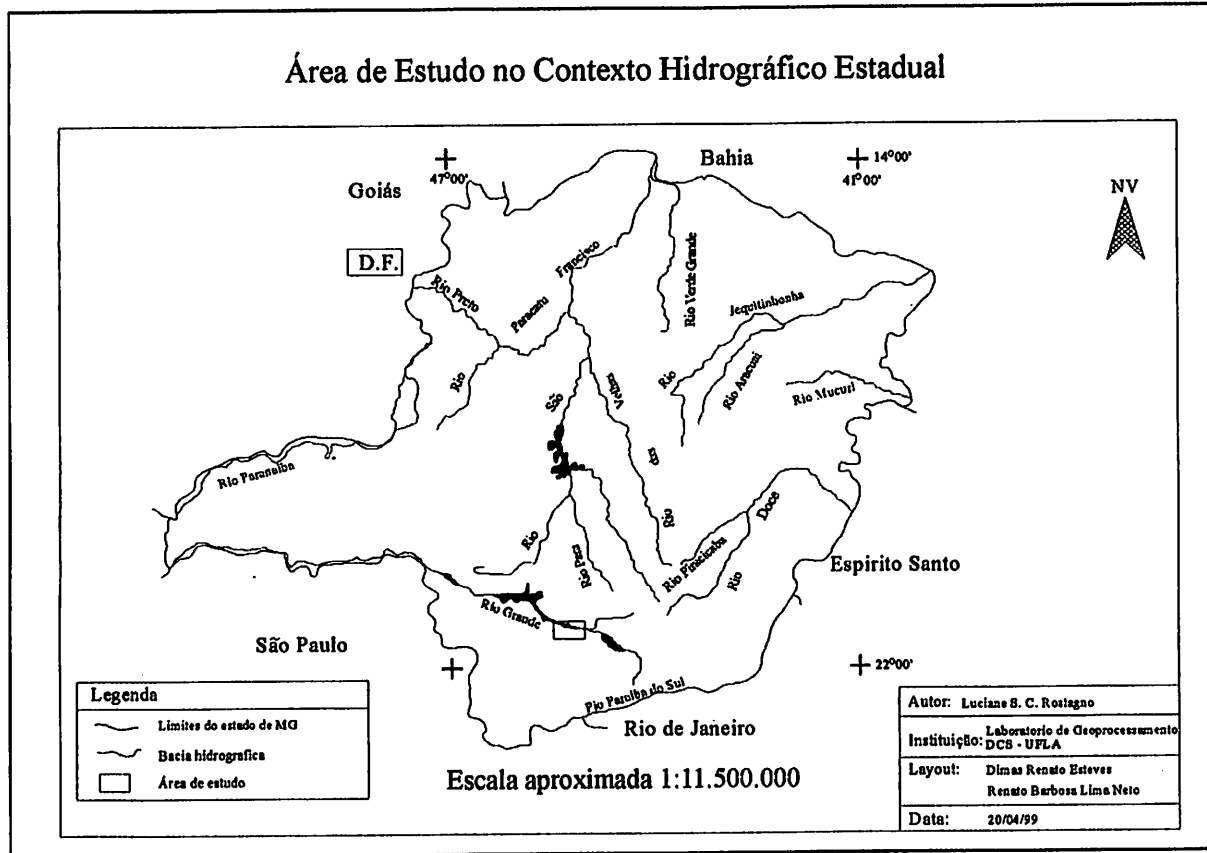


FIGURA 4: Área de estudo no contexto hidrográfico estadual.

Já a área em estudo tem como principal via de acesso a rodovia que liga as cidades de Lavras a Ijaci. A circulação em seu interior é feita por vias não pavimentadas, mas permanentemente em condição de trânsito.

### **3.2 Fotointerpretação Preliminar**

Numa primeira fase, de escritório, foi realizada a fotointerpretação preliminar, utilizando-se fotografias aéreas verticais provenientes do levantamento aerofotogramétrico executado pelos Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul S.A., em 1971/1972, para o Instituto Brasileiro do Café (IBC/GERCA), na escala aproximada 1:25.000, resultando em um mapa da rede de drenagem, como guia para o trabalho de campo e para a demarcação dos pontos de coleta das amostras. Posteriormente, realizou-se a fotointerpretação dos domínios geomorfológicos que se encontram à margem esquerda do Rio Grande, dando destaque às anomalias e/ou controles estruturais. Utilizou-se a parte mais central das fotografias aéreas, visando minimizar o erro proveniente da movimentação do terreno e da inclinação do eixo ótico. Recalculou-se a escala das aerofotos através de pares de pontos referenciados nas cartas topográficas 1:50.000, do IBGE.

### **3.3 Metodologia de Campo**

O trabalho de campo foi realizado de fevereiro a maio de 1997. A área em estudo foi percorrida com a finalidade de realizar a caracterização física do ambiente, ou seja, obter dados sobre a vegetação, o tipo de drenagem, as formas de relevo, checagem das classes de declive e de solo. Posteriormente, com o auxílio da fotointerpretação, realizou-se a escolha dos locais para descrição dos perfis e coleta das amostras, através da metodologia da topossequência, que permite fazer inferências sobre a evolução genética dos solos descritos.

Selecionou-se uma toposseqüência partindo do ponto mais elevado da região, o Morro da Samambaia - com altitude de 1.008m - passando nas proximidades da cidade de Ijaci, indo até as margens do Rio Grande - altitude de 806m. Foram abertas sete trincheiras, ao longo da vertente, de 80cm de largura e 2m de profundidade, com exceção do perfil do topo (P<sub>1</sub>) e do perfil da várzea (P<sub>7</sub>), devido à pequena profundidade efetiva (figuras 4 e 5).

Numa segunda etapa, realizou-se a descrição morfológica dos perfis, sendo as amostras coletadas segundo as especificações de Lemos e Santos (1984) e encaminhadas ao laboratório, onde foram preparadas, ou seja, foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm de malha, sendo denominada terra fina seca ao ar (T.F.S.A.).

### **3.4 Metodologia de Laboratório**

Dando seqüência ao trabalho, realizaram-se as análises físicas e químicas das amostras e a interpretação dos resultados, fundamentais para o Levantamento e a Classificação dos solos.

Tais amostras foram analisadas segundo a rotina adotada nos Laboratórios de Solos da UFLA, que segue o método de Vettori (1969) e EMBRAPA (1979).

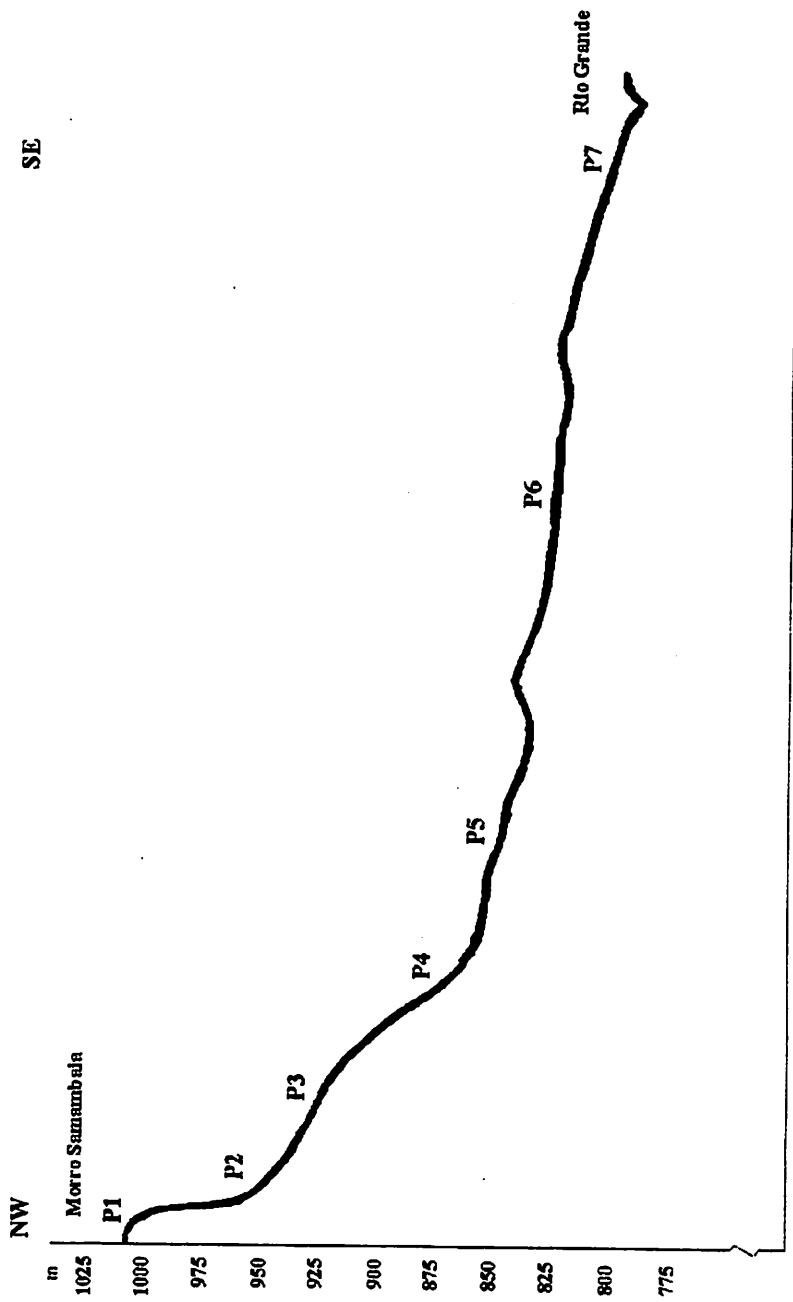
#### **3.4.1 Caracterização química**

##### **a- Ataque sulfúrico**

Foram realizadas as determinações do ataque sulfúrico segundo metodologia descrita por Vettori (1969) e EMBRAPA (1979), utilizando-se H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, d = 1,47.

##### **b- Complexo sortivo**

Os elementos constituintes do complexo sortivo dos solos foram determinados empregando-se a metodologia descrita por Vettori (1969). Cálcio,



Escala vertical - 1:2500  
 Escala horizontal - 1:25000

FIGURA 5: Perfil Topográfico da Toposequência



magnésio e o alumínio trocáveis foram extraídos com KCl 1N. A extração do potássio foi realizada com solução contendo  $H_2SO_4$  0,025N e HCl 0,05N. A extração do hidrogênio e alumínio trocáveis foi feita com acetato de cálcio 1N pH 7,0. O pH foi determinado empregando-se a relação 1: 2,5 de solo:água e solo:KCl 1N.

### **3.4.2 Caracterização Física**

#### **a- Análise textural**

O método empregado na análise granulométrica do solo foi sugerido por Bouyoucos (1927).

### **3.5 Elaboração dos documentos cartográficos**

#### **3.5.1 Mapa da rede de drenagem**

Na elaboração desse mapa, foram interpretadas vinte e cinco fotografias aéreas verticais, na escala aproximada de 1:25.000. Esse mapa compreende a margem esquerda do Rio Grande entre as sedes dos municípios de Ijaci, Lavras e Ribeirão Vermelho, com área de 93,70 Km<sup>2</sup> (calculada com o planímetro).

A fotointerpretação da rede de drenagem foi efetuada em papel poliéster, para evitar distorção, devido à umidade do ar, sendo interpretado o centro de cada fotografia, para produzir uma interpretação mais precisa. Na montagem do mosaico, utilizaram-se pontos de controle, o que proporciona maior confiabilidade. Posteriormente, o mosaico foi digitalizado e sua elaboração obtida por meio do Sistema de Informações Geográficas SGI (INPE, 1990).

#### **3.5.2 Mapa das classes de declive**

O mapa das classes de declive foi gerado através da metodologia descrita por Biasi (1977), o método do ábaco, ou seja, manualmente. Utilizou-se a mesma área trabalhada no mapa da rede de drenagem. Posteriormente, esse mapa originou uma matriz, com malha de 0,25cm x 0,25cm, que foi a base para a

entrada dos dados e confecção automatizada do mapa final. Essa área foi escolhida por ser bem representativa em termos do sistema de drenagem e da geomorfologia.

Selecionou-se o parâmetro declividade das vertentes por se tratar de um elemento que interfere de forma significativa na distribuição de classes de solos e também por exercer influência nos processos de erosão, exigindo manejos agrícolas diferenciados para uma ocupação adequada das terras. O mapa de classes de declive foi elaborado a partir das cartas topográficas do IBGE, na escala 1:50.000: folhas topográficas de Lavras e de Nepomuceno, e as classes de declive foram definidas com base no modelo de distribuição dos solos na área e em artigos já publicados, sendo as seguintes: de 0-3%; de 3-12%; de 12-20%; de 20-45% e > 45%.

### **3.5.3 Mapa da Paleogeografia**

Na elaboração do mapa da paleogeografia, utilizaram-se as cartas topográficas do IBGE, na escala de 1:50.000, de Itumirim, de Lavras, de Nepomuceno e de Carmo da Cachoeira. Procurou-se neste mapa trabalhar uma área maior, para abranger todo o município de Lavras e parte do município de Ijaci, uma vez que as áreas do mapa da rede de drenagem, do mapa das classes de declive e da topossequência foram incluídas, sendo de grande extensão para permitir o traçado das curvas de nível.

Inicialmente efetuou-se a contagem de todos os topos e suas respectivas altitudes, para realizar a construção do gráfico (histograma) de frequência de topos. No eixo y, tem-se o número de topos e no eixo x, tem-se as respectivas altitudes.

Para a elaboração do mapa da paleogeografia, utilizou-se papel vegetal, onde foram traçados os limites de todos os topos (cotados e não cotados).

Posteriormente, traçaram-se as curvas de nível, para unir os topos pertencentes a uma mesma classe de altitude.

Posteriormente, o tratamento dos dados e a elaboração dos mapas da rede de drenagem e da paleogeografia foram realizados por meio da cartografia digital, utilizando o Laboratório de Geoprocessamento do DCS-UFLA/EPAMIG, através do Sistema de Informações Geográficas SGI/INPE. Do mapa de classes de declive, originou-se uma matriz, com malha de 0,25cm x 0,25cm, que foi a base para a entrada dos dados e confecção automatizada desse mapa. A edição final dos mapas foi realizada em programas gráficos, como o CorelDRAW e o Adobe Photoshop.

## 4-RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Rede de Drenagem

Segundo Saadi (1990), a direção geral do escoamento das águas fluviais, SE para NW, é induzida por uma morfologia de escala regional caracterizada por um grande plano inclinado que, apoiado a SE sobre a escarpa de falha principal da Serra da Mantiqueira (altitude aproximada de 2.500m), declina para NW, em direção à Bacia do Paraná, onde atinge altitude média de 900m.

O padrão refere-se ao arranjo espacial das feições naturais, ou seja, dos elementos físicos, como geologia, relevo, vegetação, drenagem, etc. Para a fotointerpretação, o padrão é a visão plana bidimensional dos elementos fotográficos. Os padrões de drenagem são muito utilizados na fotointerpretação e representam os caminhos de convergência das águas de superfície e de subsuperfície, e recebem influência dos elementos físicos.

Na região de estudo, o padrão de drenagem predominante é o subdendrítico. Neste padrão, os tributários distribuem-se em todas as direções sobre a superfície, os drenos são inseqüentes e podem possuir controle, desenvolvendo-se sobre rochas graníticas, granulíticas e sobre depósitos Terciários e Quaternários. Quando analisados localmente, encontra-se o padrão subparalelo, sendo que essa variação é atribuída aos fenômenos tectônicos.

A rede de drenagem mostra-se bastante controlada pela geotectônica e pela constituição litológica. Isso porque na fotointerpretação da drenagem e da geomorfologia evidenciou-se a presença de anomalias; essas por sua vez permitiram a mudança brusca de direção de alguns drenos, através da formação de ângulos, sendo essas mudanças uma forma de refletir o substrato, como foi confirmado ao analisar o mapa geológico da área, produzido por Quémeneur

(1995), pois há drenagens controladas por falhamentos; como exemplo, tem-se o Córrego Palmital, em que isso ocorre perto de desaguar no Rio Grande (figura 6). As anomalias permitiram fazer inferências sobre material de origem, tipo de relevo, variações de textura superficial, permeabilidade dos materiais expostos, controles estruturais e grau de erodibilidade, bem como ser indicativo de eventos tectônicos, o que mostra como a fotointerpretação é um bom indicativo das condições reais do terreno.

A densidade da drenagem é mais um importante fator para o diferenciação dos compartimentos morfoestruturais, já que em diferentes litologias e ambientes morfodinâmicos o comportamento hidrológico se altera. Ela reflete a permeabilidade do solo, a densidade da vegetação, a resistência da rocha e a uniformidade do relevo.

Na fotointerpretação realizada, ficaram visíveis dois ambientes com densidade de drenagem distintos. Um ambiente é bem representado pelo Córrego do Pirapum, onde a drenagem é menos densa, pois há um menor número de drenos, e o outro ambiente abrange as demais drenagens interpretadas, onde há um número maior de drenos. O primeiro ambiente encontra-se sobre uma geologia caracterizada por granulitos, já o segundo, sobre granitos arqueanos. Em substratos mais resistentes, há uma maior percolação superficial, o que origina um maior número de drenos, e em substrato menos resistente, vai haver uma infiltração maior e conseqüentemente menor número de drenos, mas deve-se mencionar a influência da cobertura Terciário-Quaternária (presença de calcário) no primeiro ambiente.

Na área de estudo, a vegetação não é bom indicativo para refletir a densidade de drenagem, pois foi praticamente toda ela alterada pela atuação antrópica.

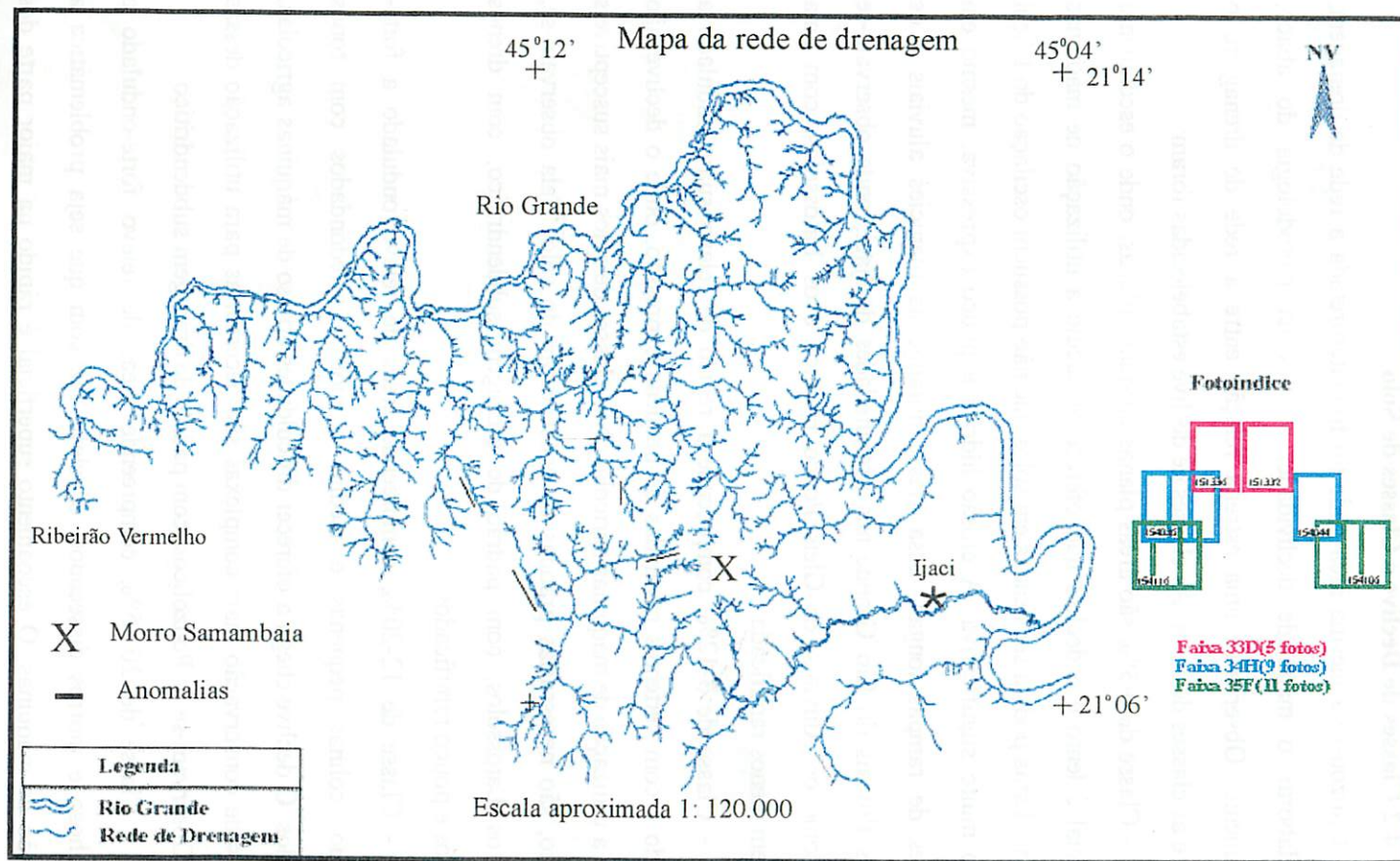
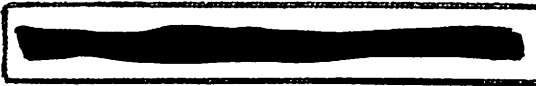


FIGURA 6: Mapa da rede de drenagem, da margem esquerda do Rio Grande.



## 4.2 Classes de Declive e Classes de Solo

Utilizou-se a mesma área onde foi fotointerpretada a rede de drenagem, para elaborar o mapa de declividade, através da metodologia do ábaco, manualmente. Observa-se uma estreita relação entre a rede de drenagem, o declive e as classes de solos. As classes de declive estabelecidas foram:

- Classe de 0-3%, são áreas planas ou quase planas, onde o escoamento superficial é lento e o declive não oferece obstáculo à utilização de máquinas agrícolas. Estas podem ser usadas em solos que não possuem oscilação do lençol freático muito significativa. A erosão hídrica é pouco expressiva, mesmo em vertentes de rampas longas. Essa classe abrange as planícies aluviais e os terraços fluviais do Rio Grande nas proximidades de Ijaci, onde observam-se solos como os Aluviais, os Gleis Pouco Húmico e os Latossolos, com uma drenagem menos ramificada.
- Classe de 3-12%, compreende a região de relevo suave-ondulado a ondulado e com vertentes ravinadas de pequena expressão, onde o declive não impede a utilização de máquinas agrícolas. Nas classes de solos mais susceptíveis à erosão, são necessárias práticas de conservação do solo. Nela observam-se, ainda, os Latossolos, com padrão de drenagem subdendrítico, com drenos pequenos e pouco ramificados.
- Classe de 12-20%, compreende áreas de relevo ondulado a forte-ondulado, colinas pequenas e médias e morros arredondados com topos achatados. O declive chega a oferecer dificuldades ao uso de máquinas agrícolas. Práticas de conservação mais complexas são necessárias para utilização dessas áreas. Observam-se os Podzólicos, com padrão de drenagem subdendrítico.
- Classe de 20-45%, compreende áreas de relevo forte-ondulado a montanhoso e morros dissecados, o relevo faz com que seja problemática a utilização de máquinas. O escoamento superficial é rápido na maior parte dos

- solos. São áreas normalmente utilizadas com culturas perenes, pastagem e reflorestamento. Nela observam-se, também, os Podzólicos, com uma drenagem um pouco mais ramificada.

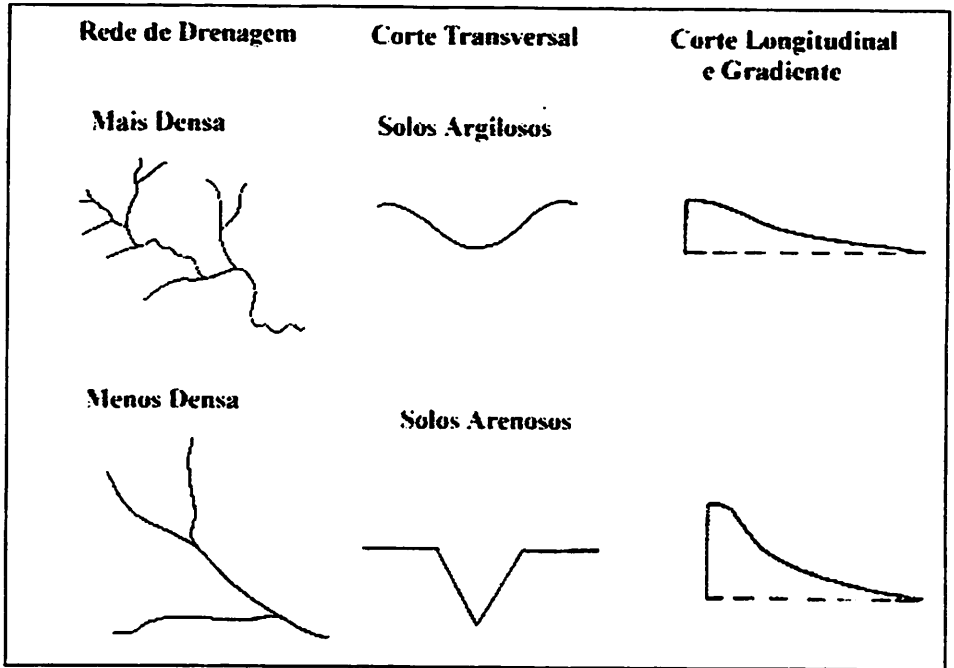
- Classe > 45%, compreende áreas de morros alongados com serras locais e relevo montanhoso. O escoamento é rápido e os solos são altamente susceptíveis à erosão. A alta declividade é limitante à utilização de máquinas. Nestas áreas, observam-se Solos Litólicos e Cambissolos, apresentando uma drenagem mais ramificada, mas com drenos pequenos (figuras 7 e 8).

Como o relevo é um dos fatores de formação do solo, deve-se esperar que, com sua variação, haja diferenciação nos solos. A recíproca não é verdadeira, pois solos em mesmo relevo podem variar em função dos seus demais fatores de formação. Valério Filho (1984), Angulo Filho (1986), Lima (1987) e Marques Júnior (1995) concluíram que na maioria dos casos estudados as quebras e mudanças do relevo coincidem com os limites de classes de solos. Quando ocorrem mudanças menores de relevo e variação do material de origem, também há coincidência com os limites de solos.

Com a variação do solo, varia a rede de drenagem e vice-versa. Isso está associado à permeabilidade do solo. Em materiais argilosos, com o empacotamento de argilas, o entalhamento em profundidade é dificultado e o lateral é facilitado. O transporte é facilitado devido à menor massa, mas em função da agregação, a erosão é mais difícil. As argilas tendem a alargar a seção transversal e dar formas suaves ao relevo. Já os materiais mais arenosos são mais pesados e de difícil transporte; porém, devido à falta de agregação, a erosão é mais fácil. A ação da água, em declive suficiente, tende a desagregar no fundo e transportar, atacando pouco lateralmente (figura 7).

Na área de estudo, o modelo de distribuição das classes de solo na paisagem mostrou boa correlação com a declividade: os Aluviões e os Gleis





**FIGURA 7: Tipos de Drenagem e Comportamento dos Solos**

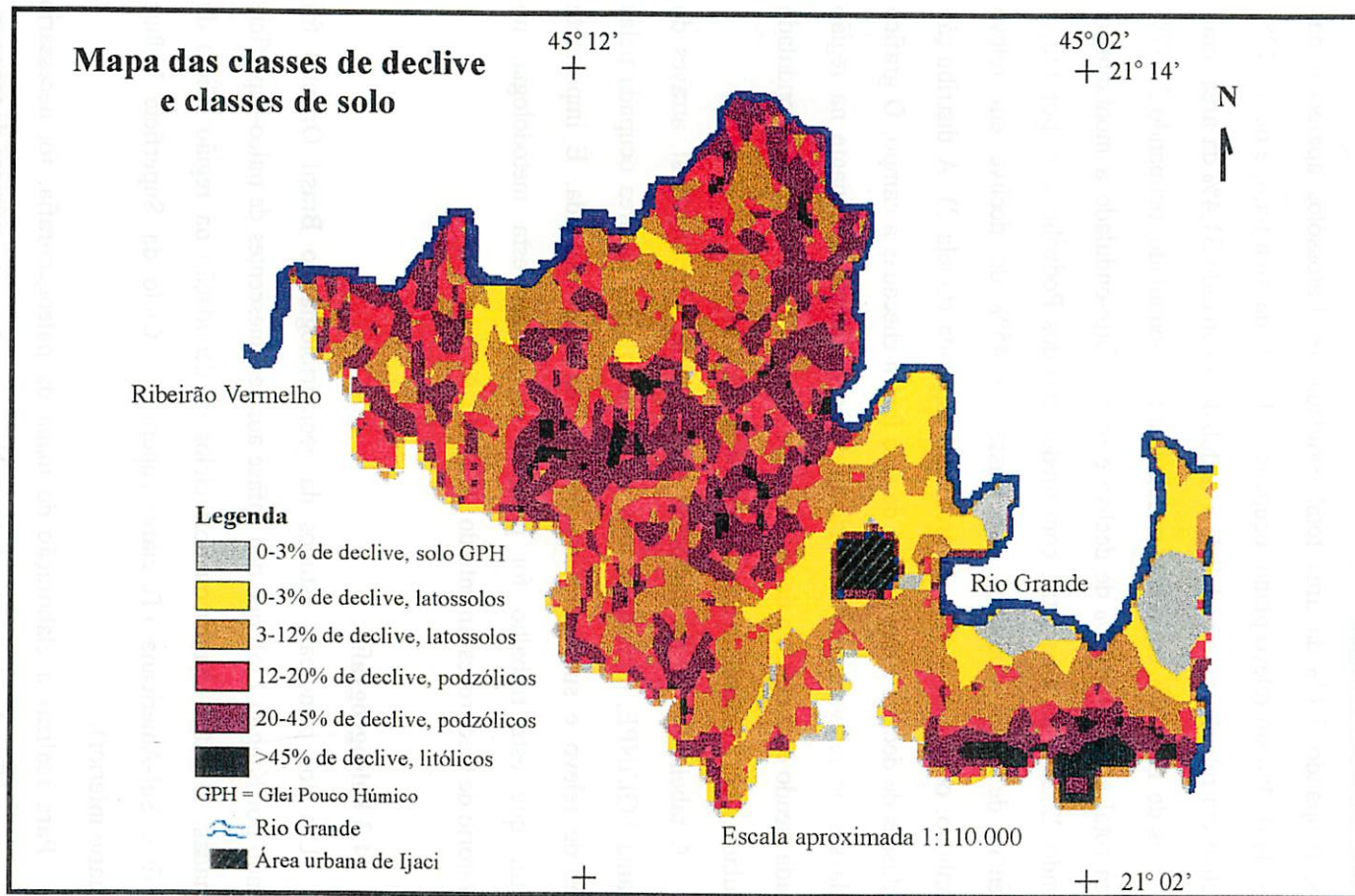


FIGURA 8: Mapa das classes de declive e classes de solo

Pouco Húmicos foram relacionados às classes de declive de 0 -3% e a relevos planos, ocupando 7,1% da área total estudada; os Latossolos aparecem nas classes de 0 -3% em relevo plano, ocupando 11,16% da área total, e de 3 - 12% de declive em relevo suave-ondulado a ondulado, ocupando 31,4% da área total; nas classes de 12 - 20% em relevo ondulado a forte-ondulado, ocupando 22,37% da área total e de 20 - 45% de declive e relevo forte-ondulado a montanhoso, ocupando 22,28% da área total, com predomínio dos Podzólicos; e, por fim, a ocorrência de Solos Litólicos nas classes > 45% de declive em relevo montanhoso, ocupando 4,41% da área total estudada (tabela 2). A distribuição das classes de declive e das classes de solo foram checadas a campo. O gráfico das classes de relevo permitiu a identificação da classe dominante na região estudada, sendo essa classe a de declive entre 3 - 12% e de relevo suave-ondulado a ondulado, com predomínio dos Latossolos (gráfico 1).

A tabela abaixo foi elaborada em ambiente computacional, através do programa SGI/INPE, permitindo uma visualização clara da área ocupada pelas classes de relevo e sua representação na área total estudada. É importante ressaltar que este trabalho foi pioneiro ao utilizar esta metodologia, no Laboratório de Geoprocessamento do DCS/UFLA.

### 4.3 Paleogeografia

Um dos principais estudos da geomorfologia do Brasil Oriental foi realizado por King (1956), que deu ênfase aos remanescentes de paleo-superfície aplainadas. O autor identificou dois ciclos de denudação na região: Ciclo da Superfície Sul-Americana (Terciário superior) e Ciclo da Superfície Velhas (Terciário inferior).

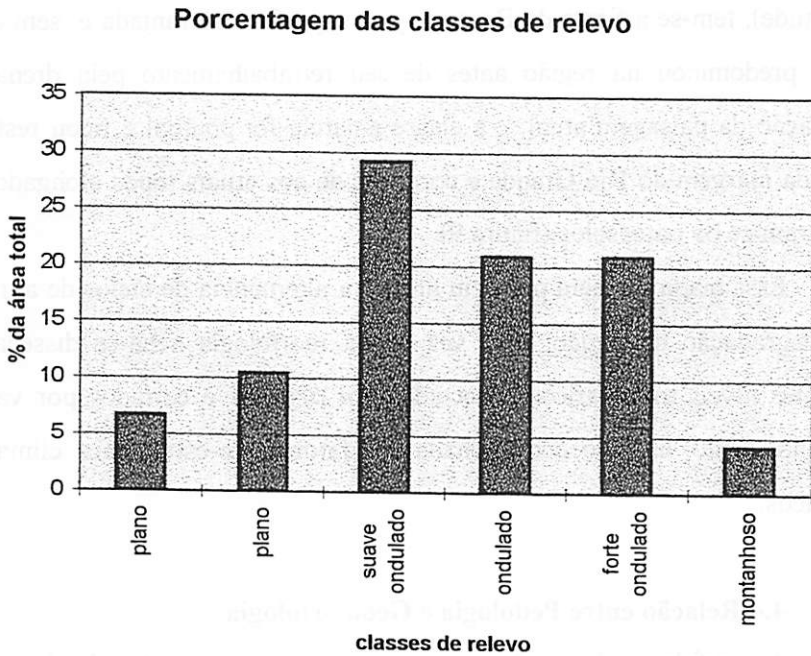
Para realizar a elaboração do mapa da paleogeografia, foi necessário construir o gráfico de frequência de topo. No eixo y, tem-se o número de topos, e

**TABELA 2 - Classes de relevo e área.**

Classe de relevo	Declividade	Área (Km <sup>2</sup> )	% da Área
plano	0-3	6.65	7.10
plano	0-3	10.45	11.16
suave-ondulado a ondulado	3-12	29.08	31.04
ondulado a forte-ondulado	12-20	20.96	22.37
forte-ondulado a montanhoso	20-45	20.88	22.28
montanhoso	>45	4.13	4.41
rio		0.78	0.84
sede do município		0.75	0.80
Total		93.70	100

Fonte: As áreas foram obtidas no SGI/INPE.

**GRÁFICO 1 - Área das classes de relevo.**



no eixo x, tem-se as respectivas altitudes. Visualizando o gráfico, determinaram-se as classes de altitude, ou seja, os ciclos da evolução da paisagem (gráfico 2).

No mapa da Paleogeografia, as altitudes são mais elevadas em pontos referentes a remanescentes de Superfícies de aplainamento isolados.

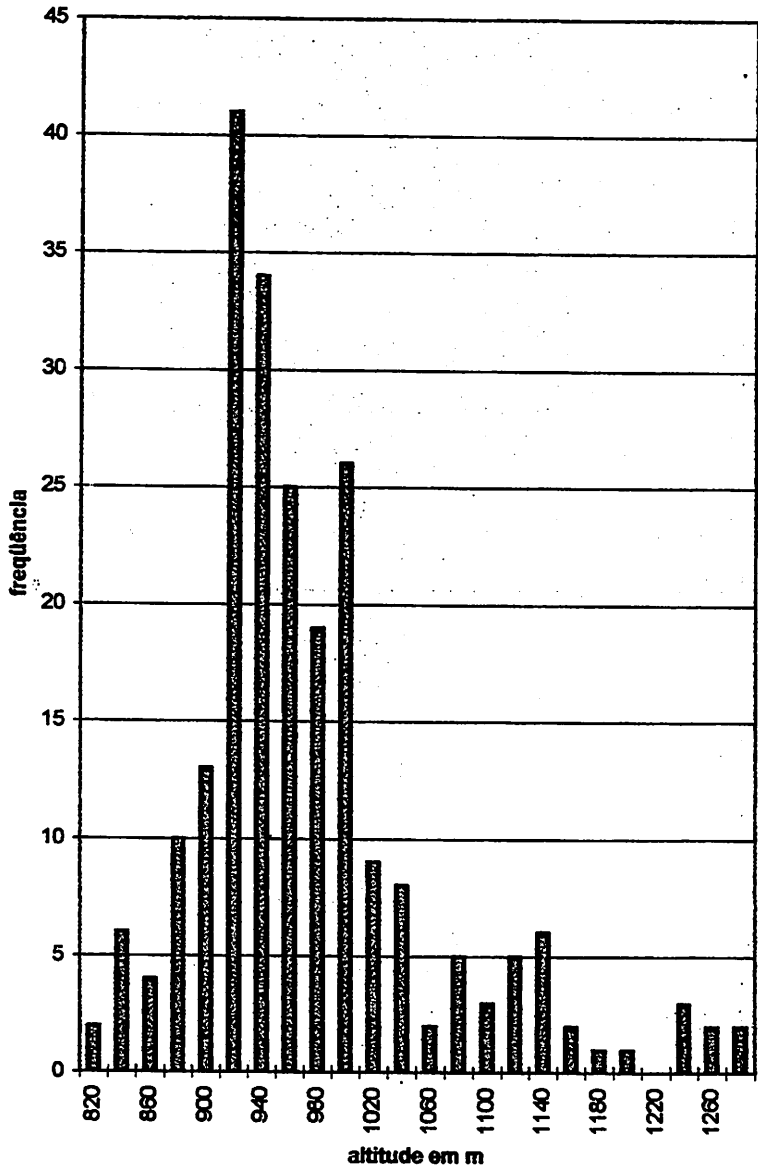
O mapa da paleogeografia permitiu a visualização de seis níveis topográficos distintos, que foram representados da seguinte forma: o mais baixo, na cor amarela, até o mais elevado, na cor preta. Algumas categorias de testemunhos das superfícies aplainadas foram identificadas na área: da classe marrom (1.120 - 1.200m de altitude), restou a Serra do Farias; da classe azul, (1.060 - 1.100m de altitude) restou o prolongamento da Serra do Farias; da classe cinza (980 - 1.040m de altitude), tem-se como remanescente na paisagem atual a Serra do Gambá e também o Morro Samambaia; da classe preta (1.220 - 1.280m de altitude), tem-se a Serra da Bocaina; já a superfície alaranjada é, sem dúvida, a que predominou na região antes de seu retrabalhamento pela drenagem e elaboração da paisagem atual; e a classe amarela foi pontual e ficou restrita ao longo da margem do Rio Grande e corresponde aos atuais topos alongados onde encontram-se os Latossolos (figura 9).

Esse mapa também permitiu atestar a alternância de ciclos de agradação e de degradação na região, uma vez que a morfologia acha-se dissecada em diferentes níveis topográficos conectados por *degraus* e cortados por vales em aprofundamento, estando condicionada por fatores lito-estruturais, climáticos e tectônicos.

#### **4.4 Relação entre Pedologia e Geomorfologia**

A morfologia da região, apresentando-se com aspectos de *degraus*, foi analisada por certos autores com base na evolução policíclica do relevo, apoiada no condicionamento dos fatores climáticos e lito-estruturais. King (1956), Tricart

**Gráfico 2: Freqüência de Topos**



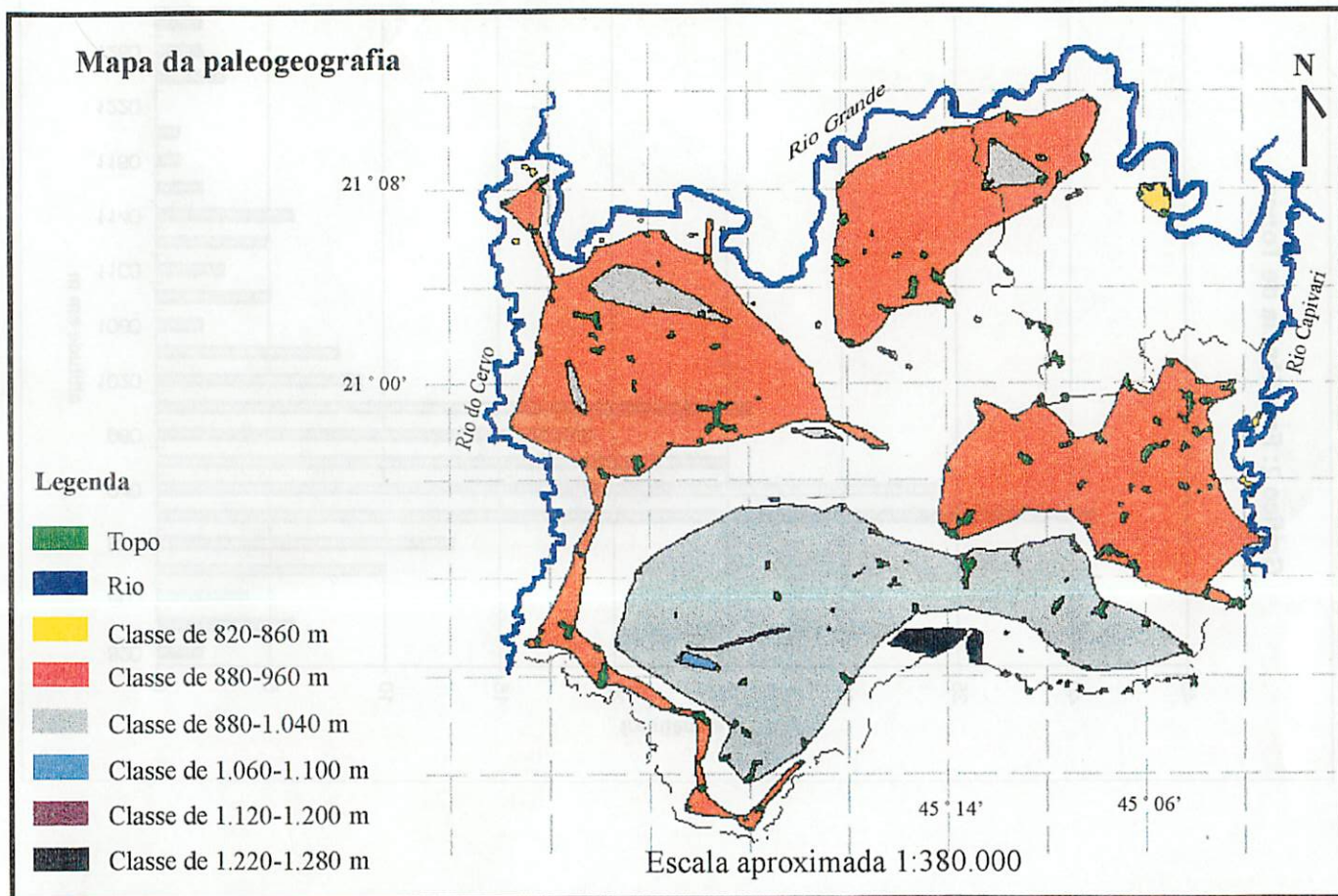


FIGURA 9: Mapa da paleogeografia

(1958), Bigarella (1964) e Ab'Sáber (1969) determinaram influências climáticas na explicação da paisagem oriental do Brasil, com climas secos gerando pedimentos e pediplanos; e climas úmidos provocando a dissecação dessas superfícies por meio do encaixamento da drenagem. Após a década de 70, outros autores propuseram que os pedimentos da mesma região seriam condicionados por movimentos tectônicos, sendo que as superfícies mais baixas seriam as mais recentes (critério para datação).

Os processos geomorfológicos e pedológicos interagem sobre as vertentes, especialmente quando os movimentos do solo e da água são considerados. Os processos geomorfológicos podem criar formas de relevo diferentes, tais como as superfícies de erosão, que têm uma grande influência sobre os tipos e distribuição dos solos. A formação do solo é resultado da interação de vários processos, tanto geomorfológicos como pedológicos. Portanto, o corpo do solo tem que ser tratado como um meio dinâmico, e a abordagem mais realista é tratar o solo sem desvinculá-lo da paisagem.

Baseando-se em estudos nas áreas temperadas úmidas, Dalrymple, Blong e Conacher (1968) propuseram uma classificação que distingue nove unidades hipotéticas no modelo de perfil das vertentes. Tais autores consideram a vertente como um sistema complexo tridimensional, que estende-se do interflúvio ao talvegue, e da superfície do solo ao limite superior da rocha não intemperizada. A vertente é dividida em nove unidades, cada uma sendo definida em função da forma e dos processos morfogenéticos dominantes e normalmente atuantes sobre ela. Na verdade, é muito improvável encontrar as nove unidades ocorrendo em um único perfil de vertente, e nem distribuírem-se, necessariamente, na mesma ordem mostrada no modelo. O que torna comum, é verificar a existência de algumas unidades em cada vertente, podendo a mesma unidade ser recorrente ao longo do perfil. Assim, o modelo apresentado pelos autores representa um padrão ideal



para ser aplicado na descrição e não tem nenhuma implicação para qual tipo de forma de vertente possa desenvolver (Christofolletti, 1980). Para Conacher e Dalrymple (1977), os processos que operam no solo podem ser observados e medidos. Nesse contexto, o valor do modelo das nove unidades de vertente possibilita a correlação espacial entre os processos do solo, do movimento da água e da gravidade (tabela 1).

Assim, a toposseqüência, em qualquer localidade, é uma interação complexa de relevo, solo e tempo. Logo, ela tem que ser considerada como um fenômeno dinâmico, com uma dimensão no tempo e vista como uma parte essencial dos processos de erosão e de deposição.

#### 4.5 Geomorfologia Local

A morfologia da área é resultante de uma evolução marcada tanto por oscilações climáticas, como por eventos tectônicos. Os remanescentes dos antigos aplainamentos não podem ter sua gênese ligada à tectônica, sem levar em conta a presença de um clima marcado por morfogênese mecânica intensa. Esses fatores, além do condicionamento lito-estrutural e do ambiente morfodinâmico atual, devem ser avaliados conjuntamente, na busca de explicações para a paisagem local.

Segundo Saadi (1990), a bacia do Alto Rio Grande faz parte da faixa de terrenos orientais do Brasil Sudeste, onde a expressão morfológica da neotectônica é grandiosa, não só pela potência que se deduz dos blocos movimentados, mas também pela magnificência das paisagens criadas em associação com outros fatores geo-ecológicos. Para o mesmo autor, com os trabalhos recentes, fica cada vez mais evidente que a tectônica Cenozóica assumiu e assume ainda um papel muito importante na formação do relevo do Brasil Sudeste. O quadro morfológico da região reflete bem, pelo menos do ponto

de vista passivo, que ocorreu um estreito controle tectônico das principais linhas de relevo.

A topossequência estudada está sobre uma vertente que representa uma superfície de erosão, que é também uma superfície de aplainamento complexa, pois é composta por uma parte mais elevada, superfície erosional (Morro Samambaia), onde predomina o processo de erosão; uma parte intermediária, que é área de trânsito dos sedimentos; e a parte baixa, à margem do Rio Grande, que é área de acúmulo, acréscimo de sedimentos, ou seja, superfície deposicional.

Em relação ao modelado atual da área, ficou evidente a presença de cascalheiras ao percorrer a área e após os trabalhos de fotointerpretação. Essas são vistas em três diferentes altitudes, estando a mais elevada a 1.007m de altitude - ponto identificado no limite dos Municípios de Lavras e Ijaci, na estrada que liga essas duas cidades; a intermediária a 860m de altitude - correspondendo ao P<sub>5</sub> da topossequência, e a terceira a 820m de altitude - na área central de Ijaci.

A presença de depósitos aluvionares, com grande quantidade de seixos, pode ser uma evidência da variação do entalhe da drenagem. Presença de seixos rolados nas partes mais elevadas é evidência de deslizamento de massa de fluxo denso.

Na estrada que liga Lavras a Ijaci, há feições que foram modeladas como *degraus* (Teoria de Penck), assim como verificadas na topossequência. Isso pode ser evidência de alternâncias climáticas. O escalonamento pode também ser consequência da resistência diferencial do material de origem.

No mesmo nível altimétrico da cidade de Ijaci, próximo à linha férrea, há material aluvial bem desorganizado, não selecionado e com evidências de oxidação. Caracteriza fluxo de alta energia e posterior rebaixamento do nível de base local.

A espessura dos cascalhos pode refletir subsidência. A cascalheira, após a cidade de Ijaci, apresenta camadas mergulhando para dentro do barranco, que pode ser subsidência, devido à tectônica. sendo o material de superfície colúvio de calcário sofrendo desferrificação. Ainda, nessa cascalheira, há evidências de variação lateral de fases da drenagem e presença de depósitos de areia, evidenciando depósito lateral de fases.

A explicação para o processo de subsidência, por ser mais uniforme, pode ser um basculamento local, caracterizando efeito de *Graben*. A forma romboédrica da drenagem, próximo às junções entre os Rios Grande e Capivari, pode ser também uma evidência de *Graben*.

A região de Ijaci representa uma bacia aluvionar, ativa nas porções inundáveis, e com terraceamento nas porções mais elevadas, onde houve posterior cobertura coluvionar. Os níveis diferenciados onde ocorrem depósitos de cascalhos representam a evolução geomorfológica da bacia ao longo do tempo geológico, assim como a modificação do entalhe da drenagem.

#### 4.6 Solo e Paisagem

O perfil do solo muda de ponto para ponto, de acordo com as condições de drenagem e com a história passada da superfície do terreno, e as diferenças de solo são causadas por condições de drenagem, transporte diferencial de material erodido e lixiviado, translocação e redeposição de constituintes químicos instáveis, Milne (1936).

Os aspectos do relevo influem de forma direta na evolução do perfil do solo e vice-versa; portanto, ao interpretar a evolução das formas de relevo, pode-se dizer que, ao mesmo tempo, está-se interpretando a evolução do corpo solo, afirma Valério Filho (1984).

É importante ressaltar que essa interrelação entre solo e relevo reflete nas propriedades físicas e químicas do solo, sendo confirmado nos resultados das análises. A pedogênese é determinada pelo tempo, de exposição do solo. Essa exposição é controlada pela erosão por unidade de tempo, e a erosão, por sua vez, é influenciada pelo relevo. O tempo de exposição é, então, função da erosão. Num mesmo tempo, a taxa de modificação (pedogênese) é função da intensidade dos processos de formação do solo. Logo, quanto maior a erosão, menor o tempo de exposição do material, o que determina uma menor taxa de modificação no tempo. A erosão não é afetada só pela pedoforma. A água que escorre pela superfície é função também (além das características da chuva) de outras características que afetam a infiltração, como: cobertura vegetal e permeabilidade do material (Resende, 1978). O resultado de tudo isto vai refletir nas características físicas, químicas e morfológicas de cada perfil.

Nos perfis analisados, o valor elevado de  $Fe_2O_3$  foi um reflexo do teor de ferro no material de origem (gnaisse-granítico) e também explicado pela distinção entre as classes de solo (Bw ou Bt), como visto em  $P_4$  e  $P_6$  (tabela 3). Esse valor mais elevado de  $Fe_2O_3$  influencia propriedades que resultam no desenvolvimento de material mais hematítico e de coloração mais vermelha. A alta saturação por bases, no caso do horizonte Ap do perfil 1, do AB do perfil 3 e do Bt do perfil 6, é facilmente explicável, uma vez que esses perfis estão localizados respectivamente sob cafezal, cafezal e pastagem. Logo estão em áreas onde ocorrem freqüentes adubações e correções do solo. Os valores extremamente baixos da soma de bases refletem a pobreza do material de origem e o intenso processo de intemperismo-lixiviação a que esses solos foram submetidos. A análise textural (tabela 5) mostrou ser o solo do perfil 6 um solo mais raso, menos evoluído, que desenvolveu-se sobre granito-gnasse e apresenta um caráter eutrófico.

**TABELA 3 - Principais propriedades químicas dos solos estudados.**

PERFIL	SOLO	HORIZONTE	PROFUN- DIDADE (cm)	ATAQUE SULFÚRICO (%)					Kl	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			
P <sub>1</sub>	PEa	AB	20-35	26,80	29,73	12,65	1,204	0,104	1,53	1,20	3,69
		Cf	35-45+	28,27	31,98	12,98	1,315	0,104	1,50	1,19	3,87
P <sub>2</sub>	PEa	AB	30-60	23,95	26,53	10,71	0,898	0,086	1,53	1,22	3,89
P <sub>3</sub>	LEd	B <sub>3</sub>	75-180+	28,30	30,47	12,05	1,379	0,070	1,58	1,26	3,97
P <sub>4</sub>	LEd	Bw <sub>2</sub>	120-180+	13,74	36,51	13,39	1,814	0,073	0,64	0,52	4,28
P <sub>5</sub>	PEd	Bt	40-70	19,75	27,83	10,00	1,611	0,036	1,21	0,98	4,37
P <sub>6</sub>	PVe	Bt	20-45	13,88	20,09	3,54	0,433	0,017	1,17	1,06	8,92
		Cr	45-100+	12,20	23,15	3,47	0,307	0,015	0,90	0,82	10,48
P <sub>7</sub>	Ad	AC	20-40	5,78	9,18	3,00	1,415	0,015	1,07	0,89	4,80
		C <sub>1</sub>	40-70	6,71	10,56	3,23	1,352	0,012	1,08	0,90	5,13

Fonte: Dados obtidos no campo e no laboratório

PEa = Podzólico vermelho-escuro epieutrófico endoálico; LEd = Latossolo vermelho-escuro distrófico; PEd = Podzólico vermelho-escuro epialóico endodistrófico; PVe = Podzólico vermelho-amarelo eutrófico; e Ad = Aluvial distrófico.

**TABELA 4 - Resultados das análises de pH, bases trocáveis e fósforo.**

Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)	pH em água	Bases Trocáveis							V (%)	m (%)
				(Cmol/dm <sup>3</sup> )			(mg/dm <sup>3</sup> )					
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	P	S	T		
P <sub>1</sub>	A	0-7	6,4	6,8	3,2	0,0	140,0	3,0	10,4	12,7	82	0
	AB	20-35	5,2	0,8	0,2	1,4	76,0	2,0	1,2	11,0	11	54
	Bt	35-45+	5,0	0,5	0,2	1,3	14,0	1,0	0,7	7,7	10	64
P <sub>2</sub>	A	0-20	4,8	0,8	0,2	1,5	64,0	3,0	1,2	10,0	12	56
	AB	30-60	4,8	0,8	0,2	1,8	16,0	1,0	1,0	9,8	11	63
P <sub>3</sub>	AB	0-30	5,4	3,2	1,4	0,2	47,0	2,0	4,7	9,7	49	4
	B <sub>3</sub>	75-180	5,0	0,8	0,2	1,0	9,0	1,0	1,0	7,3	14	49
P <sub>4</sub>	A	0-50	5,2	2,3	0,2	0,4	20,0	1,0	2,6	10,5	24	14
	Bw <sub>2</sub>	120-180	5,1	0,4	0,2	0,0	2,0	1,0	0,6	4,2	14	0
P <sub>5</sub>	A	0-40	4,5	0,5	0,2	0,9	27,0	1,0	0,8	6,4	12	54
	Bt	40-70	4,8	0,4	0,2	0,2	8,0	1,0	0,6	3,2	19	24
P <sub>6</sub>	Bt	20-45	6,0	2,3	0,5	0,0	17,0	1,0	2,8	4,7	60	0
	Cr	45-100+	5,8	1,5	0,5	0,0	14,0	1,0	2,0	3,5	58	0
P <sub>7</sub>	A	0-20	5,3	0,8	0,2	0,6	25,0	1,0	1,1	4,7	23	36
	AC	20-40	5,2	0,6	0,2	0,6	11,0	1,0	0,8	3,7	22	42
	C <sub>1</sub>	40-70	5,3	0,6	0,2	0,5	8,0	1,0	0,8	3,4	24	38

Fonte: Dados obtidos no campo e no laboratório.

**TABELA 5 - Análise textural.**

Perfil	Solo	Horizonte	Profundidade (cm)	Granulometria (%)		
				Areia	Silte	Argila
P <sub>1</sub>	PEa	A <sub>p</sub>	0-7	24	25	51
		A <sub>2</sub>	7-15	21	24	55
		A <sub>3</sub>	15-20	23	22	55
		AB	20-35	22	16	62
		Bt	35-45	17	18	65
		Cf	45+	14	18	68
P <sub>2</sub>	PEa	A	0-20	32	26	42
		A <sub>2</sub>	20-30	20	28	52
		AB	30-60	18	24	58
		Bt	60-100	18	24	58
		Cf	100-130+			
P <sub>3</sub>	LEd	AB	0-30	20	20	60
		B <sub>1</sub>	30-50	17	24	59
		B <sub>2</sub>	50-75	14	19	67
		B <sub>3</sub>	75-180+	14	14	72
P <sub>4</sub>	LEd	A	0-50	34	25	41
		AB	50-90	19	25	56
		Bw <sub>1</sub>	90-120	21	19	60
		Bw <sub>2</sub>	120-180+	20	18	62
P <sub>5</sub>	PEd	A	0-40	38	20	42
		Bt	40-70	24	22	54
		C <sub>1</sub>	70-100	75	11	14
		C <sub>2</sub>	100-150+	79	7	14
P <sub>6</sub>	PVe	A	0-20	51	29	20
		Bt	20-45	46	26	28
		C <sub>r</sub>	45-100	46	28	26
P <sub>7</sub>	Ad	A	0-20	80	8	12
		AC	20-40	80	9	11
		C <sub>1</sub>	40-70	76	9	15
		C <sub>2</sub>	70-105	75	10	15
		C <sub>3</sub>	105-150+	79	9	12

Fonte: Dados obtidos no campo e no laboratório.

Em função da posição na paisagem, o solo que desenvolveu sobre calcário (vermelho-escuro) originou um solo geneticamente envelhecido, com caráter álico.

Baixos valores de  $K_i$  confirmam o maior grau de intemperismo, e podem estar relacionados às melhores condições de drenagem, o que favorece uma dessilicatização mais intensa. Os índices  $K_i$  e  $K_r$  revelam ser o solo descrito no perfil 4 ( $P_4$ ) mais velho que o solo descrito no perfil 5 ( $P_5$ ).



## 5- CONCLUSÕES

- Na região de estudo, a geomorfologia, o material de origem (litologia) e os padrões de drenagem são parâmetros fundamentais para entender o modelo de distribuição das classes de solo.

- A toposseqüência foi representativa, quanto à morfologia da região, sendo evidente o seu aspecto de *degraus*, o que foi associado à evolução policíclica do relevo, apoiado ao condicionamento dos fatores climáticos e litotectônicos;

- Os Sistemas de Informações Geográficas constituíram ferramenta fundamental no tratamento e manipulação dos dados;


- O mapa da paleogeografia possibilitou a visualização dos remanescentes das superfícies aplainadas, bem como dos diferentes níveis topográficos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. São Paulo: USP, 1977. [s.p.]
- AB'SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. *Geomorfologia*, São Paulo: USP, v. 18, p.1-23, 1969.
- AB'SÁBER, A. N. Sensibilidade das fotografias aéreas em zonas tropicais úmidas para efeito de fotointerpretação. *Notícia Geomorfológica*, Campinas, v.6, n.3, p.67-72, ago.1960.
- ALMEIDA, F.F.M. de. O cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, v.4, n.7, p.349-364, 1977.
- ANDERSON, P. S. (ed.). *Fundamentos para fotointerpretação*. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982. 136p. (Fotointerpretação: Teoria e Métodos, 1).
- ANGULO FILHO, R. Caracterização da drenagem e do relevo de três solos do Estado de São Paulo através de fotografias aéreas e cartas planialtimétricas. Piracicaba: ESALQ, 1986. 132p. (Tese-Doutorado).
- AUGUSTIN, C. H. R. R. Algumas considerações sobre as várias tendências do estudo geomorfológico. *Geografia e Ensino*, Belo Horizonte: IGC/UFMG, v.2, n.2, p.30-40, dez.1984.
- BIASI, M. de. Carta de declividade de vertente: confecção e utilização. *Geomorfologia*, São Paulo: USP, n.21, p.8-13, 1977.
- BIGARELLA, J.J. Variações climáticas no quaternário e suas implicações no revestimento florístico do Paraná. *Boletim Paranaense de Geografia*, Universidade do Paraná, n.10/15, p.211-231, maio 1964.
- BUENO, C. R. P. Unidades litológicas, com detalhes, do município de Lavras(MG). Lavras: ESAL, 1988. 92p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- CALIJURI, M.L. *Sistemas de informações geográficas II*. Viçosa: UFV, 1995. 40p. Apostila.
- CAVER, A. J. *Fotografia aérea para planejadores de uso da terra*. Brasília: Ministério da Agricultura/Secretaria Nacional de Agropecuária, 1945.
- CETEC. *Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte. v.1, 1983. ( Série de Publicações Técnicas, 10).
- CETEC. *Caracterização ambiental da bacia do rio das Mortes - MG*. Belo Horizonte: Convênio SECT - COPAM - CETEC - MINTER/SERSE, v.1-4, 1989. (Relatório Técnico Final, Etapa 1).
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 187p.

- CONACHER, A.J. e DALRYMPLE, J.B. The nine unit landsurface model, an approach to pedogeomorphic research. *Geoderma*, Amsterdam, n.18, p.1-154, 1977.
- DALRYMPLE, J.B.; BLONG, R.J. e CONACHER, A.J. A hypothetical nine unit land surface model. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Berlin, v.12, n.1, p.60-76, 1968.
- DANIELS, R.B. e HAMMER, R.D. *Soil geomorphology*. New York: John Wiley, 1992. 236p.
- DEMATTE, J. L. J. *Curso de gênese e classificação dos solos*. Piracicaba: ESALQ. 1978. [s.p.].
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1979. [s.p.].
- GERRARD, A.J. *Soil and landforms: An integration of geomorphology and pedology*. Preface and first chapter. George Allen and Unwin. London, Boston: Sydney. 1981. p. 1-15.
- GUERRA, A. T. *Dicionário geológico e geomorfológico*. 8ed. Rio de Janeiro: IBGE. 1993. 446p.
- GUERRA, A. T. e CUNHA, S. B. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 2ed. 1995. 472p.
- HASUI, Y. Neotectônica e tectônica ressurgente no Brasil. In: *WORK-SHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CONTINENTAL CENOZÓICA DO SUDESTE DO BRASIL*, 1, 1990, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBG, 1990.
- IBGE. *Geografia do Brasil - Região Sudeste*. Rio de Janeiro. v.3, 1977.
- INPE. *Manual do usuário do SGI*. São Paulo. 1990.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Carmo da Cachoeira. Belo Horizonte, 1979. Escala 1:50.000. Projeção Universal Transversa de Mercator. (carta topográfica).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Lavras. Belo Horizonte, 1975. Escala 1:50.000. Projeção Universal Transversa de Mercator. (carta topográfica).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Nepomuceno. Belo Horizonte, 1979. Escala 1:50.000. Projeção Universal Transversa de Mercator. (carta topográfica).
- KING, L.C. Geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro: CNG, v.18, n.2, p.147-265, 1956.
- LEMONS, R.C. e SANTOS, R.D. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 2ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1984. 45p.

- LE SANN, J.G. Documento cartográfico: considerações gerais. *Revista Geografia e Ensino*, Belo Horizonte: UFMG. v.1, n.3, p.3-7, mar.1983.
- LIMA, J.M. *Relações entre erosão, teor de ferro, parâmetros físicos e mineralógicos de solos da região de Lavras (MG)*. Lavras: ESAL, 1987. 86p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- LIMA, S.L. de. *Caracterização da rede de drenagem e do relevo de três solos do Estado de São Paulo, determinadas em fotografias aéreas e cartas planialtimétricas*. Piracicaba: ESALQ, 1987. p.1-20.
- LUEDER, D.R. *Aerial photographic interpretation, principles and applications*. New York: McGraw-Hill Book, 1959. 462p.
- MAGALHÃES JÚNIOR, A.P.; MAGNI, C.M.V.; MARQUES, M.R. *Análise e mapeamento geomorfológico da região a oeste de São João Del Rei - MG*. Belo Horizonte: IGC/UFMG, 1990. (Monografia).
- MARQUES JÚNIOR, J. *Distribuição e atributos dos solos em relação à forma e evolução de uma vertente em Monte Alto, SP*. Piracicaba: ESALQ, 1995. 228p. (Tese-Doutorado).
- MEDEIROS, J.S. e TOMÁS, D.D. *Introdução aos sistemas de informações geográficas*. São José dos Campos: INPE, 1994. 33p. (Notas de aula, versão preliminar).
- MELO, D.R. Estudos de uma teoria geomorfológica: a teoria do ciclo normal de erosão. *Revista geografia e ensino*, Belo Horizonte: UFMG, v.3, n.11/12, p.22-29, 1991.
- MILNE, G. Some suggested units of classification and mapping particular for East Agrican soils. *Soil Research*, Berlin, v.3, n.4, p.183-188, 1936.
- OLIVEIRA, P. C. de. *Caracterização da bacia do ribeirão Cachoeirinha com auxílio de fotointerpretação e técnicas cartográficas (Iracemapolis - SP)*. Piracicaba: ESALQ, 1991. 119p. (Dissertação-Mestrado).
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. *Classes gerais de solos do Brasil*. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.
- QUÉMÉNEUR, J. J. G. *Os magmatismos de idade Arqueana e Transamazônica na região de Campos das Vertentes, Minas Gerais (Sul do Cráton do São Francisco), com base em geoquímica e geocronologia*. Belo Horizonte: CPMTC-IGC-UFMG. 1995. 79p.
- QUÉMÉNEUR, J.J.G. e GARCIA, D. *Os maciços de Tabuões e Ritópolis na região de São João del Rei, granitóides Transamazônicos com associação granito trondjemito pegmatito*. In: SIMP. DE GEOL. DE MINAS GERAIS, 7, 1993, Belo Horizonte. Anais ... . BH: SBG-MG, 1993. p.105-107.

- 
- RADAMBRASIL. Folhas SF 23/24, Rio de Janeiro/Vitória; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro. 1983.
- RESENDE, M. **Modelo de evolução dos solos**. Viçosa: UFV, 1978. (Nota de aula).
- RICCI, M. e PETRI, S. **Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica**. São Paulo: Ed. Nacional, 1965. 219p.
- SAADI, A. Importância da neotectônica na morfogênese do leste e sul de Minas Gerais. In: Cong. ADEQUE, 2, 1989, Rio de Janeiro. Anais .... IG/UFRJ, 1989.
- SAADI, A. **Evolução tectônica cenozóica da região Sul de Minas Gerais**. Belo Horizonte: IGC/UFMG, jan.1990. (Projeto).
- SAADI, A. Informações sobre a neotectônica e morfogênese de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3, 1991, Rio Claro. Anais ... Rio Claro: UNESP, 1991. (Boletim).
- SAADI, A. e TORQUATO, J.R. Neotectônica do Ceará: uma hipótese de interpretação global. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. Anais ... São Paulo: SBG, 1992.
- TERAMOTO, E. R. **Relações solo, substrato geológico e superfícies geomórficas na microbacia do ribeirão Marins (Piracicaba - SP)**. Piracicaba: ESALQ, 1995. (Dissertação-Mestrado).
- TRICART, J. As relações entre a morfogênese e a pedogênese. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v.8, n.15, p.5-18, 1958.
- VALÉRIO FILHO, M. **Parâmetros de drenagem e do relevo na caracterização de solos e suas relações fotointerpretativas em imagem de pequena escala**. Piracicaba: ESALQ, 1984. 141p. (Tese-Doutorado).
- VETTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 1969. 34p. (Boletim Técnico, 7).
- VIEIRA, T.G.C. **Fotointerpretação de atributos de drenagem e relevo na diferenciação de solos do município de Lavras - MG**. Lavras: ESAL, 1991. 76p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- VILELA, E.A. e RAMALHO, M.A.P. Análise das temperaturas e precipitações pluviométricas de Lavras - MG. **Ciência e Prática**, Lavras, v.3, n.1, p.71-79, jan./jun. 1979.
- YOUNG, A. **Slopes**. London: Longman, 1972. 288p.