

*Universidade Federal de Goiás
Instituto de Estudos Sócio-Ambientais – IESA
Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia
Mestrado em Geografia*



*PROCESSO EROSIVO LINEAR NA BACIA DO CÓRREGO
PONTINHAS EM ORIZONA - GO*

Alik Timóteo de Sousa

*Orientadora
Profª Drª Selma Simões de Castro*

Goiânia - 2001

ALIK TIMÓTEO DE SOUSA

**PROCESSO EROSIVO LINEAR NA BACIA DO CÓRREGO
PONTINHAS EM ORIZONA - GO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais/Universidade Federal de Goiás, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Geografia Física.

Área de concentração: Natureza e Apropriação do Espaço no Cerrado

Linha de Pesquisa: Estudos Geoambientais

Orientadora: Prof^a Dr^a Selma Simões de Castro

- GOIÂNIA 2001

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(GPT/BC/UFG)**

S725p **Sousa, Alik Timóteo de**
Processo erosivo linear na Bacia do Córrego Pontinhas em Orizona – GO / Alik Timóteo de Sousa. – Goiânia, 2002.
159f. :il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Sócio-Ambientais - IESA, 2002.

Bibliografia: f.153-159

- 1. Erosão – Pontinha, Córrego, Bacia (GO)**
 - 2. Voçorocas – Pontinha, Córrego, Bacia (GO)**
 - 3. Boçoroca – Pontinha, Córrego, Bacia (GO) I.**
- Universidade Federal de Goiás. Instituto de Estudos Sócio-Ambientais – IESA II. Título.**

CDU: 551.3.053(282.2)

ÁLIK TIMÓTEO DE SOUSA

**PROCESSO EROSIVO LINEAR NA BACIA DO CÓRREGO
PONTINHAS EM ORIZONA - GO**

**Dissertação defendida e aprovada em ____ de _____ de _____,
pela Banca Examinadora constituída pelos professores:**

Prof. Dr. Fernando Ximenes de T. Salomão – UFMT (Membro)

Profa. Dra. Maria Amélia L. S. do Nascimento – IESA/UFG (Membro)

Profa. Dra. Selma Simões de Castro – IESA/UFG (Orientadora)

Aos meus pais

Timóteo Nunes de Sousa e Dlgmas Pereira de Sousa

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças a ajuda Divina e de várias pessoas e instituições que colaboraram para o desenvolvimento e considerações finais. Estendo os meus sinceros agradecimentos principalmente:

À minha orientadora Prof^ª. Dr^ª. Selma Simões de Castro pelo incentivo, estímulo, cooperação, críticas, sugestões e paciência ao longo da realização desta dissertação.

À CAPES, pela bolsa de estudos por 10 meses desta pesquisa.

À EMBRAPA – CNPAF (Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão), em nome do pesquisador Dr. José Aloísio Alves Moreira e do chefe de laboratório de Análises Físico-Hídricas de Solo (Sr. Adílson F. da Costa Vilela), pela orientação e oportunidade de realização das análises Físico-Hídricas dos solos da erosão estudada.

À Prefeitura de Orizona pelo custeio de parte das atividades de campo.

Aos meus ex alunos da UEG (Pires do Rio) que moram em Orizona/GO: Eni, Tânia, João de Deus (Joãozinho), Nilson, Antônio Maria, João Lucas, Andressa, que muito colaboraram nas atividades de campo e na busca de informações gerais sobre o município de Orizona.

Ao proprietário da Fazenda Pontinhas, Sr. João de Castro (Nardino) pela autorização de realização deste trabalho em sua propriedade, bem como ao seu filho Sebastião Rosa de Castro (Chefe da SANEAGO Local) que também é aluno da UEG, unidade Pires do Rio.

Ao Sr. Ézio de Castro, pela entrevista sobre o histórico de ocupação da área pesquisada e seus arredores.

Ao meu primo Wanderson de Oliveira Passos, que contribuiu para a realização da coleta de amostras deformadas e indeformadas de solos, junto ao talude da boçoroca, com auxílio de equipamentos de rapel do Corpo de Bombeiros do Estado de Goiás.

A todos os colegas de mestrado da turma 04, principalmente a Wagneide pelo auxílio na parte de ilustrações e finalizações de mapas; à Auristela A. da Costa (maninha) pela grande contribuição nos trabalhos de campo, em laboratório e em praticamente todas as fases da pesquisa; ao Elson R. Olanda, pela ajuda na

elaboração dos gráficos e sugestões em geral; ao Rodrigo pelo companheirismo e valiosas discussões sobre o trabalho ; à Marta de Paiva Macêdo pela colaboração na realização da fotointerpretação; à Loçandra (e ao Dilmar); ao Wagner Pedro e ao Rildo pelo coleguismo.

Ao Geólogo Bernardo C. Colombo, pelo ajuda no reconhecimento da litologia da área de estudo.

Ao meu amigo Aristeu Geovani, com quem muito aprendi em trabalhos de campo nas áreas de risco em Goiânia, e que também esteve presente na erosão, objeto desta pesquisa, dando grandes sugestões.

Ao Leonardo Sabino T. Borges, que muito contribuiu através da realização de trabalho digital de figuras, fotos e mapas.

Ao Rogério Seni, pela elaboração de parte dos mapas da região estudada.

À minha colega Maria Barbalho (irmã de orientação) que muito contribuiu quanto ao registro e impressão da imagem de satélite Landsat, que permitiu a interpretação do uso do solo da área de estudo - década de 90.

Ao Luciano Xavier amigo e colega de graduação que ajudou-me na coleta de informações sobre a pluviosidade da área desta pesquisa.

À Eliana Marta Barbosa que deu importantes sugestões.

À Daniela Vieira Marques (turma – 07 do mestrado), que auxiliou na realização de fotointerpretação e finalização de várias figuras.

À todos os professores da UEG – Pires do Rio que compreenderam meu esforço e deram-me bastante apoio e incentivo, principalmente a Maria Eni, Cristiane, Maria Idelma e Ademir. E aos alunos (das 2ª e 3ª séries) que também ficaram “sacrificados” com minha ausência durante os últimos 06 meses de finalização do trabalho.

À diretora (Valéria) do Colégio Municipal Senador Darcy Ribeiro que compreendeu algumas ausências minhas em função de atividades do mestrado.

À minha maninha Sandra, que dividiu as enormes angústias vivenciadas por mim durante os meses finais da realização desta pesquisa.

Enfim, a todos aqueles que de alguma maneira contribuiu com o seu apoio e incentivo para que eu conseguisse transpor mais essa etapa de formação profissional de minha vida, muito obrigado.

A verdadeira sabedoria consiste na simplicidade. Não é preciso transpor os mares ou elevar-se até as nuvens para encontrá-la. Está ao nosso alcance, sob as nossas mãos.

SCHMITT, 1978

SUMÁRIO

	LISTA DE ILUSTRAÇÕES	10
	LISTA DE FOTOS	12
	LISTA DE TABELAS	14
	RESUMO	15
	ABSTRACT	17
1	INTRODUÇÃO	18
2.	BREVE HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO E DO PROBLEMA EROSIVO EM ORIZONA (GO)	22
3.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA PESQUISA	27
3.1	BASES CONCEITUAIS	27
3.2	OS CONDICIONANTES DA EROSIÃO HÍDRICA	40
3.2.1	Chuva	40
3.2.2	A Cobertura Vegetal	41
3.2.3	O Relevo	42
3.2.4	O Solo	44
3.2.5	O Substrato Geológico	47
3.2.6	O Uso e Ocupação do Solo	48
4	METODOLOGIA	50
4.1	FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	50
4.2	ROTEIRO METODOLÓGICO DA PESQUISA	55
4.3	PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS PARA A CARACTERIZAÇÃO DIAGNÓSTICA E PROGNÓSTICA DA ÁREA DE PESQUISA	56
4.3.1	Análise e Tratamento de Documentação Cartográfica e de Sensoriamento Remoto	56
4.3.2	Cadastramento da ocorrência erosiva	58
4.3.3	Levantamento e caracterização morfológica do Sistema Pedológico	59
4.3.4	Coleta de Amostras na Ocorrência Erosiva (Boçoroca)	61
4.3.5	Análises e Ensaios de Laboratório	64
4.3.6	Interpretação dos Resultados	68
5	CARACTERIZAÇÃO DIAGNÓSTICA E PROGNÓSTICA DO PROCESSO DE BOÇOROCAMENTO NA BACIA DO CÓRREGO PONTINHAS	69
5.1	LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ORIZONA E DA BACIA DO CÓRREGO PONTINHAS	69
5.2	CARACTERIZAÇÃO GERAL DO MEIO FÍSICO MUNICIPAL E DA BACIA DO CÓRREGO PONTINHAS	71
5.2.1	Geologia	71
5.2.2	Geomorfologia	74
5.2.3	Hidrografia	76

5.2.4	Solos	77
5.2.5	Vegetação	81
5.2.6	Clima	84
5.2.7	A bacia do córrego Pontinhas e seu potencial de suscetibilidade à erosão linear	86
5.3	O SISTEMA PEDOLÓGICO E A BOÇOROCA DO CÓRREGO PONTINHAS	94
5.3.1	A morfologia do sistema pedológico na Toposseqüência Pontinhas	95
5.3.2	A caracterização da boçoroca do córrego Pontinhas e de seus materiais	112
	• Ficha de cadastro da erosão	112
5.3.3	Caracterização analítica e físico-hídrica	130
5.3.3.1	Granulometria	130
5.3.3.2	Argila natural	139
5.3.3.3	Densidade do solo e de partículas	141
5.3.3.4	Porosidade Total, Macro e Microporosidade	141
5.3.3.5	Condutividade e Permeabilidade Hidráulica Saturada	143
5.3.3.6	O Comportamento Hídrico: fluxos deduzidos e suas conseqüências	143
5.4	A DINÂMICA EROSIVA LINEAR ATUAL E PROGNÓSTICA	145
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTAS DE CONTENÇÃO DO FENÔMENO EROSIVO	148
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	153

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Estradas salineiras	23
Figura 02 - Modelo de evolução de boçorocas	36
Figura 03 - Localização geográfica da área da pesquisa	70
Figura 04 - Geologia do município de Orizona e seu entorno	73
Figura 05 - Hipsometria do município de Orizona	75
Figura 06 - Solos do município de Orizona	78
Figura 07 - Vegetação original de Orizona	82
Figura 08 - Gráfico das médias anuais de pluviosidade	85
Figura 09 - Gráfico das médias mensais de pluviosidade	85
Figura 10 - Ordem dos canais de drenagem da bacia do córrego Pontinhas e seu entorno	87
Figura 11 - Esboço Hipsométrico da bacia do córrego Pontinhas e seu entorno	88
Figura 12 - Carta clinográfica da bacia do córrego Pontinhas e seu entorno	89
Figura 13 - Morfologia da bacia do córrego Pontinhas e seu entorno	90
Figura 14 - Uso do solo na bacia do córrego Pontinhas -década de 60	92
Figura 15 - Uso do solo na bacia do córrego Pontinhas -década de 90	93
Figura 16 - Delimitação da bacia do córrego Pontinhas, localização da boçoroca e da topossequência (A-B) estudada.	96
Figura 17 - Topossequência do córrego Pontinhas	99
Figura 18 - Fluxos hídricos inferidos a partir da topossequência Pontinhas	105
Figura 19 - Croqui da Boçoroca Pontinhas	116
Figura 20 - Lançamento dos perfis de solo no talude da Boçoroca Pontinhas	129

Figura 21 -	Comportamento vertical da granulometria dos perfis de solo ao longo do talude direito da boçoroca Pontinhas	135
Figura 22 -	Comportamento lateral da argila deduzido para o talude direito (E 1) da Boçoroca Pontinhas	136
Figura 23 -	Distribuição granulométrica dos horizontes dos perfis no talude do eixo direito da boçoroca Pontinhas (Diagrama triangular)	138
Figura 24 -	Comportamento da Argila Natural ao longo do talude direito (E 1) da Boçoroca Pontinhas	140
Figura 25 -	Varição vertical da densidade do solo, de partículas e porosidade total calculada dos perfis do talude da boçoroca Pontinhas	142
Figura 26 -	Varição vertical da condutividade hidráulica saturada dos perfis de solo ao longo do talude direito (E1) da Boçoroca Pontinhas	144
Figura 27 -	Dreno de bambu	151

LISTA DE FOTOS

Foto 01 -	Pedocomparador com as amostras coletadas a trado através de sondagens na Topossequência	60
Foto 02 -	Realização de tradagens na Topossequência Pontinhas	60
Foto 03 -	Utilização de rapel para coleta de amostras deformadas e indeformadas no talude do eixo direito da boçoroca Pontinhas	65
Foto 04 -	Coleta de amostras indeformadas no horizonte Bw, com cilindro de aço	65
Foto 05 -	Panorâmica da vertente com a ocorrência erosiva e o eixo do transecto da topossequência	97
Foto 06 -	Cabeceira da Boçoroca evidenciando cobertura latossólica espessa, sulcos esculpidos no talude pelo escoamento superficial, abatimentos causados pela liquefação de materiais e deslizamentos.	108
Foto 07 -	Latossolo Vermelho-Escuro à montante da boçoroca; horizonte C muito sulcado e desestabilizado em função do <i>piping</i> e de alcovas na base	109
Foto 08 -	Cabeceira da boçoroca apresentando talude instável com presença de sulcos e materiais liquefados provocados pelo escoamento pluvial concentrado.	109
Foto 09 -	Cabeceira da boçoroca: erosão remontante; movimentos de massa (deslizamentos na cabeceira da erosão) em decorrência da instabilização dos taludes por sulcos, liquefação de materiais e <i>piping</i> na base do talude esquerdo do eixo 1.	110
Foto 10 -	Efeito <i>piping</i> criando vazios no interior do horizonte C (migmatito), na cabeceira do eixo 1 da boçoroca	110
Foto 11 -	Localização da boçoroca pontinhas em ruptura de declive	110
Foto 12 -	Marmitas e/ou alcovas de regressão causadas pelo escoamento pluvial concentrado no contato dos horizontes B e C; sulcos na alterita (eixo 1)	111
Foto 13 -	Solapamentos na base do talude (conjunção do escoamento superficial com o subsuperficial) na cabeceira do eixo 1.	111

Foto 14 -	Surgência d'água no interior da boçoroca sobre materiais transportados da montante; presença de revegetação espontânea	121
Foto 15 -	Movimento de massa (deslizamento) na cabeceira do eixo (1) mais instável da boçoroca	121
Foto 16 -	<i>Piping</i> na base do talude; horizonte C (migmatito alterado) apresentando planos de fraqueza e/ou fraturas	122
Foto 17 -	Alcovas de regressão no interior da erosão comandada pelo escoamento superficial e sub-superficial.	122
Foto 18 -	Mecanismos erosivos na cabeceira da erosão em fevereiro de 1999	124
Foto 19 -	Mecanismos erosivos na cabeceira da erosão em fevereiro de 2001; evidências de volumoso deslizamento que entulhou parte do talvegue da cabeceira da boçoroca contribuindo para um maior alargamento do eixo 1 da erosão.	124
Foto 20 -	Vista parcial dos eixos principais mais evoluídos da boçoroca Pontinhas e da ravina no sopé da encosta	125
Foto 21 -	Detalhe da instabilidade da cabeceira da ravina; erosão remontante com tendência de alargamento; apresenta-se muito festonada e instabilizada; ainda não interceptou o N.A.	125
Foto 22 -	Talude do eixo direito (1) da Boçoroca Pontinhas evidenciando a diminuição da espessura do solo de montante para jusante e a indicação de três pontos (perfis) de coleta de amostras de solo.	128
Foto 23 -	Construção de paliçada de madeira no interior da boçoroca	150
Foto 24 a -	Construção de sucessivas paliçadas de bambu no interior da boçoroca	150
Foto 24 b -	Construção de sucessivas paliçadas de bambu no interior da boçoroca	150

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da erosão segundo os modelos de escoamento e os mecanismos de erosão, com vistas na caracterização da produção de sedimentos	33
Tabela 2 - Localização dos pontos de coleta de amostras no talude direito do eixo 1 da Boçoroca Pontinhas	63
Tabela 3 - Síntese da descrição macromorfológica dos horizontes nos perfis (talude do eixo direito) da Boçoroca Pontinhas	131
Tabela 4 - Resultado de análises físicas e de ensaios físico-hídricos dos horizontes e substrato alterado do talude da Boçoroca Pontinhas - Orizona/GO	134

RESUMO

O município de Orizona está localizado no Sudeste do Estado de Goiás, em grande parte sobre profunda cobertura latossólica proveniente de alteração do gnaisse e granito do Complexo Basal Goiano e do Grupo Araxá. Apresenta predominância de relevo plano (chapadas), ocupado por extensas áreas de cultivo de soja, milho e feijão, além de pecuária leiteira nas partes mais movimentadas do modelado. O desmatamento do Cerrado para essa utilização do solo por práticas agropecuárias associa-se com o surgimento e a evolução de processos erosivos lineares de grande porte, em todo o município.

Esta pesquisa foi realizada com intuito de diagnosticar as causas que condicionam a dinâmica de uma grande boçoroca que está instalada há várias décadas no setor pecuário do município cujas características e evolução são semelhantes às de muitas erosões das proximidades.

Para tanto, foi feito um cadastro da erosão estudada, uma toposseqüência ao longo da vertente direita do Córrego Pontinhas, perpendicular ao canal e paralela à boçoroca, visando entender a disposição lateral da cobertura pedológica não atingida para avaliar suas características físico-hídricas e o potencial erosivo.

Quanto à provável origem e datação do início do fenômeno, a investigação permitiu associá-las a antiga caminho por onde circulavam carros de boi entre as fazendas, nas décadas iniciais do século XX e relacionada à chegada da estrada de ferro.

Quanto à dinâmica atual, a investigação relativa aos solos e seu comportamento, permitiu identificar 10 horizontes do topo à base da vertente, também reconhecidos no talude da boçoroca, os quais sofreram análises e ensaios hídricos que possibilitaram deduzir a presença de fluxos hídricos sub e superficial, ao longo dos três segmentos topopedológicos da vertente, bem como os setores críticos. Estes situam-se, hoje, na transição dos latossolos do topo para os cambissolos situados no terço inferior da vertente; e permitiram levantar a hipótese de que os latossolos, normalmente estáveis, tornaram-se instáveis pelo solapamento regressivo do substrato na cabeceira da erosão, que se encontra ainda hoje em atividade acelerada. Finalmente permitiu avaliar esse estágio

evolutivo como provavelmente terminal, já que o setor jusante mostra evidências de estabilização dos fluxos em relação ao atual nível de base, de modo que é possível ainda implementar medidas de contenção.

PALAVRAS-CHAVE: erosão, boçoroca, sistema pedológico, comportamento físico – hídrico.

ABSTRACT

The Orizona municipality is situated in southwest of state of Goiás, at large part over deep covering ample solidity proceeding the alteration of crystalline rock gneiss and granite of the Basal Goiano Complex and the Araxá Group. At present predominance of plane relief (plateau), is occupied by extensive area of culture the soy, corn and bean, beyond cattle-breeding milkmaid in the part more movement of model. The savannah clearing of shut to that utilization. Soil by practices cattle-breeding to associate with the to appear and the evolution of the proceedings erosive linear largest transportation in several parts of the municipality.

This research was realized by the intent of to diagnose causes which to condition the dynamics of the big gully that to be installed several decade sector cattle in the municipality which characteristic and evolution are similar that more erosion from the proximity.

So much, was done one cadastre of erosion studied, one toposquence to the long right the gully Pontinhas perpendicular at the canal and similar gully, to understand the lateral disposition of the pedological horizons doesn't reached to evaluate your characteristic physical-hydric and potential erosive.

As much as the probable origin and date of start that phenomenon, the investigation to associate them of old way by where to move ox-cart between farms, in initial decade of century XX and connected that arrival railway.

As much as the present time dynamics, the investigation relative the soils and your behaviour, to permitted to identify about ten (10) horizons at top base of slope, also grateful in declivity of gully, that which to put up with analysis and hydric theme which to made possible to deduce the presence of flux hydric under and superficial, at long three segment top pedological of spilling, as well as the critical sector. These to be situated, at present, in transition of oxisoils of the top to the cambic soilssituate in one third inferior of slope, and to permitted to get up the hypothesis that which of oxisoils, normal stable, to come back unstable by regressive excavation of substratum in upper end of erosion, which to find oneself just now in accelerated activity. Finally to permitted to estimate that evolutionary probation as probably terminal, at present that ebb sector show us evidences of stabilization the flux in relation to the present level of base, by the way is possible still to implement measure of contention.

KEY WORDS: erosion, gully, pedological system, physical- hydric flux behaviour.

CAPIÉULO I

1 - INTRODUÇÃO

O município de Orizona localiza-se no sudeste do Estado de Goiás, distante cerca de 130 Km a SE de Goiânia. Este município se diferencia dos demais no contexto goiano, uma vez que a maioria de sua população, aproximadamente 7.000 que correspondem à 53% do total de 12.471 habitantes (IBGE/Censo de 1996), vivem na zona rural.

O uso e ocupação dos solos na área rural do município por atividades agropecuárias, é notável e vem sendo considerado como o principal, dentre os possíveis causadores do aparecimento das ocorrências erosivas lineares, do tipo ravinas e boçorocas, que se alastraram na área, sobretudo nos últimos 40 anos, até mesmo em setores do modelado do relevo que naturalmente não seriam suscetíveis, dadas suas fracas declividades e a presença de solos espessos, latossólicos. Isto vem preocupando não só a população, pela perda de terras agricultáveis e acidentes, como o poder público local, na busca de soluções para o problema.

O início do desmatamento mais intenso do Cerrado em Goiás associa-se à construção e transferência da nova capital, Goiânia, na década de 30, prosseguindo durante o Programa Governamental denominado de Marcha para o Oeste, na década de 40, através da doação de terras (colonização induzida – CANG – Colônia Agrícola Nacional); a abertura de rodovias nacionais (Belém–Brasília) e a construção da nova capital nacional, Brasília, estes na década de 50 a 60, patrocinados por programas políticos dos governos federais.

Como é sabido, a erosão envolve importantes processos de degradação do meio físico, provocando, além da perda de solos agricultáveis, também de equipamentos urbanos e agrícolas, além da deterioração de obras civis e o assoreamento de reservatórios e de cursos d'água. (Oliveira *et.al.* 1987)

As conseqüências da erosão afetam também os recursos hídricos, implicando principalmente na queda do volume de recarga dos aquíferos subsuperficiais (freáticos) e no assoreamento dos recursos hídricos, que acarretam vários outros problemas, dentre os quais se destacam as enchentes e

o esgotamento e a diminuição do suprimento e da qualidade das águas para o consumo.

Nesse sentido, o problema nos interessou, por termos coordenado (na condição de professor) vários trabalhos de cadastramento de erosões lineares no referido município, como atividade da disciplina Iniciação à Pesquisa e Práticas de Campo em Geografia, na Universidade Estadual de Goiás (UEG), Unidade de Pires do Rio (FAESCI – Faculdade Estadual Celso Inocência de Oliveira), durante os anos letivos de 1997 à 2001, e por termos trabalhado com esse tema em pesquisas anteriores, inclusive como integrante da equipe que desenvolveu o cadastramento das erosões urbanas de Goiânia, sob a coordenação da Prof. Dra. Maria Amélia L. S. do Nascimento – IESA/UFG (1993), e posteriormente junto à Prefeitura, realizando vistorias nas áreas de ocorrências erosivas e áreas de risco potencial, monitorando a implantação de obras paliativas e mesmo corretivas das erosões urbanas e similares.

Interessou-nos também porque na área rural de Orizona, o início dessas ocorrências, segundo depoimentos de antigos moradores, associa-se ao fato do Cerrado ter cedido lugar à agropecuária intensiva desde o início do século, após o desmatamento, bem como, ao aprofundamento de estradas percorridas por tropeiros e carros de bois, o que parece coincidir com a instalação das primeiras erosões lineares (tipo boçorocas), atualmente as mais antigas e que hoje já se encontram nos estágios mais avançados do processo, mas que os condicionantes e a dinâmica atual carecem de estudos mais detalhados.

O fenômeno da erosão, que corresponde à remoção das partículas dos solos, em decorrência da ação da água, sobretudo do escoamento pluvial superficial, que se intensifica em áreas desmatadas, vem ocasionando um pesado ônus à sociedade, não só pela perda de recursos naturais, mas também pelos grandes investimentos que o poder público tem que destinar para o controle desses fenômenos, muitas vezes sem sucesso, pela falta de um melhor entendimento de seu comportamento atual.

A paisagem evolui através da erosão normal, conhecida como geológica, durante longo tempo. Considerar a atividade humana, além da suscetibilidade natural, como o principal fator na deflagração dos processos erosivos, é comum por parte de vários pesquisadores que se dedicam ao tema. O impacto inicial,

causado pelo desmatamento, patrocina a ruptura do equilíbrio natural do meio físico, principalmente hidropedológico, envolvendo a concentração do escoamento das águas pluviais e servidas. A erosão, assim induzida pela ação antrópica, é caracterizada pela maioria dos autores, como acelerada e como a resposta *incontinenti* da natureza em busca de um novo equilíbrio.

Assim, as erosões refletem dois conjuntos básicos de fatores condicionantes dos processos, de um lado os naturais: substrato geológico, relevo, solo, vegetação e clima; e de outro: a ação humana, relativa aos diferentes tipos de uso e ocupação das terras, especialmente das formas de manejo agropecuário dos solos, dos sistemas de drenagem de estradas e sistema viário em geral inadequados e do desmatamento indiscriminado em descumprimento legal, sobretudo das matas ciliares e de nascentes, dentre outras. A erosão acelerada ou antrópica é sinal de desgaste do solo, como salienta o ecólogo Vogt *apud* Barros, 1961:9:

Como a cara do homem, a da terra exprime o que se há com ela passado. Se teve boa vida, apresenta expressão benévola, como a do homem que vive bem e conhece a felicidade. Se foi maltratada, apresenta a fisionomia daquele que teve vida desgraçada e procura esquecer a desgraça na libertinagem.

Os grandes pintores, em séculos passados, foram capazes de captar a expressão do rosto humano e imprimir-lhe tal significado que quem quer que contemple uma obra, nesta pode compreender sua mensagem. Tem sido muito difícil, porém, ler a expressão da terra e retratá-la.

Os autores consideram dois grandes grupos de erosão, a laminar – provocada pelo escoamento superficial difuso – e a linear – pelo escoamento superficial (em alguns casos subsuperficial também) concentrado, em geral na forma de canais. No diagnóstico de erosões lineares, a responsável pela abertura de rasgos (sulcos, ravinas e boçorocas), a interação do substrato rochoso, com o relevo e o solo, definem unidades morfopedológicas que permitem a discriminação de diferentes susceptibilidades naturais à ocorrência de ravinas e boçorocas e que, quando acrescidas informações sobre o comportamento do lençol freático e/ou do suspenso, permitem também identificar a tendência ao desenvolvimento de boçorocas, a mais complexa e espetacular forma de erosão linear.

Os estudos sobre erosão, normalmente, objetivam diagnosticar as ocorrências e discriminar as áreas mais suscetíveis aos processos erosivos. No entanto, seus objetivos nem sempre incluem o fornecimento de subsídios às ações corretivas e preventivas desses processos. Por isso, seu estudo deve começar por fornecer um registro completo através de cadastro e subsequente diagnóstico, além do contexto em que se insere a ocorrência, também de seus prováveis fatores e agentes condicionantes da sua eclosão e da sua evolução, como também indicar as formas da sua estabilização e prevenção, com base no conhecimento da dinâmica da paisagem, importante auxiliar para sua compreensão.

Do melhor conhecimento possível da origem, evolução e principalmente da dinâmica atual depende o sucesso do controle. Uma vasta literatura sobre isso já permite uma boa compreensão, contudo, em que pese a possibilidade de incorrer numa certa generalização, em termos de modelo teórico, não se pode prescindir de sua aplicação, caso a caso.

Habitados a lidar com a complexidade que envolve tais processos, e com o risco de generalizações excessivas na elaboração de projetos para soluções, é que propusemos a realização desta pesquisa, com o intuito de contribuir para o melhor entendimento das causas dos fenômenos nesse município, de modo a fornecer subsídios para o seu controle.

Nesse espírito, o presente trabalho apresenta o resultado de pesquisa realizada na zona rural de Orizona (GO) no tema de erosão linear, do tipo boçoroca, de uma das suas ocorrências mais antigas e conhecidas (há mais de 40 anos) e que infelizmente ainda não mostra sinais de estabilização completa, cujas causas não são suficientemente conhecidas, cujo objetivo geral foi o de caracterizar a morfologia de uma ocorrência erosiva representativa do município e sua dinâmica atual para fins de diagnosticar as causas de sua origem, evolução e seu comportamento atual, bem como, prognósticas. Para tanto, objetivou especificamente realizar o cadastro da ocorrência, caracterizar a morfologia do sistema pedológico atingido pela erosão e o comportamento dos fluxos hídricos relacionados e fornecer sugestões para o controle.

CAPÍTULO II

2 – BREVE HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO E DO PROBLEMA EROSIVO EM ORIZONA (GO).

Inicialmente, com a descoberta de depósitos auríferos em terras goianas, a partir da segunda década do século XVIII, foi introduzido o transporte por tropas, efetivado pelo estabelecimento do Roteiro das Monções, inteiramente terrestre (Nogueira, 1980), que ligava São Paulo a Goiás. As estradas que elas percorriam eram denominadas **estradas reais**. Este transporte, era considerado nobre, tanto pelo tipo de cargas que transportavam (tecidos, perfumes, sal, etc.,) quanto pelo alto valor das tropas (a sua exploração nunca esteve aberta senão a homens de fortuna), que fez de Sorocaba/SP, um importante centro de grande feira de equídeos e muares, que cresceu muito durante o século XVIII e o seguinte.

Neste período, a prática de lavoura para a venda de produtos era inviável. Os centros de consumo (Minas Gerais e São Paulo) eram muito distantes, e a única forma de colocar os produtos no mercado era através desses tropeiros, sistema lento e oneroso.

Concomitantemente ao uso de tropas para o transporte de mercadorias em Goiás, foi introduzido, no estado, o transporte de cargas por carro de bois, que segundo Nogueira (*op. cit.*), remonta ao início do século XVIII e prestava-se basicamente ao transporte microrregional de produtos de subsistência provenientes da lavoura e o transporte de sal. Este último, era realizado através de longas distâncias, em estradas denominadas **salinas**. Havia três rotas principais: Coxim e Três Lagoas em Mato Grosso e Casa Branca em São Paulo. (Figura 1)

Desde essa época, praticamente durante um século e meio, o transporte de carga em Goiás foi realizado por carro de bois, que substituiu o transporte por tropas, mais oneroso. Até mesmo após a chegada do trem-de-ferro, tal transporte não perdeu sua importância, apenas diminuiu as distâncias a serem percorridas e mesmo estabeleceu uma simbiose com o transporte ferroviário, realizando transporte de mercadorias e pessoas até os terminais ferroviários e redistribuindo a carga que os vagões traziam de São Paulo para os povoados e arraiais do território goiano.

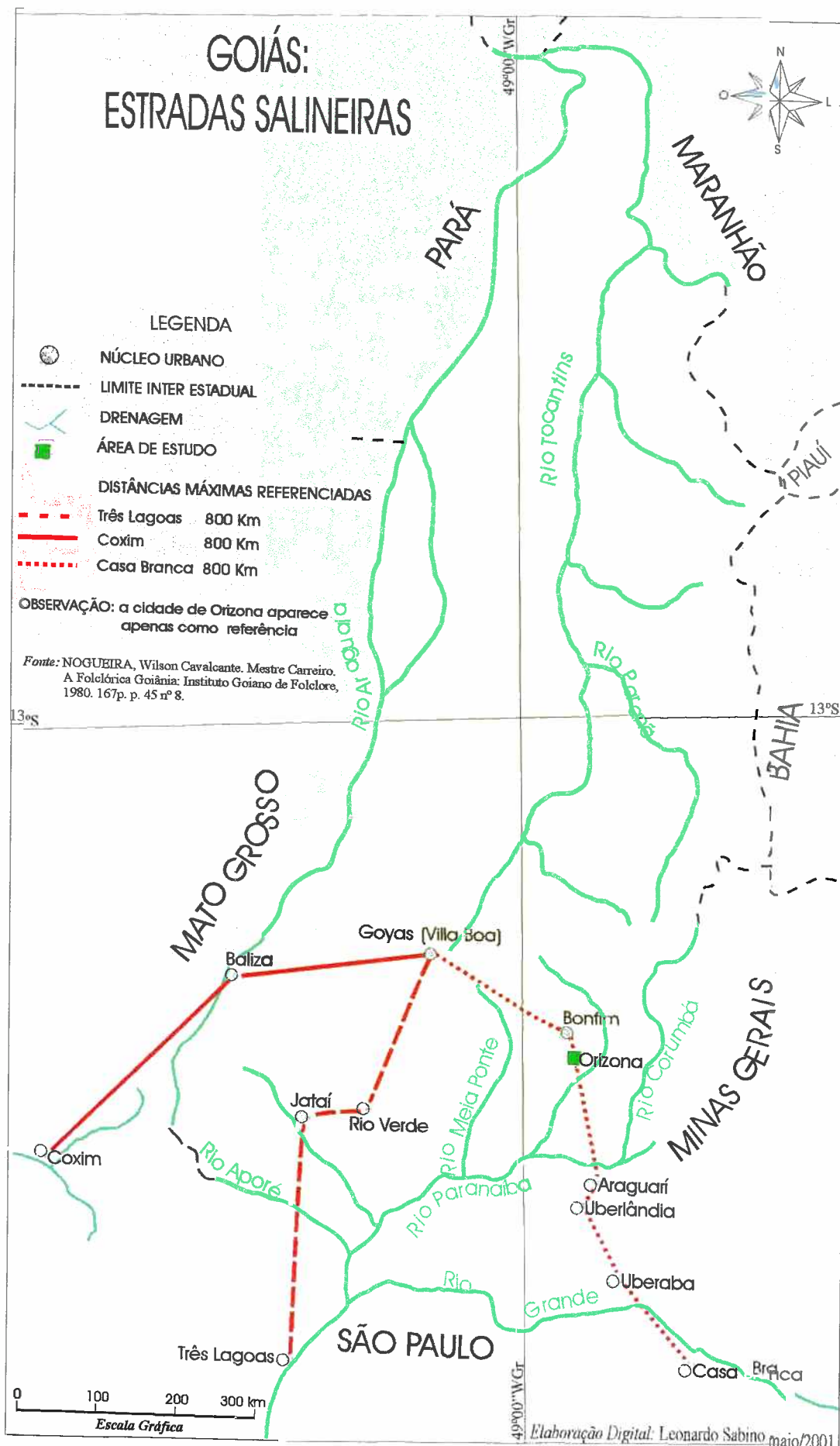


Figura 1 - Estradas Salineiras

A grande derrocada do carro de bois, iniciou-se com a chegada do automóvel em Goiás, ocorrida na segunda década do século XX, inicialmente com o carro de passeio adquirido pela elite goiana e mais tarde pelo caminhão. Os proprietários dos carros de passeio faziam constantes reclamações quanto à passagem dos carros de bois nas vias rodoviárias devido aos estragos que estes causavam nas estradas, pois as suas rodas criavam trilhos profundos que evoluíam para sulcos e ravinas após as chuvas, onde os automóveis ficavam presos.

Contudo, o carro de bois perdurou até a década de 40, quando as elites políticas acabaram proibindo seu tráfego pelas estradas rodoviárias principais, secundárias e ruas, alegando os grandes estragos que estes faziam nas vias públicas. No interior rural, todavia, entre fazendas, esse meio de transporte permaneceu e ainda hoje não é incomum.

Este parece ser um dos motivos que provavelmente levaram ao surgimento de processos erosivos nas encostas mais extensas e íngremes de Goiás, o que é perfeitamente possível, devido ao formato das rodas do carro de bois com seus cravos, bem como, ao enorme peso que estes transportavam, em média 2.000 quilos (Nogueira, 1980), e a frequência com que passavam numa mesma estrada, associados ao intenso tráfego durante o século XIX e as primeiras décadas do século XX.

Outro fator que também pode ter contribuído para o surgimento de erosões lineares de grande porte em áreas orizonenses, parece ter sido a utilização de “fôssos” (valas) ou valetas para a demarcação divisória de propriedades rurais, notadamente durante o século XIX e nas primeiras décadas do século XX, como observado em campo e em entrevista com moradores. As valas provocam a condução forçada da água pluvial em determinada direção e, o processo abrasivo deste escoamento concentrado, associado à falta de monitoramento, culminaram no aparecimento de gigantescas erosões. Essa prática foi muito comum no Brasil. (Barros, 1961).

Posteriormente, segundo Sousa *et. al.* (1999), a região sul goiana (onde se localiza o município de Orizona), foi a primeira a integrar-se à economia nacional. Isto deveu-se, principalmente, à proximidade geográfica com dois estados do Sudeste – Minas Gerais (em particular a região da Farinha Podre –

Triângulo Mineiro) e São Paulo – em função das características físicas do solo e do relevo, favoráveis à prática agrícola, ao baixo preço das terras, bem como, a existência de áreas não ocupadas no início do século XX. Além disso, a região oferecia condições naturais favoráveis à ocupação agropecuária, principalmente quanto ao relevo e ao solo. O relevo apresenta formas tabulares com pequenas declividades o que facilitava a atividade agrícola. O solo em geral, apresentava boas características físicas: bastante espesso, textura média a argilosa e baixa fertilidade natural, que não chegava a ser um empecilho à sua utilização agrícola, uma vez que a deficiência química podia ser corrigida com fertilizantes químicos e adição de calcário para diminuir sua acidez. No entanto, sua utilização era inviável devido à falta de infra-estrutura, que foi resolvida com a chegada da estrada férrea e com a abertura de novas estradas rodoviárias.

Assim, um dos fatores que impulsionou a economia do estado goiano e sua inserção no âmbito nacional, foi a chegada da ferrovia no sudeste do estado, em 1909. O transporte ferroviário possibilitou o escoamento da produção agropecuária goiana em direção aos estados de Minas Gerais e São Paulo. Até então, esse transporte de mercadorias era realizado via lombo de animais – muares e eqüinos (tropeiros) e carro de bois, conforme exposto, mas esse transporte até ela persistia como antes.

No início do século XX a região sudeste do estado já desempenhava uma função importante dentro da economia goiana, porque era a principal produtora de grãos e já refletia os sinais erosivos causados pelos carros de bois, que persistiam.

Casseti (1987), em estudo sobre uma erosão linear de grande porte e muito antiga, no município de Palmelo, localizado entre Pires do Rio e Santa Cruz (GO), associou-a à uma antiga estrada de tropeiro e de carro de bois. É possível pensar-se que a boçoroca do Córrego Pontinhas também teve a mesma origem, conforme depoimentos de antigos moradores, suspeita essa corroborada à análise de fotografias aéreas de 1964, quando ela já existia e era de grande porte.

Pelo exposto, tudo indica que foi esse processo de ocupação, ocorrido ao longo dos séculos XIX e XX, que pode ter desencadeado a instalação de erosões lineares que evoluíram para ocorrências de grande porte no município de Orizona, bem como, na região em que o mesmo se insere, associado ao traçado viário

utilizado pelos carros de bois. Os depoimentos de antigos moradores revelaram que a erosão objeto da presente dissertação desenvolveu-se numa antiga estrada por onde passavam carros de bois há mais de 40 anos, portanto já no século XX e bem depois da entrada da estrada de ferro e das estradas rodoviárias.

O processo pode ter eclodido com a concentração do escoamento pluvial nos sulcos das rodas e evoluído depois para ravinamentos e só bem depois para boçoroca. Os condicionantes desse processo, no entanto, não são suficientemente conhecidos na região, mas, como em outras, certamente implicaram na interceptação dos níveis freáticos e na falta de controle preventivo ou mesmo corretivo aplicado no início do processo. Isto, entretanto, requer o conhecimento de sua dinâmica atual, já que não se pode voltar no tempo.

CAPÍTULO III

3 – FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA PESQUISA

3.1– Bases Conceituais

Os conceitos sobre erosão são numerosos, mas apresentam em comum o exposto a seguir, extraído principalmente de trabalhos mais recentes e abrangentes que incorporaram e discutiram o conhecimento anterior acumulado até o presente, em particular, sobre seus condicionantes e sua dinâmica.

O termo erosão provém do latim (*erodere*) e significa corroer. Nos estudos ligados às Ciências da Terra o termo é aplicado aos processos de desgaste da superfície terrestre (solo ou rocha) pela ação da água, do vento, do gelo e de organismos vivos (animais e plantas), além da ação antrópica. (Santos, 1995)

A erosão constitui uma forma natural de evolução do relevo e atua concomitantemente com os processos pedogenéticos. Quando o homem se apropria da natureza, através do uso e ocupação do solo, rompe-se o equilíbrio climático entre o potencial ecológico (clima, relevo e hidrologia) e a exploração biológica (solo, fauna e vegetação) (Bertrand, 1968 *apud* Casseti, 1991), não permitindo a formação de solos na mesma velocidade de sua remoção pelos processos erosivos. Tem-se, assim, a erosão antrópica ou acelerada que Barros (1961) considera como uma grave doença da cobertura pedológica, por ele denominada de “câncer do solo”. É este tipo erosivo que será analisado no presente trabalho.

A erosão dos solos é um processo que envolve duas fases: uma que constitui a remoção de partículas, e outra que é o transporte desse material, efetuado pelos agentes erosivos. Quando não há energia suficiente para continuar ocorrendo o transporte, surge uma terceira fase, que é a deposição (sedimentação ou colmatação) desse material transportado. Especificamente, os processos originados da erosão hídrica pluvial, estão intimamente relacionados aos vários caminhos da água de chuva, durante a sua passagem pela vegetação e pelo seu movimento na superfície do solo.

Elisson (1947) *apud* Salomão (1994), ressalta que o processo erosivo em regiões tropicais resulta, sobretudo, da ação das águas pluviais sobre a superfície dos terrenos, tanto mais impactante quanto menos protegidos estes estiverem. Há

dois tipos principais de conseqüências desse impacto: erosão laminar (escoamento superficial difuso) e erosão linear (escoamento superficial e subsuperficial concentrados). A linear pode originar grandes incisões nos solos (ravinas e boçorocas) e pode ocorrer não apenas em áreas rurais (causados por trilhas, caminhos, estradas vicinais, rodovias, áreas de pastagens cultivadas e cultivos em geral) em glebas impróprias a determinados usos ou mesmo falta de um planejamento adequado e intervenção e/ou correção dos processos erosivos quando são desencadeados, como também em áreas urbanas e periurbanas, associadas, freqüentemente, à ausência ou ineficácia do controle da drenagem urbana, tanto das águas pluviais como servidas.

O impacto direto da gota de chuva no solo é conhecido como efeito “*splash*” ou *splash erosion*, que é também denominado de “erosão por embate” (Barros, 1961) e “erosão por salpicamento” (Guerra, 1997). Este impacto é o estágio inicial do processo erosivo que, conforme já havia expressado Elisson (1947), pode ocorrer de três maneiras:

- a) Pelo desprendimento de torrões e agregados do solo em partículas individuais ou agregados menores;
- b) Pelo deslocamento de partículas para fora do local de impacto;
- c) Pela formação de turbulência quando atinge uma lâmina de escoamento superficial, aumentando o seu poder destrutivo.

Além disso, o *splash* provoca o preenchimento dos poros da superfície do solo, através do desprendimento dos agregados que provocam o seu selamento e a conseqüente diminuição da porosidade, o que aumenta o escoamento das águas superficiais, por reduzir as taxas de infiltração. Pode ser considerado como a forma inicial de qualquer outra conseqüência erosiva e que decorre do impacto da gota de chuva no solo, provocando autêntica explosão, com efeitos similares ao de bombardeio, tal é a força desagregadora que possui (Barros, 1961).

Esse processo erosivo varia não só com a resistência do solo ao impacto da gota de chuva, mas também com a intensidade, duração, enfim com a energia cinética do evento pluviométrico. Assim, de acordo com Guerra (1999), dependendo da energia impactada sobre o solo, vai ocorrer, com maior ou com menor facilidade, a ruptura dos agregados, formando as crostas que provocam a selagem dos solos. Essa selagem provoca aumento do escoamento superficial

(*runoff*) em relação à infiltração. Dessa maneira, quando isso acontece há um aumento do poder de desprendimento e transporte de partículas pelo escoamento superficial difuso dando origem à erosão laminar.

A infiltração da água no solo depende das propriedades do solo, da intensidade das chuvas, do tipo de cobertura vegetal, do uso e ocupação do solo e da extensão e formas das vertentes, como demonstraram vários pesquisadores, dentre eles para a região SW de Goiás, Castro *et al.* (1999); Barbalho & Campos (2001).

Outro fator importante que influencia a infiltração é a umidade antecedente do solo, ou seja, do momento em que a chuva começa a cair. Se o solo já estiver com uma certa umidade, ele tenderá a saturar-se mais rapidamente dando origem à formação de poças e ao escoamento superficial, em relação a um outro solo com menor umidade antecedente. (Guerra, 1999)

Almeida (1995), afirma que o efeito *splash*, em alguns casos, aumenta sua ação no início de um evento chuvoso, alcança um pico e decai, até atingir um estado de equilíbrio. Segundo ele, a formação de crostas nos solos, ameniza o efeito da erosão por salpicamento, mas nestes casos há tendência ao escoamento superficial pois, diminui também a infiltração. Portanto, a erosão por salpicamento é um fenômeno que depende do tempo. Quanto ao escoamento superficial, ele pode tomar dois rumos, o difuso e o concentrado, que provocam, respectivamente, a erosão laminar e a linear, como se verá a seguir.

O escoamento superficial difuso ou anastomosado é denominado por diversos autores de erosão laminar ou em lençol, entre eles Bertoni & Lombardi Neto (1985); Guerra (1978 e 1999). Embora alguns autores a denominem de erosão laminar, a consideram como erosão formada por diversos filetes interligados, de dimensões e formas variadas (Lepsch, 1983; Oliveira, 1994; Guerra, 1998).

Esse tipo de escoamento ocorre quando o solo (bem como suas irregularidades e depressões) se encontrar saturado e/ou selado através da ação do *splash*. De acordo com Guerra (1998), a interação do *splash* com o escoamento em lençol, pode causar mais erosão do que cada processo atuando isoladamente. Isto acontece porque o *splash* libera as partículas do solo para

serem transportadas pelo fluxo laminar e causa turbulência no referido fluxo, potencializando seu poder erosivo.

Conforme Christofolletti & Queiroz Neto (1964) *apud* Nascimento (1999), a erosão laminar caracteriza-se pelo escoamento superficial difuso que se apresenta formado por pequenos filetes de água, com enorme capacidade de carga relativa. Devido às asperezas da superfície e à existência de tufo de gramíneas e de troncos de árvores e arbustos, os filetes são constantemente freados ou desviados de seu curso, ramificando-se e anastomosando-se, sem fixar um rumo definido, mas vão se alargando e avolumando à medida que descem a encosta, quando se concentram e formam as conhecidas enxurradas. As partículas mais finas são transportadas em suspensão, enquanto as mais grosseiras (como os grãos), por saltação no fundo do lençol.

O escoamento superficial difuso atua sorrateiramente, não cria grandes incisões no terreno, no entanto, sua ação consiste em atacar preferencialmente os menores elementos do solo (a matéria orgânica, o silte e a argila), os quais são retirados, transportados e depositados. A sua existência passa a ser observada através da exposição das raízes dos vegetais, pela coloração mais clara do solo e principalmente pela diminuição da produtividade agrícola de determinados solos entre um ano e outro de cultivo.

Conforme Salomão (1999), as perdas de solo por erosão laminar são comandadas por diversos fatores relacionados às condições naturais dos terrenos onde se destacam: a chuva, a cobertura vegetal, a topografia e os tipos de solos. De acordo com esse autor, dependendo da intensidade e distribuição da chuva no tempo e no espaço, a erosão laminar vai ser expressiva ou não.

A cobertura vegetal atua como defesa natural de um terreno contra a erosão, por protegê-lo contra o impacto direto das gotas de chuva, dispersar e quebrar a energia cinética das águas pluviais superficiais, possibilitar uma maior infiltração e aumentar a capacidade de retenção de água no solo, em virtude da produção de matéria orgânica que aumenta a sua capacidade de adsorção. A topografia influencia no desenvolvimento dos processos erosivos através da declividade e comprimento de rampa (ou da encosta). Já o solo é o principal fator natural que contribui para a evolução da erosão, uma vez que influencia e sofre a ação dos processos erosivos, por apresentar maior ou menor resistência à

atuação destes. O grau de resistência do solo à erosão está associado às suas propriedades físicas, principalmente textura, estrutura, permeabilidade e densidade, além de suas propriedades químicas, mineralógicas e biológicas.

A erosão laminar é também denominada de erosão das áreas entre sulcos (Oliveira, 1994), onde o escoamento difuso remove partícula a partícula do solo. O seu estudo pode ser quantificado através da aplicação da USLE (Equação Universal de Perda de Solos) desenvolvida por Wischmeier (1959), aprimorada por Wischmeier & Smith (1965) e adaptada no Estado de São Paulo por Bertoni & Lombardi Neto (1985), que é muito utilizada no mundo inteiro, sobretudo para prognosticar o potencial erosivo das terras.

Com a continuidade do evento pluviométrico, e da sua intensidade, o escoamento difuso, ao ganhar maior volume de água pluvial, passa a se concentrar em pontos preferenciais do terreno, em virtude da microtopografia ou em feições criadas pelo homem ou animais (caminhos, estradas vicinais, cercas, trilhas de gado, etc.). Esse escoamento concentrado condiciona o surgimento de diversos tipos de erosões lineares que se diferenciam pelas formas e amplitudes de dimensão. Estas, ao contrário das primeiras criam grandes incisões no solo, conhecidas como erosões lineares.

Ao convergir para pequenas depressões do terreno, o escoamento superficial se transforma em concentrado, diferenciando-se do escoamento anastomosado inicial podendo dar origem à sulcos, ravinas e boçorocas, dependendo do volume do fluxo e continuidade do evento chuvoso. Todavia, a FAO (1967), já declarava não haver um limite preciso que assinale o final da erosão laminar e o início da erosão em sulcos. Os filetes iniciais desenvolvem sulcos que evoluem freqüentemente para ravinas e até boçorocas se não forem utilizadas práticas conservacionistas e corretivas. Contudo, pode-se admitir que as feições erosivas ditas lineares já correspondem à concentração preferencial mais e mais profunda do escoamento superficial e subsuperficial.

Essas feições erosivas lineares são classificadas pela ciência agrônômica de acordo com suas relações com o manejo do solo (Oliveira, 1994). Os sulcos são ditos superficiais quando podem ser cruzados por máquinas agrícolas e se desfazem pela regularização dos terrenos; e rasos, quando ao serem cruzados por máquinas agrícolas, já não se desfazem; finalmente profundos, quando não

podem mais ser cruzados por máquinas agrícolas, mas ainda não atingiram o horizonte C dos solos, ou muito profundos, quando já atingem este horizonte. Estes últimos, também denominados de boçorocas ou voçorocas, não constituem gravidade para muitos autores agrônomos, em relação à erosão laminar. Como salienta Barros (1956) *apud* Oliveira (1994), “se bem que sejam feias, não são tão danosas como as erosões que carregam as terras em camadas”.

Oliveira (1994), classificou as erosões lineares em sulcos, calhas, ravinas e boçorocas. Segundo ele, os sulcos se sucedem à erosão laminar e constituem as formas iniciais do processo erosivo linear. São caracterizados por bordas suaves sem ruptura significativa da superfície do terreno (feição erosiva de pequeno porte). Sua ação consiste no desprendimento e transporte das partículas do solo. As calhas também são feições erosivas de pequeno porte e diferem dos sulcos somente em relação à forma, além de apresentarem maiores larguras. As ravinas já apresentam grandes dimensões, formas abruptas com ruptura instável da superfície do terreno e os mecanismos consistem no desprendimento e transporte das partículas na superfície do solo e em movimentos de massa. Por último, o autor destaca as boçorocas como as principais feições erosivas lineares e complexas, além de serem, segundo ele, as maiores produtoras de sedimentos. (Tabela 1)

Para Salomão (1994), sulcos e ravinas são em geral diferenciados pela profundidade da erosão linear em forma de canal, originada pelo escoamento concentrado das águas superficiais.

Segundo o IPT (1986), ravinas são canais criados pela ação do escoamento superficial e boçorocas pelos canais esculpidos pelo afloramento (interceptação) do lençol freático. Porém, nem todos os autores concordam com essa distinção, entre eles Guerra (1998 e 1999); Oliveira (1999), que denominam de ravinas como incisões de até 50cm de profundidade e largura, e acima desses valores, as incisões simplesmente denominam-nas genericamente de boçorocas.

Oliveira (1999), também salienta que a associação de ravinas ao escoamento superficial e boçorocas ao escoamento subsuperficial, não é um consenso entre os pesquisadores nacionais e se contrapõem às terminologias utilizadas em nível internacional. No entanto, optamos aqui por utilizar as

definições elaboradas pelo IPT (1986) e Oliveira (1994), por entendermos que são as mais adequadas para o estudo das erosões lineares no Brasil tropical, face à

Tabela 1 – Classificação da erosão segundo os modelos de escoamento e os mecanismos de erosão, com vistas na caracterização da produção de sedimentos.

Modelos de escoamento	Classes de Erosão	Feições correspondentes	Dimensões (ordens de grandeza)	Bordas da Feição	Mecanismos de Erosão
Escoamento superficial difuso	Erosão Laminar ou Erosão entre sulcos	-	-	-	Desprendimento e transporte, partícula a partícula, na superfície do solo
Escoamento superficial concentrado	Erosão em sulco	Feições erosivas de pequeno porte	Sulco	Suaves sem ruptura significativa da superfície do terreno	
	Erosão em calha		calha		
	Escoamento subsuperficial	Erosão em ravina	Feições erosivas de grande porte	ravina	
		Erosão em boçoroca		boçoroca	

Fonte: Oliveira, 1994:17.

complexa dinâmica hídrica, profundidade e extensão, que freqüentemente envolvem ao interceptarem o nível freático.

Para Cunha (1996), as ravinas e boçorocas apresentam morfologias semelhantes, isto é, são formas de erosão aceleradas que resultam em profundos rasgos no terreno, com taludes abruptos e dimensões variáveis, dependendo do tempo de surgimento do fenômeno e da capacidade de coleta e concentração de água da área. O IPT (1986), salienta que as ravinas apresentam taludes em “V” enquanto as boçorocas em “U” e estas são freqüentemente ramificadas.

Além disso, as boçorocas constituem a expressão mais marcante da morfogênese ligada à dissecação, uma vez que nelas, além do escoamento superficial, atuam processos de erosão interna como a liquefação de materiais,

erosão em tubos (*piping*) e movimentos de massas, tais como: solapamentos, desabamentos, destaludamentos, escorregamentos, etc., que se desenvolvem tanto em função do escoamento superficial que caem pelos seus taludes como em razão do escoamento subsuperficial que os solapa. (IPT, 1986; Salomão, 1994 e 1999)

Independentemente da classificação das feições erosivas lineares, o que importa é ter claro em mente que elas podem freqüentemente iniciar-se com os sulcos, evoluir para ravinas e posteriormente para boçoroca (ou voçoroca). Esta é a forma que demanda maiores recursos financeiros para seu controle, pois exige técnicas mais apuradas de intervenção através de obras de engenharia e da aplicação de práticas conservacionistas na sua área de contribuição. Este tipo modifica substancialmente a fisionomia local da paisagem, altera o sistema hídrico através da interceptação do lençol freático com aumento do gradiente hidráulico, remove enormes quantidades de solo a cada evento pluviométrico e que ocasionam o assoreamento dos cursos d'água à jusante, freqüentemente ligado a movimentos de massa dos seus taludes.

Dada a ocorrência de muitas boçorocas no município de Orizona, e em particular no caso estudado, será dada maior ênfase a elas, como a seguir.

O termo voçoroca ou boçoroca, originou-se do tupi-guarani e significa "terra rasgada ou rasgão do solo". Popularmente esta feição erosiva é conhecida de acordo com Barros (1961); Almeida (1995), como: buracão, grota, desbarrancado, soroca, cavão, covão; em língua estrangeira, por *barroca* (Portugal), *lavaka* (República Malgaxe), *donga* (África do Sul), *gully erosion* (países anglo-saxões) e *arrojo* ou *cárcaras* (espanhol). Independentemente do termo, a boçoroca é um fenômeno erosivo complexo e de grandes dimensões que acontece com maior ou menor freqüência em quase todos os países do planeta, não sendo exclusivo das regiões tropicais.

Como se observou anteriormente, são vários os mecanismos que atuam na evolução das boçorocas, "variadas são igualmente as escalas de tempo nos quais esses mecanismos atuam" (Oliveira, M., 1999). Por isto elas são entendidas por muitos autores como as feições mais complexas do modelado das vertentes.

Entretanto, para a maioria dos autores a boçoroca é nitidamente conseqüência de um fenômeno hídrico, associado tanto à ação das águas

superficiais como das subsuperficiais. Tem seu início atribuído à concentração de águas pluviais superficiais na vertente, que escavam pequenas incisões, as quais evoluem para sulcos e ravinas cada vez mais extensas, largas e profundas, até atingirem o lençol d'água subterrâneo, quando desenvolvem também outros processos, quando passam a ser assim chamadas.

Há boçorocas que começam no fundo de vale e progridem regressivamente em direção à montante, portanto, nascem e evoluem conectadas ao curso d'água, e outras que surgem desconectadas dos canais de drenagem, pois, iniciam-se na parte superior de uma encosta, como ravina, que posteriormente evolui para jusante, aprofunda-se, e atinge o lençol freático.

Oliveira, M. (1999), ainda salienta que as erosões conectadas à rede hidrográfica, apresentam maior poder de produção de sedimentos do que aquelas desconectadas. Aponta ainda, que quando grandes incisões erosivas ocupam longitudinalmente o conjunto de uma encosta, são o resultado da integração, ao longo do tempo, de incisões conectadas e desconectadas dos cursos d'água, conforme exemplificado na Figura 2.

O *piping* também conhecido como erosão interna ou em tubos (IPT, 1986; Salomão, 1994; Guerra, 1998; Oliveira, M.,1999), é um dos mecanismos mais atuantes numa boçoroca, pois, cria vazios no interior do solo em horizontes subsuperficiais, causando desestabilização dos horizontes suprajacentes, culminando em desmoronamentos, abatimentos e/ou colapsos do terreno. Essa erosão interna, varia ao longo do ano nas áreas tropicais, devido à sazonalidade pluviométrica e o conseqüente gradiente dos freáticos, porém tem sua energia aumentada durante o verão (período chuvoso), com o aumento da percolação da água no solo em subsuperfície.

A erosão interna ou em tubos pode ocorrer relacionada à evolução de uma boçoroca quando ocorre em suas paredes ou cabeceira, contribuindo para o festonamento dos taludes e a sua evolução regressiva para montante. Quanto maior for o gradiente hidráulico da encosta onde se localiza a feição erosiva, maior será o poder destrutivo desse mecanismo. Todavia, o *piping*, pode ocorrer sem ligação com uma boçoroca, em área com forte gradiente hidráulico, quando as camadas profundas do solo apresentam elevados índices de umidade, resultantes da prolongada infiltração de água – como no verão em áreas tropicais

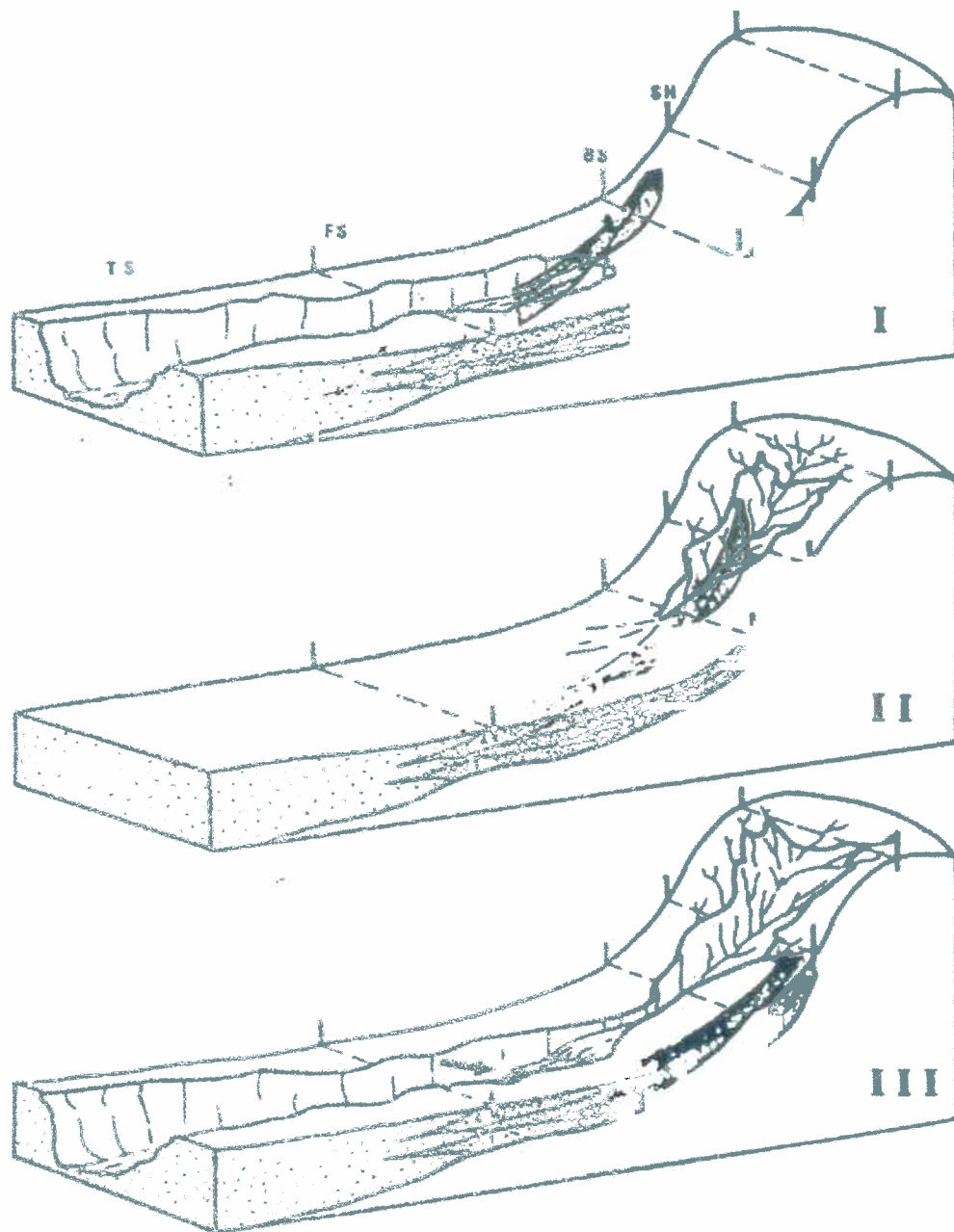


FIGURA 2: Modelo de evolução de boçorocas. I: boçoroca conectada à rede hidrográfica; II: boçoroca desconectada da rede hidrográfica; III: integração entre os tipos anteriores. A seta na figura III aponta para degrau formado no momento da integração. Na figura I a encosta é subdividida em elementos geométricos, tal como por Ruhe (1974), sendo TS - *to eslope*; FS - *footslope*; BS - *backslope*; SH - *shoulder*; SU - *summit*. Modificado de OLiveira e Meis (1985), apud Oliveira (1999).

e no inverno em países de clima temperado. Essa excessiva umidade pode desencadear a formação dos dutos no interior do solo, onde os fluxos de água passam a correr em direções preferenciais, retirando e carreando partículas de solo para a drenagem local, o que tende a alargá-los e provocar o colapso do teto, situado acima desses túneis, levando à formação de boçorocas. (Guerra, 1998)

Segundo Oliveira, M. (1999), as boçorocas tendem a se estabelecerem em cabeceiras de drenagem em função dessas zonas constituírem-se em áreas de convergência de fluxo superficial e subterrâneo. Por isso, essas áreas devem ser consideradas como áreas de risco à erosão e protegidas por lei.

Os sopés das encostas geralmente associados à ruptura de declive, também caracterizam-se por elevada convergência de fluxos tanto superficial quanto subsuperficial. Este último, tem sua energia aumentada quando o lençol freático recebe um acréscimo d'água através do lençol suspenso durante o período chuvoso. Portanto, essas áreas também são muito suscetíveis à instalação e evolução de boçorocas com presença de *piping* e outros mecanismos erosivos altamente destruidores da cobertura pedológica. A boçoroca Pontinhas, objeto desta pesquisa, está instalada numa área similar a esta descrita.

No início do escoamento superficial, à montante da cabeceira da boçoroca, o fluxo de água turbulento transporta em suspensão grande quantidade de material fino, siltico-argiloso até arenoso fino, bem como exerce uma ação de arraste intenso no leito. A enorme quantidade de sedimentos em suspensão confere ao fluxo maiores densidade e viscosidade. (Bigarella & Mazuchowski, 1985)

A cabeceira da boçoroca, geralmente constituída, como toda a vertente, de material inteiramente inconsolidado, apresenta uma ruptura de declive abrupta, sob a forma de degrau. Conforme a maioria dos autores (dentre eles Oliveira, M., 1999), neste local, o fluxo de água superficial aprofunda rapidamente seu leito, fazendo com que as paredes do canal do fluxo concentrado, junto ao degrau de ruptura do declive, sofra liquefação e se desfaça em denso movimento de massa pelo degrau abaixo. Este recua igualmente, tanto pela abrasão como pela liquefação do material constituinte. Portanto, trata-se de evolução remontante.

Ainda segundo Oliveira, M. (1999), a erosão por boçorocas é originada por vários mecanismos que atuam em diferentes escalas espaciais e temporais, comandados pelos fluxos de água que ocorrem na superfície e em subsuperfície, destacando-se os seguintes mecanismos:

a) Deslocamento de partículas por impacto de gotas de chuva.

b) Transporte de partículas de solo pelo escoamento superficial difuso – que depende da geração de fluxos de água, e sua escala temporal de atuação depende da duração e da intensidade dos eventos chuvosos.

c) Transporte de partículas por fluxos concentrados – o escoamento superficial ao se concentrar em pontos preferenciais da vertente, cria incisões perceptíveis, e seu aprofundamento ao longo do tempo depende principalmente de fatores de caráter local (declividade, comprimento de rampa, forma da vertente, características mecânicas dos materiais, etc.), da intensidade e volume das chuvas.

d) Erosão por queda d'água – denominada também de *plunge pool erosion*, origina-se a partir do escoamento superficial que deságua no interior de feições erosivas, em forma de cascata. A turbulência formada pela queda d'água, remove materiais em torno da zona de impacto e escava uma depressão na base da borda erosiva. Sua intensidade depende da coesão dos materiais erodidos, bem como, da característica da chuva (volume e duração).

e) Solapamento da base de taludes – esse solapamento ocorre pela atuação dos chamados filetes subverticais de escoamento superficial (Oliveira *et al.*, 1995), que podem surgir em todo e qualquer corte topográfico através do molhamento do talude da boçoroca pela chuva ou pela diminuição do fluxo de escoamento superficial que deságua na erosão em forma de cascata. O autor denomina o solapamento da base dos taludes de alcovas de regressão (alcova, do árabe *al – qubbâ*: abóboda), atualmente este termo está sendo substituído por anfiteatro. Essas feições podem ser observadas nos locais de maior atividade das boçorocas, que tendem a evoluir remontantemente, solapando e abatendo os horizontes superiores do solo afetado, conferindo um alto poder erosivo e mobilizador de terra.

f) Liquefação de materiais do solo – a liquefação ocorre quando materiais inconsolidados são submetidos a fracas tensões cisalhantes de natureza cíclica.

O estado de liquefação é relativamente rápido e a mobilização do material é imediatamente seguida por um novo empilhamento das partículas individuais.

Todavia, em condições de desenvolvimento de poropressões na água do solo (Iverson & Major, 1986 apud Oliveira 1999), dois mecanismos podem agir reciprocamente e fazer com que materiais inconsistentes se procedam como fluido: a liquefação e a fluidização. Isto se manifesta quando os materiais do solo estão saturados. Por conseguinte, a liquefação está associada ao lençol d'água e por isto ocorre preferencialmente durante as estações mais úmidas.

g) Movimentos de massa localizados – existem vários tipos de movimentos de massa que atuam numa boçoroca comandados por fatores que contribuem para aumentar o cisalhamento e / ou diminuir a resistência às tensões cisalhantes nos taludes erosivos. De acordo com ele, os fatores que aumentam as tensões cisalhantes nas paredes das boçorocas são: sobrecarga, solapamento, pressão lateral, remoção de suporte lateral, tensões transitórias de origens diversas e os fatores que diminuem a resistência ao cisalhamento – textura e composição, reações físico-químicas, modificações da estrutura, desmatamento, efeitos da água matricial.

h) Arraste de partículas por fluxos concentrados em túneis ou dutos – essa erosão ocorre tanto em função da água superficial como da subsuperficial.

As boçorocas, com freqüência, quando não estão relacionadas com a reativação de cabeceiras de drenagem, estão conectadas a um curso d'água, embora possa ocorrer desconectadas, também de acordo com Oliveira, M. (1999).

Em síntese, pode-se observar em uma boçoroca inúmeros mecanismos associados: alcovas de regressão, erosão em filetes subverticais hierarquizados, liquefação espontânea, deslocamento de fendas de tração, erosão por infiltração ou afloramento do lençol freático, *piping*, erosão pluvial (salpico), erosão por escoamento difuso e concentrado no interior e nas bordas localizados. (Oliveira *et. al.*, 1995)

3.2 – Os condicionantes da erosão hídrica

A deflagração dos processos erosivos acelerados está relacionada com as características naturais dos terrenos: clima (especialmente a pluviosidade), a cobertura vegetal, o relevo (topografia), a cobertura pedológica (o solo) e o substrato geológico, conjugados com o fator uso e ocupação do solo (Oliveira, 1994; Salomão, 1994 e 1999), como exposto resumidamente a seguir.

3.2.1 - Chuva

A chuva é o elemento climático que mais influencia na erosão. Para Oliveira (1994), ela constitui o fator que rege o ritmo das perdas de solos e da produção de sedimentos pelos processos erosivos.

Bertoni & Lombardi Neto (1990), salientam que as características dos eventos pluviométricos que mais interferem na erosão referem-se à intensidade, duração, distribuição ou freqüência dos mesmos.

De acordo com Salomão (1999), o impacto das gotas de chuva na superfície dos terrenos e as enxurradas provocam inicialmente o surgimento da erosão laminar. Ainda conforme esse autor, chuvas torrenciais ou pancadas de chuvas, como tromba-d'água, constituem a forma mais agressiva de impacto da água no solo. Quando isso ocorre, a aceleração da erosão é máxima.

Para o desenvolvimento das feições lineares, principalmente das boçorocas, Oliveira (*op. cit.*) referenciando Ponçano & Prandini (1987), destaca a importância do contraste sazonal entre o período de deficiência hídrica e o de água excedente no ano. Esta oscilação sazonal favorece a concentração das precipitações em um determinado período do ano, o que contribui para o aumento do escoamento concentrado e conseqüentemente para a evolução das erosões lineares, inclusive as boçorocas, por implicarem num excedente de água em relação à capacidade de infiltração do solo. Isso é comum em regiões tropicais, como é o caso da área de abrangência dos cerrados.

O índice que expressa a capacidade da chuva de provocar erosão é denominado de erosividade. (Bertoni & Lombardi Neto, 1990)

3.2.2 - A cobertura vegetal

A vegetação atua como proteção natural dos solos frente à ação do efeito *splash* e contra a ação do escoamento concentrado (enxurrada). Sendo assim, "(...) a cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão". (Salomão, 1999)

Esse mesmo autor referindo-se a Bertoni & Lombardi Neto (1985), destaca os principais efeitos da cobertura vegetal perante os processos erosivos:

- a) Proteção direta contra as gotas de chuva;
- b) Dispersão e quebra da energia das águas de escoamento superficial;
- c) Aumento da infiltração pela produção de poros no solo por ação das raízes;
- d) Aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica, ou seja, aumento da capacidade de adsorção dos solos.

Segundo Oliveira, J. (1999) a proteção da cobertura vegetal varia também de acordo com o tipo de vegetação natural ou cultural (antrópica), podendo diminuir ou aumentar seu poder erosivo.

Em estudo experimental realizado no Maciço da Tijuca – Rio de Janeiro, Leão *et. al.* (1995), constataram que as maiores taxas erosivas encontravam-se nos sítios ocupados por revegetação induzida e que, do ponto de vista hidrológico, a maior eficiência no controle da atividade erosiva cabe aos sítios ocupados por revegetação espontânea.

Cassetti (1991), em estudo semelhante no município de Goiânia, comparando a perda de solos em três diferentes parcelas de uso e ocupação do solo (cultivo de arroz, pastagem cultivada e mata), demonstrou que a parcela cultivada anualmente, no caso a da rizicultura, perdia muito mais solo e água em um evento chuvoso do que a pastagem cultivada, que por sua vez, perdia mais solo do que a parcela coberta por floresta.

Observa-se então, a importância da cobertura vegetal para o desencadeamento ou não da ação erosiva, bem como, a importância de se conhecer a totalidade dos fatores naturais que interferem na erosão com o intuito de planejar os diferentes usos e ocupação dos solos, de acordo com as suas

aptidões naturais, sem causar prejuízos ambientais através do rompimento do equilíbrio natural favorecendo a instalação dos processos erosivos.

3.2.3 - O relevo (a topografia)

O relevo é o resultado das ações das forças ativas e passivas dos processos endógenos e exógenos, sendo o *locus* onde o homem desenvolve e organiza suas atividades (Ross, 1998). Portanto, está em contínua evolução. Caso a ação humana sobre o relevo não leve em consideração suas características físicas, poderá desencadear inúmeros desequilíbrios ambientais, dentre eles, destacam-se as erosões.

Gerlach (1984) *apud* Baccaro (1990), salienta que a intensidade da ação erosiva depende do perfil da vertente (convexa, côncava, convexa-côncava, retilínea e em degraus). Outros aspectos da topografia como o comprimento de rampa e a declividade também interferem na intensidade dos processos morfogênicos atuais, como estudados pela FAO (1976), além das áreas de ruptura de declive.

Assim, para Baccaro (1990), o escoamento superficial ocorre mais localmente e aparece preferencialmente onde os solos se tornam mais rapidamente saturados, em áreas de perfil côncavo, favorecidas pela concentração dos fluxos em solos mais úmidos. Em vertentes convexas o escoamento concentrado é menos pronunciado do que em vertentes côncavas.

Contudo, nas vertentes convexas o escoamento superficial tende a se dispersar tornando comum a atuação da erosão laminar mais intensa em relação à linear. Ainda nessas vertentes, quando surgem feições lineares, é mais freqüente o surgimento de sulcos e ravinas do que de boçorocas. Por outro lado, as vertentes côncavas e retilíneas tendem a favorecer a concentração das águas superficiais (enxurradas), por isso são mais suscetíveis à instalação de erosões lineares de grande porte, do que as formas convexas, e sobretudo as retilíneas, mais favoráveis, no entanto, quando apresentam extensos comprimentos de rampa, que aumenta a energia cinética das águas escoadas. (Oliveira, J., 1999)

Destarte, as vertentes convexas tendem a ser dispersoras de fluxos, enquanto que as retilíneas e sobretudo as côncavas possuem características

concentradoras de escoamento. Isto confere a estas últimas formas maior suscetibilidade à instalação de processos erosivos lineares, principalmente as de grande porte: ravinas e boçorocas. Contudo é comum também, em uma encosta, aparecerem as três formas associadas, e em suas transições aparecem as rupturas de declive, conferindo aí o maior risco de surgimento de erosões.

De acordo com a FAO (1976), dependendo da quantidade e intensidade do evento pluviométrico, quanto maior o comprimento da vertente e/ou rampa, maior será a velocidade de água a ser escoada, portanto terá um forte poder erosivo. E quanto maior a declividade maior será a velocidade do escoamento superficial (*runoff*) e conseqüentemente maior será também o poder abrasivo desse escoamento.

Durante um evento pluviométrico, uma vertente extensa e com forte declividade coberta por uma densa vegetação natural poderá não sofrer erosão pelo escoamento superficial. Por outro lado, uma vertente curta e com pequena declividade, porém desprotegida de vegetação, poderá sofrer grandes danos erosivos nas mesmas condições de precipitação, principalmente se o solo for inerentemente suscetível à instalação de processos erosivos.

O IPT (1986), num estudo de cadastramento de ravinas e boçorocas na Bacia do Peixe-Paranapanema, no estado de São Paulo, constatou que a maior concentração dessas feições, ocorria em relevos de transição e morrotes constituídos por vertentes relativamente declivosas, superiores a 15 % e com perfis convexos passando a retilíneos. Além disso, constatou-se neste estudo que essas vertentes apresentam ruptura de declive, sobretudo côncavas favorecendo nesses locais a concentração do escoamento superficial e o conseqüente aumento do risco ao desenvolvimento dos processos erosivos.

Ross (1998), em estudo realizado nos morros do leste de São Paulo, nas proximidades do reservatório de Igaratá (bacia do Rio Juqueri), com relevos de perfis convexos e retilíneos, constatou que segmentos côncavos das vertentes em nichos de cabeceiras de vales, com declividade superior a 30%, segmentos convexos nas médias vertentes com declividade acima de 40% e a base das vertentes com alta declividade, apresentam grande instabilidade morfológica, sobretudo de deslizamentos e/ou escorregamentos.

Guerra (1998) referendando Horton (1945), salienta que “o escoamento superficial resulta de a intensidade da chuva ser maior do que a capacidade de infiltração do solo e se distribui da seguinte maneira na encosta: o topo da encosta (vertente) é uma zona sem fluxo, que forma uma área sem erosão; à medida que se distancia do topo, ocorre um acúmulo suficiente de água, onde o fluxo começa e inicia-se o transporte de constituintes do solo; um pouco mais abaixo, na encosta, a profundidade do fluxo aumenta, e ele torna canalizado”, formando feições erosivas lineares, que evoluem de acordo com as características morfológicas dessa encosta, com o tipo de uso e ocupação, bem como, com o monitoramento (obras de recuperação) deste escoamento.

Assim, qualquer intervenção antrópica no meio deve levar em conta as características do relevo, para não ser surpreendida por desequilíbrios ambientais indesejáveis, de alto custo econômico e com prejuízos irreparáveis à natureza.

3.2.4 - O solo

O solo, por influenciar e sofrer a ação dos processos erosivos, é o principal fator natural que comanda a atuação da erosão. De acordo com Salomão (1999), sua influência depende de suas propriedades físicas, principalmente textura, estrutura, permeabilidade e densidade, e às suas propriedades químicas, mineralógicas e biológicas.

A textura refere-se ao tamanho (granulometria) das partículas constituintes (granulometria – argila, silte e areia), o que interfere na porosidade dos solos. Dessa maneira, os solos arenosos são muito porosos e por isso permeáveis, porém, como não possuem coesão entre as partículas são facilmente erodíveis. Os solos argilosos ao contrário, em geral são menos porosos e permeáveis do que os arenosos e apresentam uma boa coesão entre as suas partículas o que dificulta seu desprendimento e transporte pela ação das águas pluviais.

Drew (1989), afirma que certos aspectos do solo modificam-se rapidamente, mas outros são mais lentos. Como exemplo, a textura dificilmente sofre alteração, ela só vai mudar se forem adicionadas larga quantidade de areia grossa e matéria orgânica; já a parte química e biológica, altera-se mais

facilmente refletindo em modificações na estrutura e na drenagem da cobertura pedológica.

A estrutura (poliédrica, laminar, prismática, microagregada ou granular, etc.) refere-se ao arranjo das partículas do solo. Determinadas estruturas apresentam maior porosidade em relação à outras, o que diferencia no grau de infiltração e escoamento superficial e subsuperficial refletindo na atuação diferenciada dos processos erosivos. As estruturas poliédrica e prismática, por exemplo, podem apresentar fraco grau de desenvolvimento, portanto são menos resistentes ao ataque erosivo. Por outro lado, solos com estrutura microagregada ou granular como os latossolos, possuem alta porcentagem de poros, facilitando a infiltração das águas pluviais, além disso, tendem a apresentar forte grau de desenvolvimento, aumentando a resistência do solo contra a lixiviação. (Salomão, 1999)

A permeabilidade está relacionada diretamente com a porosidade, refletindo na maior ou menor infiltração das águas pluviais no solo. Solos permeáveis são comumente menos favoráveis à erosão; se forem arenosos grosseiros também, mas, se muito finos ou siltosos costumam ter porosidade menor e de dimensões reduzidas, diminuindo a permeabilidade e a infiltração favorecendo o acúmulo superficial da água. Em alguns casos, dependendo da estruturação, solos argilosos fortemente microagregados podem se apresentar altamente porosos e serem até mais permeáveis e estáveis que certos solos arenosos. (Salomão, *op. cit.*)

A densidade do solo, refere-se ao seu volume e massa total, que são inversamente proporcionais à permeabilidade e porosidade. Assim, solos densos, sobretudo que sofrem compactação, principalmente após intenso uso agrícola, diminuem seus macroporos e a sua capacidade de infiltração, aumentando o risco de concentração superficial da água e conseqüentemente da erosão.

Os solos rasos são mais suscetíveis aos processos erosivos do que os mais profundos, porque tão logo as finas camadas se saturem durante um evento pluviométrico, inicia-se o escoamento superficial instalando as erosões.

As características químicas, mineralógicas e biológicas do solo influem na sua capacidade de adsorção e de coesão, o que interfere na capacidade de agregação entre suas partículas e maior ou menor resistência à erosão.

A matéria orgânica aumenta a coesão entre os agregados do solo e oferece maior resistência à erosão. Por outro lado, o gradiente textural entre os horizontes superiores do solo, favorece o surgimento de erosões, pois a camada superficial arenosa apresenta boa porosidade e percolação, ao contrário da camada subjacente (mais argilosa) que é menos permeável e satura mais rápido, fazendo com que a água procedente da superior se acumule logo acima dela. Com isso, tão logo a camada arenosa atinja o seu saturamento, inicia-se o escoamento superficial e subsuperficial, dando início aos processos erosivos e aos riscos de movimentos de massa como os deslizamentos por exemplo, muito comuns em solos podzólicos no Sudeste Brasileiro, principalmente em vertentes íngremes associadas a cortes de estradas e ocupação urbana inadequada (observada nos morros ocupados por moradias populares sobretudo nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro e em inúmeras outras periferias urbanas), como declaram os estudos feitos por Salomão (1994), em Bauru SP.

Ainda com relação à suscetibilidade dos solos podzólicos aos processos erosivos, o estudo desenvolvido pelo IPT (1986), na Bacia do Peixe-Paranapanema em São Paulo, afirma que os solos podzólicos de textura arenosa/média são os mais susceptíveis, seguidos pelos latossolos de textura média.

Cabe mencionar, que o solo pode ser entendido como um sistema em transformação permanente, isto é, a pedologia o considera em constante formação e evolução, sob o efeito de fatores bioclimáticos, que intervêm sobre o regolito, provocando redistribuições de matérias, reestruturação e organização em horizontes (Boulet, 1984 *apud* Almeida, 1995). O sistema pedológico apresenta-se como um sistema aberto que interage com os demais. A erosão pode ser um processo natural ou não desse sistema, atuando como dinâmica de equilíbrio da própria cobertura pedológica.

O crescimento da produção agropastoril, a expansão urbana desordenada e outras utilizações das terras sem planejamento, tem como fatores limitantes a falta de suporte mais consistente sobre o sistema pedológico devido à sua degradação acelerada. "Um dos meios mais eficazes de controlar a erosão e evitar as diversas formas de degradação é o manejo adequado do solo, visando

pelo menos à manutenção e/ou recuperação de sua condição estrutural”. (Freitas e Ker, 1996)

3.2.5 - O substrato geológico

São vários os fatores que controlam de forma direta ou indiretamente o processo erosivo e a evolução das boçorocas como mencionado anteriormente, inclusive o substrato geológico. Facincani *et al.* (1995), em estudo realizado na região de São Pedro (SP.), destacam as feições estruturais e a neotectônica como fatores fundamentais no desenvolvimento das boçorocas daquela região.

Salomão (1994), afirma que muitas ocorrências erosivas na Bacia do Peixe-Paranapanema (São Paulo), estão associados a substratos areníticos, com fundo de vales preenchidos por materiais coluvionares arenosos. Segundo ele, nesses materiais ocorre o surgimento de erosões associadas à reativação de cabeceiras de drenagens naturais.

Segundo Oliveira (1994), no oeste paulista as formações areníticas do grupo Bauru, cobertas por solos podzólicos de textura arenosa/média, abrupções em regiões com declive acentuado do relevo, são altamente susceptíveis à instalação de ravinas e boçorocas. Conforme o autor, áreas onde há o predomínio do substrato basáltico da formação Serra Geral, coberto por solos podzólicos de textura argilosa/muito argilosa e por terras roxas e latossolos roxos, associados a relevos movimentados de colinas médias, morros e morrotes, não são susceptíveis à instalação de boçorocas, embora ocorra o surgimento de erosão laminar e ravinas.

As áreas mais suscetíveis, segundo o mesmo autor, são as que apresentam solos espessos, com boa porosidade, textura média a argilosa associados com vertentes pouco declivosas, cobrindo um substrato fragilizado pelo alto grau de metamorfismo, fragmentado, fraturado, apresentando diáclases e rochas friáveis (como ocorre com a maioria das rochas que compõem o Complexo Basal Goiano, que data do Pré – Cambriano). Nesses casos, naturalmente não é a cobertura pedológica que é susceptível à instalação de erosões lineares, mas o fato de que se o processo de uso e ocupação for desencadeado pela ação humana de forma inadequada, e as águas excedentes

atingirem esse substrato, os solos suprajacentes, mesmo pouco suscetíveis serão solapados, carregados vertente abaixo e transportados pelo escoamento fluvial. É quando as feições erosivas podem alcançar grandes dimensões, dependendo dessa fragilidade litológica e do grau de alteração em que se encontram, como ocorre no sudeste do Estado de Goiás.

Nascimento (1994), constatou, através de cadastramento das erosões urbanas de Goiânia (sítio urbano sobre rochas do Grupo Araxá, onde eram maiores e no Complexo Basal Goiano), que a maioria das boçorocas existentes na capital, está localizada sobre rochas do Grupo Araxá (micaxistos e quartzitos), uma vez que a xistosidade desta litologia, as finas granulometrias e as baixas porosidades favorecem a concentração superficial da água e a instalação de erosões lineares.

3.2.6 - O uso e ocupação do solo

A ação antrópica, através do uso e ocupação do solo, deve ser acrescentada à lista de fatores modificadores do solo e desencadeadora dos processos erosivos, visto que assume, pelo menos em nível local, maior significado que todos os demais fatores naturais em conjunto.

A ação do homem pode ser considerada como uma variável da erosão dos solos; o difícil é medir o limite entre a sua ação e a erosão natural sem considerar as escalas temporais e espaciais. (Almeida, 1995)

A ocupação dos terrenos inicia-se através dos desmatamentos, seguidos pela implantação de estradas, áreas agrícolas e de pastagens, expansão de áreas urbanas, etc., que freqüentemente são efetuados de modo inadequado. Assim, constituem fator decisivo na aceleração dos processos erosivos, pois, expõem o solo à ação direta do *efeito splash*, bem como, favorecem o aumento do escoamento superficial (*runoff*), principalmente através da compactação e impermeabilização dos solos.

Vários autores associam o aparecimento de ravinas e boçorocas ao uso inadequado das terras agrícolas como desmatamentos, carregadores, estradas, caminhos, "curvas de nível", plantio na direção da linha de maior declive, etc. e

urbanas como traçado viário acompanhando o sentido da declividade, ausência de obras de drenagem pluvial, lançamento de esgoto, de águas servidas e pluviais à meia encosta, impermeabilização do solo, ocupação de cabeceira e fundo de vale e áreas muito íngremes, etc. dentre eles Prandini (1974); Vieira (1978); Nascimento (1994) e Salomão (1994).

CAPÍTULO IV

4 – METODOLOGIA

4.1 – Fundamentos metodológicos da pesquisa

O estudo da erosão linear, considerada como hídrica, ou seja, como fenômeno ligado à circulação da água e, em particular como processo pluvioerosivo, requer escalas apropriadas para sua melhor compreensão. As bacias hidrográficas vem se mostrando como as categorias espaciais mais adequadas, pois permitem o intercruzamento dos condicionantes (naturais ou antrópicos) dentro de limites que são comandados pela circulação hídrica contida entre os divisores e o canal de drenagem, bem como o fácil cadastramento das ocorrências, contribuindo para que seu comportamento hidrológico possa ser melhor medido, monitorado e interpretado.

A bacia hidrográfica ou bacia de drenagem pode ser entendida como a área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, sendo limitada pelos divisores de água. A circulação da água e sedimentos, tanto superficiais como subsuperficiais dirige-se, portanto para o canal principal.

Conforme Botelho (1999), essa bacia é uma célula natural que pode, a partir do seu ponto de saída (*outlet*), ser delimitada sobre uma base cartográfica que contenha cotas altimétricas (cartas topográficas), ou que permita uma visão tridimensional (fotografias aéreas).

Ela salienta também que a bacia hidrográfica é uma unidade natural de análise da superfície terrestre, permitindo reconhecer e analisar as interrelações existentes entre os diferentes elementos da paisagem e os processos que atuam na sua evolução. É portanto, delimitada por atributos geomorfológicos e possui limites precisos principalmente para reconhecimento dos fluxos hídricos e é ideal como unidade de planejamento de uso do solo. Uma bacia hidrográfica pode estar contida em outras de tamanho maior e conter um grande número de bacias menores denominadas de sub-bacias e/ou microbacias.

No meio científico, nem sempre há uma diferenciação clara em termos de dimensões precisas que diferenciam bacia de sub-bacia e de microbacia hidrográfica. Até mesmo a criação do PNMH (Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas) pelo Ministério da Agricultura, através do Decreto – Lei Nº 94.076

de 05/03/1987, que difundiu o uso do termo microbacia, ampliou as inadequações na utilização destes conceitos, pois, a definição que o Ministério da Agricultura utilizou para a microbacia refere-se ao mesmo que é utilizado na literatura nacional designado ao conceito de Bacia Hidrográfica conforme o acima mencionado, embora alguns autores assumam a dimensão em área como elemento para sua distinção.

Para Bordalo (1995), as microbacias hidrográficas constituem a unidade efetiva do processo de gestão de bacias de drenagem, as quais, sendo o nível onde as ações se desenvolvem, devem permitir um enfoque sistêmico e serem consideradas como um sistema aberto de natureza intrínseca e dinâmica, inter-relacionando com os sistemas antecedentes e com organização geográfica própria.

Muitos autores consideram bacia e sub-bacia ou até microbacia como sistemas, pois, no seu interior, os elementos interagem e convergem sob o mecanismo de fluxo de massa e energia, e qualquer intervenção (sobretudo humana) em um elemento do sistema, afetará os demais elementos, devido ao intercâmbio entre eles, como já salientara Chorley (1975).

Para Mamede (1999), os conceitos de bacia e microbacia diferenciam-se apenas quanto ao deságüe das mesmas, pois, enquanto a primeira deságua em um grande lago ou mar, a última tem como foz outro rio de ordem maior.

Ao se trabalhar com as boçorocas, fica claro que o lençol freático, ao ter sido interceptado, passa a correr livre no fundo ou base delas, constituindo-se já como pequeno canal de drenagem e, nesse sentido, os seus taludes representariam o vale e a linha que os contorna, a partir da qual os fluxos se dão em direção a elas, constituindo-se assim a bacia de contribuição hídrica que a alimenta. Trata-se, portanto, quando o deságüe se dá num pequeno córrego ou canal maior, de uma espécie de microbacia de drenagem.

Em virtude do exposto, nesta pesquisa foi adotado o termo bacia hidrográfica para aquela do Córrego Pontinhas e reservou-se o de microbacia para aquela específica da ocorrência erosiva. A área da bacia é muito pequena, com cerca de 15 Km², e é drenada por um curso de 3^a ordem, conforme a classificação de Strahler (1957), e a área da microbacia nela contida é de cerca de 4.000m².

O processo de escolha de uma bacia e nela de uma unidade hidrológica menor para um estudo de detalhe, a sua dimensão significará e dependerá das características do meio físico que as constituem e da sua ocupação, em particular de seu uso e manejo, os quais, por sua vez, derivam da situação política e sócio-econômica em que estão inseridas, inclusive historicamente, uma vez que as características da água que drena dependem da interação dessas situações e seus efeitos.

Quanto às áreas de risco à erosão dentro de um bacia hidrográfica, Oliveira, M. (1999), salienta que é no seu interior, nas chamadas cabeceiras de vale, ou cabeceiras de drenagem, que os riscos erosivos são maiores, pois, as boçorocas tendem a se instalar nas proximidades das fontes geradoras de fluxos. Daí ele coloca sua preocupação em relação à preservação dessas áreas que freqüentemente encontram-se desprovidas de vegetação natural e apresentam sinais nítidos de degradação pela erosão, bem como, vestígios da atuação de processos erosivos pretéritos, sinalizando sua instabilidade intrínseca. Ainda como agravante, as leis ambientais em vigor, por problemas estruturais, conceituais (incoerência sobre nascentes e mananciais) e operacionais não possibilitam uma preservação efetiva dessas áreas, aumentando os riscos da instalação de erosões aceleradas.

Além das cabeceiras de drenagem apontadas por Oliveira, M. (1999), caracterizarem como as principais áreas de risco à erosão, os chamados fundos de vales também o são, como pôde ser observado em Goiânia, durante a realização do já citado cadastramento das erosões urbanas (Nascimento, 1994).

Normalmente, os fundos de vales apresentam grandes declividades e conseqüentemente alto gradiente hidráulico. Essas características, associadas à ocupação urbana e/ou rural inadequada, isto é, em áreas de risco potencial, freqüentemente desencadeiam o surgimento de processos erosivos acelerados, que em pouco tempo carregam os horizontes do solo e assoreiam os cursos d'água, refletindo em maiores riscos de enchentes durante o período chuvoso tanto no espaço urbano como no rural. Não raro as populações atingidas quase sempre são as de baixa renda, residentes na periferia das cidades, que desconhecem as medidas de controle preventivo e são desatendidas, e que agravam ainda mais o problema ao jogarem entulhos ou lixo nas erosões, que se

tornam, assim, também focos de doenças, por contaminações dos freáticos e outros. Portanto, além de um problema ambiental, a instalação de erosões pode agregar também, problemas sociais de várias naturezas.

As boçorocas, mesmo que nasçam desconectadas mas que depois se conectam ao canal de drenagem, chegam ao fundo dos vales onde essa dinâmica hidrológica se impõe. Portanto, as condições hidrológicas integram necessariamente os estudos do boçorocamento. Por outro lado, essas condições dependem das características que se integram aos chamados condicionantes, já apresentados no item anterior, como os materiais (rochas, saprolitos e solos) e seu comportamento.

Assim um dos recortes que pode se dar, nesse sentido, é priorizar ou enfatizar o estudo do comportamento dos materiais das pequenas bacias onde se instalou o processo erosivo, como o que foi feito nesta pesquisa.

Para tanto, foi preciso compreender que dos limites divisores de uma bacia até seu fundo de vale pode ocorrer uma distribuição de horizontes de solo diferentes que se superpõem e/ou se justapõem, sobre as rochas alteradas, e que só podem ser identificados e avaliados se o estudo pedológico for feito ao longo de seções longitudinais ou transectos ou ainda toposseqüências, dispostos do topo dos interflúvios até o fundo do vale, seccionando essa distribuição, a qual significa também o caminho natural e esperado dos fluxos hídricos.

Por isso optou-se por estudar os solos em toposseqüência, isto é em eixos dispostos do topo ou divisores, até o fundo do vale, como uma seção topográfica, ao longo da qual, a sucessão de horizontes do solo se dá, caracterizando um ou mais sistemas pedológicos, e que são reconhecidos através de perfis verticais expostos nas paredes de trincheiras alinhadas conforme a seção ou aproveitando-se de cortes ou exposições existentes já abertos.

Nesse sentido, entendeu-se que levantar a toposseqüência de solos paralelamente ao eixo da boçoroca e aproveitar do talude desta contemplaria esses princípios e agilizaria o trabalho; por outro lado, permitiu saber se haveria diferenças entre os solos não atingidos e os atingidos pelo boçorocamento.

Outra questão que se colocou é aquela relativa ao tipo de análises que podem contribuir para o entendimento dos fluxos e o comportamento dos materiais. As pesquisas mais recentes tem mostrado e enfatizado a necessidade

de se realizar análises e ensaios físico-hídricos que permitam avaliar os volumes dos fluxos, suas direções e a quais materiais se relacionam. Assim, priorizou-se neste trabalho ensaios e análises que permitissem quantificar os fluxos, como a condutividade hidráulica, a retenção hídrica, e a relação com a textura e a porosidade dos horizontes do solo. E decidiu-se que o plano de amostragem deveria contemplar os horizontes que se revelassem potencialmente diagnósticos do comportamento hidrológico da pequena bacia estudada. Isto posto, passar-se-á a seguir a apresentar os procedimentos operacionais de cada etapa.

Além do já exposto anteriormente, com respeito ao processo de ocupação regional e de Orizona, a bacia do Córrego Pontinhas, foi escolhida para a realização deste trabalho em função de possuir duas grandes ocorrências erosivas, representativas do que ocorre em todo o município, sobre litologias que constituem o Complexo Basal Goiano (gnaisse e migmatito, dentre outras) altamente metamorfizadas e fraturadas; o relevo local representa o que predomina no município, com cotas altimétricas variando entre 700 a 1000 metros de altitude, com topos planos a suavemente convexizados e vertentes apresentando pequenas declividades; os solos são constituídos por espessos latossolos vermelho escuros distróficos, nos topos dos interflúvios, variando para tons mais amarelados em direção ao terço médio das vertentes e para solos litólicos e/ou câmbicos em área de maior declividade (onde apresentam menor espessura) e ainda, solos com sinais de hidromorfia (Glei) nas proximidades das cabeceiras de drenagem e ao longo dos canais fluviais; a drenagem local, assim como a que ocorre na região parece estar associada ao controle estrutural, pois apresenta nítido paralelismo entre os cursos d'água, como pôde ser observado em trabalhos de campo, bem como, durante a realização da fotointerpretação; o uso do solo na área de contribuição da bacia do Córrego Pontinhas refere-se à práticas agropecuárias (criação de gado e lavouras de subsistência) que também é representativo do que predomina em todo o município orizonense.

A ocorrência erosiva do Córrego Pontinhas foi selecionada, e sua respectiva bacia, em função desses critérios e também pelo fato de ser bastante antiga, segundo depoimento do proprietário da fazenda, Senhor João de Castro, e por se tratar de boçoroca do ponto de vista do conceito aqui utilizado e de grande dimensão.

4.2 – Roteiro metodológico da pesquisa

O desenvolvimento da investigação deu-se em etapas. Inicialmente, porém, procedeu-se à revisão bibliográfica sobre o tema, os métodos de estudo, os conceitos e definições operacionais, com vistas a obter-se as bases teóricas e metodológicas da investigação, já expostas. A seguir procedeu-se à busca de dados bibliográficos e cartográficos disponíveis relativos ao meio físico do município de Orizona, em diferentes escalas e tipos de materiais. Nessa fase também buscou-se as fotos aéreas e imagens de satélite, como também realizou-se entrevistas por livre conversação com moradores antigos, pelos motivos anteriormente apresentados. De posse desses materiais e dados passou-se à investigação propriamente dita, como exposta a seguir.

Nove passos constituíram a seqüência de atividades desenvolvidas, a saber:

- 1º) Elaboração da carta base topográfica em escala 1/100.000 do município. A carta foi obtida por compilação das folhas Pires do Rio (SE.22-X-D-III) e Caraíba (SE.22-X-B-IV), ambas com escala 1/100.000 que foram confeccionadas pelo Ministério do Exército – USAF, 1973.
- 2º) Estabelecimento dos critérios para a seleção da bacia hidrográfica de estudo quanto aos aspectos físicos relativos ao substrato, à pedologia, à geomorfologia, à hidrologia e ao uso e ocupação do solo.
- 3º) Seleção da ocorrência erosiva e delimitação da respectiva bacia hidrográfica, com base em percursos feitos em campo, de modo a reconhecer-se uma ocorrência representativa tanto do meio físico como do sócio-econômico do município.
- 4º) Realização do estudo diagnóstico geral relativo aos estudos detalhados do meio físico do município e da bacia com ênfase nos principais condicionantes ligados aos materiais geológicos, geomorfológicos e pedológicos e de uso do solo (1964 e 1997) de semi-detalhe (1/100.000) e de detalhe (1/50.000 e 1/60.000) respectivamente; o procedimento geral foi de compilação cartográfica dos documentos temáticos disponíveis para os primeiros e de fotointerpretação sobre fotos aéreas antigas e imagens de satélite recentes para os segundos, ou seja,

para uma avaliação comparativa no tempo, relativa ao uso do solo e à evolução da ocorrência erosiva.

5º) Realização do cadastramento da boçoroca, então denominada de Boçoroca do Córrego Pontinhas, para caracterização de suas dimensões, formas e aspectos dinâmicos atuais, bem como, da morfologia dos materiais do talude direito.

6º) Levantamento morfológico do sistema pedológico da pequena bacia da Boçoroca, em eixo paralelo à esta, seguido da observação morfológica comparada com os horizontes expostos na parede do seu talude direito, para reconhecer os padrões de semelhança e sua disposição em relação à ocorrência erosiva.

7º) Análise e interpretação da morfologia geral do sistema pedológico, ou seja, dos diversos tipos de solos com respectivos horizontes, que ocorrem lateralmente do topo à base da vertente selecionada para esta pesquisa, e estabelecimento do plano de amostragem, isto é, das coletas de amostras deformadas e indeformadas para realização de ensaios e análises em laboratório.

8º) Realização dos ensaios e análises laboratoriais com vistas à caracterização diagnóstica relativa aos materiais, isto é, texturas, densidades e porosidade total, condutividade hidráulica saturada e retenção hídrica (para obtenção das freqüências da macro e micro – porosidade).

9º) Análise e tratamento dos resultados obtidos seguidos da interpretação final, elencamento de sugestões de controle e redação da dissertação.

Para facilitar a compreensão dos procedimentos associados a esses passos, eles são descritos a seguir.

4.3 – Procedimentos operacionais para a caracterização diagnóstica e prognóstica da Área de pesquisa

4.3.1 - Análise e tratamento de documentação cartográfica e de sensoriamento remoto.

Inicialmente foi realizado o levantamento dos documentos disponíveis, seguido de uma análise das características físicas gerais da região,

com base nas cartas temáticas obtidas (geologia, pedologia, geomorfologia, uso do solo), do Radambrasil – Folha SE.22 Goiânia, volume 31 (1983), na escala 1/1.000.000; nas cartas topográficas, escala 1:100.000, folha Pires do Rio e Caraíba, do IBGE, (1982), nas fotografias aéreas de 1964/65 na escala 1:60.000 (METAGO/GO), na imagem de satélite TM 5 (1997), e nas cartas temáticas na escala 1/150.000 do GDF/SEG – Estudo das potencialidades dos municípios da Região Geoeconômica de Brasília – Orizona/GO, volume XXX, 1982, vinculado ao convênio SEG/CODEPLAN.

Passou-se depois à elaboração da carta base por compilação das cartas topográficas citadas, na escala 1:100.000 e ao lançamento também por compilação, dos temas geologia, geomorfologia, pedologia, uso do solo (1964-65 e 1997). A carta – base recebeu tratamento hipsométrico (Libault, 1962) e clinográfico (De Biasi, 1992) para caracterização dos diferentes níveis de altimetria da área estudada. Foram estabelecidas 04 classes clinográficas (< 5%, 5-10%, 10-20% e > 20%) devido a relativa homogeneidade da topografia da bacia do Córrego Pontinhas.

A fotointerpretação foi feita visando a restituição da drenagem, marcação das rupturas de declive, delimitação da ocorrência erosiva, marcação dos divisores, registro das formas das vertentes, de vales, com base na legenda de Tricart (1965) adaptado por Queiroz Neto & Journaux (1978). O mapeamento do uso do solo foi realizado através da distinção dos padrões de cinza e formações visíveis da cobertura vegetal e ações antrópicas conforme Lepsch (1991), para a década de 1960.

A imagem Landsat TM 5 (1997), serviu para a identificação do uso do solo atual da área além da identificação dos limites da referida ocorrência erosiva, de modo a permitir sua comparação com aquela feita sobre as fotografias aéreas da década de 60.

Todos os produtos foram correlacionados e interpretados no sentido de compreender as relações espaciais entre a ocorrência erosiva e os possíveis condicionantes do meio físico. Os dados climáticos foram apenas relatados com base nos registros disponíveis, de modo a caracterizar o tipo climático e as características de distribuição pluviométrica.

4.3.2 - Cadastramento da Ocorrência Erosiva

Nesta fase o trabalho de campo foi desenvolvido em duas etapas sucessivas, a saber:

1) Controle de campo dos documentos cartográficos, elaborados preliminarmente, para reconhecimento. Procurou-se também nesta fase, observar-se em que pontos da bacia os processos erosivos de boçorocamento estavam ocorrendo e quais suas relações com os demais elementos do meio físico.

2) Escolha do local para a análise detalhada da ocorrência erosiva; escolheu-se uma das vertentes da Fazenda Pontinhas, onde se instalou uma boçoroca de grande extensão e profundidade.

O cadastramento (vide ficha de cadastro mais adiante) baseou-se na proposta do IPT (1986 e 1998) associada à de Oliveira, M. (1999). Assim, foram realizadas medidas das dimensões (largura, profundidade e extensão) e sua morfologia foi plotada em um croqui geral elaborado em campo, acompanhado da identificação das áreas de maior atividade da erosão, como caracterização dos pontos de ocorrência de fenômenos de “*pipings*”, movimentos de massa, de solapamentos, abatimentos, áreas de surgência d’água e de instabilização ou estabilização incipiente, com o propósito de diagnosticar o seu comportamento atual e a dinâmica com relação aos diversos mecanismos.

Nessa fase, também foram realizadas, complementarmente, entrevistas com moradores antigos da área, que testemunharam o surgimento e o processo de evolução da boçoroca local, com o intuito de conhecer o histórico da ocorrência.

Por fim, foi feita a seleção do eixo do transecto representativo para implantação da topossequência, decidindo pela posição paralela ao eixo principal da ocorrência erosiva, perpendicular ao fundo de vale, de modo a permitir a comparação entre os materiais sem e com a boçoroca. (Vide foto da panorâmica da vertente mais adiante).

4.3.3 – Levantamento e caracterização morfológica do Sistema Pedológico

O levantamento dos solos em campo foi desenvolvido com base em adaptação dos procedimentos da primeira fase da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, ou seja, análise bidimensional (em toposseqüência), proposta por Boulet *et al.* (1988) e aplicada por Salomão (1994), dentre outros.

A transeção foi feita do topo à base da vertente, seguindo uma linha perpendicular ao eixo de maior declive e ao canal de drenagem, paralela à referida erosão, na qual foram realizadas as tradagens e o levantamento expedito da topografia da vertente com o auxílio de clinômetro manual, metro e trena, de modo convencional por desnível ponto a ponto. (Cunha, 2000)

O levantamento morfológico dos solos em toposseqüência obedeceu aos seguintes passos:

1) Realização de tradagens seqüenciais sistemáticas, observando-se a distância de cinquenta metros como intervalos entre elas (Boulet, 1988), diminuindo nas rupturas de declive, pois estes locais são freqüentemente indicativos de mudanças nos tipos de solos, bem como interpolando-se tradagens entre os pontos sempre que as tradagens revelassem que os horizontes eram diferentes, de forma a lançar sob a seção topográfica em escala, todos os diferentes horizontes identificados e projetar limites superiores e inferiores, lateralmente.

2) Nas tradagens, as amostras descritas em campo foram coletadas, registradas e acomodadas em caixas no pedocomparador (Foto 01), como memória de todos os pontos e perfis para esclarecer dúvidas e auxiliar no desenho final da toposseqüência. Em cada tradagem realizada eram feitas observações morfológicas especialmente sobre a cor de acordo com Munsell (1994), e textura, por sensação ao tato. (Lemos e Santos, 1996)

Quanto à profundidade de observação e coleta de amostras para o pedocomparador, em cada ponto de tradagem foi-se primeiramente de até 1m de profundidade, onde somente a amostra da parte superficial foi tomada a 20 cm, sendo as demais de 10 em 10 cm. Após esta profundidade, a coleta passou a ser de 50 em 50 cm ou quando ocorria alguma variação significativa nos materiais, até atingir a rocha alterada, o que se deu a profundidades variadas. (Foto 02)

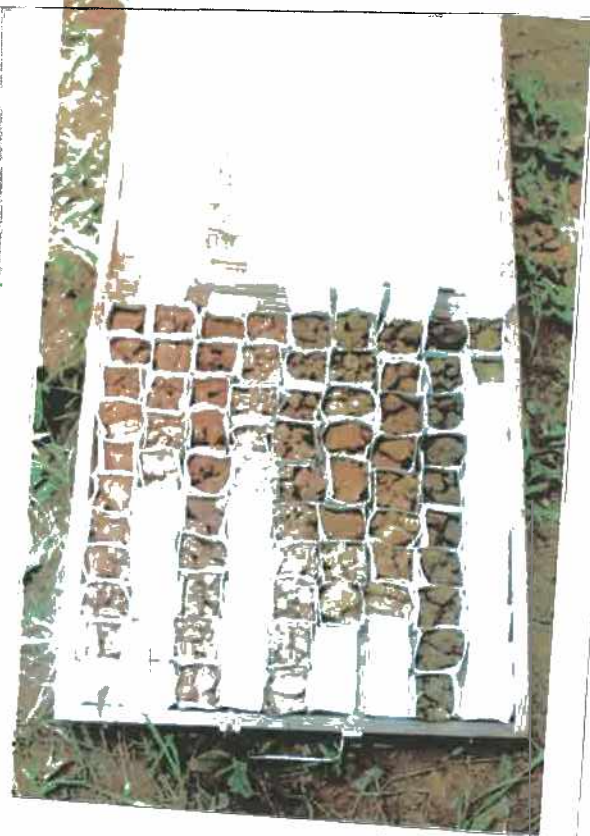


Foto: Alik T. de Sousa, ago/99

Foto 01: Pedocomparador com as amostras coletadas à trado através de sondagens em Topossequência.



Foto: Alik T. de Sousa, ago/99

Foto 02: Realização de tradagens na Topossequência Pontinhas.

3) Com os dados topográficos levantados a campo bem como das características de cada perfil, transpôs-se estes dados para o papel milimetrado para a representação da toposseqüência, em três escalas: horizontal 1:1.000 (extensão da vertente), vertical 1:400 (declividade da vertente) e do solo 1:100. (Figura 17, mais adiante)

Como em poucos casos, entre um ponto e outro, não era possível obter uma ligação para a compreensão da lógica geométrica na distribuição lateral da cobertura pedológica, voltou-se a campo para realização de novas tradagens intermediárias para que se pudesse verificar com mais precisão a referida geometria dos horizontes.

4.3.4 - Coleta de amostras na Ocorrência Erosiva (Boçoroca)

Para a realização de análises qualitativas e/ou quantitativas visando a compreensão da morfologia da cobertura pedológica e de suas características físico-hídricas, de modo a identificar a direção e deduzir a dinâmica dos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais e sua relação com o processo erosivo, procedeu-se a:

1) coleta convencional de amostras deformadas no talude lateral direito da boçoroca nos mesmos horizontes identificados na toposseqüência além do próprio substrato alterado, para serem analisadas em laboratórios no que concerne às características físico-hídricas (textura, densidade, porosidade), como as realizadas por Cunha, 1996; Oliveira, 1997; Martins, 2000; dentre outros.

2) coleta de amostras indeformadas para caracterização físico-hídrica conforme Blake & Hartge (1986), através de cilindros volumétricos, a saber: macro e micro porosidade, condutividade hidráulica saturada e permeabilidade hidráulica saturada.

De montante para jusante, no talude do eixo direito (mais ativo e/ou dinâmico devido aos processos de desmoronamentos, alcovas de regressão e outros) da boçoroca Pontinhas, foram realizadas coletas de amostras de solos para a caracterização físico-hídrica dos materiais visando a compreensão da dinâmica erosiva preliminarmente aventada durante o levantamento e a

interpretação da toposseqüência, em alguns dos mesmos horizontes encontrados nesta.

As descrições macromorfológicas, permitiram identificar em campo, com mais detalhe, os horizontes encontrados na toposseqüência e sua distribuição pelos vários segmentos topográficos presentes do topo com o divisor de águas até o fundo do vale.

Essas coletas foram realizadas em perfis (do topo à base da erosão) no talude do eixo direito mais dinâmico (1) da boçoroca, que apresenta uma diminuição gradual da espessura do solo de montante para jusante, constituída de Latossolo Vermelho Escuro (LE) – Latossolo Vermelho Amarelo (LV) – Cambissolo (C) e Glei (G), em horizontes pedológicos mais representativos da vertente, equivalentes aos encontrados na Toposseqüência Pontinhas. (Tabela 2)

Foram selecionados 05 (cinco) pontos de coletas (perfis) de acordo com as transições mais perceptíveis dos horizontes pedológicos e a geometria da vertente, da cabeceira ao encontro da erosão com o Córrego Pontinhas,. Em cada perfil foram coletadas amostras relativas aos horizontes superficiais (A), subsuperficiais (Bw) e (Bc) e do substrato alterado (C) que no caso, constituído por migmatito no topo da vertente e por gnaiss entre a média e a baixa vertente separados por um plano subvertical em faixa, possivelmente de cisalhamento ou falha e milonitização já muito alterada. (Figura 20 mais adiante)

O perfil I corresponde ao da cabeceira da ocorrência erosiva (segmento I da vertente), constituída por Latossolo Vermelho Escuro (LE) muito espesso, que recobre um substrato muito fragilizado e/ou fragmentado (migmatito). Foram realizadas coletas nos horizontes e respectivas profundidades: A: 40 cm; Bw:100 cm e C: 950 cm.

O perfil II foi realizado no segmento II da vertente (terço médio, perfil convexo - retilíneo), representado por um solo menos espesso (Latossolo Vermelho Amarelo - LV) do que aquele encontrado no ponto anterior. Foram realizadas coletas nos horizontes e respectivas profundidades: A: 21 cm; Bw: 75 cm e C: 680 cm.

O perfil III foi realizado entre os dois primeiros (localizado entre o topo e o segmento médio da vertente local), onde existe um horizonte subsuperficial concrecionário (A/B). Neste ponto o solo foi classificado como Latossolo Vermelho

Amarelo (LV), menos espesso do que no perfil I e mais desenvolvido em relação ao encontrado no perfil II. Foram realizadas coletas nos horizontes e respectivas profundidades: A: 20 cm; A / B: 80 cm; Bw: 175 cm e C: 325 cm.

O perfil IV corresponde ao ponto da ruptura de declive localizado entre o fim do segmento II e início do segmento III da vertente. Este último apresenta um perfil concavizado. A cobertura pedológica deste ponto foi classificada como Câmbica.

Tabela 2 – Localização dos pontos de coleta de amostras no talude direito do eixo 1 da Boçoroca Pontinhas

Setor	Segmento de vertente	Perfil	Horizontes	Profundidade (cm)	Profundidade da coleta (cm)
Terço superior	I	I	A	0-60	40
			Bw	60-460	100
			C	460 +	950
Terço médio	II	II	A	0-30	21
			Bw	30-100	75
			C	100 +	680
Terço superior/médio	I/II	III	A	0-35	20
			A/B	35-85	80
			Bw	85-235	175
			C	235 +	325
Terço médio/inferior	II/III	IV	B câmbico	0-30	30
			C	30 +	173
Terço inferior	III	V	Big	0-100	50
			Cg	100 +	135

Fonte: Trabalhos de Campo (1999)

Autoria: Sousa, A. T. (1999)

Assim, foram realizadas apenas coletas em dois horizontes, do B Câmbico a 30 cm de profundidade (horizonte superficial) e do C a 173 cm de profundidade (subsuperficial) constituído por gnaisse do Complexo Basal Goiano.

O perfil V corresponde ao localizado mais à jusante da erosão, junto ao encontro desta com o curso d'água local. Em função da presença do lençol freático próximo à superfície, o solo local caracteriza-se por Glei pouco húmico, apresentando manchas acinzentadas e cores variegadas devido à oxi-redução do ferro causada pelo excesso de umidade ao longo dos meses do ano, principalmente durante o verão (período chuvoso). Foram coletadas amostras no horizonte superficial (B_{ig}) a uma profundidade de 50cm e em outro subsuperficial (C_g) à 135 cm de profundidade.

Cabe ressaltar, que essas coletas foram realizadas com a utilização de equipamentos de Rapel do Corpo de Bombeiros do estado de Goiás, necessários devido à altura dos pontos de coleta no talude da erosão. (Fotos 03 e 04)

4.3.5 - Análises e Ensaios de Laboratório

No laboratório realizou-se análises de rotina (granulometria e argila natural) e os ensaios de Condutividade e Permeabilidade Hidráulica, densidade do solo e de partículas e porosidade total. Todas as análises e ensaios foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-Hídricas de Solo da EMBRAPA/CNPAF e seguiram o método da EMBRAPA (1979) e destinaram-se a avaliar o comportamento dos solos e substrato, sobretudo em termos da circulação da água.

A granulometria serviu à caracterização e classificação textural, onde a argila natural serviu para avaliar quanto de argila pode dispersar-se naturalmente em água. Os ensaios de condutividade e permeabilidade hidráulica serviram para analisar o funcionamento hídrico da vertente onde ocorre a boçoroca, as densidades serviram para avaliar eventual compactação e para determinar a porosidade total, bem como da macro e microporosidade.

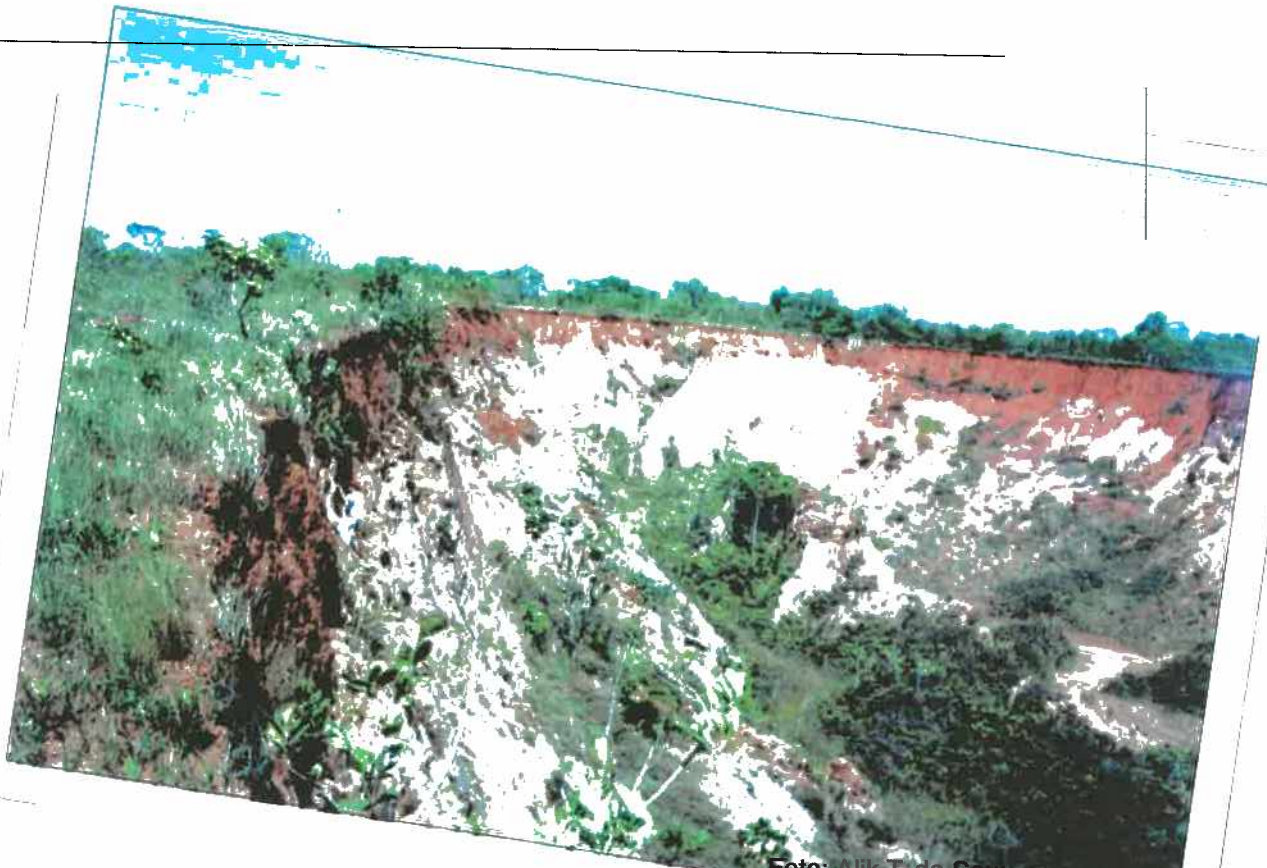


Foto: Alik T. de Sousa

Foto 03: Utilização de Rapel para coleta de amostras deformadas e indeformadas no talude do eixo direito (1) da Boçoroca Pontinhas (PIII); profundidade: 25m/2000



Foto: Alik T. de Sousa

Foto 04: Coleta de amostras indeformadas no horizonte Bw (PII), com cilindro de aço com bordas cortantes.

out/2000

A **granulometria** foi obtida através do uso do Densímetro (método de Bouyoucos), que consiste na sedimentação de partículas, durante a qual, mede-se diretamente a concentração dos sólidos em suspensão (duas leituras), mediante o uso do hidrômetro. É necessário, antes, a dispersão completa das partículas do solo, que foi realizada através do agitador mecânico Hamilton Beach. Proveta de 1000 ml.

A **argila natural** seguiu o Método da Pipeta como utilizado para a obtenção da textura, porém sem a utilização de dispersante. Coloca-se 10 g de TFSA em um Becker de 100ml onde são adicionados mais 50 ml de água destilada, e deixado em repouso por 12 horas. Após este período a solução é agitada por 15 minutos em um agitador de solo (Hamilton Beach), retira-se o conteúdo com auxílio de uma piceta e coloca - se em uma proveta de 500ml; essa solução é passada anteriormente por uma peneira de 0,053 mm onde já se tem a areia, essa areia é colocada em um Becker; a solução colocada dentro da proveta é completada com água destilada até o nível de 500ml e agitada manualmente por 30 segundos, deixada em repouso por 04 horas, onde posteriormente pipeta-se 10ml a 05cm de profundidade da solução; esse material coletado é colocado em um Becker e levado em uma estufa a 105°C por um período de 24 horas e depois é pesado para calcular a diferença entre cadinhos (beckers) vazios e cheios para a obtenção da porcentagem da argila dispersa.

A **Condutividade Hidráulica Saturada K_0 e Permeabilidade Hidráulica Saturada P** , foram obtidas pelo Método do Anel Volumétrico de Volume 98,17 cm^3 .

Coloca-se um pano no fundo do cilindro preso com uma borracha, depois coloca-se o cilindro em uma bandeja e adiciona-se $\frac{2}{3}$ da altura com água destilada para saturar, num período de 12 horas.

Com um pedaço de fita crepe acopla-se em cada amostra já saturada um cilindro de mesmo volume e diâmetro. Coloca-se um papel de filtro na superfície do solo e transfere-se o cilindro para o suporte do permeâmetro, liga-se o equipamento e quando o fluxo estiver contínuo, mede-se a altura da coluna de água no cilindro e anota-se a temperatura da água; então é só colher-se a água percolada por 10 minutos e anotar-se o volume de água percolada.

A Condutividade Hidráulica é calculada através da seguinte equação: $K_0 = (1,5 \times V) / (h+5)$ cm/h. Onde V= volume de água percolado e h= altura da coluna de água. A Permeabilidade do Solo é calculada através da seguinte equação: $P = K_0 (20 \text{ °C}) \times 28,8 \times 10^{-10}$ ($\text{cm}^2 \times 10^{-10}$).

A **densidade do solo** seguiu o método do Anel Volumétrico, onde as amostras foram colocadas na estufa a 105°C (sem as tampas dos cilindros), que após 24 horas foram retirados da estufa e pesados com e sem solo (tara), anotados o peso seco e a tara dos cilindros e calculada a densidade, onde Densidade é igual (peso seco – tara do cilindro) / volume do cilindro e o resultado foi expresso em g/cm^3 .

A **densidade de partículas (real)** foi obtida através do Método do Balão volumétrico. Consiste em pesar 20g de TFSE (105°C por 24 horas) e colocá-los em um balão volumétrico de 50 ml. Com auxílio de uma bureta graduada de 50 ml (com graduação de 0,1 ml), adiciona-se 15 ml de álcool etílico absoluto no balão, agita-se (movimento circular) por 1 minuto e deixa-se em repouso durante 3 horas. Após este tempo completa-se o volume do balão volumétrico e anota-se o total de álcool gasto.

Cálculo: $DP = \text{Massa} / \text{Volume do solo}$ ou $DP = 20 / V_s$. Massa = 20 g de solo

A **porosidade** seguiu o Método da Mesa de Tensão. Coloca-se um pano no fundo do cilindro preso com uma borracha, põe-se em uma bandeja e coloca-se $2/3$ da altura com água destilada para saturar num período de 12 horas; logo após as amostras são pesadas e levadas à mesa de tensão, onde devem ficar até o fim da drenagem. São pesadas novamente e em seguida levadas para estufa a 105°C por 24 horas. Após este período retira-se as amostras e pesa-se novamente. Os valores obtidos de peso servirão de base para os cálculos.

Análise dos Dados:

Micro porosidade (Mip) % = $100 \times (\text{peso da amostra da mesa de tensão (0.06 atm.)} - \text{peso da amostra seca}) / \text{volume do cilindro}$.

Porosidade total (PT)% = $100 \times (\text{peso da amostra saturada} - \text{peso da amostra seca}) / \text{volume do cilindro}$.

Macroporosidade (Map)% = $PT - Mip$.

Os resultados foram tabulados e traduziram-se na interpretação feita na forma de fluxos hídricos lançados no desenho da toposseqüência (Figura 19, mais adiante).

4.3.6 - Interpretação dos resultados

A interpretação objetivou diagnosticar o comportamento do processo erosivo linear, com ênfase na suscetibilidade natural dos materiais pedológicos e geológicos e dedução dos fluxos decorrentes, bem como nas suas relações com os demais componentes do meio físico, em especial com a topografia e o uso e manejo dos solos, de modo a prognosticar a sua evolução e elencar medidas de controle.

CAPÍTULO V

5 – CARACTERIZAÇÃO DIAGNÓSTICA E PROGNÓSTICA DO PROCESSO DE BOÇOROCAMENTO NA BACIA DO CÓRREGO PONTINHAS

Neste item, após a localização da área pesquisada, são feitas três caracterizações para fins do diagnóstico e prognóstico do processo de boçorocamento aqui estudado. Uma primeira que trata de uma breve apresentação do quadro físico do município de Orizona e de sua situação regional, com a contextualização da bacia do Córrego Pontinhas e de sua suscetibilidade erosiva linear potencial. Uma segunda que trata desta bacia mais especificamente e apresenta os resultados do levantamento dos solos em topossequência e do cadastramento da erosão do Pontinhas. Uma terceira apresenta os resultados analíticos e de ensaios com as amostras coletadas nos taludes da ocorrência erosiva. Ao final segue-se a discussão e interpretação diagnóstica e prognóstica do comportamento atual da erosão Pontinhas.

5.1 – Localização do município de Orizona e da Bacia do Córrego Pontinhas

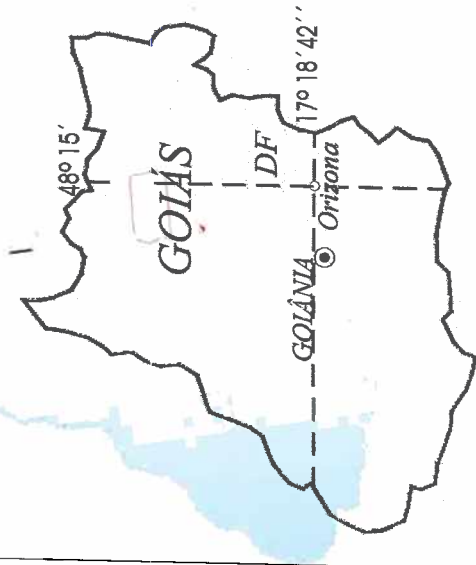
O município de Orizona localiza-se no Sudeste do Estado de Goiás na Mesorregião Sul Goiano e na Microrregião 016 (Pires do Rio), distante cerca de 130 km de Goiânia (Figura 03). Em 1996, possuía uma população de 12.471 habitantes, segundo o Censo Demográfico do IBGE, do mesmo ano.

Delimita-se pelas seguintes coordenadas: 16°43'32" – 17°18'42"S e 48° 31' 26" – 47° 53' 53" W. Possui uma área territorial de 1.931,48 km². Limita-se com 07 municípios vizinhos (Vianópolis, Silvânia, Urutaí, Pires do Rio, Ipameri, Cristalina e Luziânia).

Atualmente, pertencem ao município de Orizona os Distritos de Corumbajuba, Montes Claros e Egerineu Teixeira, os Povoados de Cachoeira e Buritizinho e a Vila de Buriti Grande. Orizona é atravessada pela rodovia estadual GO 030, que liga Goiânia à Pires do Rio.

A bacia do Córrego Pontinhas resulta da confluência de um afluente sem nome e outro córrego – Baleia, ambos provenientes de sua margem direita. Excluindo-se o Córrego Baleia, a bacia do Pontinhas propriamente dita situa-se

Goiás - Localização do município de Orizônia



Situação geográfica - Brasil

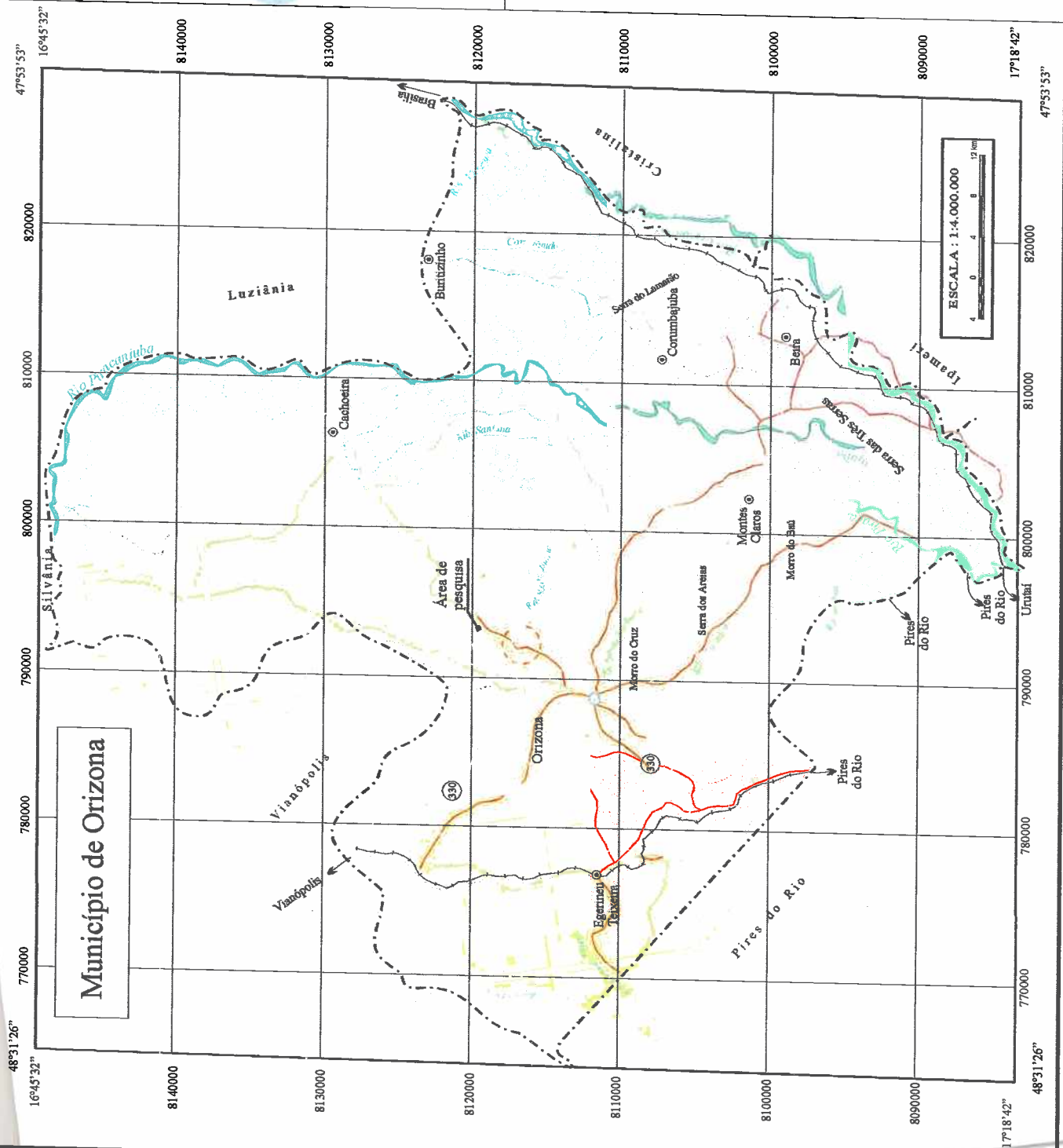
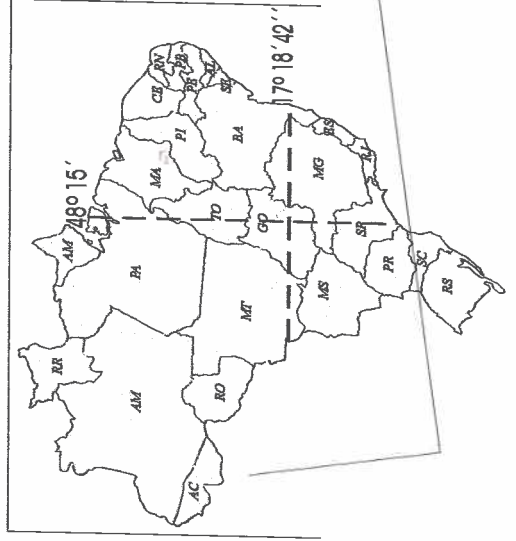


FIGURA 03 - Localização geográfica da área da pesquisa.

na porção centro-leste do conjunto (Figura 16 adiante). A bacia de estudo localiza-se à jusante da confluência do Córrego Baleia com o Pontinhas, na porção oeste.

5.2 – Caracterização Geral do Meio Físico Municipal e da Bacia do Córrego Pontinhas

Neste item será realizada uma descrição dos principais aspectos físicos (geologia, geomorfologia, hidrografia, solos, vegetação e clima) e uma síntese do potencial à erosão linear da área de estudo.

5.2.1 – Geologia

Orizona apresenta dois grandes grupos litoestratigráficos Pré – Cambrianos: Grupo Araxá – pCa (constituído por gnaisses, mármore, quartzitos, etc.), com deformação e alto grau de metamorfismo térmico e; Complexo Goiano – pEg (constituído por granulito, anfibolito, quartzito, migmatito, gabro, etc.), que apresenta intrusões potássicas. Na microbacia pesquisada, predomina o Complexo Goiano, com ocorrência de migmatitos e gnaisses altamente metamorfizados, fraturados e com microfalhas. Ocorrem também no município, Cobertura Detrito – Lateríticas Terciárias de Planaltos e aluviões recentes às margens dos rios que drenam a região (Mamede et al, 1983; Del' Arco & Bezerra, 1989), como pode ser observado na Figura 04.

As litologias Pré-Cambrianas, correspondem à faixa de dobramentos Uruaçu que se desenvolveu no Proterozóico Inferior. Este evento orogenético atingiu a Serra da Canastra em Minas Gerais, o Sul de Goiás (incluindo o município de Orizona) e uma extensa área ao Norte de Brasília. A estrutura desta faixa reflete a atuação de vários eventos tectônicos, dentre eles, a orogenia Amazônica que é a mais antiga destes episódios endogenéticos, pois, ocorreu entre 2.600 e 1.800 M. A., responsável pelo dobramento e metamorfismo das rochas do Proterozóico Inferior. Essas rochas sofreram novo processo de

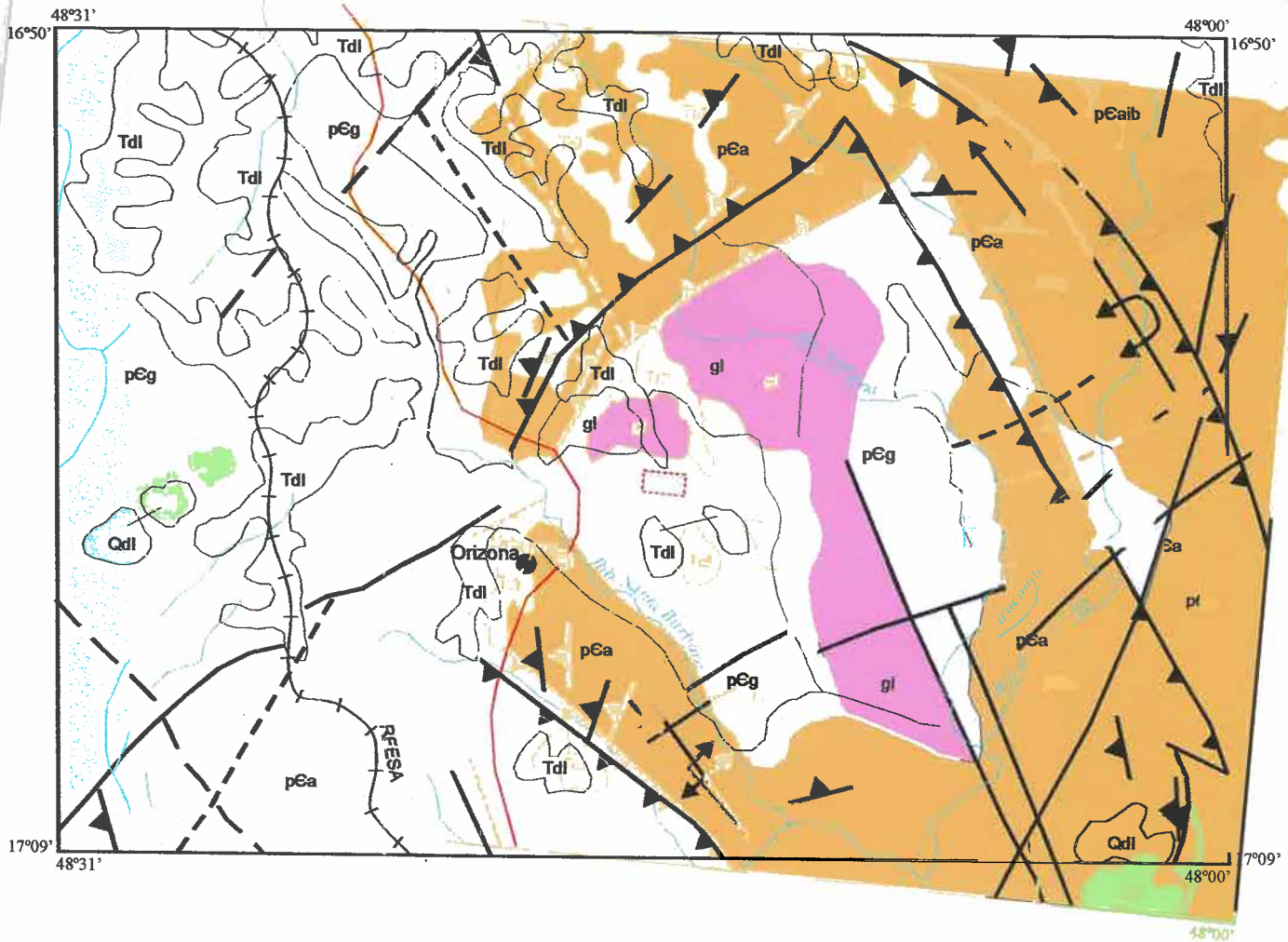
dobramento e metamorfismo durante o Proterozóico Médio – Ciclo Orogenético Uruaçuano – que atuou entre 1.800 a 1.100 milhões de anos. Por fim, no Proterozóico Superior – 1.100 a 570 milhões de anos – ocorreu o último episódio orogenético denominado Brasileiro. (Del’Aro & Bezerra, 1989)

O mergulho das estruturas da faixa Uruaçu é predominantemente para Oeste, enquanto as estruturas da faixa Araguaia - Tocantins se faz principalmente para Leste, relacionada à orogenia Amazônica.

Destarte, a região Centro-Oeste caracteriza-se como uma zona de Polaridade Estrutural divergente, que Almeida (1967) *apud* Del’Aro & Bezerra (1989), denominou de Maciço Central Goiano.

Assim, de acordo com estes autores, as rochas do Proterozóico Inferior nessas duas faixas são mais dobradas e mais metamórficas quanto mais próximas estiverem do contato com as rochas arqueanas do Maciço Central Goiano, como é o caso das que ocorrem em Orizona. Desse modo as litologias são compostas de rochas intensamente metamorfizadas com lineamentos W muito marcados, onde se encaixa facilmente a rede de drenagem principal.

Como mencionado, a bacia do Pontinhas situa-se sobre o Complexo Basal Goiano, bastante fragilizado em função dos processos orogenéticos pretéritos, e do alto grau de metamorfismo ao qual foi submetido ao longo de sua história de evolução. Essas características parecem favorecer o desenvolvimento de ravinas e boçorocas no município, principalmente àquela objeto desta dissertação.



Legenda

- Quaternário (Qdl - Coberturas Detrito-Lateríticas Pleitocênicas)
- Terciário (Tdl - Coberturas Detrito-Lateríticas Terciárias)
- Pré-cambriano (pCpu - Formação Paracatu)
- Pré-cambriano (pCa - Grupo Araxá / pCaib - Formação Ibiá)
- Pré-cambriano (pEg - Complexo Basal Goiano / gl - granulito)
- Pré-cambriano (pEg - Complexo Basal Goiano)

Falha indiscriminada inferida encoberta

Atitude de xistosidade ou foliação

Eixo de anticlinal

Eixo de anticlinal com caimento

Falha inversa ou de empurrão

Arco

Falha indiscriminada inferida

Área da pesquisa

Drenagem

PROJEÇÃO - U T M

ESCALA : 1:300.000

Fonte: Projeto RADAMBRASIL, 1983 1/1.000.000
folha SE.22 - Goiânia.

FIGURA 04 - Geologia do município de Orizona e seu entorno.

5.2.2 – Geomorfologia

Orizona está inserido no Planalto Central Brasileiro, na Unidade Geomorfológica denominada Planalto Central Goiano. Este ocupa a porção centro-leste de Goiás, associa-se às áreas de dobramentos e rejuvenescimentos Brasileiros, constituído pelo grande complexo estrutural pré-cambriano, um dos mais antigos e salientes blocos de maciço do território brasileiro. (Nascimento, 1992)

O Planalto Central Goiano subdivide-se em quatro subunidades: Planalto do Distrito Federal, Planalto Rebaixado de Goiânia, Depressões Intermontanas e Planalto do Alto Tocantins – Paranaíba. É nesta última subunidade (Planalto do Alto Tocantins – Paranaíba), que se encontra o supracitado município.

De acordo com Nascimento (1992), o referido Planalto caracteriza-se por apresentar uma grande variedade de formas de relevo, elaboradas sobre rochas metamorizadas que apresentam falhamentos, intrusões, metamorfismo e grandes variações altimétricas (entre 400 a 1200m). Já no município de Orizona e a bacia do Córrego Pontinhas e seu entorno apresentam pequenas variações altimétricas como podem ser observada na hipsometria do município (Figura 05).

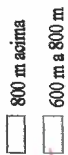
Ainda conforme a mesma autora, a unidade geológica mais antiga da referida subunidade é representada pelo Complexo Basal Goiano (granitos e gnaisses), e sobre esse complexo, depositaram-se unidades litológicas representadas pelos Grupos Araxá, Bambuí, Araí e a Formação Canastra, todos do Pré-Cambriano.

O relevo orizonense apresenta formas de dissecação distintas, com predomínio de formas convexas (topo convexo), com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento dos talwegues, raramente separados por vales de fundo plano. As formas tabulares também são muito comuns, porém, com menor ocorrência. Apresentam relevos de topo aplanado, e as demais características são semelhantes às da primeira. Por último, ocorrem ainda formas aguçadas com relevos de topo contínuo e aguçado, separados por vales em “V”.

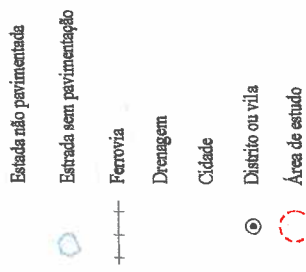
De acordo com Mamede *et al.* (1983), a intensidade de aprofundamento da drenagem nessa região varia entre fraca a muito fraca.

HIPSOMETRIA Orizona - GO

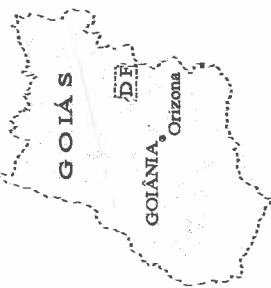
LEGENDA



Convencões



SITUAÇÃO



PROJEÇÃO UTM

ESCALA : 1:400.000



Fonte: CODEPLAN - 1982.

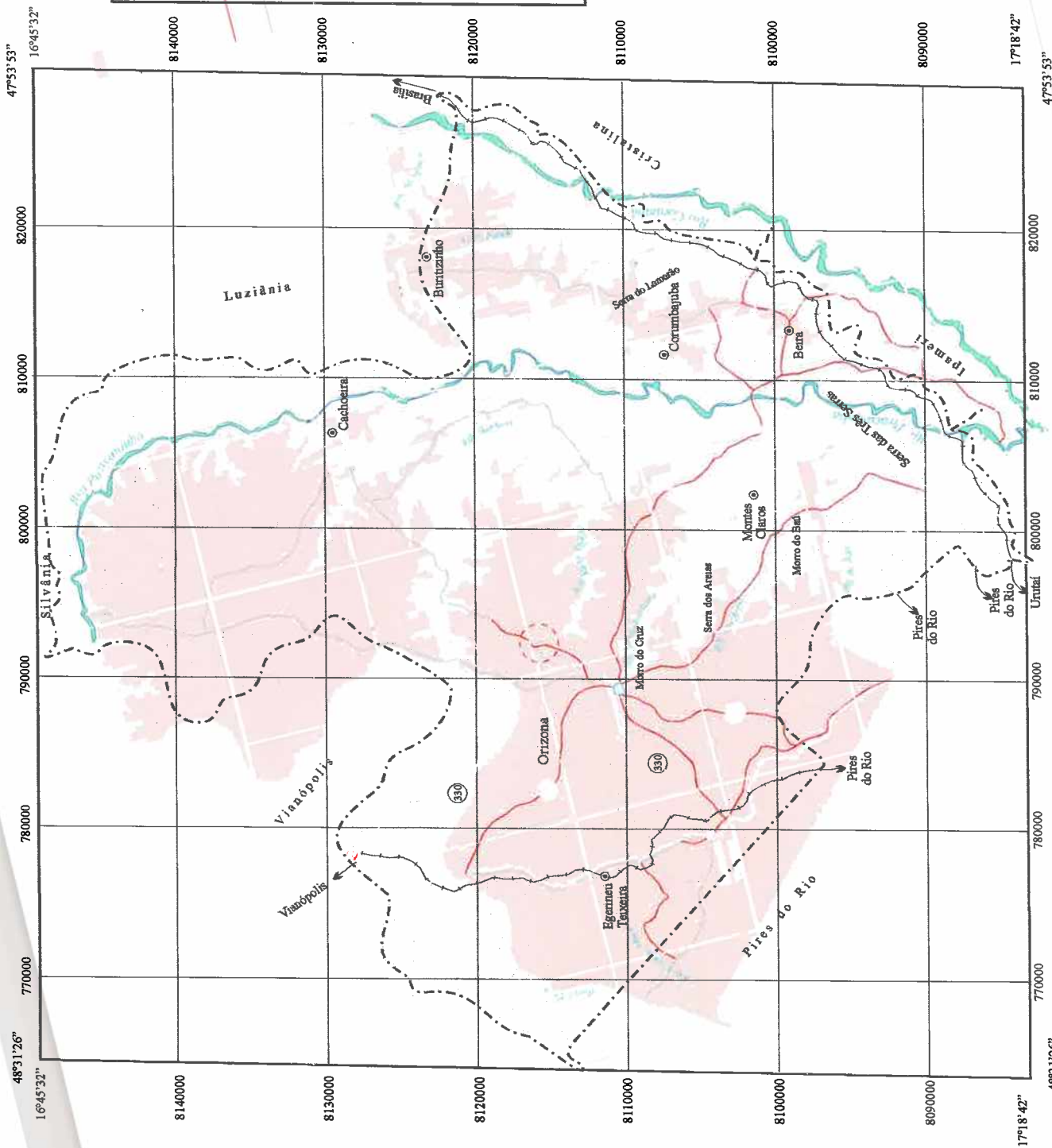


FIGURA 05 - Hipsometria do município de Orizona.

5.2.3 - Hidrografia

O Planalto Central Brasileiro, constitui um dos principais divisores hidrográficos do país, pois é um importante dispersor de águas uma vez que nele nascem afluentes de grandes bacias de drenagem: Platina, Amazônica, Tocantina e do São Francisco. O município de Orizona situa-se na bacia Platina e é banhada por afluentes do Rio Paranaíba, sendo o principal deles o rio Corumbá, pertencente à bacia hidrográfica do Rio Paraná.

Seus cursos d'água em sua maioria são perenes, cuja vazão, mesmo na época da seca, é mantida pelo volume de água armazenado durante a estação chuvosa. São intermitentes apenas alguns cursos de 1ª ordem.

O regime da drenagem regional, de acordo com Innocencio (1989), é tropical típico, pois, caracteriza-se por apresentar enchentes no verão e vazantes durante o inverno. Apresenta ainda, uma inflexão máxima das águas no mês de fevereiro (época de maior pluviosidade) e, mínima na segunda metade do inverno (época de menor pluviosidade). Esses rios, em geral também apresentam oscilações acentuadas de suas vazões de um ano para o outro.

Pela observação das fotografias aéreas tomadas pelo Exército (1964), a visão sinóptica do município de Orizona mostra um padrão de drenagem paralelo, adaptado às estruturas geológicas regionais. Os cursos d'água correm na direção preferencial N-S, e refletem nítido controle estrutural de zonas falhadas e dobradas para Oeste.

A subbacia do Córrego Pontinhas, objeto desta pesquisa, é representada pelo próprio córrego e seus tributários, localizados em sua margem direita: os córregos Baleia, Ramaiuda e Queixada. Não possui afluentes em sua margem direita. (vide Figura 16)

A bacia do Córrego Pontinhas é de terceira ordem, como hierarquizado por Strahler & Strahler (1973) *apud* Mamede (1999), e deságua no Ribeirão Santo Inácio que é afluente do rio Piracanjuba, um dos principais tributários do rio Corumbá. Portanto, pertencente à bacia do Rio Paraná. (Figura 10 mais adiante)

5.2.4 – Solos

No município ocorrem duas classes de solos, segundo Mapa de Solos da região Geoeconômica de Brasília – EMBRAPA (1981) , na escala 1:150.000. A primeira classe é representada pelo Latossolo Vermelho-Escuro e pelo Latossolo Vermelho-Amarelo, enquanto que a segunda classe é constituída pelos Solos Litólicos. Os solos da primeira classe possuem deficiência química, porém, isso não impede o seu aproveitamento agrícola, pois a adubação corrige esse problema. Por outro lado, são favoráveis ao uso de implementos agrícolas, uma vez que ocorrem em extensos chapadões ou em áreas com baixo declive. (Figura 06)

Os Latossolos são constituídos por solos minerais não hidromórficos apresentando uma seqüência de horizontes **A**, **Bw** e **C**. O horizonte **B** apresenta minerais altamente intemperizados, fazendo com que a fração argila apresente baixa atividade e baixa capacidade de troca catiônica. São profundos e geralmente o horizonte **B** possui mais de 2 metros de espessura.

Esses solos apresentam pouco contraste entre seus horizontes com transição difusa entre eles e mesmo entre os subhorizontes; apenas o horizonte **A**, em razão da concentração de matéria orgânica (decomposição de restos animais e vegetais na superfície), distingue-se dos demais com maior nitidez, pois geralmente apresenta uma coloração escurecida devido à presença de húmus em sua constituição. Porém nem todos os Latossolos possuem um horizonte **A** bem definido. A evolução deste horizonte (bem como dos demais) está condicionada às características físicas locais, entre elas destacam-se principalmente a cobertura vegetal e as condições climáticas.

De acordo com Palmieri & Larach (1998), a diferença das propriedades químicas, físicas e mineralógicas é quase imperceptível ao longo do perfil de um Latossolo. A textura destes solos varia de média a muito argilosa e a drenagem de moderada a acentuadamente drenada. Possuem baixa fertilidade natural e são solos fortemente ácidos com elevados índices de alumínio trocável. No entanto, alguns solos de cores vermelho-escuro possuem bons índices de fertilidade naturais, quando derivados de rochas básicas.

SOLOS Orizona - GO

LEGENDA

Latossolos:

LEd - Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico mais o componente (Lvd) Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico.

Lvd - Latossolo Vermelho- Amarelo Distrófico mais o componente (Lcd) Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico e (LVc) Latossolo Vermelho-Amarelo Concrecionário.

Litossolos:

Rd₁ - Solos Litóicos Distrófico mais o componente (Cd) Cambissolo Distrófico.

Rd₂ - Solos Litóicos Distrófico mais o componente (Lvd) Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

Convencões

Estrada não pavimentada

Estrada sem pavimentação

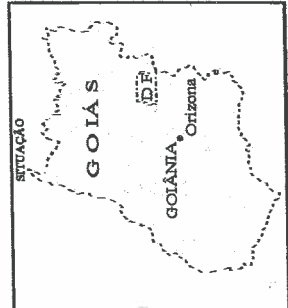
Ferrovia

Drenagem

Cidade

Distrito ou vila

Área de estudo



PROJEÇÃO U T M
ESCALA : 1:400.000
0 4 8 km
Fonte: CODEPLAN - 1982.

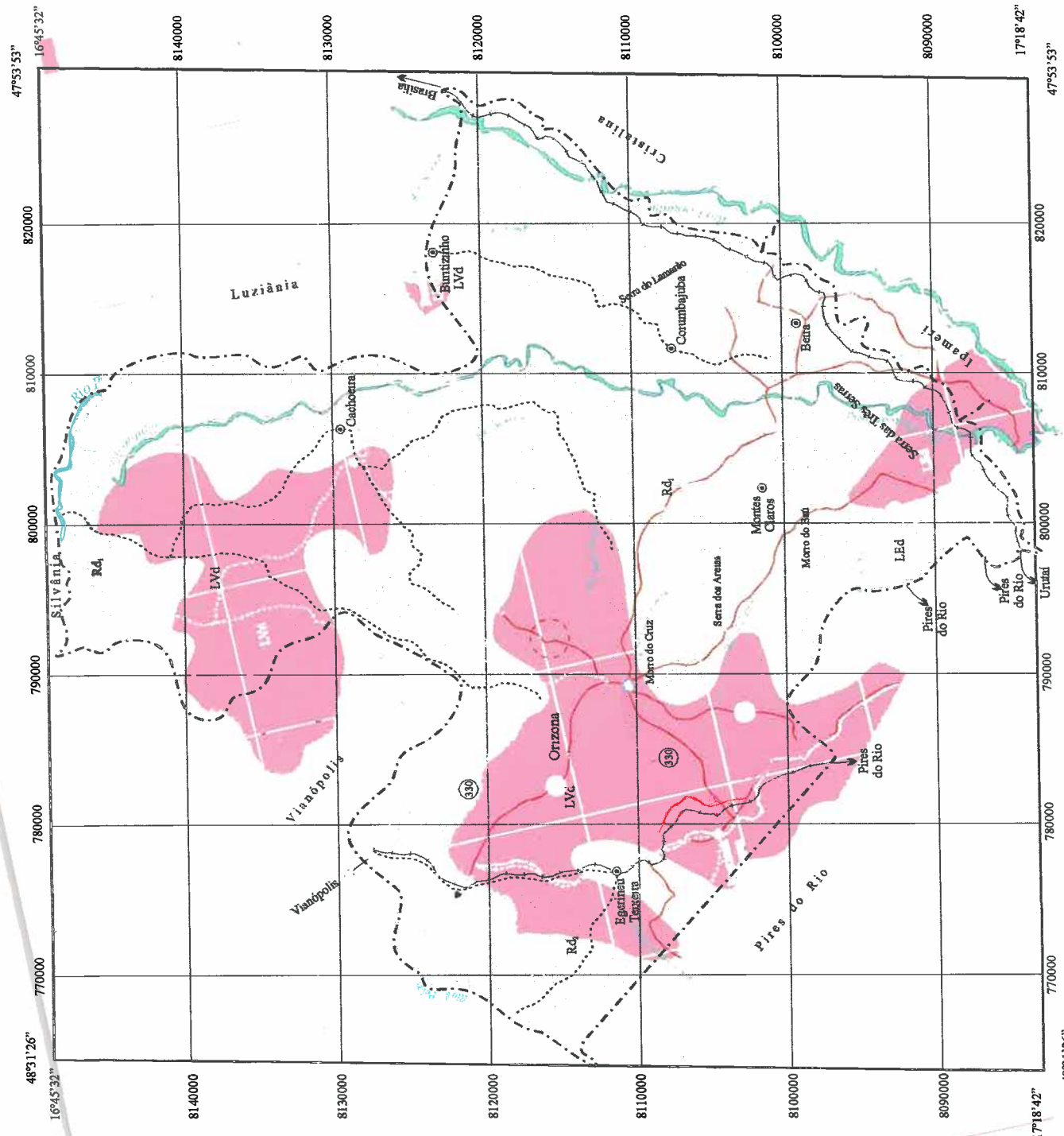


FIGURA 06 - Solos do município de Orizona.

No município de Orizona predomina o Latossolo Vermelho–Amarelo distrófico com horizonte A moderado a fraco, textura argilosa, seguido pelo Latossolo Vermelho–Escuro distrófico com horizonte A proeminente a moderado, textura argilosa (EMBRAPA, 1981). Esses solos geralmente ocorrem nos topos das vertentes e na média encosta de baixa declividade.

Os Latossolos Vermelho–Amarelos caracterizam-se por apresentarem cores nos matizes entre 10 R (vermelho) a 7,5 YR (vermelho - amarelado), e com teores de sesquióxido de ferro entre 7 a 11%. No horizonte **Bw** predomina a goetita, porém ocorre um aumento considerável de hematita à medida que os solos ficam mais vermelhos. Apresentam estrutura granular, de aspecto maciço, bem como em blocos subangulares moderadamente desenvolvidos. (Palmieri & Larach, 1998)

Por outro lado, o Latossolo Vermelho-Escuro possui coloração bem avermelhada, com matiz em torno de 2,5 YR ou mais vermelha, e com 11 a 18% de sesquióxidos de ferro. A caolinita e a gibsita predominam na fração argila enquanto a hematita é o principal óxido de ferro. Ocorre nestes solos a estrutura ultra pequena granular altamente desenvolvida com aspecto de maciça porosa. Estes solos, embora pobres em bases, são em geral mais férteis do que os Latossolos Vermelhos–Amarelos.

Tais Latossolos, não apresentam altos índices de suscetibilidade natural à instalação de processos erosivos, dada as suas características físicas e à posição topográfica (topo e média vertente) que normalmente ocupam no relevo. No entanto, a ação antrópica através do uso e ocupação inadequados dos terrenos tais como: traçados viários e de cercas no rumo dos declives, compactação, trilhas de gado etc, pode romper o equilíbrio e/ou estabilidade da cobertura latossólica e desencadear o surgimento e evolução de erosões pluviais, principalmente as lineares de grande porte (ravinas e boçorocas), devido à concentração preferencial das águas pluviais e a enorme espessura desses solos.

Os Solos Litólicos ou Litossolos são solos rasos, pouco desenvolvidos, com seqüência de horizonte **A**, **C** e **R** ou **A**, **R**. Normalmente, o horizonte **A** localiza-se diretamente sobre o substrato rochoso. Estes ocorrem em posições topográficas movimentadas, como as cornijas e as frentes de cuevas, por exemplo. Essas

características associadas à enorme acidez e ausência de bases trocáveis são sérios empecilhos à utilização desses solos para fins agrícolas.

Em Orizona, estes solos estão presentes nas áreas mais elevadas do município, geralmente nas regiões onde o substrato é dominado por litologias associadas ao Grupo Araxá.

A pequena espessura dos Litossolos e a posição topográfica do relevo que eles ocupam, são fortes condicionantes à ação dos processos erosivos acelerados. Assim, esses solos naturalmente são mais suscetíveis ao carreamento de suas partículas constituintes pelo escoamento das águas pluviais do que os Latossolos.

Além desses solos mencionados que predominam no referido município, ocorrem também outros tipos menos expressivos espacialmente mas que não podem ser desconsiderados, uma vez que cada tipo de solo responde diferentemente à ação dos mecanismos erosivos. Dentre eles, vale mencionar os Câmbicos e Hidromórficos principalmente porque estão presentes na bacia do Córrego Pontinhas.

Os cambissolos são solos pouco desenvolvidos, por serem jovens (em fase inicial de formação) ou por estar situado em locais íngremes, onde a velocidade da erosão é superior ao da sua formação. Apresentam um horizonte B incipiente sobre o horizonte C.

Solos hidromórficos são os que se desenvolvem sob influência do lençol freático alto, portanto, ficam a maior parte do ano saturados com água. Assim, ocorrem principalmente em regiões planas, nas depressões e nas proximidades dos cursos d'água e lagos. Apresentam dois tipos principais: Orgânicos e minerais (Lepsch, 1993). Os primeiros evoluem a partir do acúmulo de restos vegetais em áreas com excesso de umidade. Já os últimos, desenvolvem-se onde a presença da matéria orgânica não é tão intensa, mas a umidade produz um encharcamento suficiente para que o ferro se reduza e seja removido do perfil, dando uma coloração acinzentada ao perfil de solo hidromórfico mineral.

Outra característica comum dos solos hidromórficos, são os mosqueados (manchas vermelhas) em alguns pontos no horizonte B, que surgem e evoluem em função da concentração e oxidação do ferro através da oscilação do lençol

d'água subterrâneo. Eles destacam-se pela diferenciação de cores com a predominância da cor cinza (ferro reduzido). (Lepsch, 1993)

Os solos hidromórficos minerais possuem várias classes com denominações diferentes, tais como: Glei Húmico, Glei Pouco-Húmico, Planossolo, Hidromórfico Cinzento, Podzol Hidromórfico, Plintossolo. Na vertente onde está localizada a boçoroca Pontinhas ocorre apenas a segunda classe.

5.2.5 – Vegetação

Orizina encontra-se dentro do segundo maior Bioma brasileiro em área – o Cerrado. A Figura 07 mostra sua ocorrência no município. Caracteriza-se por um complexo vegetacional, marcado por árvores tortuosas e espaçadas, com troncos de cortiça espessa e folhagem coriácea e pilosa, que possui relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América tropical (Sano & Almeida, 1998). No Centro - Oeste do Brasil, o Cerrado abrange áreas contínuas dos Estados de Goiás, Tocantins e o Distrito Federal, parte de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. (Macedo, 1995)

De acordo com Conti & Furlan (1998), os Cerrados brasileiros pertencem ao bioma savânico. Quase 1/5 da população mundial habita as áreas com formações savânicas, cuja maioria é constituída por sociedades rurais.

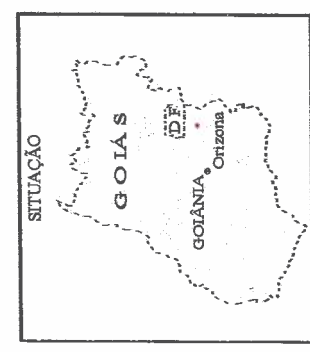
Nos últimos anos, o Cerrado do Centro-Oeste, tem sofrido as maiores taxas de desmatamento associado ao mais rápido processo de expansão das fronteiras agrícolas do país, atraindo grande parte da agroindústria nacional, em virtude de estar localizado próximo aos grandes centros industriais, e por ocorrer em superfície relativamente plana e com solos melhores que os da Amazônia. (Rezende, 1998)

O Cerrado apresenta diversos tipos fisionômicos, que são classificados por muitos autores com escalas e critérios distintos. Neste trabalho adotou-se a terminologia básica proposta por Ribeiro *et al.* (1983) *apud* Sano & Almeida, (1998), que adotaram como critérios para a diferenciação fitofisionômica primeiramente a fisionomia (forma), definida pela estrutura, formas e crescimento e possíveis mudanças sazonais. Consideraram também, aspectos edáficos do

VEGETAÇÃO ORIGINAL
Orizônia - GO

LEGENDA

Floresta xeromorfa (cerradão)
 Cerrado *strictu sensu*
Convencões
 Estrada não pavimentada
 Estrada sem pavimentação
 Ferrovia
 Drenagem
 Cidade
 Distrito ou vila
 Área de estudo



PROJEÇÃO UTM
 ESCALA : 1:400.000

 Fonte: CODEPLAN - 1982.

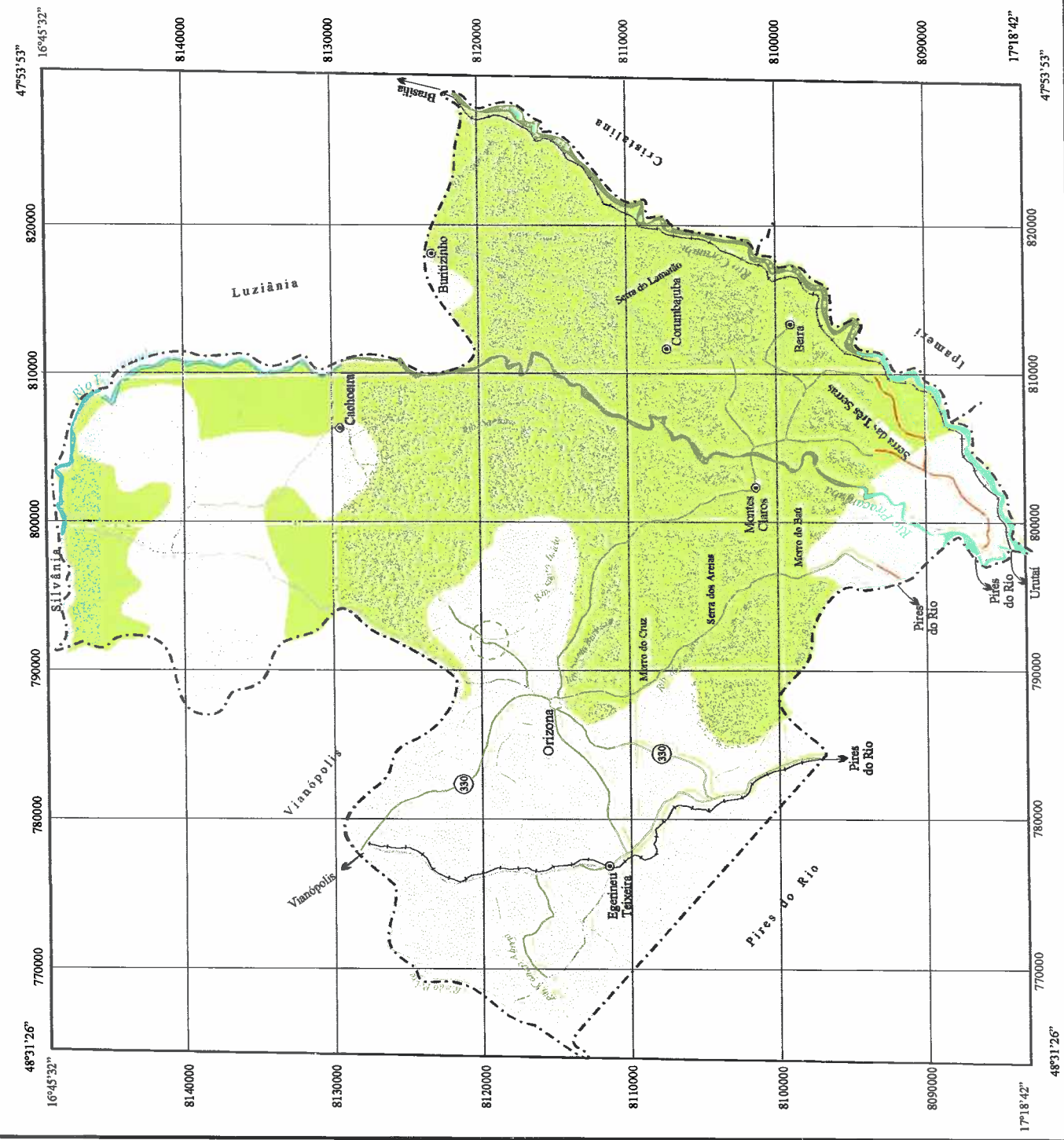


FIGURA 07 - Vegetação Original de Orizônia.

ambiente e da composição florística. Assim, no município de Orizona predomina o Cerradão (Floresta Xeromórfica) e a formação campestre representada pelo Cerrado (*strictu sensu*), e pontualmente aparecem outros tipos fitofisionômicos como a seguir: Campo Sujo, Campo Limpo, Campo Úmido, Floresta de Galeria, Brejo e Vereda.

O Cerradão é uma formação florestal com aspectos xeromórficos, tendo sido conhecido pelo nome “Floresta Xeromorfa” (Rizzini, 1963 *apud* Sano & Almeida, 1998). Possui espécies que ocorrem na mata e espécies do Cerrado. As arbóreas mais comuns são: pequizeiro, copaíba, tinguí, maria-preta, pindaíba, sucupira preta, dentre outras. Quanto as espécies arbustivas, ocorrem a marmelada-de-cachorro, mama-cadela, unha de vaca, etc..

Embora esta fitofisionomia caracterize-se como perenifólia, algumas espécies comuns ao Cerrado apresentam-se caducifólias durante os meses de estiagem, conforme Rizzini (op. cit.).

Em geral os solos de Cerradão são espessos, bem drenados, de média a baixa fertilidade. Predominam os Latossolos Vermelho–Escuro, Vermelho–Amarelo ou o Roxo. Os horizontes superficiais possuem um teor médio de matéria orgânica, que recebe um incremento anualmente de restos orgânicos em função da queda das folhas das árvores durante o inverno.

O Cerrado (*strictu sensu*), no sentido restrito, é constituído por árvores baixas, tortuosas, com ramos retorcidos e irregulares, apresentando sinais de queimadas. Algumas espécies de arbustos e subarbustos apresentam órgãos subterrâneos perenes que permitem a rebrota após o desmatamento ou queimada. Outras características dessa vegetação consistem na presença de casca grossa com fendas, folhas rígidas e coriáceas.

Os solos do Cerrado associam-se às classes dos Latossolos Vermelho–Escuro, Vermelho–Amarelo e Roxo. Apesar de serem ácidos, são solos com boas características físicas. O que não é um grande empecilho às práticas agrícolas, pois, essa acidez pode ser corrigida com a adição de corretivos químicos (calagem).

Grande parte da vegetação natural da bacia do Córrego Pontinhas e seu entorno, foi desmatada nos últimos anos (a partir da Segunda metade do século XX), para a implantação de pastagens (destinadas à criação de gado bovino) e

para o cultivo de subsistência (policultura). No restante do município, além desta prática, há também uma intensa utilização dos solos para a atividade monocultora, com cultivo de soja, milho, feijão e outras culturas, inclusive com uso de técnicas de irrigação (pivôs centrais), refletindo progressiva destruição da vegetação nativa.

5.2.6 – Clima

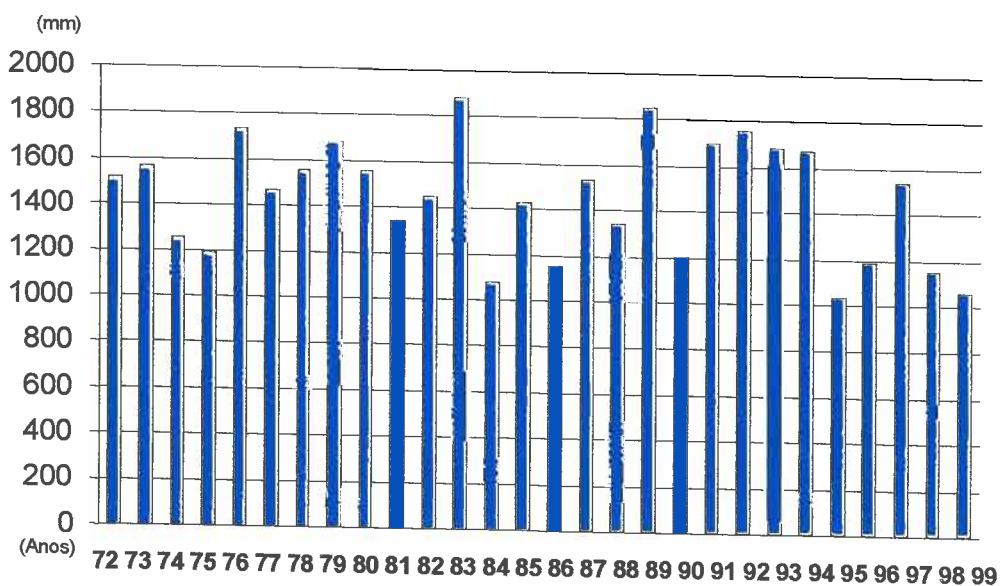
Em Orizona, a estação meteorológica (cód.: 01748005 – 17° 07' 47" S e 48° 08' 00" W), onde é realizada a coleta e registro de dados pluviométricos diários, localiza-se no Distrito de Montes Claros de Goiás, distante cerca de 26 e 35 quilômetros da sede municipal e da área objeto deste trabalho, respectivamente, da qual foram extraídos os dados comentados a seguir.

As oscilações térmicas variam de 18° C a 23° C, sendo a temperatura média anual em torno de 23° C. No período de setembro a outubro ocorre a máxima absoluta 30° C e entre os meses de junho a julho a mínima absoluta inferior a 15° C. Apresenta duas estações contrastadas: o verão, que corresponde ao período chuvoso (setembro a abril) e o inverno que corresponde ao período seco (maio a agosto). A precipitação média anual de um período de 28 anos está entre 1.000mm a 1.800mm. (Figura 08)

Os meses de junho, julho e agosto são os mais secos, com médias entre 8,65; 8,53 e 12,39mm de chuvas respectivamente. Enquanto dezembro, janeiro e março correspondem aos meses mais chuvosos do ano com médias aproximadas de 280,35; 259,11 e 208,56mm respectivamente. (Figura 09)

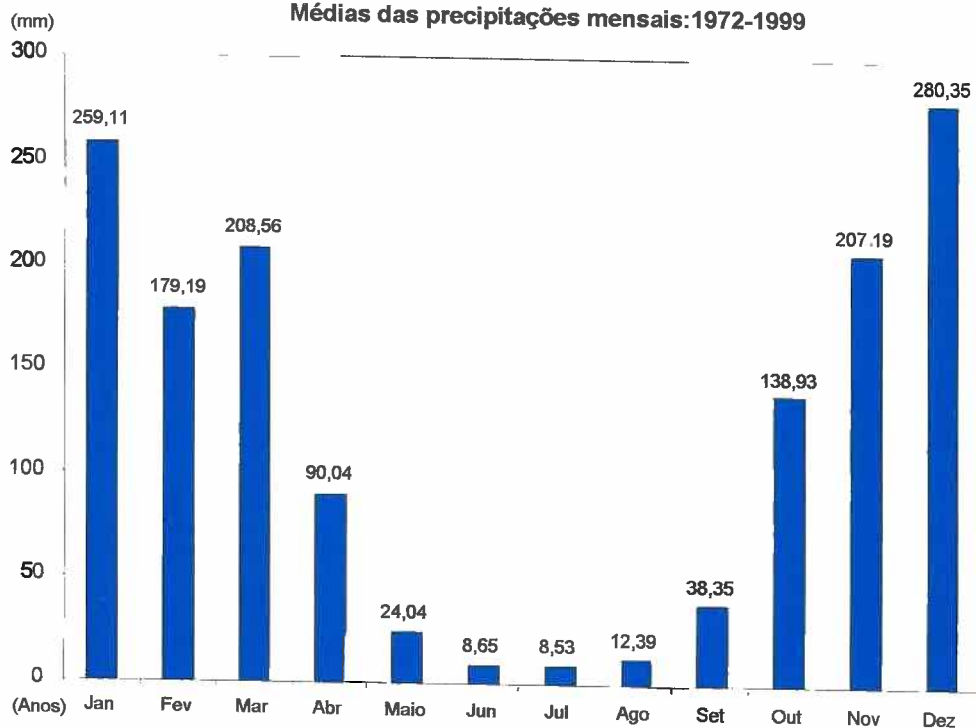
A região de Orizona caracteriza-se pelo clima tropical úmido, típico das áreas de ocorrência da vegetação de Cerrado, que corresponde ao tipo Aw, segundo Classificação de Koöppen. Caracteriza-se pela reduzida oscilação anual de temperatura, que durante o mês mais frio geralmente não chega a ser inferior a 18°C e com mais de 80% das chuvas concentradas entre os meses de outubro e março, conforme pode ser observado na Figura 09, que apresenta as médias mensais.

Médias anuais de pluviosidade: 1992-1999



Fonte: ANEEL Nov/2000
 Figura:08 - Gráfico de dados pluviométricos (médias anuais de pluviosidade) do município de Orizona-GO, durante o período de 1972 a 1999.

Médias das precipitações mensais:1972-1999



Fonte: ANEEL, Nov/2000
 Figura: 09 - Gráfico das médias pluviométricas mensais do município de Orizona-GO durante o período de 1972 a 1999.

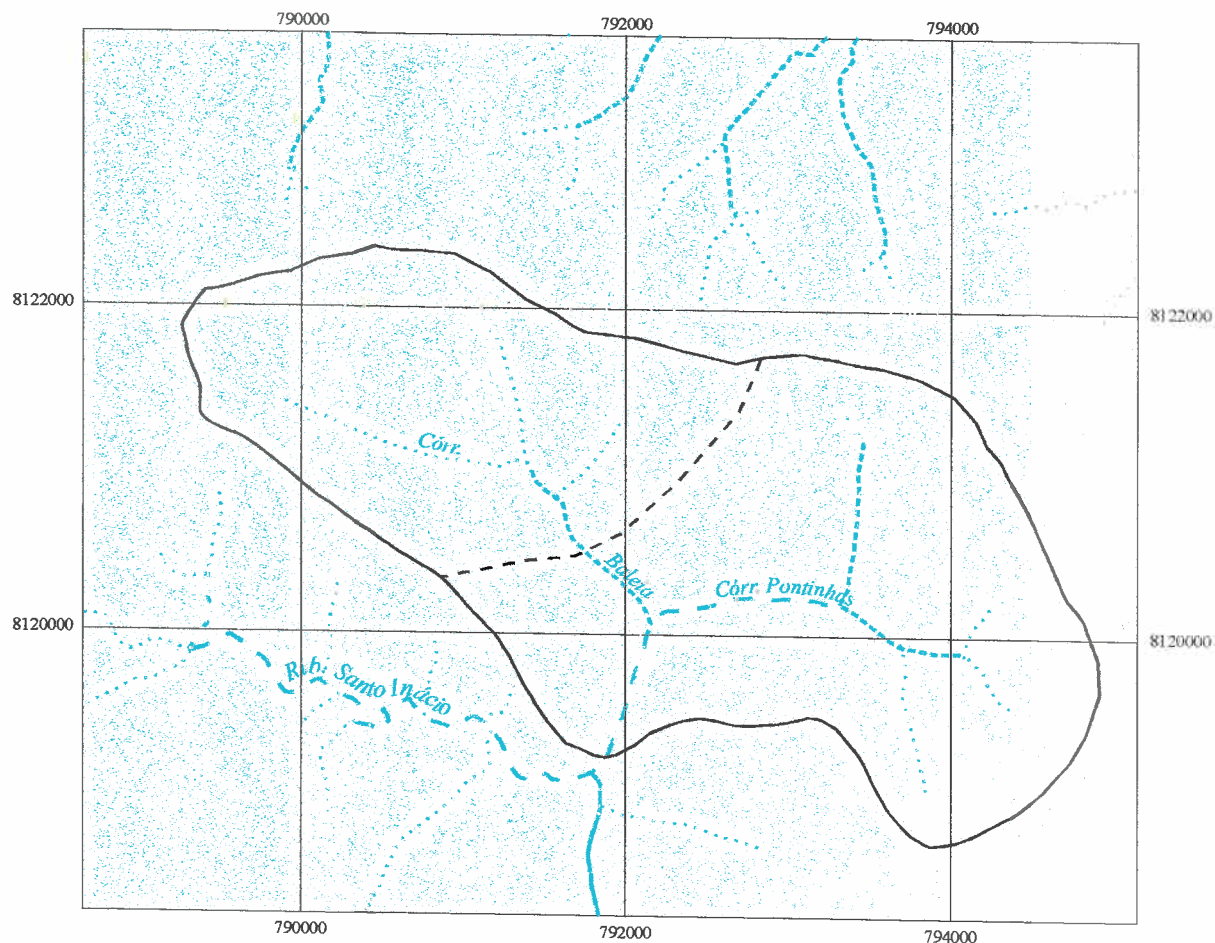
5.2.7 – A Bacia do Córrego Pontinhas e seu potencial de suscetibilidade à erosão linear

A bacia do Córrego Pontinhas, localiza-se a 07 km à nordeste da sede municipal de Orizona, como localizada nas figuras anteriores. Drena uma área de aproximadamente 15km² e de acordo com a classificação de Strahler (1957), o Córrego Pontinhas, seu canal, caracteriza-se como um curso de 3ª ordem (Figura 10).

A geologia local é representada por litologias (gnaisse, migmatito e quartzito – este ao norte da área) que compõem o Complexo Basal Goiano (PCg). São rochas pré-cambrianas e que apresentam alto grau de deformação e metamorfismo. É comum a presença de fraturas e microfalhas sem direções preferenciais. (Vide Figura 04)

Na Bacia do Córrego Pontinhas e seu entorno a altimetria varia de 800 a 920 m, do fundo de vale aos topos dos interflúvios (Figura 11). A morfologia local apresenta um modelado suave, convexiforme, com inclinações moderadas, predominando declividades inferiores a 10% (Figuras 12 e 13) e sem apresentar rupturas de declive acentuadas. Há um predomínio de vertentes longas, convexas e retilíneas. Os vales dos tributários do Córrego Pontinhas e seu entorno apresentam formas em V nos altos cursos e em U em direção à jusante, como evidencia a morfologia local (Figura 13). Não há rupturas nítidas na vertente onde se localizam as erosões mas as vertentes são inicialmente retilíneas e depois concavizadas.

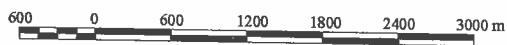
A cobertura pedológica do topo da vertente estudada caracteriza-se em geral por Latossolos (LE e LV) espessos e com boa porosidade, o que lhes conferem boa drenagem, sobretudo vertical. Mas em direção à base da vertente, a cobertura pedológica diminui gradualmente de espessura, passando de Latossolo Vermelho-Escuro do topo para Latossolo Vermelho-Amarelo na média vertente e Cambissolo em área de ruptura de declive convexa - côncava, onde o comportamento da drenagem é muito diferente dos materiais do topo, ou seja, o horizonte B câmbico possui uma drenagem vertical relativamente lenta, porém, o substrato (gnaisse) muito intemperizado é bastante permeável. A base da vertente é constituída por solos Hidromórficos pouco Húmicos (Glei). Estes



Legenda

- Primeira ordem
- Segunda ordem
- . - . - Terceira ordem
- Quarta ordem
- Delimitação da área de pesquisa
- - - Delimitação da bacia do Córrego Pontinhas / Córrego Baleias

Escala 1:60.000



Fonte:

Fotografia aérea 1964 - USAF

FIGURA 10 - Ordem dos canais de drenagem da bacia do Córrego Pontinhas e seu entorno extraída por fotointerpretação.

BACIA DO CÓRREGO PONTINHAS E EROSÃO
Orizônia-GO

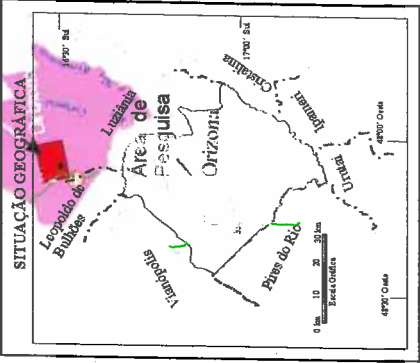
LEGENDA

Convenções

- Rodovia Estadual
- Estradas secundárias
- Caminhos
- Eixos de drenagem
- Sede de Município
- Topossequência
- Curva mestra
- Pontos Cotados
- Erosões

Altitudes - Hipsometria

- Acima de 960
- 920 a 960
- 880 a 920
- 880 a 840
- 840 a 880
- 800 a 840
- 760 a 800
- Abaixo de 760



FONTE: DSG, Fôlhas SE.22-X-B-VI Caraliba SE.22-X-D-II Pires do Rio
DATA: novembro de 1999.
ELABORAÇÃO DIGITAL: Wagneide Rodrigues
CREA-GO 7054/AP Geógrafa

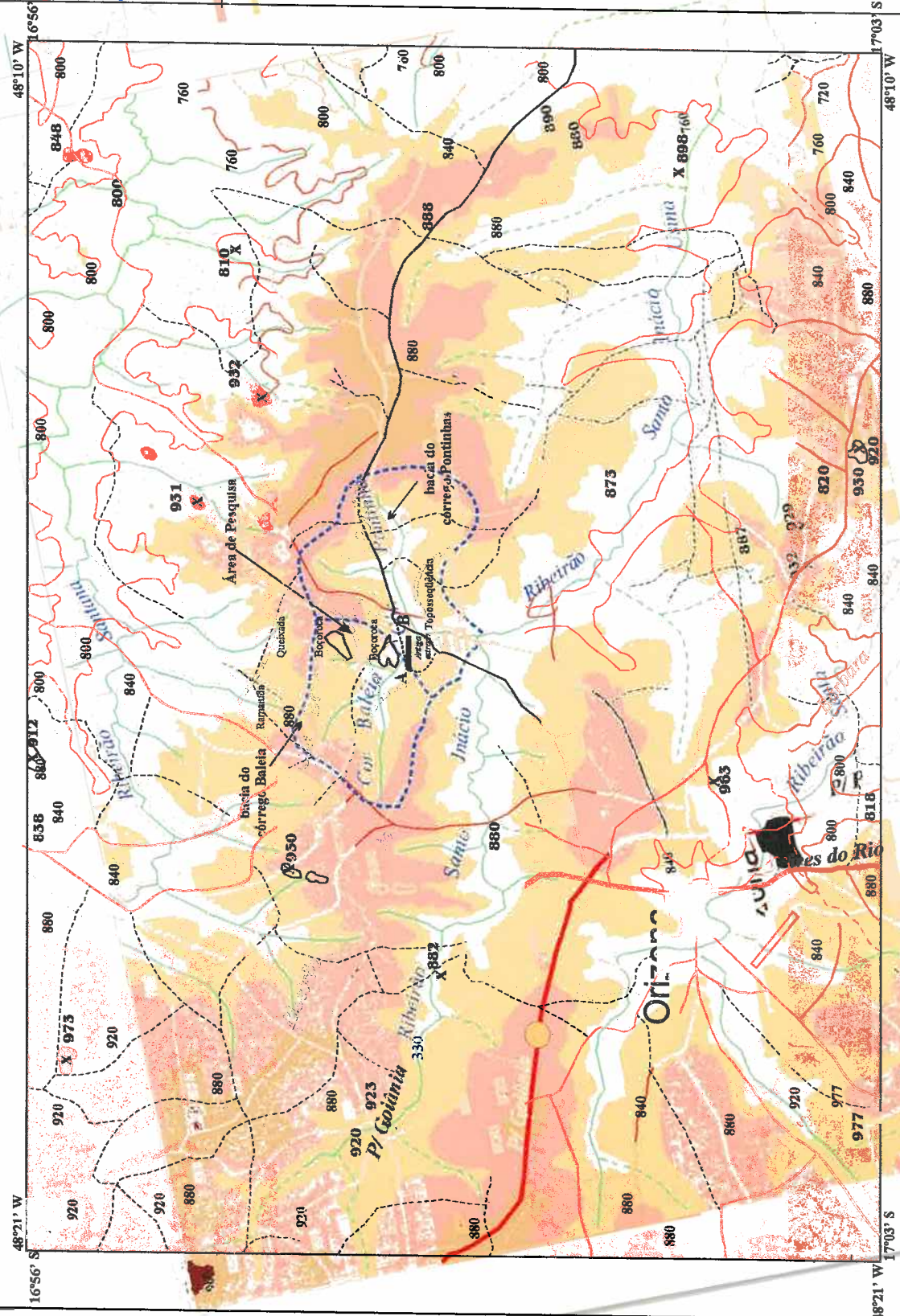
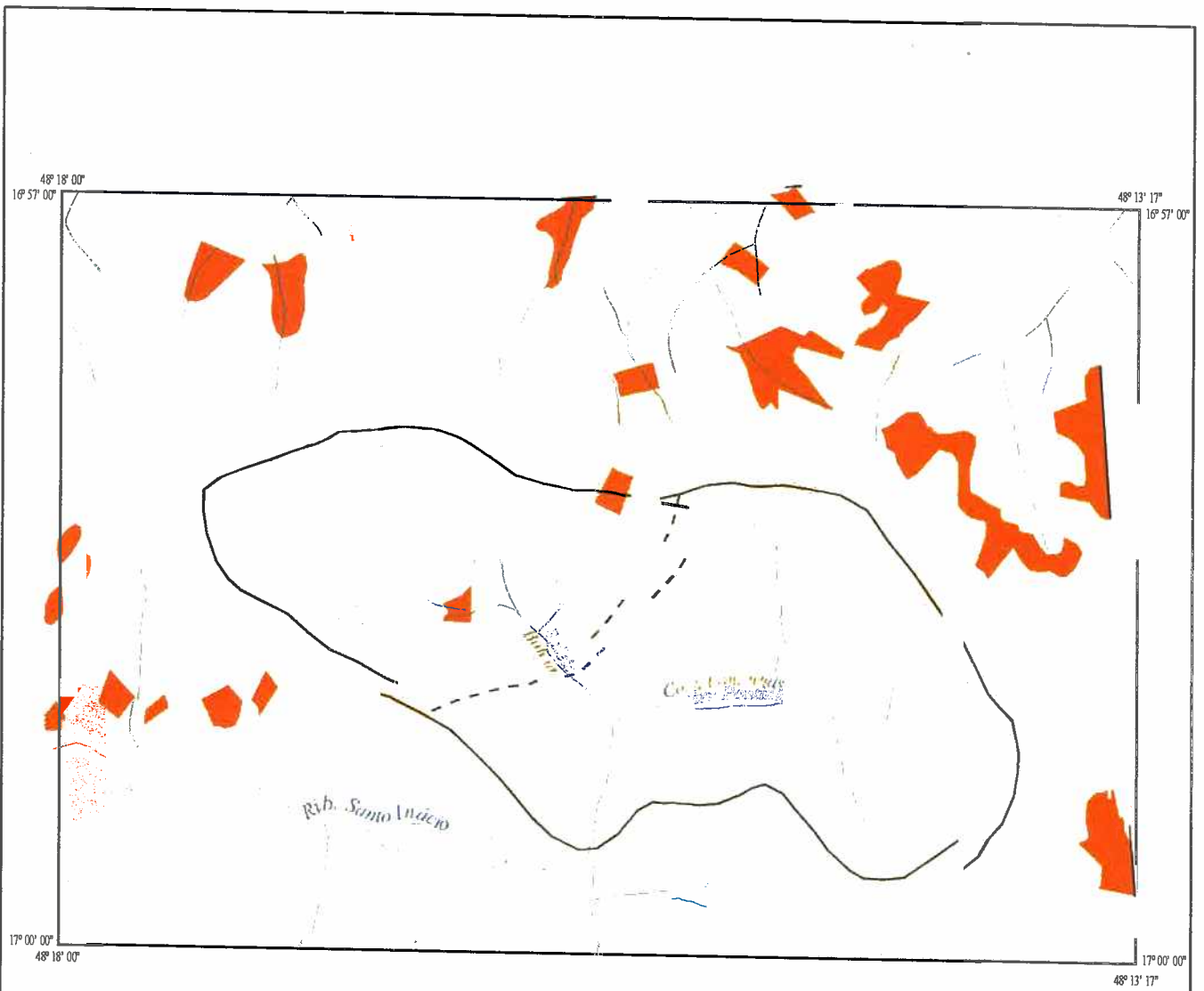


FIGURA 11 - Esboço hipsométrico da bacia do Córrego Pontinhas e seu entorno.



Legenda

Classes de declividade

0 - 5%

5 - 10%

10 - 20%

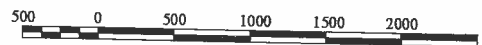
> 20%

Delimitação da área de pesquisa

Delimitação da bacia do Córrego Pontinhas / Córrego Baleias

Escala 1:50.000

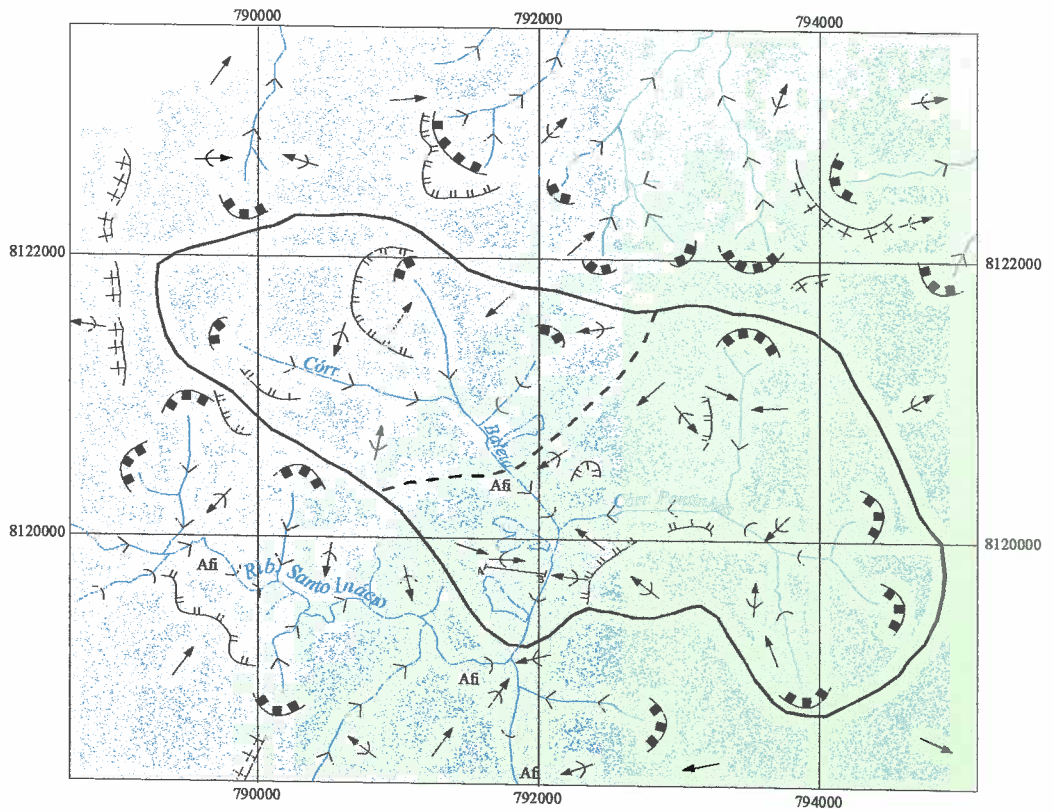
2500 m



Fonte



Carta topográfica 1:100.000
equidistancia 40 m

FIGURA 12 - Carta Clinográfica da Bacia do Córrego Pontinhas e seu entorno.



Legenda




Tipos de vale

-  Vale em "V"
-  Vale em "U" ou em berço

Formas geradoras da estrutura

-  Cornija estrutural









Geometria das vertentes

-  Convexa
-  Retilínea
-  Côncava

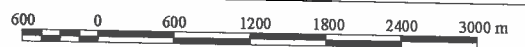
Formas de agradação

-  Planície de inundação

Formas de degradação

-  Rupturas côncavas
-  Rupturas convexas
-  Cabeceira de vale
-  Boçorocas
-  Divisor da Bacia
-  Divisor da bacia do Córrego Pontinhas / Córrego Baleias
-  Toposequência
-  Drenagem

Escala 1:60.000



Fonte: Fotografia aérea 1964 - USAF

FIGURA 13 - Morfologia da bacia do Córrego Pontinhas e seu entorno.

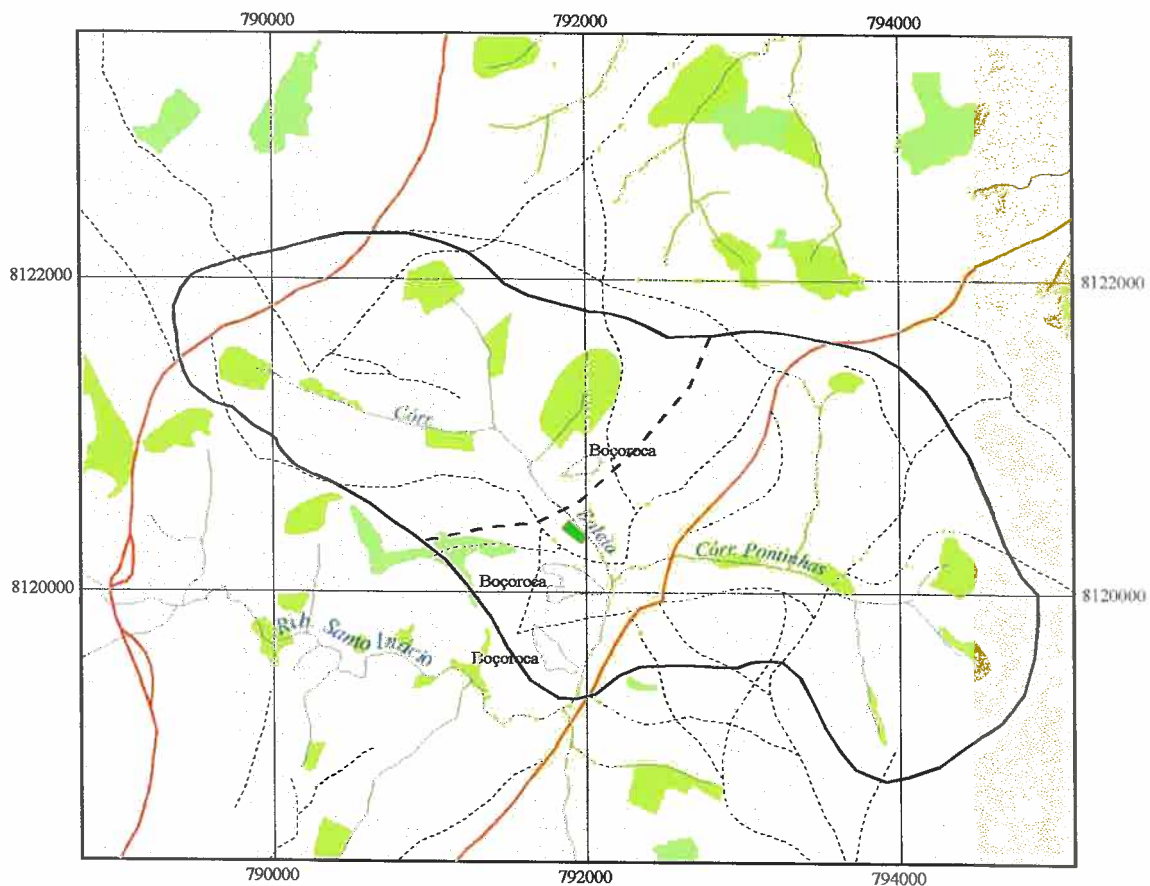
possuem excesso de umidade, portanto, apresentam-se como mal drenados a maior parte do ano, principalmente durante o verão.

Como já relatado, o clima regional é marcado por duas estações bem definidas, uma seca que equivale ao inverno e outra chuvosa correspondente ao verão.

Quanto ao uso do solo da bacia e seu entorno, foram realizadas duas interpretações. A primeira foi realizada com base em fotografias aéreas na escala 1:60.000 (1964) onde foram identificados 05 tipos de uso como a seguir: Mata Ciliar, Área de cultivo, Pastagem cultivada e/ou natural, Cerrado *strictu sensu* e Cerradão (Figura 14). A Segunda interpretação foi feita utilizando imagem de satélite LANDSAT TM - 5 (1997) que evidenciou 04 tipos de uso e ocupação do solo: Mata Ciliar, Área de cultivo, Pastagem cultivada e/ou natural e Cerrado *strictu sensu* (Figura 15). O Cerradão ou Floresta Xeromórfica apareceu apenas na fotointerpretação (década de 60), enquanto que na análise do uso do solo na década de 90, esta fitofisionomia não aparece mais, o que evidencia aumento do desmatamento da vegetação natural no final do século XX para a implantação de lavouras e pastagens cultivadas (principais atividades econômicas do supracitado município).

Na interpretação da década de 60, aparecem 03 erosões de grande porte. Uma na bacia do Córrego Baleia e duas na Bacia do Córrego Pontinhas. Uma delas é a erosão aqui estudada (localizada próximo ao encontro dos Córregos Baleia e Pontinhas) que já aparecia conectada ao curso d'água local, com as dimensões pouco inferiores às atuais e mais à jusante, havia outra grande erosão, em área entrecortada por antigos caminhos. Atualmente esta última erosão encontra-se totalmente estabilizada, através de povoamento espontâneo de várias espécies vegetais. Por este motivo não aparece mais na imagem de satélite de 1997.

O uso e ocupação do solo no município é basicamente voltado para as práticas agropecuárias. Na bacia em questão há um predomínio das práticas pecuárias, em pastagens naturais e cultivadas. As erosões lineares de grande porte que aí se instalaram tiveram sua gênese associada à antigas trilhas de tropeiros e de carros de bois, como a aqui enfocada, conforme depoimentos de



Legenda

- Mata ciliar
- Área de cultivo
- Pastagem cultivada e/ou natural
- Cerradão
- Cerrado "Strictu Sensu"
- Delimitação da área de pesquisa
- Delimitação da bacia do Córrego Pontinhas / Córrego Baleias
- Estradas / rodovia
- Caminhos
- Boçoroca
- Drenagem

Escala 1:60.000



Fonte: Fotografia aérea 1964 - USAF

FIGURA 14 - Uso do solo (década de 60) na área de contribuição da bacia do Córrego Pontinhas e seu entorno.

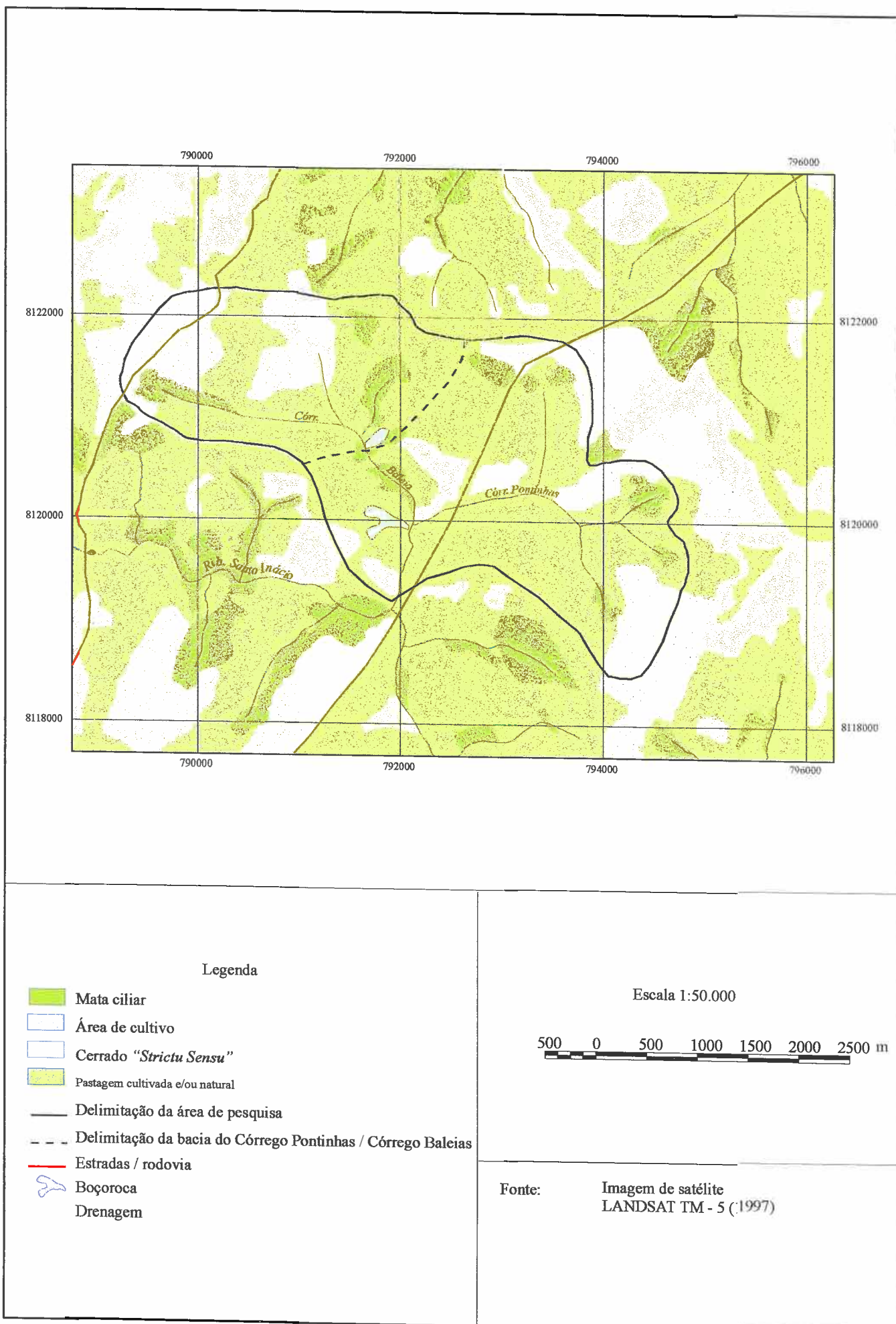


FIGURA 15 - Uso do solo (década de 90) na área de contribuição da bacia do Córrego Pontinhas e seu entorno.

antigos moradores, e que não receberam o devido cuidado para evitar a concentração do escoamento superficial. Assim, provavelmente transformou-se de sulco em ravina, que ao atingir o substrato muito frágil teria aumentado o gradiente hidráulico teria evoluído rapidamente, ajustando-se no sentido remontante e depois aprofundando-se. O assoreamento presente na desembocadura da erosão testemunharia a descarga rápida do material retirado, mas não o total, que deve ter partido com a drenagem.

A maior fragilidade natural do município e principalmente da Bacia do Córrego Pontinhas quanto à instalação dos processos erosivos lineares parece que está associada ao substrato. Este é bastante antigo (Pré-Cambriano), constituído por rochas em geral finas e pouco porosas do Complexo Basal Goiano (Gnaisses, Migmatito, Anfibolito, etc.), submetidas a alto metamorfismo, estando muito fraturadas, com microfalhas em várias direções e alto grau de intemperismo na sua parte superior, em função da oscilação do lençol freático e da percolação da água nos interstícios das pequenas fraturas que se caracterizam como zonas de fraqueza confirmando observação de Baccaro (1990).

Estas foram as hipóteses que nortearam os passos seguintes da investigação. Portanto, inferiu-se que o elemento natural mais suscetível à instalação de erosões na bacia do Córrego Pontinhas é o substrato geológico associado ao uso inadequado dos terrenos que colocou em instabilidade solos que naturalmente não o seriam.

5.3 – O sistema Pedológico e a Boçoroca do Córrego Pontinhas

Nesse item são apresentados os resultados obtidos em campo e em laboratório. Inicialmente são apresentados os resultados referentes ao levantamento e reconhecimento do sistema pedológico na bacia, realizado através da identificação dos horizontes e das diferenças texturais com a utilização das tradagens em toposseqüência. Em seguida, são descritos os resultados analíticos macromorfológicos obtidos em laboratório visando o entendimento das características físico-hídricas dos materiais e sua relação com a evolução da referida boçoroca.

5.3.1 - A morfologia do sistema Pedológico na Topossequência Pontinhas

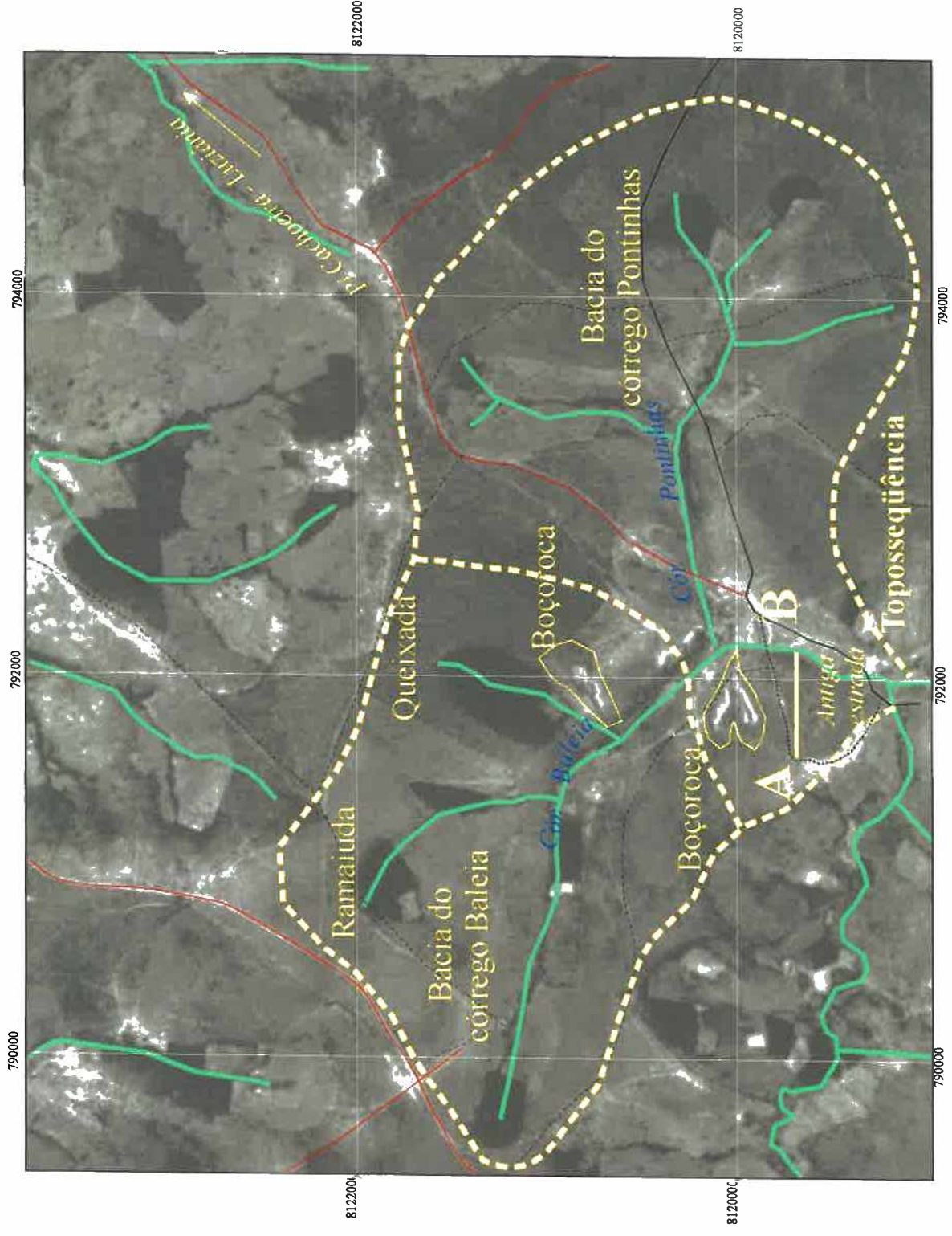
A vertente selecionada para a realização das sondagens corresponde à situada à direita do Córrego Pontinhas após sua junção com o Córrego Baleia (Figura 16). O levantamento permitiu constatar que a extensão total da topossequência, em linha reta, é de 513 metros, com declive médio de 10,5% e a presença de três segmentos topopedológicos, com base na diferenciação de forma, de declive e solos associados, dispostos do topo, próximo ao divisor de águas da bacia, até o canal de drenagem.

A Foto 05, mostra uma visão panorâmica da vertente com a indicação do eixo da topossequência. Os segmentos e também os horizontes identificados e desenhados sob o perfil topográfico, num total de 10 (dez), como descritos a seguir, distribuídos vertical e lateralmente ao longo do transecto, são apresentados na Figura 17. Essa figura permite perceber que ocorre uma cobertura latossólica espessa vermelha escura do topo até a ruptura côncava em meia encosta, onde passa a ocorrer solo raso com características de Cambissolo que passa progressivamente para jusante a hidromórfico, o qual é dominante neste setor. Portanto, trata-se de um sistema pedológico Latossolo - Cambissolo - Hidromórfico.

O primeiro segmento (I), possui uma extensão de 250 metros com declive de 6,5% e apresenta uma forma convexa suave; o segmento intermediário (II) possui uma extensão de 140 metros, declive em torno de 11% e forma convexa; o terceiro segmento (III), é o menos extenso, com 123 metros, porém, com maior declividade que os anteriores, cerca de 13,5% e apresenta-se de forma concavizada.

A seguir são descritos os horizontes e rochas alteradas identificados.

Foram identificados 10 (dez) horizontes, dispostos ao longo da topossequência, como podem ser observados na Figura 17, a saber:



BACIA DO CÓRREGO PONTINHAS E EROSÃO Ortizome-GO	
LEGENDA	
	Rodovia Estadual
	Estrada secundária em
	Caminhões
	Elcos de drenagem
	Bacia Córrego Pontinhas -Área de pesquisa
	Sede de Município
	Topossequência
	Ereito

 0 1 Km ESCALA GRÁFICA	SITUAÇÃO GEOGRÁFICA
-------------------------------------	--------------------------------

FONTE: DSG. Folhas SE.22-X-B-VI Caraliba SE.22-X-D-II Pires do Rio Fotogramia Aérea Metego, Julho de 1964. DATA: novembro de 1988. ELABORAÇÃO DIGITAL: Maignede Rodrigues CREA-GO 7054/AP Geógrafa

FIGURA 16 - Delimitação da bacia do Córrego Pontinhas e localização da boçoroca e da topossequência (A-B) estudadas.

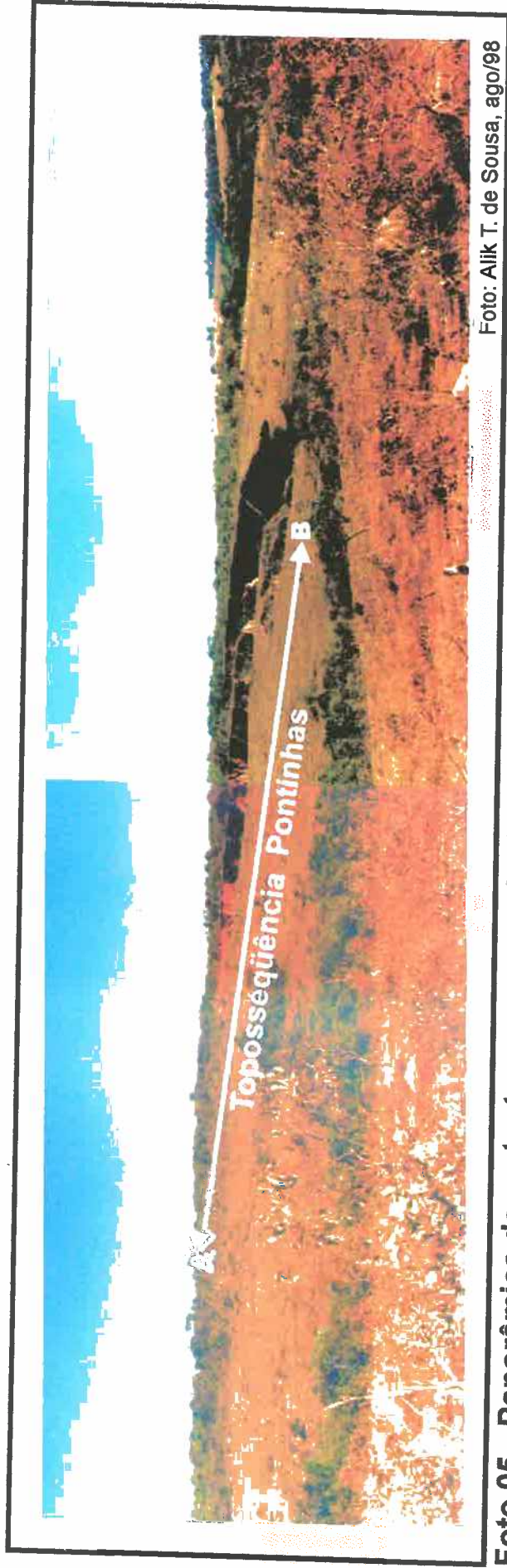


Foto: Alik T. de Sousa, ago/98

Foto 05 - Panorâmica da vertente com a ocorrência erosiva e o eixo do transecto da topossequência.

1 - Horizonte superficial – bruno dominante à montante (7,5YR 5/6) e vermelho amarelo (5YR 5/6) à jusante associado à presença de matéria orgânica; estende-se por toda a vertente, com espessura média de 20 cm, homogêneo, areno-argiloso no topo (segmento de montante) e variando lateralmente a muito argiloso (segmento de jusante); foi denominado de horizonte **Ap**. Subdivide-se em:

1a- bruno claro (7,5YR 5/6) a vermelho amarelo (5YR 4/6), areno-argiloso com maior presença de areia grossa à montante e diminuição gradativa da mesma em direção à jusante e aumento de argila na mesma direção.

1b- vermelho amarelo (5YR 4/6), argiloso, muito homogêneo.

1c- bruno médio (7,5YR 4/6) com manchas milimétricas vermelho - amarelas difusas e/ou mais contrastadas e diminuição provável da matéria orgânica, argiloso com presença de muita areia grossa, seixos, cascalho anguloso de quartzo e pequena quantidade de matéria orgânica para jusante.

2 – Horizonte subsuperficial - estende-se nos segmentos I e II da vertente, é vermelho (2,5YR 4/6) a vermelho amarelo (5YR 4/6) argilo - arenoso a argiloso; espessura média de 20 cm; com presença de areia grossa, cascalhos miúdos subangulosos de quartzo e argila mais pegajosa que no horizonte superficial. Foi denominado de horizonte **BA**.

3 - Horizonte subsuperficial – predomina no segmento (III) de jusante, bruno claro (7,5YR 5/6) com manchas vermelho escuro (2,5YR 4/6, 4/8) a bruno médio/escuro (7,5YR 3/4, 4/6), com matéria orgânica, espessura média de 40cm; argiloso, apresenta nódulos de argila compacta arredondados e duros (em seu interior são vermelho escuros, 10R 3/6), o amarelo está mais intenso envolvendo as manchas vermelho escuro do horizonte. Apresenta-se bastante compactado, uma vez que houve maior resistência do solo para tráfego. Foi denominado de horizonte **AB**.

4 - Horizonte profundo - vermelho (2,5YR 4/6, 4/8), estende-se nos segmentos I e II da vertente; espessura média de 50cm; apresenta-se mais raso (40 cm) no topo e mais profundo (60 cm) para jusante; argiloso, microagregado, pegajoso associado a um aumento do teor de argila; presença de areia fina em pequena

quantidade, de cascalho de quartzo e alguns nódulos de argila compacta; é friável. No segundo segmento (sondagem 3) a matriz apresenta a cor amarelo avermelhado (7,5YR 8/6) a amarelo claro com tons róseos (7,5YR 8/1) e manchas vermelho - amarelas (5YR 4/6). Foi denominado de horizonte **Bw**.

5 - Horizonte profundo - bruno escuro a bruno médio (7,5YR 3/4,4/6) com manchas bruno amareladas (10YR 5/6) passando para vermelho claro (2,5YR 6/6) e vermelho (10R 4/8), apresenta zonas difusas muito contrastadas, onde o vermelho é entremeado por manchas amarelas; estende-se nos segmentos II e III da vertente; argiloso, com sinais de hidromorfia fraca (manchas acinzentadas esparsas, difusas e centimétricas), fragmentos angulosos de quartzo e rocha alterada (sondagem – S4); a espessura média é de 40 cm. Horizonte denso, caracterizado através da dificuldade em perfuração do solo com o trado manual e presença de umidade. Foi denominado de horizonte **Bg**.

6 - Horizonte profundo - vermelho escuro (2,5YR 3/6) a vermelho (2,5YR 4/6, 4/8, 5/8) com pontos bruno amarelados (10YR 6/8); estende-se nos segmentos I e II da vertente; espessura média é de 60cm; argiloso friável, com pequena porcentagem de areia. Observa-se ligeiro aumento dos nódulos de argila em relação ao horizonte 4 e zonas amarelas/esbranquiçadas. Poucos e pequenos seixos de quartzo e concreções ferruginosas. Maior umidade em relação aos horizontes anteriores. Foi denominado de horizonte **Cg**.

7- Horizonte profundo - vermelho a vermelho claro (2,5YR 5/6, 6/6), variando à bruno intermediário (7,5YR 5/6), bruno amarelo dominante (10YR 6/8) com manchas vermelho amareladas (5YR 4/6,5/6) e zonas difusas amarelo avermelhadas (7,5YR 6/6) e amarelas(10YR 7/6); nestas ocorrem pontuações de manganês e sensações de areia; estende-se no trecho entre as sondagens 4,5, 6 e 7; a espessura média é de 85cm; argiloso. Observa-se também, nódulos de argila compacta e calhaus arredondados com grãos de areia no interior e nódulos ferruginosos. Presença de manchas de hidromorfia moderada a forte, pelo tom acinzentado generalizado. Horizonte compactado observado pela dificuldade de penetração do trado no solo. Foi denominado de horizonte **BC**.

8- Horizonte muito profundo, comum em toda a vertente; argiloso a silto-argiloso/argilo-siltoso,. Espessura em torno de 60 cm associado à rocha subjacente. Foi denominado de horizonte C. Divide-se em:

8a - Situa-se no segmento I - vermelho a vermelho escuro (2,5YR 3/6,4/6,4/8) com manchas amarelas, zonas rosas e esbranquiçadas (10YR 7/6) e vermelho amarelas (5YR 4/6, 5/6); argiloso a silto argiloso; apresenta microbandas avermelhadas e pequena quantidade de areia grossa. Material úmido e friável. Foi denominado de horizonte C1.

8b- Estende-se nos segmentos II e III da vertente - vermelho amarelo (5YR 5/6) com zonas bruno amareladas (7,5YR 5/8), vermelhas (2,5YR 4/8) e áreas difusas pouco contrastadas amarelo bruno (10YR 6/6); argiloso a argilo-siltoso, este horizonte apresenta-se bastante úmido, inclusive com água livre (lençol freático) na sondagem "5", a uma profundidade de 420 cm. Horizonte compactado observado através da dificuldade em tradar. Foi denominado de horizonte C2.

9- Rocha alterada I (R A I) - situada no segmento I da vertente, argilosa a argilo siltosa, cor variegada com zonas difusas mais claras (manchas esbranquiçadas) com tons amarelados e rosados, embora predomine o vermelho escuro (2,5 YR 3/6, 10 R 4/6) e vermelho amarelo (5YR 5/6, 5/8). Presença de manchas de hidromorfia. Foi denominado de R I.

10- Rocha alterada II (R A II) - estende-se nos segmentos II e III da vertente - cor bifásica vermelho escuro (10 R 4/4) com amarelo brunado (10YR 6/8) a bruno claro (7,5 YR 5/8), argilosa com zonas esbranquiçadas arenosas e presença de cascalho miúdo; zonas com precipitação de manganês; presença de silte nos volumes brancos e amarelados, seixos e cascalho fino nas áreas avermelhadas; presença generalizada de manchas de hidromorfia. Foi denominado de R II.

A tabela 03, adiante, resume as características morfológicas dos perfis descritos como equivalentes no talude direito da Boçoroca , já parcialmente apresentados na Foto 05.

Em síntese, o segmento I da vertente, como mencionado anteriormente, é o segmento do topo, apresenta pequena declividade (6,5%) e forma convexa suave. Os horizontes aí identificados permitiram interpretá-lo como latossolo; inicialmente vermelho-escuro (LE) que passa progressiva e lateralmente a um latossolo vermelho-amarelo (LV), apresentando textura variável de argilosa a areno-argilosa. São profundos, homogêneos, friáveis, bastante porosos, supostamente com argilas de baixa capacidade de troca de cátions, por estarem fortemente intemperizados e microagregados no horizonte **Bw**, além de neles o silte e os minerais primários pouco resistentes estarem ausentes; por outro lado, os teores de óxido de ferro devem ser significativos devido à cor vermelha.

Em geral estes solos são pouco suscetíveis à ocorrência de fenômenos erosivos devido à sua grande profundidade, boa porosidade e boa drenagem e por ocorrerem nas áreas mais planas a suavemente convexizadas (vertentes dispersoras) do relevo. No entanto, podem se transformar em palco de ocorrência de grandes erosões lineares, principalmente ravinas e boçorocas, se forem compactados ou desprotegidos e expostos longamente à ação da pluviosidade, ou ainda solapados.

No segmento II (intermediário), a declividade é de aproximadamente 11% e a forma da vertente apresenta-se convexizada. Em decorrência da forma e da declividade da vertente, os solos deste segmento apresentam-se menos espessos em relação ao Segmento anterior. Caracterizam-se como câmbicos que também são chamados de solos pouco desenvolvidos. Essa pequena espessura, pode estar relacionada com a sua idade (solo jovem – em fase inicial de formação a partir de materiais recentemente depositados) ou porque estão situados em lugares íngremes, nos quais a velocidade de transformação da erosão é igual ou superior à velocidade de transformação da rocha em solo. (LEPSCH, 1972)

Os solos Câmbicos costumam ser mais susceptíveis à instalação de processos erosivos do que os solos com horizontes **B** Latossólicos (**Bw**), uma vez que ocorrem em encostas com declives acentuados. Além disso, a sua pequena espessura aliada às suas características morfológicas (horizonte **B** inferior a 40cm de espessura e ausência de horizonte **A**) são fortes condicionantes de ocorrências erosivas, dada a sua menor infiltração (menor porosidade) e conseqüente maior suscetibilidade, devido à maior declividade que

é comum e aumenta a energia cinética das águas do escoamento superficial. Além disso, nessa porção da vertente o substrato encontra-se altamente intemperizado.

O segmento III, com declividade em torno de 13,5% e forma concavizada, estende-se até ao curso d'água local (Córrego Pontinhas), apresenta solo hidromorfizado pouco húmico (com pequenos teores de matéria orgânica dada a cor, e inferior a 40cm de espessura). Conforme LEPSCH (1972), é comum neste solo o aparecimento no horizonte **B** com manchas de coloração vermelha que lembram ferrugem. Estas, denominadas mosqueado, surgem na zona de oscilação do lençol d'água e são resultados da oxidação e concentração do ferro em determinados pontos da cobertura pedológica. O solo identificado, apresenta também concreções e/ou nódulos ferruginosos próximo à zona de truncamento (sondagem 4) entre os segmentos II e III, devido à oscilação sazonal do lençol d'água subterrâneo. A cor acinzentada deste solo deve-se também à redução do ferro em consequência da excessiva e relativamente constante umidade.

Em geral, por similaridade com sistemas pedológicas equivalentes, na área de ocorrência do Latossolo (topo da vertente) há um predomínio do fluxo hídrico vertical em consequência da boa porosidade e consequente permeabilidade deste solo, o que desfavorece o escoamento superficial e a ocorrência de processos erosivos superficiais (laminares e lineares – sulcos, calhas e ravinas). Todavia, a vertente pesquisada encontra-se bastante utilizada como pastagem extensiva, o que tem favorecido o surgimento de inúmeras trilhas e a respectiva compactação da camada superficial do solo, favorecendo o escoamento em superfície em relação à infiltração das águas pluviais. Porém, isso parece não afetar totalmente os fluxos hídricos dos latossolos locais.

Por outro lado, os cambissolos devido à sua pequena espessura e características morfológicas acima descritas, não favorecem o escoamento subsuperficial vertical. Com isso o fluxo hídrico vai ocorrer preferencialmente no sentido horizontal e superficial. Portanto, este solo é mais favorável à ocorrência erosiva do que os latossolos. Associa-se a isto, a presença da rocha próxima à superfície altamente susceptível à erosão, pois, como apresenta fraturas e diáclases facilita a percolação da água pluvial e o processo de alteração nas zonas de fraqueza.

Os solos hidromórficos mais à jusante (segmento III), devido à saturação d'água constante dos horizontes subsuperficiais correspondem ao setor de acumulação superficial e subsuperficial dos fluxos hídricos. No início do segmento, os câmbicos facilitam a escavação pelo escoamento superficial e o surgimento de erosões (laminar e linear), além do assoreamento com materiais provenientes de montante, favorecidos também pela concavização da vertente.

No que concerne ao substrato geológico, ocorre nos segmentos I e II da vertente o Migmatito, enquanto que no segmento III da vertente ocorre o Gnaisse. Essas rochas pertencem ao Complexo Basal Goiano conforme relatado anteriormente. Apresentam alto grau de metamorfismo, sendo extremamente fraturadas, fragmentadas e falhadas, e encontram-se bastante intemperizadas. Essas características são altamente favoráveis ao desenvolvimento de erosões de grande porte como as ravinas e as boçorocas, se forem alcançadas por incisões ligadas ao escoamento concentrado. Por outro lado, podem ficar saturadas ou próximas de saturação durante a estação chuvosa, pela recarga proporcionada pelos Latossolos.

A partir da morfologia vertical e lateral (geometria) dos horizontes identificados, pode-se constatar que:

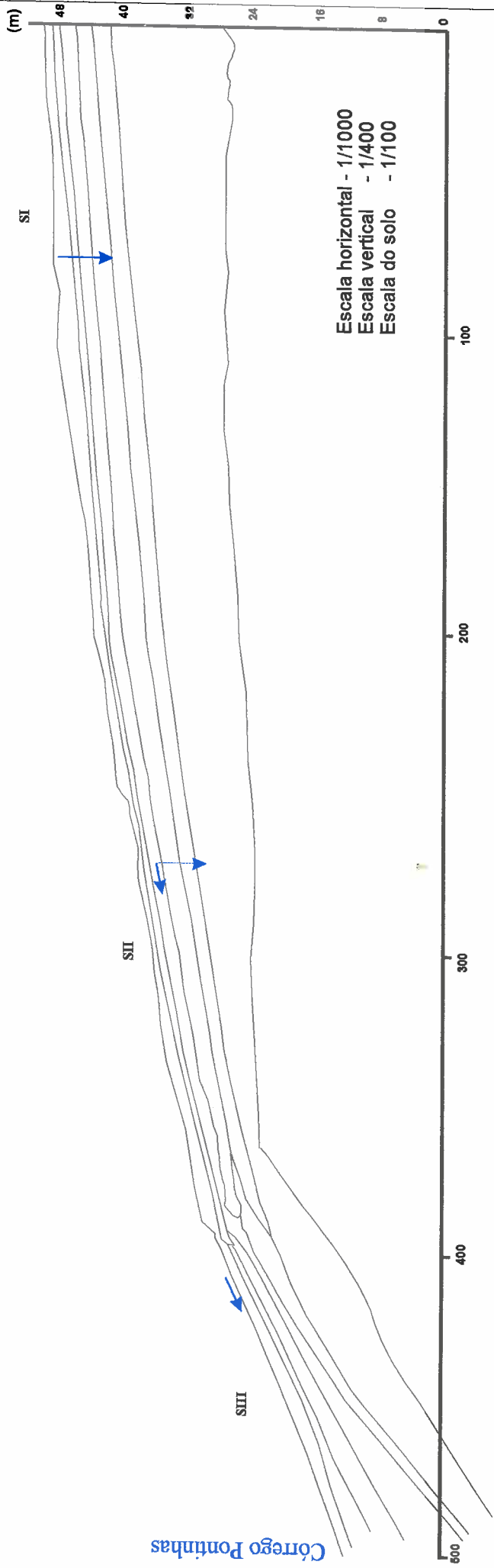
a) os solos dos segmentos I e II parecem estar filiados ao migmatito e os solos do segmento III ao gnaisse.

b) os fluxos hídricos inferidos a partir das características identificadas nos horizontes e seu arranjo (Figura 18) revelam uma possível predominância de fluxos verticais (recarga do freático profundo) no segmento I, enquanto no segmento II e início do III onde inclusive ocorre ruptura côncava do declive, seriam predominantemente laterais, superficiais e mais rápidos devido ao aumento de declividade. O final do segmento III corresponderia à zona típica de acumulação de fundo de vale.

c) a concordância entre a geometria dos horizontes e a forma da topografia atual dos segmentos I e II da vertente, leva a supor que a pedogênese latossólica seria a inicial e mais antiga, contemporânea à morfogênese que nivelou os interflúvios secundários. No entanto, a ruptura côncava ligada à presença de cambissolo, faz supor que houve um truncamento posterior dessa cobertura latossólica, que teria exposto o substrato rochoso, a partir do qual reiniciou-se a

TOPOSEQUÊNCIA PONTINHAS

Comportamento Hidráulico



LEGENDA

↑ ↓
Direção do fluxo hídrico superficial e sub-superficial

SIII
Segmento de vertente

Córrego Pontinhas

FIGURA 18 - Fluxos hídricos inferidos à partir da topossequência Pontinhas.

pedogênese (litossolo) que lateralmente já evoluiu para um cambissolo para jusante. No segmento hidromórfico da jusante, a presença de geometrias assemelhadas a extratificações, aliadas a transições relativamente discordantes com a topografia atual, permitem supor que pelo menos parte do material removido de montante teria sido aí depositado, junto com sedimentos aluviais, promovendo uma certa regularização da vertente, mas o fato de o canal estar hoje em nível mais alto que o freático, faz supor que houve um represamento rápido e intenso, sem energia para remoção, permitindo a hidromorfização desses materiais e seu reentalhe recente.

Assim, essa área teria sido submetida a fenômenos erosivos intensos e de alta energia sucedidos por reajuste posterior da vertente, mas isso, certamente é anterior ao fenômeno erosivo atual, e seria mais relacionável a momentos anteriores que necessitariam de estudos de maior detalhe para melhor interpretá-los.

d) assim, a zona de risco à erosão parece ter estado junto à ruptura de declive entre os segmentos II e III, onde provavelmente iniciou-se o ravinamento, que progrediu para jusante com maior energia, dado o aumento de declive e aprofundando-se até que o freático tenha sido interceptado, transformando-se em boçoroca, a partir do que iniciou-se a evolução para montante.

A Toposseqüência Pontinhas evidenciou três prováveis níveis anteriores de evolução do modelado até o atual. O nível de base local (Córrego Pontinhas) parece estar com o gradiente negativo, ou seja, está acima do N. A. (evidenciado na sondagem "5" a 420 cm de profundidade), como ressaltado, o que permite aventar a hipótese de que o Córrego parece não estar hoje interferindo na evolução da boçoroca, pois, atualmente ele não possui mais energia para isto. É provável que o desmatamento tenha promovido a diminuição do volume de vazão por fenômenos regulados pela infiltração e comportamento do freático. Tudo indica que ele (curso d'água) esteja reentalhando muito lentamente uma área assoreada pelos sedimentos oriundos de fase anterior do ravinamento / boçorocamento.

Já a boçoroca hoje estaria nitidamente sendo controlada pelo N.A e pelas enxurradas que atingem suas bordas, como evidenciado pelos fenômenos ligados aos seus taludes de montante. Por isto a erosão ainda está ativa, fato

caracterizado pela presença de fluxo contínuo em dois canais correspondentes aos seus dois ramos principais no seu fundo, e pela presença de inúmeros fenômenos de *piping*, até de movimentos de massa recente nos taludes de montante que já remontam quase ao topo do interflúvio, atacando os Latossolos espessos, por solapamentos. As Fotos de 06 a 13 evidenciam estes processos.

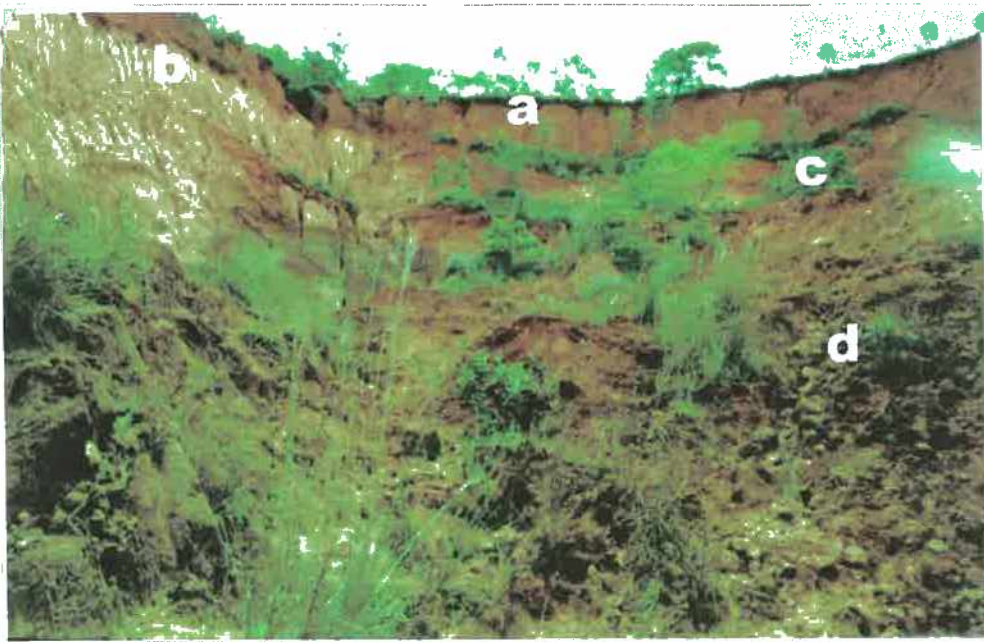


Foto: Alik T. de Sousa, ago/98

Foto 06: Cabeceira da boçoroca evidenciando cobertura latossólica espessa (a); sulcos esculpidos no talude pelo escoamento superficial (b); abatimentos causados pela liquefação de materiais (c) e deslizamentos (d).



Foto: Alik T. de Sousa, ago/98

Foto 07: Latossolo Vermelho Escuro à montante da boçoroca; horizonte C muito sulcado e desestabilizado em função do *piping* e de alcovas na base.



Foto: Alik T. de Sousa, fev/01

Foto 08: Cabeceira da boçoroca (eixo 1) apresentando talude instável com presença de sulcos e materiais liquefados provocados pelo escoamento pluvial concentrado.

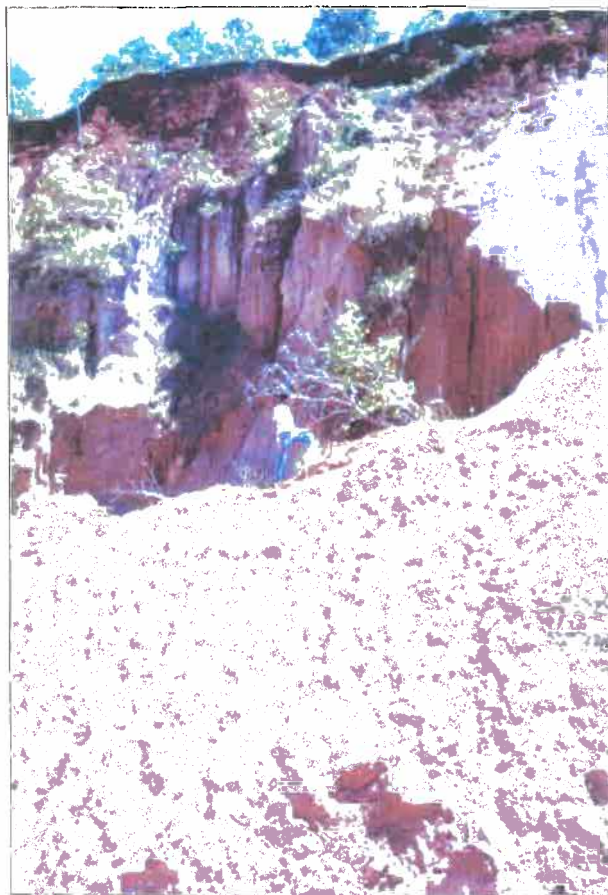


Foto: Alik T. de Sousa, fev/01

Foto 09: Erosão remontante; movimentos de massa (deslizamentos na cabeceira da erosão) em decorrência da instabilização dos taludes por sulcos, liquefação de materiais e piping na base do talude esquerdo do eixo 1.



Foto: Alik T. de Sousa, fev/99

Foto 10: Efeito piping criando vazios no interior do horizonte C (migmatito), na cabeceira do eixo 1 da boçoroca.



Foto: Alik T. de Sousa, fev/99

Foto 11: Localização do Boçoroca Pontinhas associada a ruptura de declive.

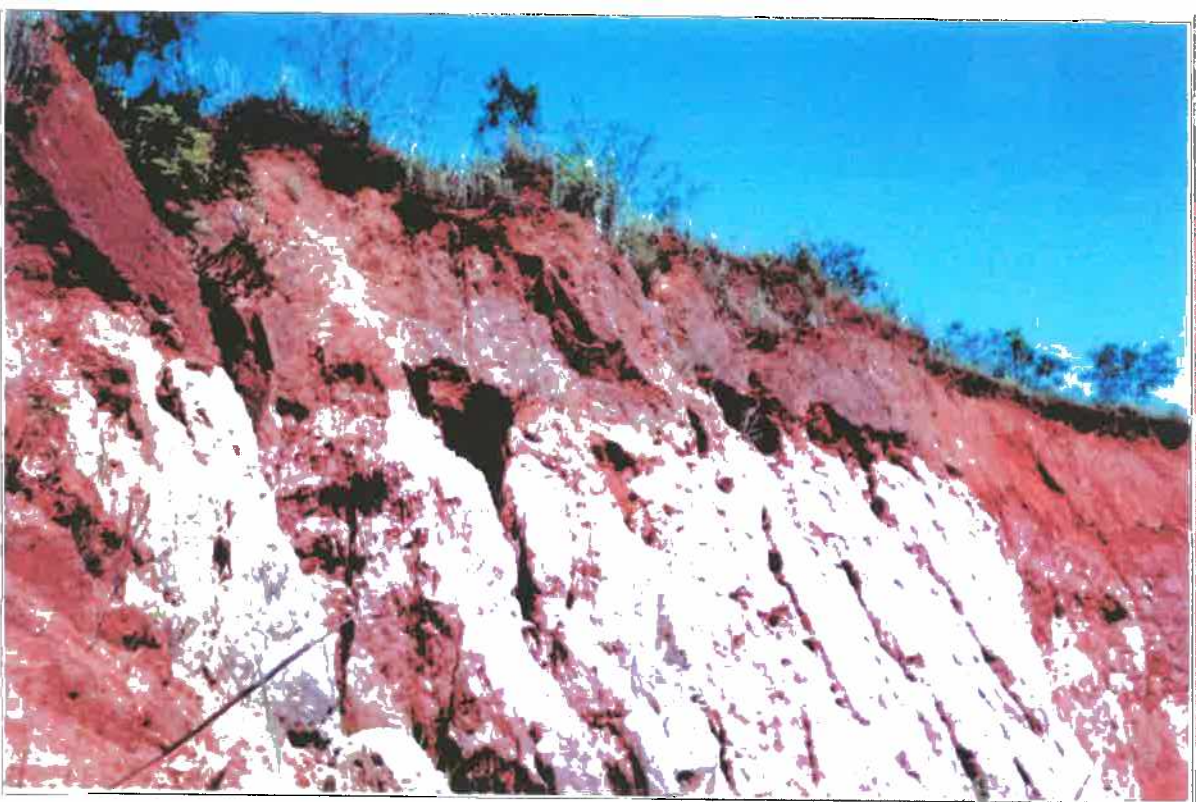


Foto: Alik T. de Sousa, fev/99

Foto 12: Marmitas e/ou alcovas de regressão causadas pelo escoamento pluvial concentrado no contato dos horizontes B e C; sulcos na alterita.

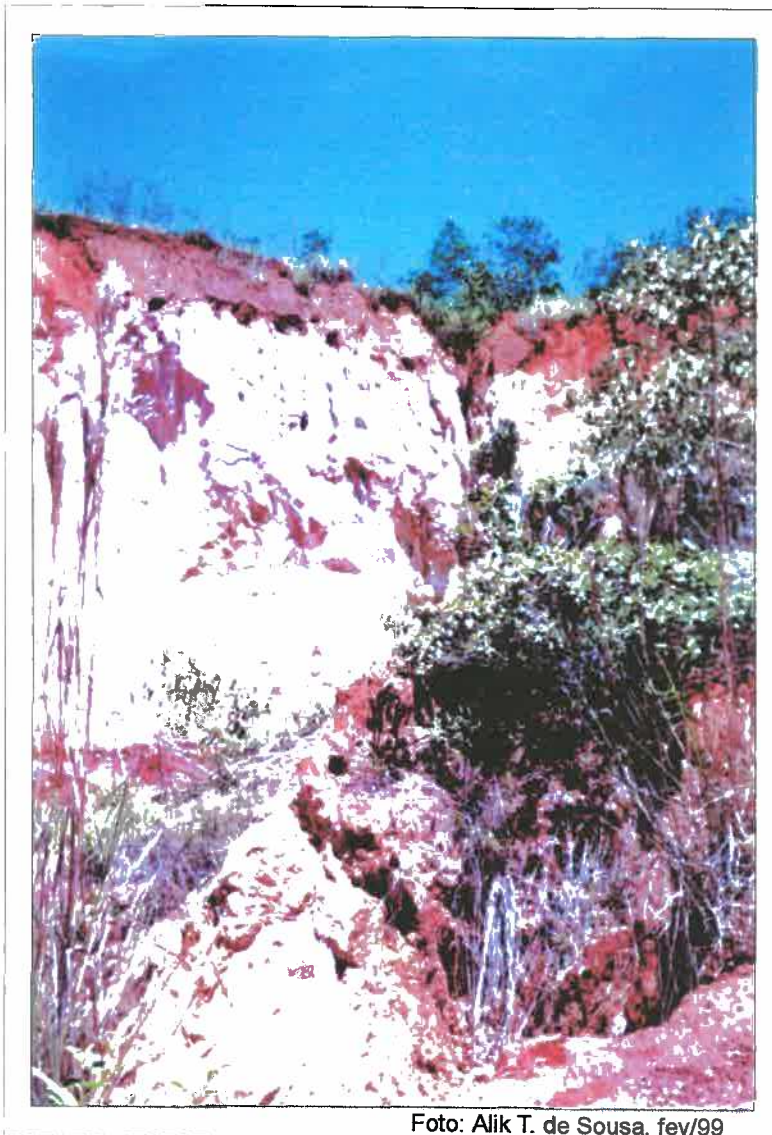


Foto: Alik T. de Sousa, fev/99

Foto 13: Solapamentos na base do talude (conjunção do escoamento superficial com o sub-superficial).

5.3. 2 – A caracterização da Boçoroca do Córrego Pontinhas e de seus materiais

A ocorrência erosiva localiza-se na margem direita do Córrego Pontinhas (vide Foto 11), na Fazenda homônima, de propriedade do Sr. João de Castro (popularmente conhecido como Sr. João Nardino), distante cerca de 7 km ao norte da sede municipal de Orizona, cujo acesso se dá pela Estrada Cachoeira (que liga este município à cidade de Luziânia). A seguir será apresentada uma ficha de cadastro da erosão elaborada com base no modelo do IPT, 1998:

FICHA DE CADASTRO DA EROSÃO	
1 – Identificação e localização da erosão Estado: GO Município: Orizona	
Descrição: Boçoroca Pontinhas – Erosão Rural	Localização: município de Orizona – GO; à 07 km a NO da sede municipal – Fazenda Pontinhas, às margens do Córrego que recebe o mesmo nome.
Acesso: Estrada estadual (não pavimentada) que liga a cidade de Orizona à cidade de Luziânia, no km 07 – entrada à esquerda (faz. Pontinhas)	
2 – Dados regionais	
Bacia Hidrográfica: Córrego Pontinhas – Ribeirão Sto. Inácio – Rio Piracanjuba – Rio Corumbá (Bacia do Rio Paraná)	Geomorfologia: Planalto Central Brasileiro; Planalto Central Goiano e na sub unidade: Planalto do Alto Tocantins Paranaíba; apresenta relevos com formas convexas e tabulares.
Geologia: Complexo Basal Goiano – gnaisse e migmatito	Pedologia: Latossolo Vermelho Escuro (LE); Latossolo Vermelho Amarelo (LV); Cambissolo (Ca) e Hidromórfico pouco húmico (Gh); com textura argilo-arenosa predominantemente.
3 – Características da bacia de contribuição	
A bacia do Córrego Pontinhas abrange uma área aproximadamente de 15km ² ; a boçoroca possui um talvegue com cerca de 500m de comprimento; a vertente onde está instalada a erosão possui uma declividade média de 10,5 %.	
Uso do Solo: Na bacia de contribuição, o uso do solo que predomina consiste nas pastagens cultivadas, seguidas pelas pastagens naturais, pequenas lavouras de subsistência, algumas pequenas reservas de Cerrado <i>strictu sensu</i> e de matas ciliares, além de estradas não pavimentadas, caminhos e trilhas criadas pela passagem do gado em pontos preferenciais do terreno.	
Causas, condicionantes e atenuantes: Trabalhos de campo, entrevistas com antigos moradores circunvizinhos ao problema, análise de cartas topográficas na escala 1:100.000 e de fotografias aéreas em escala 1:60.000 permitiram inferir que as causas que contribuíram para o surgimento da Boçoroca Pontinhas estão associadas a uma antiga estrada de tropeiro e de carro de bois que passava pelo local. Inicialmente surgiu como uma ravina à meia encosta (provavelmente ainda na primeira metade do século XX) que por falta de obras de recuperação e de	

monitoramento, evoluiu sobre o Cambissolo da média vertente em direção ao espesso Latossolo Vermelho Escuro do topo. Ao atingir essa camada pedológica o processo erosivo interceptou o lençol freático, momento em que a dinâmica passou a ser comandada tanto por ação da água superficial quanto daquela subsuperficial, caracterizando a erosão como uma boçoroca (estágio mais avançado da feição linear). Assim a erosão passou a entalhar o seu talvegue e a evoluir remontantemente, bem como, lateralmente e em direção ao curso d'água local (Córrego Pontinhas).

4 – Características da Boçoroca

Descrição Geral: A boçoroca possui um formato de coração. Apresenta-se bordas instáveis e um grande festonamento de seus taludes. Possui 03 Eixos principais. O eixo 1 corresponde ao localizado à direita do fenômeno erosivo; o segundo (eixo 2) corresponde ao da esquerda da boçoroca. O eixo 3 refere-se a uma ravina muito dinâmica localizada na margem direita da erosão principal. (Foto 20 mais adiante)

Descrição Detalhada: O eixo 1 apresenta grandes instabilidades, é o mais ativo, possui atualmente uma extensão de 530 metros, 25m de profundidade média, em alguns pontos atinge até 35 m, a sua maior largura mede 90metros. Esse eixo é mais estabilizado no sentido à jusante e muito instável em direção ao topo, aí possui intensos mecanismos como *piping*, deslizamentos, abatimentos, etc. (Fotos 06, 07, 08, 09, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 18, e 19). O eixo 2, é o mais extenso com cerca de 550 metros de comprimento e com profundidades e largura semelhantes aos registrados no eixo 1, este apresenta-se mais estabilizado do que o primeiro, com presença de revegetação espontânea primária e secundária em seu talvegue e nos taludes menos íngremes.

O eixo 3 configura-se ainda como uma ramificação mais recente localizada à direita da erosão, junto à ruptura de declive, sobre solo câmbico, caracteriza-se como ravina, pois ainda, não atingiu o lençol freático, porém apresenta-se bastante instável, com rachaduras e descalçamentos de seus taludes pela ação da água pluvial durante o verão (estação chuvosa). (Foto 21)

5 – Avaliação das condições da evolução

O surgimento dessa boçoroca parece estar associado ao uso inadequado do solo sem práticas conservacionistas e/ou corretivas do processo. Inicialmente surgiu como ravina na ruptura de declive sobre antiga estrada de tropeiro. O solo da vertente naturalmente apresenta resistência à instalação de processos erosivos, mas o substrato (gnaisse e migmatito) é altamente fragilizado. Quando este foi afetado pelo escoamento superficial a erosão evoluiu rapidamente em direção ao topo, lateralmente e aprofundou-se enormemente. Neste estágio, ocorreu a interceptação do N. A. contribuindo para uma dinâmica mais agressiva do processo. Atualmente a boçoroca Pontinhas está evoluindo por uma grande complexidade de processos do meio físico (*piping*, escorregamentos e/ou deslizamentos, erosão superficial e liquefação de materiais) comandados pela ação concomitante das águas superficiais e subsuperficiais.

6 – Principais Impactos

Essa feição gera vários impactos ambientais na sua área (local e regional) de ação através da constante perda de solos aumentando as suas dimensões, e na drenagem de jusante (Córrego Pontinhas) através do contínuo assoreamento com materiais provenientes da boçoroca, tornando-se um complicador para o uso do solo nestas áreas. Esses materiais que são desprendidos e carreados da

boçoroca em direção à jusante, entulham o leito de base local e o Ribeirão Santo Inácio localizado a menos de 1km da ocorrência erosiva. Este assoreamento dos talvegues, altera a dinâmica natural do escoamento fluvial, evidenciado através do aumento de ocorrência de enchentes no período chuvoso (verão) e maior instabilidade dos taludes em áreas que antes eram estáveis naturalmente. Além disso, a evolução em bisel e remontantemente diminui a área de pastagem da propriedade rural, destrói parte da reserva de Cerrado *Strictu Sensu* que margeia a erosão e ameaça destruir uma antiga estrada secundária à montante. É comum também, animais bovinos se acidentarem caindo dentro da supracitada boçoroca.

7 – Sugestões de medidas preventivas e corretivas

A maioria de obras para recuperação de processos erosivos como este em questão, requer intervenções com obras de engenharia normalmente que despendem vultuosos recursos financeiros que ultrapassam até mesmo o valor venal da propriedade rural onde estão instalados, como é o caso desta erosão.

Diante disso, propõe-se medidas menos onerosas financeiramente e mais práticas, devido as enormes dimensões da erosão, visando a estabilização do processo e a diminuição de perda de sedimentos da vertente e o conseqüente entulhamento dos talvegues da rede hidrográfica local e regional.

7.1 – Bacia de contribuição: A primeira medida proposta, consiste no isolamento da área de contribuição da vertente onde está instalada a referida boçoroca, visando o repovoamento espontâneo de gramíneas e outras espécies do Cerrado, nos caminhos criados pelo gado. Essa medida, vai contribuir para a diminuição do escoamento superficial laminar e concentrado que cria linhas de fraqueza (sulcos) nos taludes da erosão, principalmente na espessa cobertura pedológica representada pelo Latossolo Vermelho Escuro (topo), Latossolo Vermelho Amarelo (média vertente) e Cambissolo (área de ruptura de declive), que recobrem respectivamente os substratos de migmatito (topo e média vertente) e gnaisses que encontram-se altamente intemperizados; controle da erosão em toda a bacia de contribuição para evitar o escoamento superficial concentrado, através da construção de leiras (com galhos de árvores e/ou cerca viva) em nível para induzir a infiltração das águas pluviais e contribuir para a conseqüente diminuição do escoamento superficial e retirada do gado da referida área.

7.2 – Boçoroca: Propõe-se a construção de paliçadas com bambus, madeiras, solo-cimento, tambor, concreto e outros no sentido transversal ao escoamento fluvial, objetivando a retenção de sedimentos que colmatará o interior da ocorrência e, possibilitará um repovoamento espontâneo de várias espécies vegetais: secundárias e primárias, que ajudará a conter a evolução do processo; drenagem da água subterrânea com dreno de pedra ou feixes de bambu visando a diminuição da energia abrasiva deste escoamento; vegetação induzida da boçoroca com plantas rústicas que desenvolvem-se bem em solos erodidos, que proporcionam boa cobertura do solo e tenham um sistema radicular abundante. As vegetações mais usadas na proteção de área com boçoroca são as gramíneas (batatais, seda, capim-quicuí e a braquiária) e leguminosas (cudzu e as diversas espécies de Lespedeza spp) (Almeida Filho, 2001: 58). Propõe-se ainda o plantio de bambus em vara dentro da ocorrência erosiva, que também desenvolve-se com muita facilidade e possui um rápido crescimento.

8 – Disponibilidade de materiais de construção

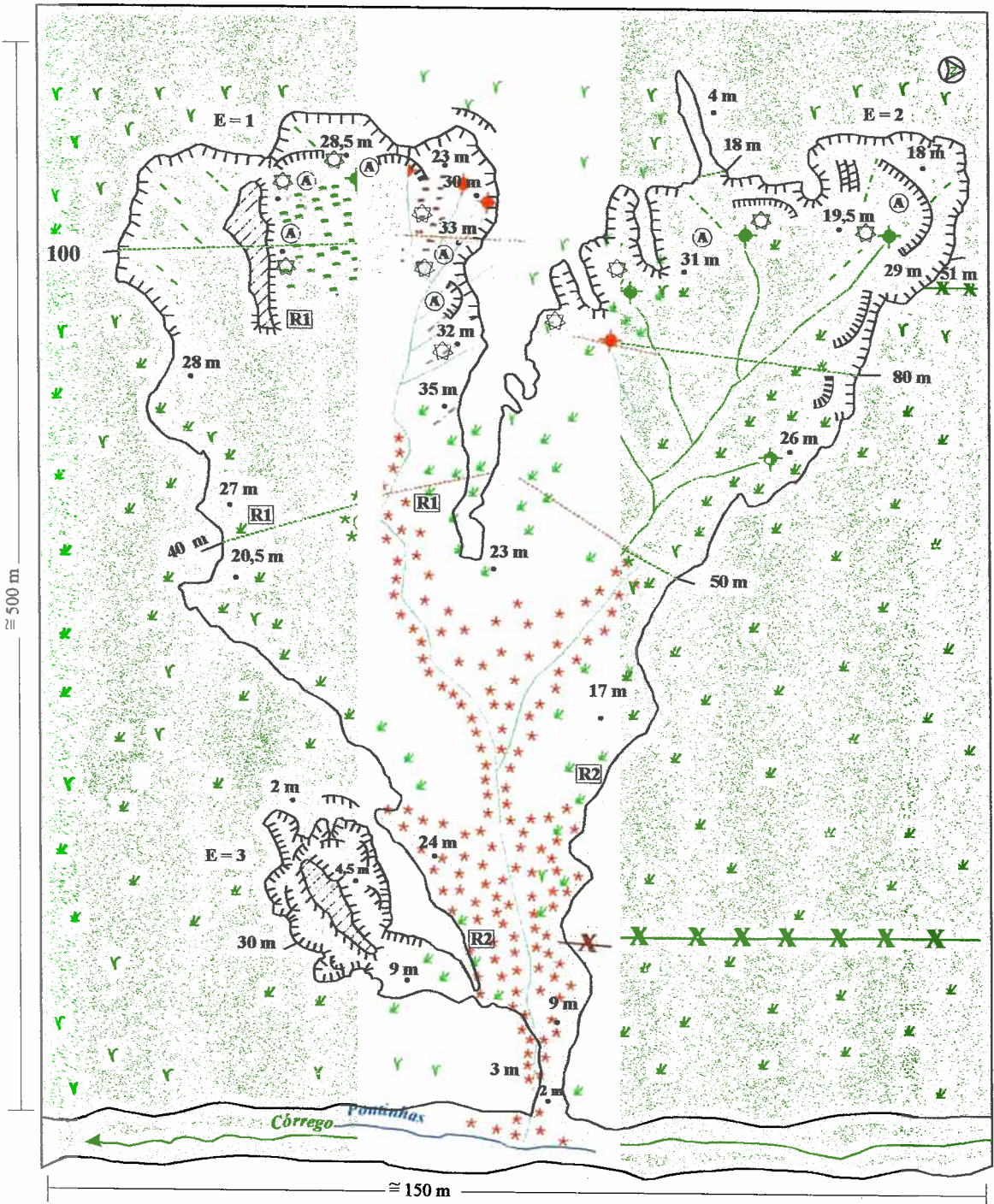
As obras propostas são menos onerosas como já mencionado, e os materiais para a sua implantação podem ser encontrados no município de Orizona, com

facilidade.		
9 - Ensaio realizados		
Para melhor diagnóstico da dinâmica erosiva objetivando propor soluções mais adequadas para a solução do problema, foi realizada uma topossequência paralela ao eixo de maior instabilidade (1) da boçoroca, para identificar as características da cobertura pedológica ao longo da vertente e sua suscetibilidade erosiva, medidas de vazão dos dois eixos principais e, ensaios físico-hídricos dos materiais em laboratório.		
9.1 – Ensaio de Vazão: foram realizados dois ensaios em épocas pluviométricas distintas no interior da boçoroca: um durante o período seco (inverno) e outro durante a estação chuvosa (verão). Utilizou-se método simples para obtenção deste ensaio, através da construção de pequena barragem (tendo o cuidado para não haver o represamento do escoamento) onde foi acondicionado um tubo PVC, um latão para recolhimento da água em tempo determinado e um vasilhame para aferir a quantidade depositada no latão no tempo preestabelecido. As coletas ocorreram em 03 pontos preferenciais da erosão: uma no eixo direito, outra no eixo esquerdo e, outra na junção destes dois escoamentos nas proximidades da foz da boçoroca. Essas medidas evidenciaram que apesar do eixo 2 (esquerdo) ser o mais estável na atualidade ele possui uma vazão muito superior (mais do que o dobro) ao eixo direito (mais instável). Este fato, pode estar relacionado à intensa presença de vegetação no interior do eixo 2 que inibe o processo de evapotranspiração e conseqüentemente aumenta a umidade no interior dessa ramificação.		
9.2 – Laboratório: No laboratório realizou-se análises de rotina (granulometria e argila natural) e os ensaios de Condutividade e Permeabilidade Hidráulica, densidade do solo e de partículas e porosidade total. Todas as análises e ensaios foram realizadas no laboratório de Análises Físico-Hídricas de Solo da EMBRAPA/ CNPAF e seguiram o método da EMBRAPA (1979) e destinaram-se a avaliar o comportamento dos solos e substrato, sobretudo em termos da circulação da água.		
10 – Identificação da ficha		
Referências: Sr. Ézio de Castro; Nilson Ribeiro; Sebastião Rosa de Castro.	Coord. EO: 48° 00' – 48°30' W	Coord. NS: 16° 50' – 17°00' S
Equipe: Alik Timóteo de Sousa e Selma S. de Castro.	Data: Agosto de 1998.	Folhas topográficas: Pires do Rio: SE.22-X-D-II, escala 1:100.000 Caraíba:SE.22-X-B-VI, escala 1:100.000

Fonte: Adaptado do IPT, 1998.

A Figura 19, mostra o croqui da boçoroca do Córrego Pontinhas.

Apresenta-se conectada ao curso d'água local, o que já acontece desde a década de 60 como mostra a fotografia aérea, e está parcialmente estabilizada à jusante, com presença de vegetação pioneira representada por diversas espécies,



LEGENDA

	Material movediço		Alterita residual
	Migmatito alterado		Assoreamento
	Gnaiss alterado		Gramíneas
	Surgência d'água		Arbustos
	Drenagem		Abatimentos
	Talude instável		Bambú
	Talude estável		Cerca de arame
	Sulcos		40 m Largura
	28 m profundidade dos taludes		Piping
	Alcovas de regressão		Eixos

(1) elaborado na estação seca, agosto/ 1998.

ESCALA APROXIMADA 1:30

Levantamento e organização: SOUZA, 1999.
Elaboração Digital: RODRIGUES, dezembro 1999.

FIGURA 19- Croqui da Boçoroca Pontinhas.

com destaque para embaúbas e samambaias. Possui dois eixos principais (eixo direito e eixo esquerdo – conforme o escoamento fluvial) e um eixo secundário que configura-se ainda como ravina, com diferentes graus de estabilização e instabilização dos taludes, bem como, com diferentes índices (volume) de escoamento fluvial, que variam sazonalmente, sobretudo devido às alternâncias climáticas sazonais entre períodos chuvosos e de estiagem, como os observados nas áreas de ocorrência do bioma Cerrado (clima tropical sub-úmido).

A Boçoroca Pontinhas possui enormes dimensões; em alguns pontos chega a atingir 35m de profundidade e 100m de largura, e uma extensão total de 550m (eixo esquerdo). Sua evolução é comandada tanto pela ação da água superficial como da subsuperficial. Parece já estar próxima do perfil de equilíbrio, uma vez que, as cabeceiras das duas ramificações principais estão localizadas no terço superior da vertente, e quase já atingiram o topo do divisor de águas das drenagens locais, que dista hoje aproximadamente 70 metros da cabeceira da ocorrência.

Outro fator que evidencia a proximidade da estabilização em curso da erosão, é que a maior profundidade (35m) do seu talvegue praticamente coincide com a declividade da vertente (36m do topo da mesma ao leito da drenagem local). Cabe ressaltar também, que o seu vale apresenta-se em forma de U (evidenciando elevado grau de evolução), e os taludes tendem a alargar-se em bisel com baixo ângulo de afastamento. (IPT, 1986)

O eixo esquerdo (2) apresenta-se mais estabilizado do que o direito (1). Possui uma extensão em torno de 300m, uma largura média de 80 metros e profundidade média de 22 metros. No interior desta ramificação, desenvolve-se um forte processo espontâneo de repovoamento vegetal natural, que tem contribuído para a estabilização do interior e taludes a jusante da erosão. Essa revegetação tem surtido reflexo na drenagem local, pois contribui para a manutenção da umidade e impede a ação da temperatura no processo de evaporação da água originada da interceptação do lençol freático. Esse efeito não foi quantificado devido às dificuldades de obtenção de materiais para esse fim, e mesmo tempo para sua realização. Assim, fez-se apenas algumas medidas convencionais do escoamento que permitiram as constatações relatadas a seguir. No entanto, a montante sua cabeceira encontra-se ainda instável, com quedas de

taludes causados por solapamentos (ação do efeito *piping*), por escoamento superficial concentrado nas bordas da ramificação e processos de movimentos de massa (escorregamentos e abatimentos).

O eixo direito (1) é o mais instável da boçoroca. Possui dimensões equivalentes ao ramo esquerdo, difere apenas quanto à profundidade que apresenta-se bem mais pronunciada (média de 26m e com pontos de até 35m). A sua cabeceira está bem ativa, com ocorrência de diversos mecanismos, destacando o efeito *piping*, erosão por queda d'água, solapamento da base de taludes, movimentos de massa localizados, liquefação da cobertura pedológica, bem como, do substrato através de suas zonas e linhas de fraqueza.

Observou-se que no interior dessa ramificação, a vegetação é bastante esparsa. Com isso, nos meses de estiagem, durante as manhãs, o escoamento fluvial proveniente dos afloramentos (interceptação do lençol freático), é bem mais intenso do que durante o vespertino, devido ao maior aquecimento da superfície líquida e o conseqüente aumento do processo de evaporação. Além disso, constatou-se também a presença de queimadas sazonalmente, no interior da ocorrência, que contribui principalmente para a destruição das pteridófitas (samambaias) e outras espécies vegetais, e, evidentemente para o aumento da exposição dos taludes aos efeitos da insolação, bem como, da ação da água pluvial, agravando ainda mais o fenômeno.

Nas proximidades da jusante, na margem direita da boçoroca, há um eixo (3) que apresenta ser bem mais jovem do que os eixos principais. No entanto, em 1964 ele já existia, porém com dimensões inferiores às atuais, ou seja, naquela época possuía uma extensão aproximada de 48 metros enquanto que atualmente possui 94m de extensão; 29m de largura à montante e 12m de largura à jusante e, 12 m de profundidade média. Este encontra-se em franca atividade, porém, ainda não atingiu o lençol freático, assim, sua dinâmica está controlada somente pela ação do escoamento pluvial superficial e pelo efeito splash. Apesar da grande instabilidade desta ramificação, principalmente em seu setor de montante, com vale em forma de "V" e bordas (taludes) apresentando intensas rachaduras, não se constata ainda a presença da ação de *pipings*. Portanto, caracteriza-se como uma ravina muito instável comandada pela ação das águas superficiais.

Em entrevista com antigos moradores da região em 28 de julho de 1999 (Sr. Ézio de Castro e Sr. João Nardino), constatou-se que a referida boçoroca surgiu nas primeiras décadas do século XX, sobre uma antiga estrada de tropeiro e de carro de bois. Essa afirmação dos entrevistados coincide com informações de fotografias aéreas da década de 60, na escala 1:60.000, as quais já evidenciam a presença da erosão alvo desta pesquisa, com formas semelhantes às atuais, portanto já com elevado grau de desenvolvimento, mas que ainda não havia atingido tão intensamente os Latossolos do topo (vide Figura 16), sendo portanto menor em extensão.

Comparando-se sua extensão na década de 60, que alcançou 480 e 540 metros nos eixos direito (1) e esquerdo (2) respectivamente, e a atual com 530 e 550m nos mesmos eixos, pode-se concluir que aumentou 50m para o primeiro eixo e apenas 10 para o segundo (atualmente mais estabilizado) em direção à montante, portanto evoluiu por regressão, como é comum nas boçorocas, mas pouco em cerca de 40 anos, quando comparada a boçorocas de regiões areníticas ou quartzíticas, como aquelas que, ocorrem sobre solos arenosos desenvolvidos sobre arenitos da Formação Botucatu, como por exemplo na alta bacia do Rio Araguaia no SW goiano.

Cabe mencionar, que mesmo apresentando sinais de estabilização, as cabeceiras das ramificações principais e a ravina localizada junto à margem direita, encontram-se ativas, como mencionado anteriormente. Aliado a isto, a litologia local, por ser extremamente fraturada e fragmentada (zonas de fraqueza), indica, entretanto, que a boçoroca ainda não atingiu completamente o seu perfil de equilíbrio.

Foram realizadas duas medidas de vazão, uma no período de estiagem (inverno) e outra na estação chuvosa (verão). A primeira foi realizada no mês de agosto a qual constatou que o eixo esquerdo apresenta uma vazão maior (o dobro) do que a do eixo direito, 28 e 14 litros por minuto, respectivamente, valores acompanhados da diferenciação da cobertura vegetal dentro de cada ramificação. Enquanto que no mesmo período, à jusante, com a unificação dos dois segmentos, a vazão chegou apenas a 30 litros por minuto, evidenciando altos índices de evaporação bem como de infiltração nos sedimentos arenosos provenientes do assoreamento.

A Segunda medida de vazão foi realizada no mês de fevereiro (estação chuvosa) que se mostrou similar quanto ao comportamento diferenciado entre os dois eixos com a medição anterior, pois o eixo da direita (1) apresentou uma vazão de 30 litros/minuto enquanto que o eixo esquerdo (2) apresentou uma vazão quase três vezes maior, ou seja, 74 litros/minuto, e nas proximidades da foz da boçoroca junto ao córrego Pontinhas a vazão foi de 86 litros/minuto, valores esses, no entanto, superiores ao dobro da verificação do período seco.

O uso do solo, na vertente direita do Córrego Pontinhas, parece ser um importante aliado dos processos erosivos, pois a compactação efetuada pelo pisoteio do gado, impermeabiliza o solo diminuindo o coeficiente de infiltração e aumentando os fluxos d'água superficiais (*runoff*), tanto no sentido da declividade (sopé da encosta), quanto em direção aos taludes e às cabeceiras da boçoroca. Essa mudança na direção dos fluxos que deveria ser difusa e/ou laminar, pela convexidade da topografia, passa a ser preferencialmente concentrada, contribuindo dessa maneira para a dinâmica erosiva local, pois ficam dotados de maior poder abrasivo.

Atualmente a Boçoroca Pontinhas tem sua dinâmica erosiva associada à diversos mecanismos tais como: sulcos e ravinas no interior e talude da boçoroca, alcovas de regressão, marmitas ou panelas, movimentos de massa, poças de ressurgência de água (efeito *piping*), como podem ser observados nas Fotos: 14, 15, 16 e 17, a seguir.

Pelo exposto, este processo erosivo evolui principalmente durante o período chuvoso, quando os mecanismos tem suas forças aumentadas, mas também possui dinâmica ativa na estação seca, como constatada pela atuação ininterrupta do efeito *piping*, que cria vazios no sopé dos taludes, desestabilizando-os.

Durante a estação chuvosa ocorre aumento da vazão e conseqüentemente maior energia de escoamento que reflete em maior potencial erosivo tanto superficial como subsuperficialmente. No primeiro caso, o efeito *splash* associado ao escoamento superficial (que são inexistentes durante à seca) provocam sulcamento nos taludes, tornando-os ainda mais instáveis e suscetíveis a movimentos de massa e à liquefação dos materiais. Por outro lado, o aumento do fluxo subterrâneo faz aumentar o número de poços de ressurgência de água entre



Foto: Alik T. de Sousa, fev/01

Foto 14: Surgência d'água no interior da boçoroca sobre materiais transportados da montante; presença de revegetação espontânea.

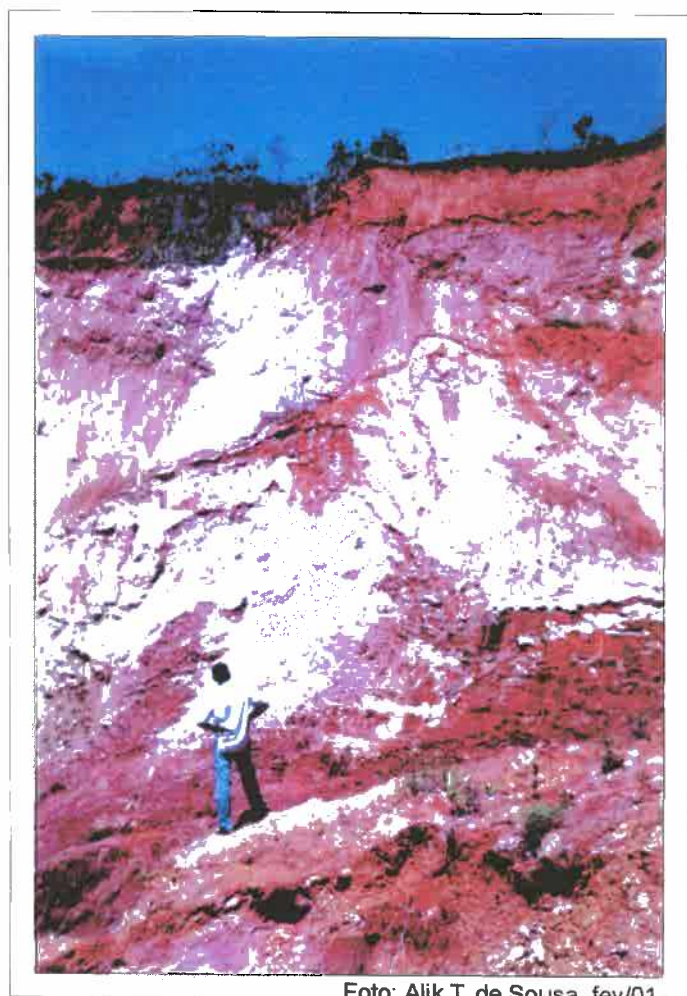


Foto: Alik T. de Sousa, fev/01

Foto 15: Movimento de massa (deslizamento) na cabeceira do eixo 1 mais instável da boçoroca



Foto: Alik T. de Sousa, fev/01

Foto 6: *Piping* na base do talude; horizonte C representado pelo migmatito alterado, apresentando planos de fraqueza e / ou fraturas.

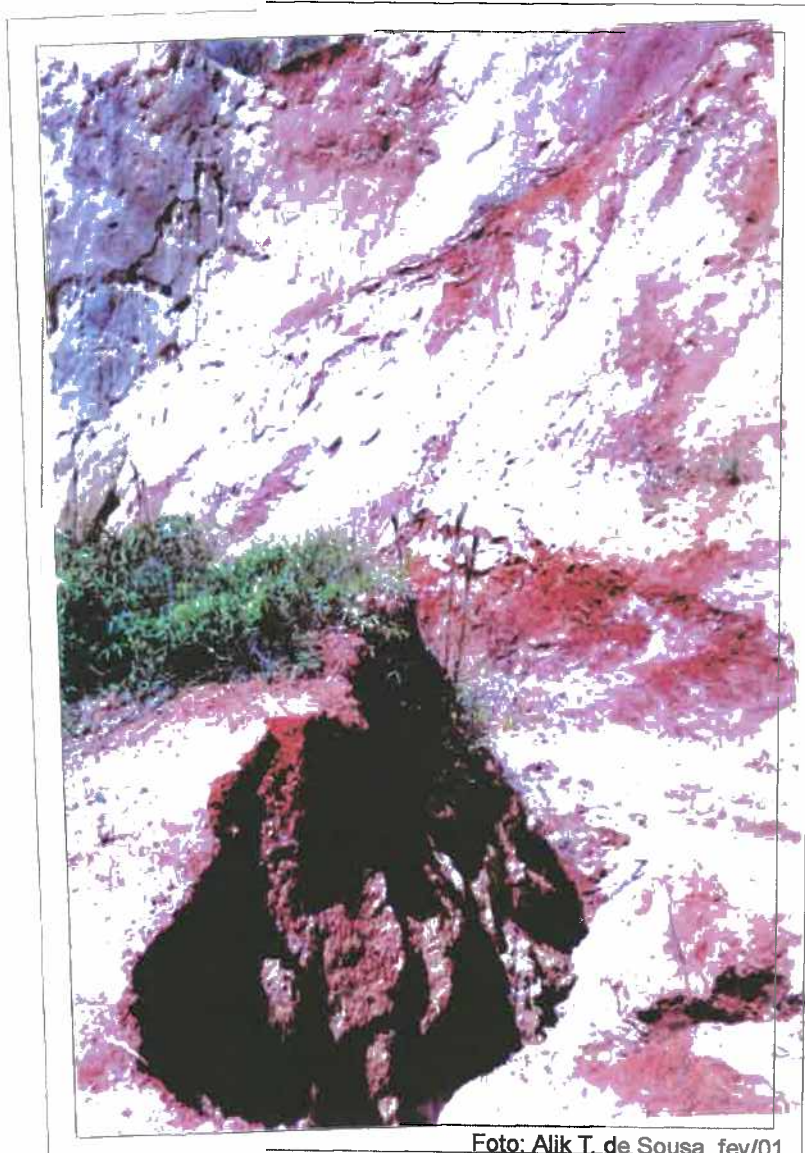


Foto: Alik T. de Sousa, fev/01

Foto 17: Alcova de regressão no interior da erosão comandada pelo escoamento superficial e sub-superficial.

a camada pedológica e o substrato de alteração. Esse fenômeno contribui para o aparecimento de alcovas de regressão, marmitas e movimentos de massa (deslizamentos), pois solapa a base do talude (que se encontra no substrato altamente pedogenizado) desestabilizando a sua parte superior.

A água pluvial que cai na vertente estudada do Córrego Pontinhas, ao infiltrar na cobertura pedológica atinge o substrato muito fraturado. A percolação da água por estas fraturas faz aumentar a fragilidade da litologia local e consequentemente os riscos erosivos, principalmente à montante da boçoroca onde os Latossolos apresentam uma boa permeabilidade, como relatado mais a diante.

Entender a dinâmica erosiva requer um monitoramento, o que não foi alvo desta investigação, mas, durante os 30 meses de duração desta pesquisa, foram realizados vários trabalhos de campo visando acompanhar a evolução da Boçoroca Pontinhas. A cada nova visita ao local, tanto em época de estiagem quanto chuvosa, constatava-se que a erosão apresentava evidências de evolução. Contudo a mais notável, ocorreu no último período chuvoso de outubro de 2000 a março de 2001, quando foram desencadeados vários movimentos do regolito à montante da ramificação direita, em função da instabilização dos taludes causada pela ação do efeito *piping*, que criou vazios no interior do horizonte C, propiciando um rápido e volumoso deslizamento de solo e de rocha alterada (migmatito) que entulharam parte do talvegue da erosão, como evidenciado nas Fotos 18 e 19.

A “pequena” (em relação aos dois eixos principais) ramificação à direita que se configura ainda como ravina, apresenta-se bastante instável com rachaduras superficiais e solapamento dos taludes com previsões de evolução em direção à montante e lateralmente, nas proximidades da ramificação mais ativa do processo (Fotos 20 e 21). Caso ocorra uma junção desta ravina com o supracitado eixo mais instável (1) a boçoroca alargará consideravelmente suas dimensões em relação às suas características atuais.

Por fim, vale ressaltar que essa boçoroca na atualidade, constitui uma área de refúgio, para diversas espécies vegetais e animais, alguns inclusive até ameaçados de extinção na região (tatus, raposas, sariemas, urubus, andorinhas, dentre outros). Os taludes mais estabilizados servem de abrigo e ninhos para



Foto: Alik T. de S

Foto 18: Mecanismos erosivos na cabeceira da erosão (eixo 1) em fevereiro de 1999.

usa, fev/99

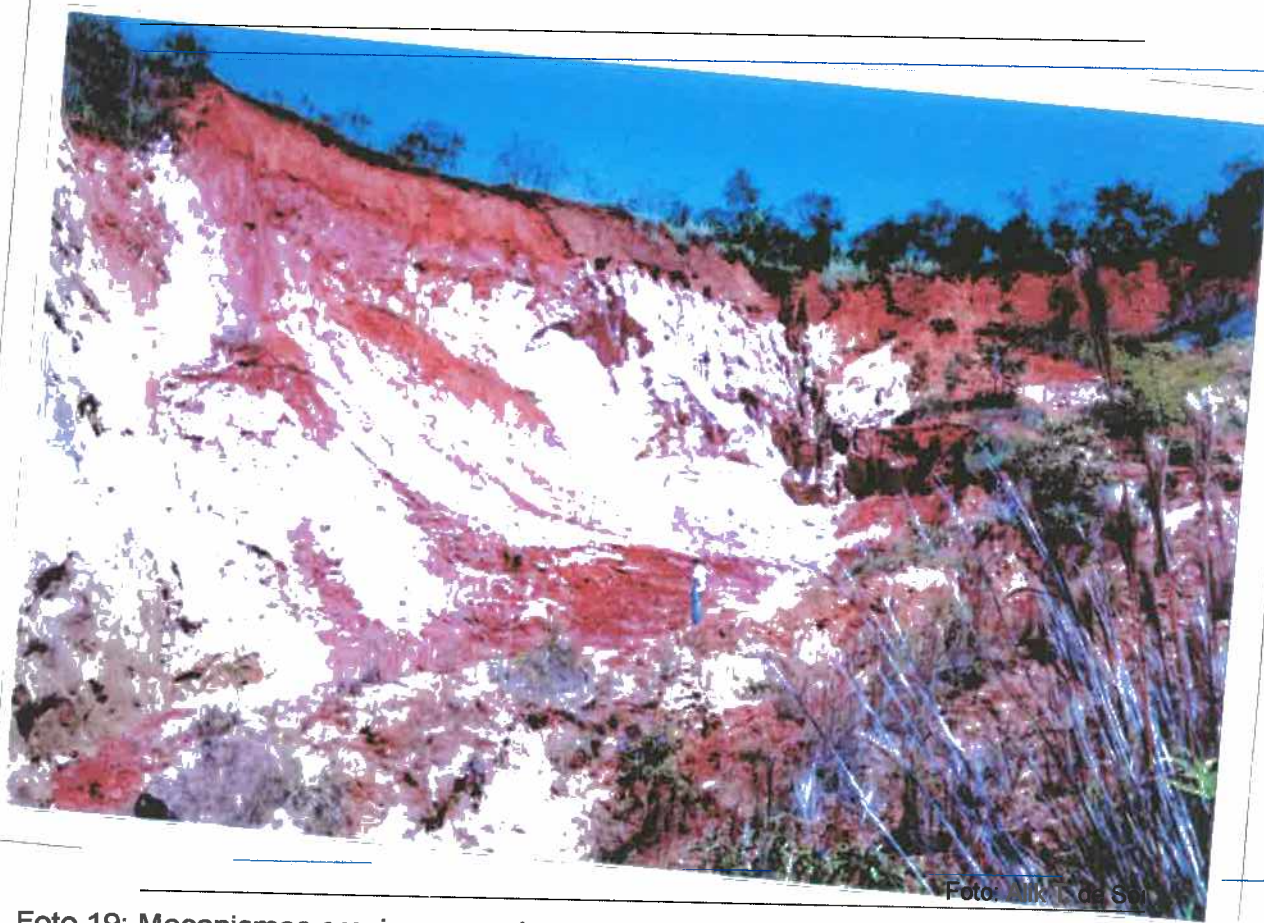


Foto: Alik T. de S

Foto 19: Mecanismos erosivos na cabeceira da erosão em fevereiro de 2001; evidências de volumoso deslizamento que entulhou parte do talvegue da cabeceira da boçoroca contribuindo para um maior alargamento do eixo 1 da erosão.

usa, fev/01



Foto: Alik T. de Souza, fev/99

Foto 20: Vista parcial dos eixos principais (1 e 2) mais evoluídos da boçoroca Pontinhas e da ravina (eixo 3) no sopé da encosta.



Foto: Alik T. de Souza, fev/01

Foto 21: Detalhe da instabilidade da cabeceira da ravina (eixo 3); erosão remontante com tendência de alargamento; apresenta-se muito festonada e instabilizada; ainda não interceptou o N.A.

muitas espécies de aves e como esconderijo para animais ameaçados pelos caçadores.

Nesse sentido essas observações corroboram a idéia de Augustin (1999, em palestra durante o VIII SNGFA), de que as grandes erosões já vegetadas constituem importantes áreas que estão sendo colonizadas por espécies de fauna e flora que se encontram em processo de extinção e aí encontram-se refugiadas.

Além disso, pelas suas grandes dimensões, as boçorocas alteram a paisagem em pouco tempo, criando formas estranhas nas vertentes que se transformam em atrativos e despertam a atenção de curiosos. Isto ocorre com essa erosão, uma vez que a população mais jovem de Orizona (principalmente alunos de 1º e 2º graus), costumam visitá-la durante os fins de semana para animados piqueniques em seu interior. Por outro lado, as pessoas mais idosas, tem medo da boçoroca por questão de herança cultural, algumas, mesmo morando próximo a ela, não a conhecem devido a antigas histórias amedrontadoras, que se alastraram em torno do surgimento e evolução do “desbarranquado”, ligadas a mortes e similares.

No que se refere aos horizontes pedológicos encontrados no talude direito do eixo 1, há que se ressaltar que a cabeceira da Boçoroca Pontinhas está localizada sobre espesso Latossolo Vermelho Escuro (LE) que recobre o migmatito muito alterado. Esse solo apresenta o horizonte A proeminente ou moderado, o Bw bastante desenvolvido (em torno de 4m) e o C com alto grau de alteração. Nessa cobertura foram realizadas coletas de amostras em todos os horizontes num único perfil (Perfil I).

Em direção à jusante, o solo diminui de espessura e adquire uma tonalidade mais clara passando gradualmente para Latossolo Vermelho Amarelo (LV) na média vertente e para Cambissolo (C) na transição do segmento médio para o segmento de jusante (ruptura de declive) até adquirir características de Hidromorfia (Gleissolo) nas proximidades do Córrego Pontinhas. A foto 22 do talude evidencia parte dessa transição pedológica lateral.

O Latossolo Vermelho Amarelo apresenta os horizontes A e Bw menos espessos do que o solo do topo e entre eles há um horizonte concrecionário. O horizonte C constitui o migmatito muito alterado, porém, com menor grau de intemperismo do que no topo da erosão. Sobre essa cobertura foram realizadas

dois perfis (II e III) para coleta de amostras deformadas e indeformadas e ensaios em campo. Sendo que o horizonte concrecionário só foi verificado na média vertente (perfil III) entre os perfis I e II. (Figura 20).

O Cambissolo recobre o gnaiss local, em área de ruptura de declive na transição da média para a baixa vertente. Possui o horizonte B pouco desenvolvido e praticamente inexistem fragmentos de material originário. Contudo a alterita local (horizonte C) apresenta maior grau de intemperismo em relação aos perfis à montante. Assim, pode-se inferir, preliminarmente, que este solo seja de origem alóctone, em virtude da posição topográfica da vertente que ocupa, bem como, da ausência de material originário em sua constituição. Vale ressaltar que este solo é o menos espesso da cobertura pedológica local, portanto, é um dos pontos da boçoroca que se deve tomar medidas mais adequadas para corrigir e para evitar aumento da atuação dos mecanismos erosivos, uma vez que é neste ponto que existe uma ravina (eixo mais recente da erosão) com sinais de evolução lateral e remontante (Perfil IV).

Na jusante da boçoroca foi encontrado o Gleissolo recoberto o gnaiss, com horizonte B incipiente (Big) e o Cg ambos gleizados, apresentando cores acinzentadas, com mosqueados amarelados e avermelhados causados pelos processos de oxi-redução devido às oscilações do lençol freático (Perfil V).

A tabela 2, já apresentada, mostra a localização desses perfis.



Foto: Selma S. de Castro, ago/99

Foto 22: Talude do eixo direito (1) da Boçoroca Pontinhas evidenciando a diminuição da espessura do solo de montante (A) para jusante (B) e a indicação de três pontos (perfis) de coleta de amostras de solo.

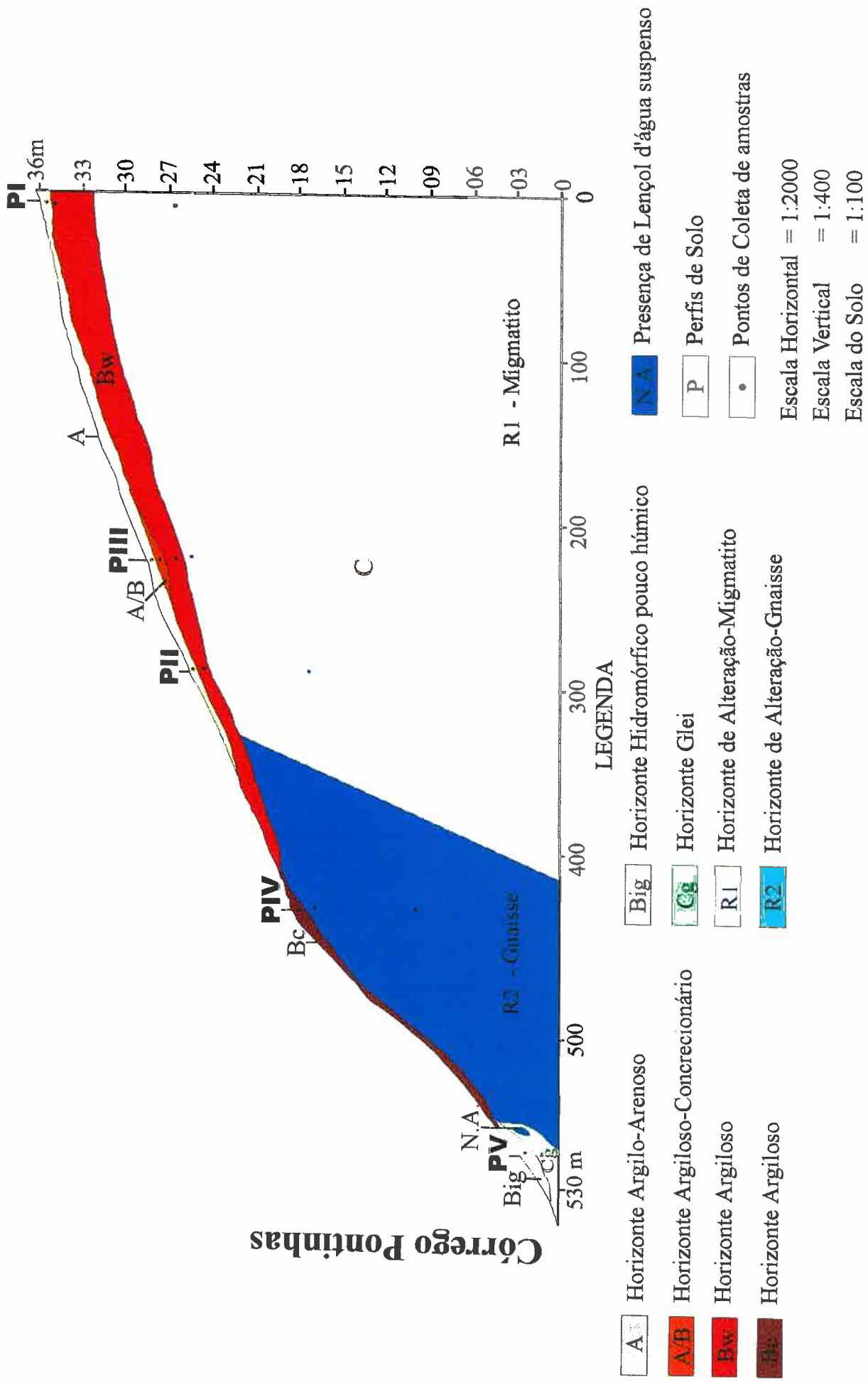


Figura 20 - Lançamento dos Perfis de Solo no talude do eixo 1 da Boçoroca Pontinhas.

5.3.3 – Caracterização analítica e físico-hídrica

Para caracterizar os materiais atingidos pelo boçorocamento, foram coletadas amostras (vide figura 20), as quais foram submetidas a determinações granulométricas e a ensaios físico-hídricos, cujos resultados encontram-se na tabela 3 e são discutidos a seguir.

5.3.3.1 - Granulometria

O tratamento das análises granulométricas em laboratório revelou que, na boçoroca estudada, os horizontes dos solos apresentam classes texturais heterogêneas (Tabela - 4). Contudo, tanto no topo como na média vertente os horizontes superficiais (A) caracterizam-se como argilo-arenosos. Nestes mesmos segmentos, os horizontes subsuperficiais (Bw) são semelhantes e texturalmente argilosos (Figura 21). A Figura 22 mostra a distribuição da fração argila no talude.

Da ruptura de declive para jusante (entre a média e baixa vertente), o horizonte superficial (B câmbico – perfil 4) é argiloso enquanto que o imediatamente subjacente (C – substrato alterado) apresenta-se como franco-arenoso. Este horizonte corresponde à alterita muito intemperizada. Essa diferença textural ao longo da encosta reflete-se evidentemente, de forma diferenciada no comportamento hídrico dos fluxos superficiais e subsuperficiais, também constatados através da condutividade e permeabilidade hidráulica saturada dos materiais, como será abordado mais adiante. Isto permite corroborar a idéia de que a erosão estaria mais ativa nas proximidades da ruptura de declive, em função da topografia, bem como das características morfológicas desses horizontes pedológicos que corresponderia, junto com a topografia, a um dos setores de risco de concentração do escoamento.

Os horizontes localizados mais a jusante, Hidromórficos, possuem textura muito semelhante e ambos podem ser classificados como argilo-arenosos e isto indica a possibilidade de rápida saturação e relativamente regular ao longo do ano, embora o mosqueamento sugira oscilação do lençol, com períodos alternados de oxidação e redução. A presença de manchas de manganês ao lado das ferruginosas revelam ainda mudanças bruscas do potencial óxido – redutor.

Tabela 3 - Síntese da descrição macromorfológica dos horizontes nos perfis (talude do eixo direito) da Boçoroca Pontinhas.

LOCAL / HORIZ.	PROF. (cm)	COR	TEXTURA	ESTRUTURA	CONSISTÊNCIA	POROSIDADE	RAIZES ATIVIDADE BIOLÓGICA	E/OU OBSERVAÇÕES
PERFIL I A	0-40	2,5YR (4/4), bruno avermelhado e, 2,5YR (4/8) vermelho (predominante)	Argilo-arenosa	Fraca média poliédrica	Ligeiramente dura a duramente, ligeiramente pegajosa e, ligeiramente plástica	Poros grande quantidade muito pequenos, e pequenos médios	Muitas raizes finas a muito finas	Área de pastagem natural; cabeceira do eixo direito da boçoroca.
C	100-950	2,5YR (6/6), vermelho claro, com mosqueado em 2,5 (8,1), branco. Apresenta uma grande variedade de cores devido ao forte intemperismo em 10R (4/8), vermelhas e 2,5YR (8,8), amarelas.	Franco-siltosa	Estrutura maciça com fratura irregular	Macia, não pegajosa e ligeiramente plástica.	Poros pequenos comuns		Horizonte muito resistente à penetração de ferramentas; grande variação de cores
Bw	21-75	5YR(5/8), vermelho-amarelado	Argila	Forte muito pequena granular	Dura, ligeiramente pegajosa e plástica	Muitos poros muito pequenos, e pequenos médios comuns	Raizes finas a muito finas em pequena quantidade, presença de microfauna (cupins e formigas).	
C	75-680	10YR (7/6), amarela com mosqueados em 10YR (8/1), branco; pontuações de manganês em 1for Clay 2,5/N preto.	Franco-siltosa	Estrutura maciça com fratura irregular	Macia, não pegajosa e ligeiramente plástica	Poros pequenos em pequena quantidade (raros)		Horizonte muito resistente à penetração de ferramentas.

Continuação da Tabela 3

PERFIL III A	0-20	2,5YR (4/6), vermelho	Argila-arenosa	Fraca média em blocos subangulares	Ligeiramente dura a ligeiramente pegajosa plástica	Poros muito pequenos (<1mm) em grande quantidade	Presença de muitas raízes e microfauna (cupins e formigas)	Realizado entre o 1º e o 2º perfil.
	A / B	20-80	Argila	Sem estrutura grãos simples	Muito dura, ligeiramente pegajosa plástica	Poros muito pequenos em grande quantidade	Muitas raízes e microfauna (cupins e formigas)	Presença de cascalhos e concreções ferruginosas; material muito inconsistente.
B	80-175	10R (4/6), vermelho	Argila	Forte pequena granular	Ligeiramente dura, ligeiramente pegajosa plástica	Poros muito pequenos em grande quantidade	Raízes finas a muito finas	Horizonte homogêneo (cor e estrutura); "compactado"
	C	175-325	Franco-arg-arenosa	Estrutura maciça com fratura irregular	Ligeiramente dura, não pegajosa plástica	Poros muito pequenos em grande quantidade		Horizonte muito intemperizado e resistente à penetração de ferramentas.
PERFIL IV B	0-30	7,5YR (6/8), avermelhado	Argila	Forte muito pequena granular	Dura a muito ligeiramente plástica	Predomínio de poros muito pequenos (<1mm), havendo alguns poros médios de 2 a 5mm devido a presença de raízes	Presença de muitas raízes finas e, microfauna (cupins e formigas)	Horizonte pouco espesso; localizado em área de ruptura de declive entre a média e a baixa vertente.
	C	30-173	Franco-Arenosa	Sem estrutura grãos simples sem coerência	Macia, não pegajosa plástica	Presença de poros muito inferiores a 1mm de diâmetro.	Raízes muito finas e raras.	Horizonte muito intemperizado e friável; aspecto sedoso e arenoso.

Continuação da Tabela 3

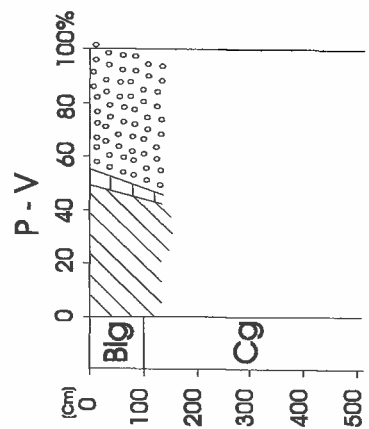
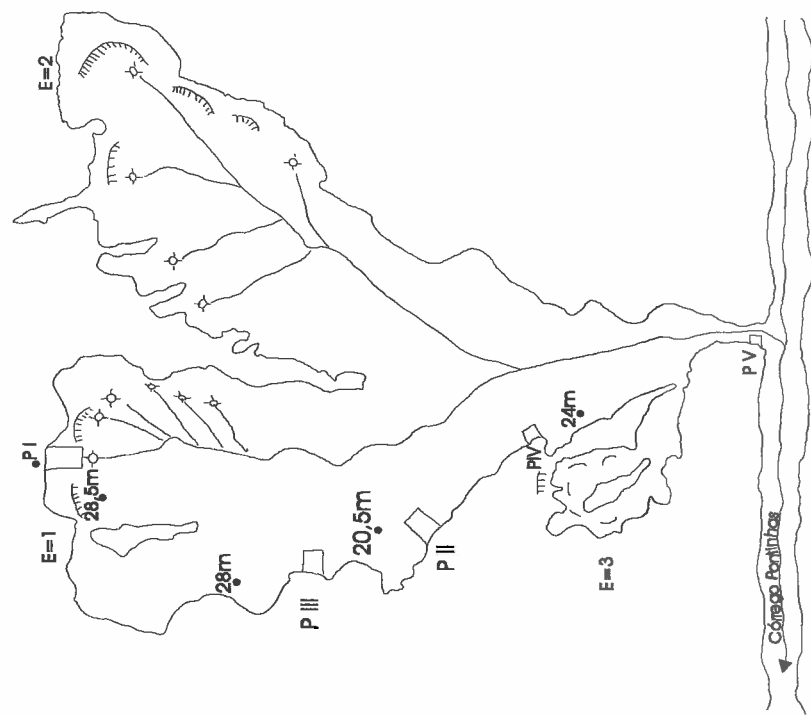
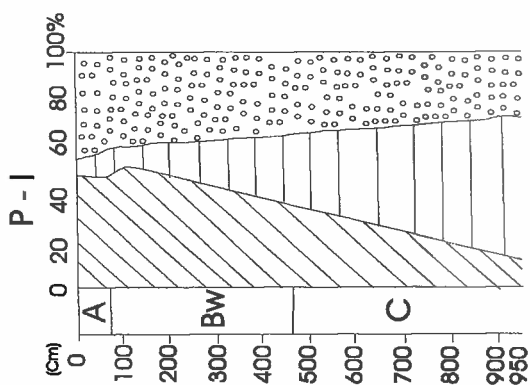
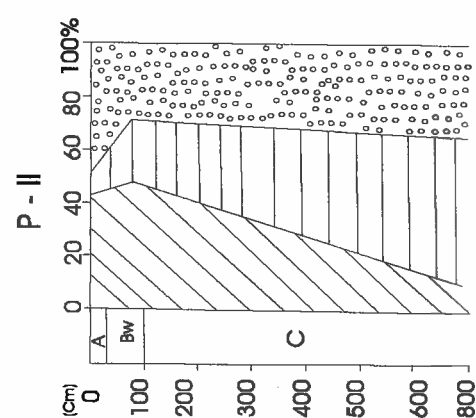
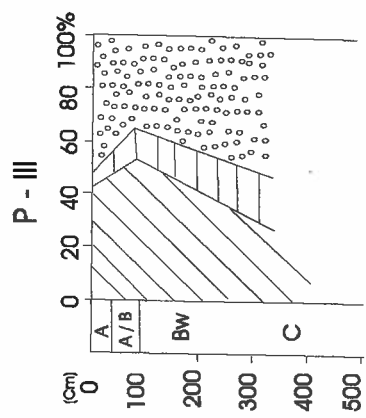
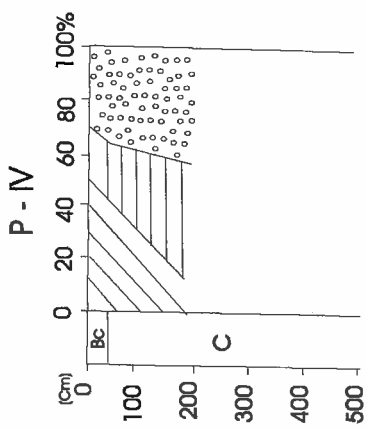
PERFIL V Big	0-50	10YR (6/8), buno-amarelado com manchas em 5YR (5/8), vermelho-amarelado.	Argilo-arenosa	Fraca muito pequena com blocos subangulares	Ligeiramente dura, pegajosa e plástica	Predomínio de poros muito pequenos e presença de alguns pequenos	Raízes finas	Horizonte localizado na baixa vertente próximo ao curso d'água local; aluvionar e/ou coluvionar
	50-135	10YR (5/8), bruno-amarelado com manchas em 5YR (5/8), vermelho-amarelado.	Argilo-arenosa	Sem estrutura, material muito homogêneo e úmido	Dura, pegajosa e muito plástica	Poucos poros muito pequenos e pequenos	Poucas raízes finas	Horizonte muito mal úmido, drenado, submetido a inundações ao longo do ano
Cg								

Tabela 4 – Resultados de análises físicas e de ensaios físico-hídricos dos horizontes e substrato alterado do talude da Boçoroca Pontinhas – Orizona/GO.






≡ p g	Prof. H (cm)	Prof. (cm) col.	Granulometria (%)		Classe Textural	Arg. NT. (%)	Densidade (g/cm³)		Porosidade (%)		Ksat Cm/h	Classificação (Ksat)	Permeabilidade de(cm²x 10 ⁻¹⁰)		
			Arg.	Silte			Areia	DS	DP	PT				<Mip	>Map
PERFIL I															
A	0-60	40	47,6	6	46,4	Argilo-arenosa	8,5	1,11	2,54	55,85	38,12	17,73	45,36	Muito rápida	509,25
Bw	60-460	100	51,6	7	41,4	Argila	14	1,04	2,53	53,02	33,62	19,4	26,19	Muito rápida	743,76
C	460 +	950	11,6	60	28,4	Franco-siltosa	4	1,19	2,56	54,26	48,27	5,99	1,3	Moderada lenta	25,25
PERFIL II															
A	0-30	21	43,6	9	47,4	Argilo-arenosa	23,5	1,23	2,53	51,2	36,81	14,39	38,11	Muito rápida	334,98
Bw	30-100	75	47,6	23	29,4	Argila	0,5	1,25	2,56	49,44	38,34	11,1	12,18	Moderada rápida	345,86
C	100 +	680	10,6	54	35,4	Franco-siltosa	5,5	1,14	2,66	49,26	43,71	5,55	1,84	Moderada lenta	23,3
PERFIL III															
A	0-35	20	43,6	6	50,4	Argila-arenosa	13	1,36	2,54	52	39,58	12,42	22,76	Rápida	646,35
A/B	35-85	80	53,6	12	34,4	Argila	21	1,08	2,53	51,31	37,46	13,85	26,17	Muito rápida	743,33
Bw	85-235	175	45,6	12	42,4	Argila	8,5	1,24	2,59	47,34	36,84	10,5	3,4	Moderada	96,65
C	235 +	325	27,6	22	50,4	Franco-arg-aren.	3	1,41	2,63	47	39,47	7,53	3,92	Moderada	111,42
PERFIL IV															
B	0-30	30	49,6	12,7	38,4	Argila	3,5	1,25	2,53	50,02	40,11	9,91	23,76	Rápida	614,7
C	30 +	173	9,6	38,7	52,4	Franco-arenosa	6,5	1,11	2,59	51,9	43,26	8,64	7,45	Mod. rápida	211,57
PERFIL V															
Big	0-100	50	49,6	4,7	46,4	Argilo-arenosa	20	1,13	2,56	57,61	43,17	14,44	8,45	Mod. rápida	239,85
Cg	100 +	135	43,6	2,7	54,4	Argilo-arenosa	5	1,19	2,54	52,53	48,32	4,21	0,16	Lenta	4,52

Prof. H – espessura do horizonte
 Prof. Col. – profundidade coletada
 Arg. – argila
 NT – natural
 DS – densidade do solo

Mip - microporosidade
 Map – macroporosidade
 Ksat – Condutividade hidráulica saturada
 PT – porosidade total
 DP – densidade de partículas



Legenda:

-  Argila
-  Silte
-  Areia
-  Perfis de solos
-  Eixos principais da boçoroca

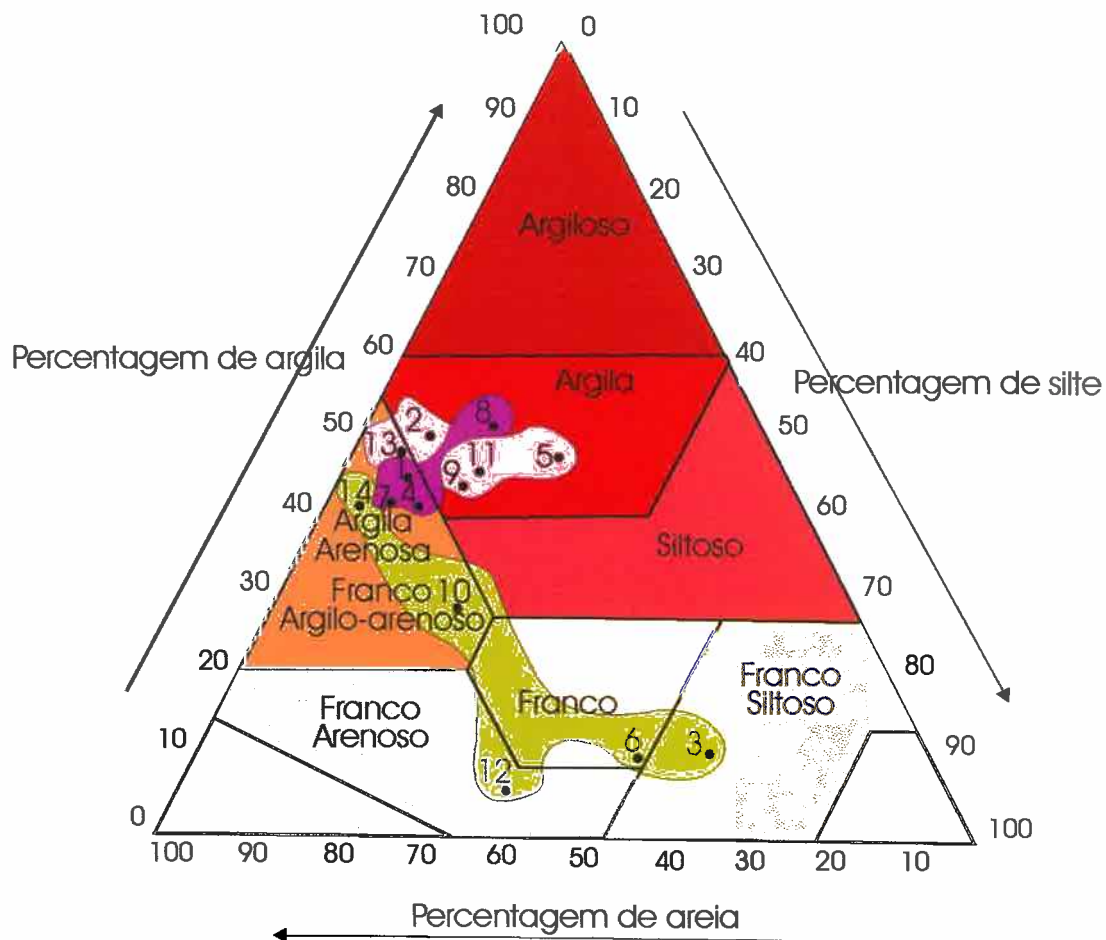
Croqui da boçoroca do córrego Pontinhas escala $\approx 1:30$
 c/ a indicação dos perfis de solos

FIGURA 21 - Comportamento vertical da granulometria dos perfis de solo ao longo do talude direito da boçoroca Pontinhas.

Analisando o comportamento da fração argila nos horizontes ao longo da vertente, verificou-se que a sua distribuição é irregular; isto é, varia de acordo com a forma do relevo. Nos perfis do topo (alta e média vertente), domínio dos Latossolos, os horizontes superficiais (A) possuem menos argila do que os horizontes subsuperficiais (B); por outro lado, quanto mais próximo da rocha (horizonte subsuperficial profundo – C) menor a presença desta fração, em favor do aumento do silte. Nos horizontes mais a jusante, a fração argila é maior nas camadas superficiais do que nas subsuperficiais. (Figura 23)

As menores porcentagens de argila nos horizontes superficiais do topo e média vertente, bem como, sua maior concentração nos mesmos horizontes na base da vertente, podem ser justificados, em parte, através da ação do escoamento superficial difuso e concentrado, que lava as superfícies superiores carreando os constituintes mais finos do Latossolo, depositando-os na microdepressão (vertente côncava) abaixo. Já as maiores porcentagens de argila nos horizontes subsuperficiais (B) seguidos do aumento do silte nos C subjacentes promoveriam uma diminuição da circulação hídrica, tanto pela macroporosidade mais reduzida como pelo conseqüente aumento de retenção em ambos. Entretanto, como nos Bw a estrutura é microagregada, a macroporosidade e por conseguinte a circulação hídrica seriam maiores do que em C, fazendo com que este, na verdade, seja o nível de bloqueio mais significativo da drenagem interna potencialmente induzindo fluxos hídricos internos predominantemente laterais.

DIAGRAMA TEXTURAL (EMBRAPA, 1979)



Legenda:

PI - 1A
2B
3C

PII - 4A
5B
6C

PIII - 7A
8AB
9B
10C

PIV - 11B
12C

PV - 13B
14C

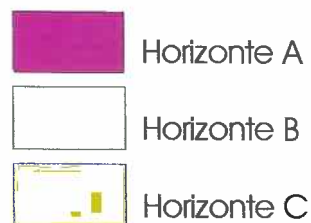


Figura 23: Distribuição granulométrica dos horizontes dos perfis no talude do eixo direto (1) da Boçoroca Pontinhas.

5.3.3.2 - Argila Natural

Ao longo de toda a vertente a argila natural apresenta valores baixos, logo, altos graus de flocculação, tanto vertical como lateralmente, conforme pode ser observado na Tabela 4. Esta distribuição é, de certa forma, considerada comum, visto que os horizontes superficiais, em contato direto com as condições atmosféricas, é que estão mais sujeitos aos processos físicos e químicos que promovem a maior dispersibilidade seguida da retirada e transporte dessas frações mais finas do solo, em suspensão para posições subsuperficiais e à jusante (Figura 24). O curioso nesse caso é que não parece ser a argila dispersável um dos fatores responsáveis pela instabilidade dos materiais diante da água.

A Figura 24 relativa ao comportamento vertical e lateral da argila natural nos perfis realizados do topo à base da erosão Pontinhas, revela que em média ela aumenta, embora relativamente pouco, sua dispersão, do horizonte A para o B. Por outro lado, em geral ela é menos presente no substrato alterado, onde o teor de silte é maior do que na parte superior do solo. Contudo, no segundo segmento da vertente (perfil II), a argila apresenta um comportamento diferenciado, pois, o horizonte A apresenta um índice muito superior (23,5%) aos correspondentes ao longo do talude, enquanto que o horizonte B, apresenta o menor índice de dispersão da argila em água (0,5) em comparação com os demais horizontes analisados conferindo grande contraste entre os dois. No perfil IV, também ocorre uma variação da argila diferentemente dos demais perfis, ou seja, no horizonte C (relativo ao gnaisse) a argila apresentou um índice mais elevado de dispersão, até mesmo superior ao seu horizonte B.

Os teores mais baixos estão associados à menor concentração da fração argila nos horizontes superficiais e à proximidade do substrato, caracterizado pelo aumento do teor de silte, nas demais posições topográficas (Segmento II e III).

À jusante, os elevados teores de argila natural parecem corroborar o seu acúmulo derivado da retirada e transporte de montante.

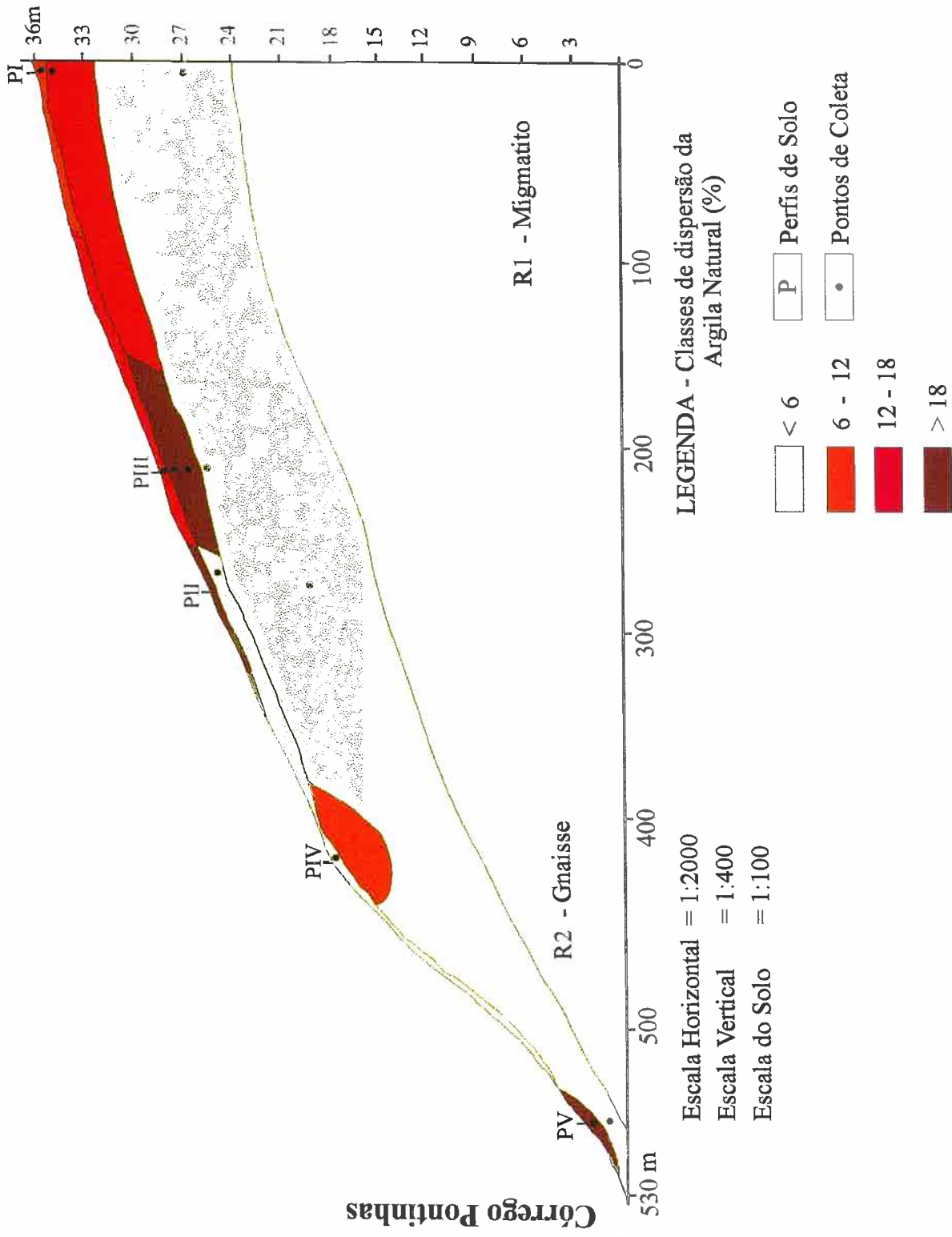


Figura 24 - Comportamento da argila natural ao longo do talude direito (E1) da Boçoroca Pontinhas.

5.3.3.3 - Densidade do Solo e de Partículas

As densidades do Solo e de partículas são apresentadas na Tabela 4. A densidade de partículas apresenta um pequeno aumento em profundidade nos perfis de I a IV e um ligeiro decréscimo do horizonte subsuperficial (2,54) em relação ao superficial (2,56) no perfil V, constituído por solos Glei. Já a densidade de partículas apresenta um pequeno aumento em profundidade nos perfis I, III e V e uma diminuição em profundidade relativamente acentuada nos perfis II (A: 1,23 e C: 1,14) e IV (B:1,25 e C: 1,11). (Figura 25)

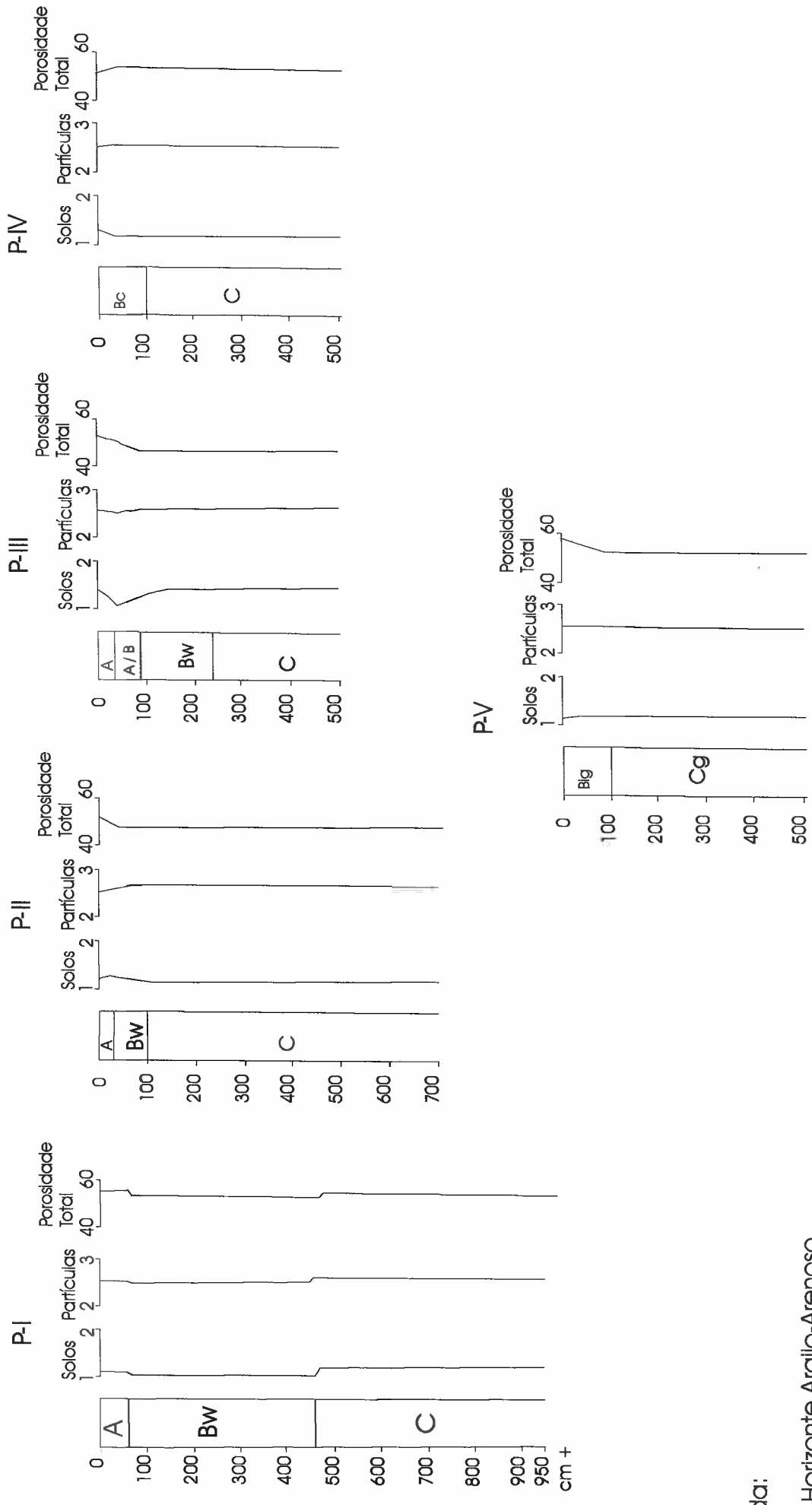
A menor densidade do solo no horizonte C em relação ao B no perfil IV, justifica-se devido ao forte grau de intemperismo que a litologia local (gnaisse) está submetida, apresentando-se muito fragilizada e suscetível à instalação e desenvolvimento de processos erosivos. A ravina que encontra-se neste local tenderá a evoluir rapidamente, devido às características morfológicas da vertente bem como do referido horizonte C.

5.3.3.4 - Porosidade Total, Macro e Micro porosidade

Como pode ser observado na Tabela 4, a macro porosidade dos materiais analisados apresenta índices baixíssimos, principalmente no perfil 4. Esses índices, são maiores nos horizontes superficiais (A) e menores nos subjacentes (B e C). Isto facilitaria saturações rápidas e o conseqüente aumento do escoamento superficial pela diminuição potencial das taxas de infiltração, logo, alta suscetibilidade a ravinamento. (Salomão, 1999)

A porosidade total (PT) diminui em profundidade enquanto que a micro porosidade (Mip) aumenta seus índices nas proximidades com o substrato alterado, onde é maior a porcentagem da fração siltosa dos materiais, bem como a densidade do solo e de partículas. (vide figura 25)

Essas características da porosidade determinam a permeabilidade, que é no geral baixa, contribuindo para potencializar a suscetibilidade a ravinamento.



Legenda:

- A - Horizonte Argilo-Arenoso
- Bw - Horizonte Arenoso
- A/B - Horizonte Argiloso
- Btg - Horizonte Argilo-Arenoso
- C - Franco Siltiloso à Franco-Argilo-Arenoso

Figura 25: Variação vertical da densidade do solo, de partículas e porosidade total calculada dos perfis do talude da boçoroca Pontinhas.

5.3.3.5 - Condutividade e Permeabilidade Hidráulica Saturada

Os resultados dos ensaios de condutividade e permeabilidade hidráulica saturada, conforme exposto anteriormente, foram realizados sobre os diferentes horizontes em diversos pontos do talude. A Figura 26 mostra o lançamento da variação vertical da condutividade hidráulica ao longo dos perfis de solo realizados no talude da Boçoroca Pontinhas.

A condutividade hidráulica nos horizontes superficiais no segmento do topo (I) varia de rápida a muito rápida, e, nos horizontes mais profundos a condutividade apresenta-se moderadamente lenta. Enquanto que na ruptura de declive (convexa para côncava) e nas proximidades do curso d'água, os horizontes superficiais possuem, respectivamente, uma condutividade rápida e muito rápida, e o horizonte C na ruptura de declive (entre o fim do segmento II e início do segmento III), possui uma permeabilidade moderadamente rápida.

Estes comportamentos hidráulicos diferenciados ao longo da vertente, permitem constatar que no topo e na média vertente os fluxos d'água apresentam fluxos com direção vertical nos horizontes superficiais e subsuperficiais e laterais quando se aproximam do substrato (horizonte C) onde a drenagem tende a lenta, fragilizando ainda mais esse contato solo/rocha, gerando fluxos suspensos.

Os resultados da análise da condutividade e permeabilidade hidráulica saturada, corroboram os fluxos deduzidos (Figura 19) e permitiram a confirmação da hipótese aventada durante o levantamento morfológico da cobertura pedológica em toposseqüência, de que a dinâmica erosiva está condicionada ao substrato mais siltoso, menos poroso, muito alterado e muito fragilizado diante do escoamento superficial e subsuperficial.

5.3.3.6 - O comportamento Hídrico: fluxos deduzidos e suas conseqüências

As análises físico-hídricas dos solos associadas com a morfologia dos solos da toposseqüência permitiram constatar que em geral os horizontes superficiais do talude da boçoroca, sobretudo dos segmentos I e II da vertente, apresentam um fluxo hídrico vertical e os subsuperficiais (C) caracterizam-se por fluxo lateral, confirmando o proposto na Figura 18, inferido. Essas características

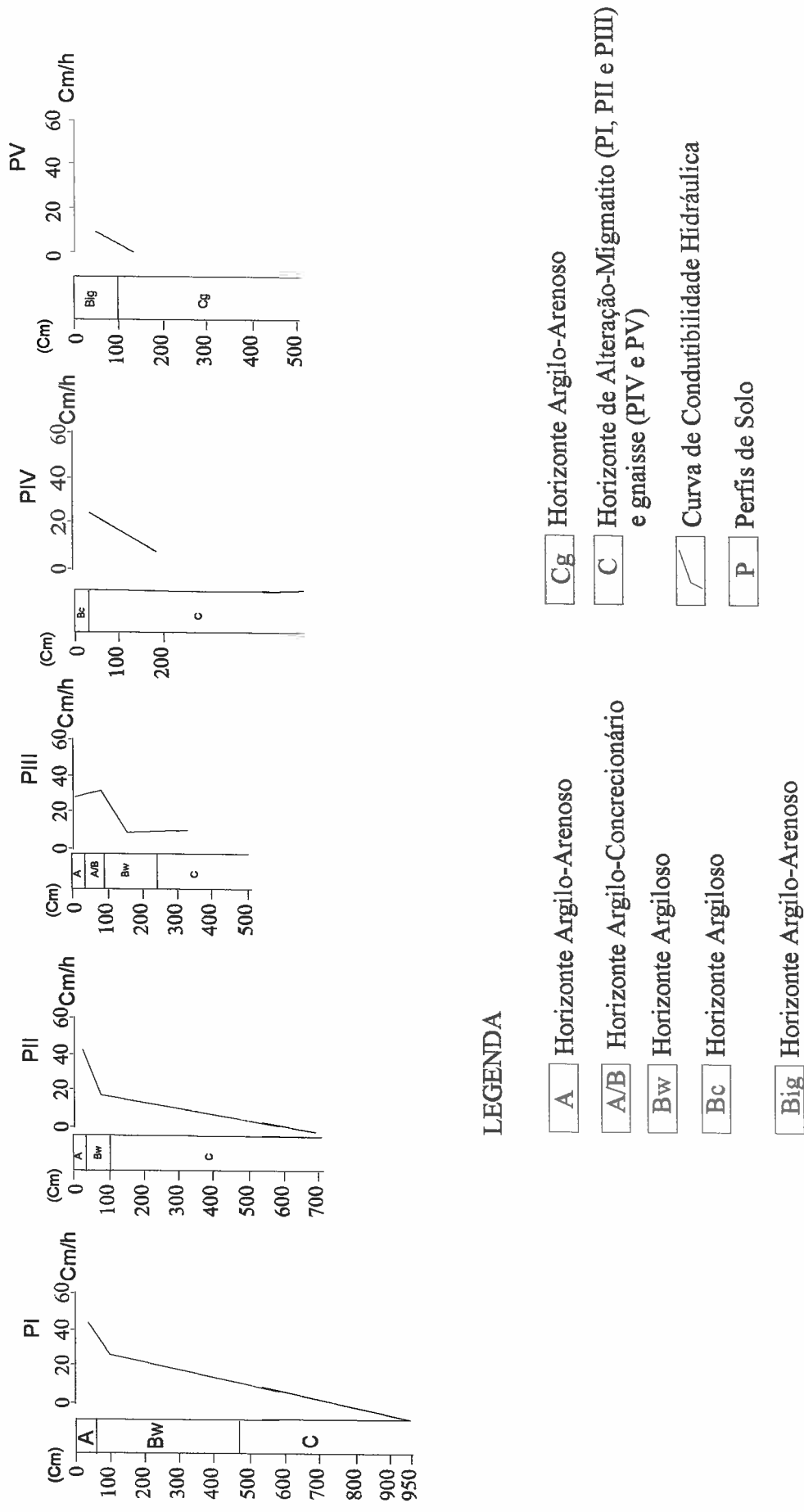


Figura 26 - Variação vertical da condutividade hidráulica saturada dos perfis de solo ao longo do talude direito (E1) da Boçoroca Pontinhas.

conferem a esses materiais grande suscetibilidade à instalação de processos erosivos lineares, pela instalação de *pipings* com remoção de matéria lateralmente podendo ocasionar até subsidências lineares em superfície.

Os materiais da ruptura de declive entre os segmentos II e III apresentam um comportamento hídrico diferenciado, pois, o horizonte C possui alta permeabilidade e condutividade hidráulica em função de alta porcentagem da fração areia (52,4%) em relação aos demais horizontes C da vertente, por isso a circulação hídrica neste horizonte é maior no sentido vertical do que no horizontal.

A diferença do comportamento hidráulico na ruptura de declive, parece conferir maior suscetibilidade erosiva neste ponto da boçoroca, uma vez que é aí que já se encontra o novo eixo e menor da erosão, ainda com dinâmica de ravina, como já mencionado, porém aparentemente com maior dinâmica resistásica do que os eixos maiores do processo. Caso nenhuma medida de contenção seja tomada a curto prazo, tudo indica que esse novo eixo tenderá a se aprofundar até interceptar o lençol freático, e aumentar regressivamente sua extensão, potencializando ainda mais a sua dinâmica.

5.4 – A dinâmica erosiva linear atual e prognóstica

As observações em campo, associadas às interpretações de fotografias aéreas, de carta topográfica, bem como, com as entrevistas e conversas com antigos moradores da região, permitem afirmar que a referida erosão iniciou-se entre o terço médio e inferior da vertente (onde se encontra uma ruptura de declive), sobre uma antiga estrada, portanto, desconectada do curso d'água local. Inicialmente seu desenvolvimento foi comandado pelo escoamento superficial concentrado, facilitado pela compactação do leito da estrada. Assim, deve ter surgido como sulcos, evoluídos para ravina, descendentemente rumo ao córrego. Ao se aprofundar e atingir o lençol freático, já nas proximidades do Córrego Pontinhas (terço inferior – vertente côncava), onde o N. A. (lençol d'água) está mais elevado, deu origem à boçoroca com atuação de diversos mecanismos erosivos, ligados sobretudo ao aumento do gradiente hidráulico resultante da interceptação do freático e proporcionando o aumento do potencial erosivo e a

mudança na dinâmica hidrológica. Esta hipótese também foi levantada na interpretação da toposseqüência Pontinhas, como já relatado.

Ao atingir o estágio de boçorocamento a erosão deve ter evoluído rapidamente tanto no sentido remontante (em direção ao terço superior da vertente), como descendente, como também aprofundou-se e alargou-se, aumentando sobremaneira suas dimensões, até adquirir sua morfologia e morfodinâmica atuais (semelhante a um coração – como é conhecida pelos moradores rurais vizinhos ao fenômeno). Esse momento deve ter sido atingido rapidamente, há muitos anos, visto que na foto aérea dos anos 60 ela já possuía a forma e as dimensões próximas das atuais, o que permite ainda acrescentar que essa evolução mais lenta desde então caracterizaria um estágio quase final.

Cabe ressaltar, que é na área de transição da cobertura pedológica para o substrato alterado que se verifica as maiores instabilidades do processo erosivo em seu setor de montante. Isto ocorre porque o Latossolo possui uma boa condutividade hidráulica de moderadamente rápida a muito rápida, como verificada nos ensaios em laboratório, enquanto que a litologia subjacente apesar de se caracterizar por alto grau de intemperismo, microfalhas e fraturas em direções variadas, possui um comportamento hidráulico de fluxo muito mais lento. Por isso, nesta transição é comum a ocorrência de vazios nos taludes como marmitas ou alcovas de regressão que geram colapsos do terreno, em função da exfiltração d'água durante a estação chuvosa. Esse fator acelera ainda mais a dinâmica da boçoroca.

As observações cadastrais e os sucessivos trabalhos de campo permitiram concluir que o setor montante da boçoroca encontra-se ativo, devido às várias manifestações de fenômenos de “*piping*” e alcovas de regressão que provocam o solapamento do pacote latossólico e os conseqüentes deslizamentos, colapsos e escorregamentos. Permitiram também constatar que ela drena o ano todo, embora as vazões diminuam na estação seca. E que do setor médio para a jusante o repovoamento vegetal aliado ao menor declive e nivelamento com o nível de base atual, o Córrego Pontinhas, ela iniciou um leve reentalhe do pacote assoreado, o que demonstra que, embora em estágio evolutivo avançado, ela ainda não atingiu seu perfil de equilíbrio final. Os eixos 1 e 3 parecem mais ativos e o 3 ainda apresenta dinâmica de ravina, mas se chegar a interceptar o freático

deverá evoluir rapidamente pelo aumento do gradiente hidráulico, ampliando lateral e remontantemente a erosão, podendo fundir-se ao eixo 1, o que parece ter acontecido antes em relação aos eixos 1 e 2. Portanto, sua evolução está se dando e provavelmente se deu da direita para a esquerda o que parece revelar condicionamento litoestrutural associado ao contato do migmatito com o gnaisse.

Portanto, como um todo, a boçoroca do Córrego Pontinhas encontra-se ativa ainda, e relacionada com a instabilidade do substrato do setor de montante e não com a dos solos, que apenas sofrem os efeitos disso. Essa dinâmica confirma as idéias de Baccaro (1990), dentre outros.

Por fim, vale destacar que a dinâmica erosiva parece condicionada mais ao migmatito e suas intercalações, etc., do que ao gnaisse, portanto é no setor de montante, acima da ruptura da vertente, onde se encontram os latossolos, que a atividade é maior. No entanto, dada a proximidade do topo (divisor) da área de contribuição, a tendência poderá ser de evolução por alargamento e fusão dos eixos 1 e 2. Considerando que em cerca de 40 anos sua evolução foi pequena, a dinâmica evolutiva poderá ser relativamente lenta, no conjunto.

Assim, caso nenhuma medida de contenção seja tomada, a erosão tenderá a evoluir tanto no sentido remontante quanto lateralmente o que aumentará ainda mais as suas dimensões, bem como, alterará ainda mais a paisagem local, causando danos ambientais maiores, além de causar prejuízos econômicos ao dono da propriedade, devido à enorme perda de solos; assoreamento dos cursos d'água locais; surgimento de enchentes; destruição de estrada secundária à montante, dentre outros.

CAPÍTULO VI

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTAS DE CONTENÇÃO DO FENÔMENO EROSIVO

O processo erosivo sempre pode inspirar justificativas e apresentar atrativos acadêmicos à investigação de sua dinâmica. No entanto, o problema erosão certamente não receberia a ampla atenção que desperta, seja ao agricultor, ao técnico ou ao governante, se dissociado das implicações de sua ocorrência, especialmente as econômicas e as sócio - ambientais. Transcendendo a questão da dificuldade, na descrição do processo erosivo e na predição dos seus resultados, surge a complexa questão das relações que determinam o grau de efetividade no combate à erosão do solo, como um problema científico mais antropológico cultural do que físico. (D'Agostini, 1999)

O município de Orizona possui muitas erosões lineares de grande porte como já salientado, que colocam em risco importantes recursos naturais da região. A Boçoroca Pontinhas, é um exemplo disso. Contudo, este município goiano é carente em estudos destes fenômenos.

A Boçoroca Pontinhas como já relatado, apresenta uma dinâmica erosiva muito complexa, comandada pelos fluxos superficiais e subsuperficiais, difíceis de serem quantificados e controlados sem o monitoramento adequado. Como exposto, apesar da cabeceira do processo se localizar próxima ao topo da vertente local, a referida boçoroca ainda encontra-se em plena atividade. Para que ocorra a sua estabilização e recuperação será necessária a intervenção humana, no sentido de implantação de ações que auxiliem no disciplinamento do escoamento das águas superficiais e subsuperficiais (principais agentes erosivos que atuam nessa erosão), e na mudança do uso do solo local (atualmente pastagem extensiva).

A maioria de obras para recuperação de processos erosivos como este em questão, requer intervenções com obras de engenharia, que normalmente dependem vultuosos recursos financeiros, que ultrapassam até mesmo o valor venal da propriedade rural onde estão instalados, como é o caso desta erosão.

Assim, a expectativa é de contenção do processo, para que a cicatrização seja acelerada, mas na medida do possível, preferindo-se deixar que a natureza reaja favoravelmente, tornando-a num pequeno vale e um refúgio para a

biodiversidade já que seu estágio evolutivo está no final, mas corre-se o risco de ampliação lateral por novos ramos que se fundem.

Diante disso, propõe-se medidas menos onerosas financeiramente e mais práticas, devido as enormes dimensões da erosão, visando a estabilização do processo e a diminuição de perda de sedimentos da vertente e o conseqüente entulhamento dos talwegues da rede hidrográfica local e regional, como as seguintes:

- ▶ Isolamento da área de contribuição da vertente onde está instalada a referida boçoroca, visando o repovoamento espontâneo de gramíneas e outras espécies do Cerrado, nos caminhos criados pelo gado. Essa medida, vai contribuir para a diminuição do escoamento superficial laminar e concentrado que cria linhas de fraqueza (sulcos) nos taludes da erosão, principalmente na espessa cobertura pedológica que recobre o substrato de migmatito e gnaisse que encontram-se altamente intemperizados.
- ▶ Construção de paliçadas com madeiras ou com bambus como exemplificam as Fotos 23, 24 e 24a, no sentido transversal ao escoamento fluvial, objetivando a retenção de sedimentos que colmatarão no interior da ocorrência e, possibilitarão um repovoamento espontâneo de várias espécies vegetais: secundárias e primárias, o que ajudará a conter a evolução do processo.
- ▶ Drenagem da água subterrânea com dreno de pedra ou feixes de bambu visando a diminuição da energia abrasiva deste escoamento, como mostra a Figura 27.
- ▶ Vegetação induzida da boçoroca com plantas rústicas que se desenvolvem bem em solos erodidos, que proporcionam boa cobertura do solo e que tenham um sistema radicular abundante. As vegetações mais usadas na proteção de área com boçoroca são as gramíneas (batatais, seda, capim-quicuío e a braquiária) e leguminosas (cudzu e as diversas espécies de *Lespedeza spp*) (Almeida Filho, 2001: 58). Propõe-se ainda o plantio de bambus em vara dentro da ocorrência erosiva, que também desenvolve-se com muita facilidade e possui um rápido

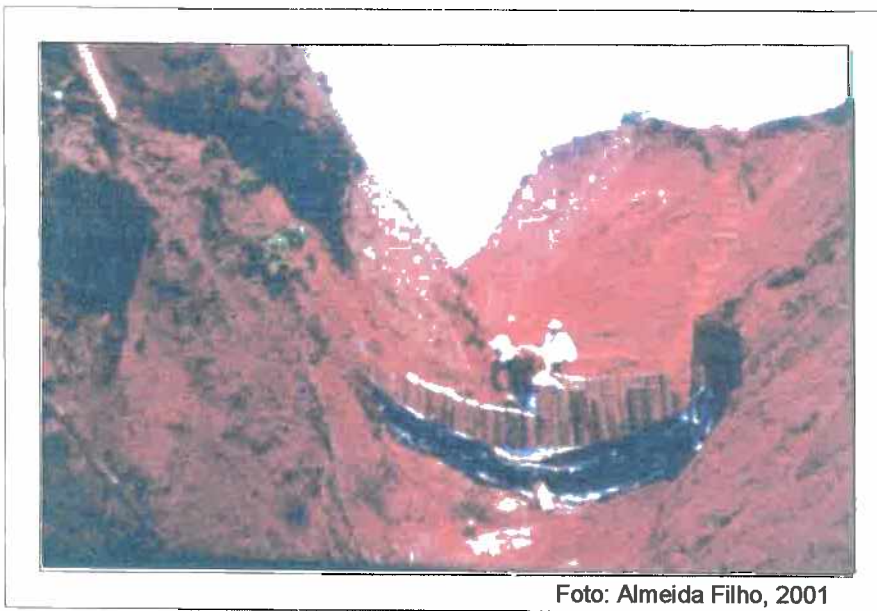


Foto: Almeida Filho, 2001

Foto 23: Construção de paliçada de madeira no interior da boçoroca.



Foto 2001: www.dcs.ufia.br/morrodoferro/lendas

Foto 24 a: Construção de sucessivas paliçadas de bambú no interior da boçoroca.



Foto 2001: www.dcs.ufia.br/morrodoferro/lendas

Foto 24 b: idem foto anterior.

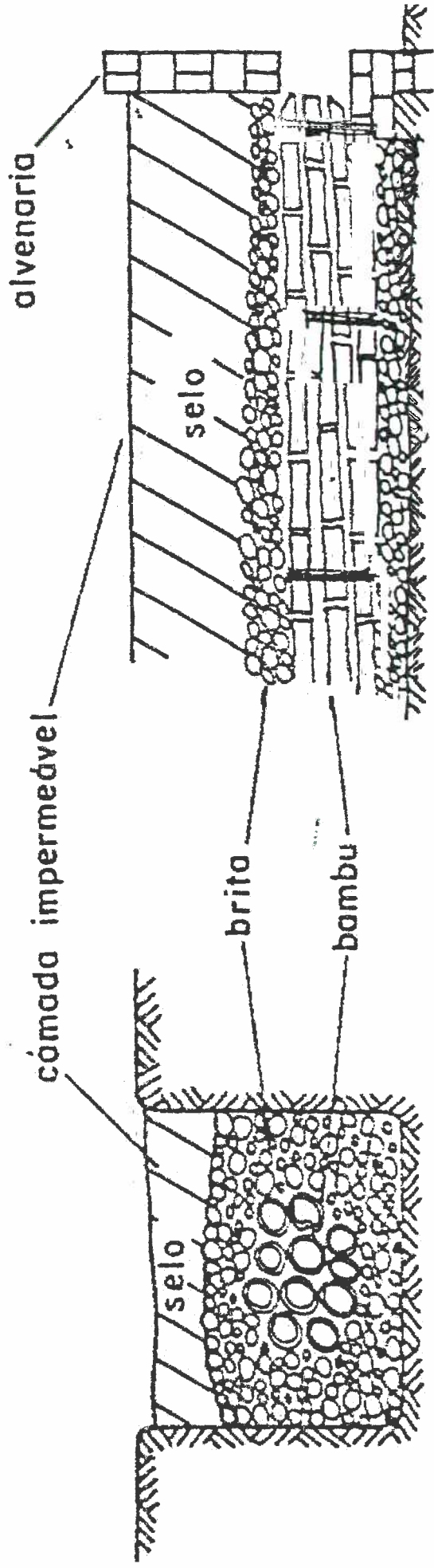


Figura 27 Dreno de bambu - é executado com bambus amarrados em feixes, assentados em vaia e envolvidos com brita ou geotêxtil - o fechamento da vaia é feito com material impermeável.

Fonte: DAEE/IPT, (1989)

crescimento.

Ênfase especial deverá ser dada ao eixo 3. Ainda no estágio de ravina.

► Ainda a estudar o controle em toda a bacia de contribuição, do escoamento superficial concentrado, através da construção de leiras em nível com utilização de restos vegetais, bambus e/ou eucalipto, de modo a evitar impactos ambientais, para induzir a infiltração das águas pluviais e contribuir para a conseqüente diminuição do escoamento superficial.

A aplicação dessas medidas, permitirá mesmo que lentamente, a estabilização do processo e conseqüentemente reduzirão a perda de materiais da vertente e a colmatação dos talwegues da drenagem regional.

Devido à grande atração que a Boçoroca Pontinhas exerce sobre os moradores do município de Orizona, outras medidas que também poderiam ser adotadas concernem apenas quanto ao disciplinamento das visitas, que atualmente são recorrentes e perigosas.

Contudo, é válido ressaltar que o controle de erosão e a conservação do solo devem ocorrer simultaneamente, sendo que a conservação do solo não se limita à simples aplicação de determinado número de práticas, ela deve compreender um sistema de manejo do solo que assegure a obtenção da subsistência da sociedade atual e das gerações futuras, utilizando práticas preferencialmente edáficas e vegetativas.

**REFERÊNCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AB'SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço de pesquisas sobre o quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 18, p. 1-11, 1969.

ALMEIDA, F. G. de. A Erosão dos Solos Considerando suas Várias Escalas Temporais e Espaciais de Mensuração e Análise. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 6., 1995, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CEGRAF, 1995. p. 321-326. v. 1.

ALMEIDA FILHO, G. S. **Diagnóstico, Prognóstico e Controle de Erosão**. Goiânia: ABGE, 2001. 70 p. Apostila.

BACCARO, C. A. D. **Estudo dos Processos Geomorfológicos de Escoamento Pluvial em Área de Cerrado – Uberlândia/MG**. 1990. 164 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Ciências Humanas e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1990.

BACCARO, C. A. D. Processos Erosivos no Domínio do Cerrado. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 195-227.

BARBALHO, M. G. S.; CAMPOS, A. B. Relações entre o relevo e as ocorrências erosivas na zona da alta Bacia do Rio Araguaia (GO/MT). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 7, 2001, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: ABGE, 2001. p. 77.

BARROS, W. D. de. **Problemas da Erosão do Solo no Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/Serviço de Informação Agrícola, 1961. 54p.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 1993. 355p.

BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. Visão Integrada da Problemática da Erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 3., 1985, Maringá. **Anais...** Maringá: ABGE/ADEA, 1985. 332p. (ilustrado).

BORDALO, C. A L. **Gestão Ambiental por Bacias Hidrográficas: Manejo Ambiental da Microbacia do Igarapé Murutucum – PA.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 6., Goiânia. **Anais...** Goiânia: CEGRAF, 1995. p. 409-412. v. 1.

BOTELHO, R. G. M. **Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica.** In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 269-300.

BOULET, R. **Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, '21 1988, Campinas. **Anais...** Campinas: SBCS, 1988. p. 79-90.

_____. **Uma evolução recente da pedologia e suas implicações no conhecimento da gênese do relevo.** In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO QUATERNÁRIO, 3, 1992, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABEQUA, 1992. p. 43-57.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas.** Brasília: PNMH. 1987. 60 p.

CASSETI, V. **Ambiente e Apropriação do Relevo.** Ed. Contexto, São Paulo, 1991. 147p.

_____. **Os “desbarrancados” de Palmelo - GO.** In **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 7 e 8, n. 1 e 2, p. 53-70, jan/dez 1987/1988.

CASTRO, S. S. **Sistema de Transformação Pedológica em Marília-SP: B latossólico em B texturais.** 1989. 274 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989

CASTRO, S. S. de et al. **The upper Araguaia basin and the effects of human-induced erosion.** **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, vol. 19, n. 1, p.128-139, jan/dez 1999. special issue.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – CEMIG. **Erosão e Formas de Controle.** Belo Horizonte: ISBN, 2001. 31p.

COELHO NETO, A. L.; FERNANDES, N. F.; DEUS, C. E. Gullying in the Southeastern Brazilian Plateau, Bananal (SP). **Proceedings of the Porto Alegre Symposium in Sediment Budgets**, n. 174, p. 35-42.

CHORLEY, M. A. **Modelos Físicos e de informação em Geografia**. São Paulo: EDUSP, 1975. 260 p.

CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. Geoecologia: o Clima, os Solos e a Biota. In: ROSS, J. L. S. (Org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1998, p. 67-208.

CUNHA, J. E. da. **Caracterização Morfológica (Macro e Micro) e Comportamento Físico-Hídrico de Duas Topossequências em Umuarama (PR): Subsídios para Avaliação dos Processos Erosivos**. 1999. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Ciências Humanas e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

DE BIASI, M. A. Carta Clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.6, p. 45-59, 1992.

DREW, D. **Processos Interativos Homem-Meio Ambiente**. Trad. João Alves dos Santos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1991, 206 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Mapa de solos e de fitofisionomia da região geoeconômica de Brasília**. Brasília, 1981. Escala 1:1.000.000.

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO). **Conservación de Suelos para los países en desarrollo**. Roma: Contantinesco consultor en conservación de suelos, 1976. 91 p.

FREITAS, P L de; KER, J C. As pesquisas em microbacias hidrográficas: situação atual entraves e perspectivas no Brasil. In: CASTRO FILHO, C; MUZILLI, O. (Coord.). **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas**. Londrina: IAPAR, 1996. p. 41-56.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da.. **Geomorfologia: uma atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1998. p.149-210.

IANHEZ, A. C. *et. al.* Geologia. In: RADAMBRAS L. **Levantamento dos Recursos Naturais**. Folha SE – 22 Goiânia. Rio de Janeiro: RADAMBRASIL, 1983. p. 23-348. v. 31

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. 1986. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe / Paranapanema**. São Paulo: IPT/DAEE, 1986. 739 p. (Relatório 24, v.6)

INOCENCIO, N. R. Hidrografia. In: **Geografia do Brasil – Região Centro-Oeste**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. p. 73-90. v.1.

LEÃO, O M. R. *et.al.* **Revegetação Induzida no Controle da Hidrologia e Erosão Superficial, P.N.T. – RJ**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 6, 1995, Goiânia. **Anais...**Goiânia: CEGRAF, 1995. p. 627-632.

LEPSCH, I, F. Perfil do solo. In: MONIZ, A. C. (Coord.). **Elementos de Pedologia**. São Paulo: Polígono/EDUSP, 1972. p.335-339.

LEPSCH, I. F. *et al.* **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. (4ª aproximação do Manual Brasileiro para Levantamento da Capacidade de Uso da Terra). Campinas: SBCS, 1991. 175 p.

LEPSCH, I. F. **Solos: formação e conservação**. 4 ed São Paulo Melhoramentos, 1982. 160 p.

LUPINACCI, C. M.; MENDES, I. A. Identificação das Perdas de Solo por Erosão em Dois Setores da Bacia do Rio Claro. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 6, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CEGRAF, 1995, p. 413-416.

MACEDO, J. **Prospectives for the rational use of the Brazilian Cerrados for food production**. Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1995. 19p.

MAMEDE, L. *et. al.* Geomorfologia. In: RADAMBRASIL. **Levantamento dos Recursos Naturais**. Folha SE 22 Goiânia. Rio de Janeiro: RADAMBRASIL, 1983, p.349-412. v.31.

MAMEDE, L. **Análise e Interpretação Geomorfológica da Bacia do Córrego Taquara - DF.** 1999. 310 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Ciências Humanas e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

MARTINS, V. M. **Caracterização Morfológica e da Circulação Hídrica dos Solos da Cabeceira de Drenagem do Córrego Bom Jesus no Município de Cidade Gaúcha-PR.** 2000. 135 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Ciências Humanas e Letras, Universidade de São Paulo, 2000.

MEDINA, H. P. **Constituição Física.** In: MONIZ, A . C. (Coord.) **Elementos de Pedologia.** São Paulo: Polígono/EDUSP, 1972. p.11-20.

NASCIMENTO, M. A. L. S do. **Geomorfologia do Estado de Goiás.** **Boletim Goiano de Geografia,** Goiânia, vol. 12, n. 1, p.1-22, jan/dez. 1992.

_____. **Erosões Urbanas em Goiânia.** **Boletim Goiano de Geografia,** Goiânia, v.14, n.1, p. 77-102, jan./dez. 1994.

NASCIMENTO, M. A. L. S do; CASSETI, V. **Geografia Física do Cerrado e Impactos Decorrentes do Processo de Ocupação.** Goiânia, 1999. 188p. Apostila.

NOGUEIRA, W. C. **Mestre Carreiro.** Goiânia: Instituto Goiano de Folclore, 1980. 167 p.

OLIVEIRA, A. M. dos S. **Depósitos Tectogênicos e Assoreamento de Reservatórios: Exemplo do Reservatório de Capivara, Rio Paranapanema, SP/PR.** 1994. 211 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Ciências Humanas e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

OLIVEIRA, M. A. T.; SBRUZZI, G. J. ; PAULINO, L. A. **Taxas de erosão por voçorocas no Médio vale do Rio Paraíba do Sul.** SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 6, 1995. **Anais...** Goiânia: CEGRAF, 1995. P. 647-651. v.1.

OLIVEIRA, D. de. **Estudo Macro e Micromorfológico de uma Topossequência na Bacia do Córrego do Retiro em São Pedro – SP.** 1997, 143 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Ciências Humanas e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, M. A. T. de. Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de Erosão por Voçorocas. In: GUERRA, A. J. T. et. al. (Orgs.) **Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340 p.

OLIVEIRA, C. J. F. de. **A Suscetibilidade dos Solos aos Processo Erosivos Lineares nas Sub-bacias do Alto Araguaia e Rio Babilônia**. 1999. 115 p. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1999.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.) **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 2ª ed.. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, p. 59 –122.

QUEIROZ NETO, J. P. **Análise Estrutural da Cobertura Pedológica no Brasil**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 21, 1988, Campinas. **Anais...** Campinas: SBCS, 1988. p. 415-429.

QUEIROZ NETO, J. P.; JOURNAUX, A. **Carta geomorfológica de São Pedro – SP**. São Paulo: IG/USP. 1978. Escala 1:50.000.

REZENDE, A. V. Importância das Matas de Galeria: Manutenção e Recuperação. In: **Cerrado: Matas de Galeria**. Editor José F. Ribeiro. Planaltina: EMBRAPA, 1998. p. 1–16.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Orgs.) **Cerrado – Ambiente e Flora**. Planaltina: EMBRAPA, 1998, p. 89-166.

ROSS, J. L. S. .Geomorfologia Aplicada aos EIAS – RIMAS. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B (Orgs). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 291-336.

SALOMÃO, F. X. T. **Processos Erosivos Lineares em Bauru (SP): Regionalização Cartografica Aplicada ao Controle Preventivo Urbano e Rural**. 1994. 200 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Ciências Humanas e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

_____. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA, A. J. T. et. al. (Orgs.) **Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p.229-267.

SANTOS, L. J. C. – **Estudo Morfológico da Topossequência da Pousada da Esperança, em Bauru, SP:** Subsídio para a compreensão da Gênese, Evolução e Comportamento atual dos Solos. 1995. 71 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Ciências Humanas e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL/SUPERINTENDÊNCIA DE ESTATÍSTICA, PESQUISA E INFORMAÇÃO. **Anuário Estatístico do Estado de Goiás.** Goiânia, 1996.

SECRETARIA ESTADO DE GOIÁS/COMPANHIA DO DESENVOLVIMENTO DO PLANALTO CENTRAL – SEG/CODEPLAN. **Estudos das potencialidades dos municípios da região geoeconômica de Brasília - Orizona – GO.** Brasília, 1982. Vol. 30.

SOUSA, A.T. et. al. **A Relevância dos Atributos do Meio Físico na Apropriação da Porção Meridional do Estado de Goiás, nas três Primeiras Décadas do Século XX.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 8, 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Caratinga: Editora Gráfica Ana Pontes, 1999. p. 413-414. v.1.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed Geomorphology. **Trans. Amer Geophys Union**, n. 38, p. 913-920, 1957.

TRICART, J.; KILIAN, J. **La Eco-Geografia y La Ordenacion Del Medio Natural.** Barcelona: Editorial Anagrama, 1982.

ZNAMENSKIY, V. **Fertilidade do Solo, Problemas de Erosão e Práticas Agro-Pecuárias de Goiás.** Goiânia: Cerne, 1967. 86p.