Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Aplicação da Micromorfologia de Solos ao Estudo de Sedimentos Alúvio-Colúvies em Cabeceiras de Vale

Glaucia Maria dos Santos Silva Ferreira, Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira

Pesquisas em Geociências, 33 (2): 3-18, set./dez., 2006.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/19509>

Publicado por

Instituto de Geociências

Portal de Periódicos UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - set./dez., 2006.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Aplicação da Micromorfologia de Solos ao Estudo de Sedimentos Alúvio-Coluviais em Cabeceiras de Vale

GLAUCIA MARIA DOS SANTOS SILVA FERREIRA
& MARCELO ACCIOLY TEIXEIRA DE OLIVEIRA

Laboratório de Geodinâmica Superficial, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina Cep 88.040.900, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. glaucia2506@yahoo.com.br

(Recebido em 11/05. Aceito para publicação em 11/06)

Abstract - Previous work on the role played by valley head areas in humid regions brought to light geomorphological units of the drainage net in which erosion and sedimentation would tend to be recurrent in time and space. Valley heads studied in Brazil had already proved to be very sensible to gully erosion processes, which, besides its importance to land degradation, also is a common process of hillslope evolution on humid regions. Gully erosion carries out from slopes important amounts of sediments, which may either, accumulate as proximal colluvium and alluvium or be conveyed through the drainage net. When colluvium and alluvium accumulate in proximal areas sedimentary structures may be preserved allowing the study of evolutionary processes. This paper is an attempt to apply micromorphological analysis to the study of the sedimentary structures preserved in gullied hillslopes of some southern Brazilian areas. The deposits are dated either in accordance to the supposed age of the gully incision, as estimated by aerial photographs, or by the record, in the field, of the depositional event. As a result, the age of the study deposits ranges from about 200 to 30 years, including fresh sediments just deposited one day before sampling. The paper stresses the relationship between macroscopic structures and micromorphological parametrical description, emphasizing interpretation of sedimentary structures as the result of variable overland flow rates on the gullied hillslopes.

Keywords - Gully Erosion; Sedimentary Structures; Valley Heads.

INTRODUÇÃO

Cabeceiras de vale são unidades do relevo nas quais as coberturas superficiais contêm, com frequência, registro de processos hidrológicos relacionados à evolução de encostas e de vales fluviais (Dietrich e Dunne, 1993). Como essas unidades do relevo favorecem a articulação dinâmica entre calhas fluviais e encostas, processos erosivos e deposicionais associados ao escoamento superficial e a movimentos de massa tendem a ser recorrentes, originando feições erosivas e depósitos que, quando preservados em seqüências pedoestratigráficas, podem apresentar estruturas sedimentares características de processos que atuam na interface entre encostas e vales (Oliveira et al., 2003; Oliveira e Lima, 2004).

A caracterização e monitoramento de processos erosivos em cabeceiras de vale nos estudos de Santa Catarina e Paraná revelaram a ocorrência de processos erosivos variados associados aos dois principais tipos de escoamento superficial mencionados na literatura: escoamento hortoniano e escoamento saturado (dunniano) (Paisani, 1998; Camargo,

1998; Nascimento, 1998). Esses tipos de escoamento superficial atuam em escalas temporais variadas, podendo interagir em condições de chuvas prolongadas e abundantes, ocasionando taxas de erosão e de sedimentação em cabeceiras de vale, em função da concentração local de fluxos superficiais, sub-superficiais e subterrâneos (Oliveira, 2004). Como a convergência de fluxos é uma das principais características dinâmicas de cabeceiras de vale, tais unidades do relevo são pontos da rede hidrográfica que demonstram grande sensibilidade a oscilações hidrodinâmicas ao longo do tempo (Dietrich e Dunne, 1993). Devido a essas características, as cabeceiras de vale têm sido consideradas como áreas de risco potencial de erosão por voçorocas. De fato, a ocorrência de voçorocas e ravinas tende a ser muito comum nessas unidades do relevo, tanto em substrato cristalino quanto em substrato sedimentar (Oliveira, 1999).

Em função das pesquisas sobre processos erosivos em cabeceiras de vale realizadas nos Estados de Santa Catarina e Paraná, foram selecionadas para este trabalho algumas áreas nas quais estruturas

sedimentares preservadas em depósitos criados por voçorocas, ravinas e sulcos foram estudadas. Convém salientar que os termos *voçorocas*, *ravinas* e *sulcos* são aqui utilizados para referenciar feições erosivas que se diferenciam por suas respectivas dimensões e não por eventuais mecanismos que venham a dominar o processo erosivo (Imeson e Kwaad, 1980; Unesco, 1986; Guerra, 1998; Oliveira, 1999). Nas áreas estudadas, foram obtidas amostras de sedimentos não consolidados criados por processos erosivos, levando à caracterização de estruturas e de microestruturas sedimentares associadas ao transporte de material ao longo do canal erosivo. Essa caracterização de estruturas e de microestruturas visa o estabelecimento de chaves interpretativas para a caracterização paleoidrológica de depósitos preservados em cabeceiras de vale, através da aplicação da análise micromorfológica ao objeto de estudo (Bertran e Texier 1999).

Neste artigo, portanto, são apresentados resultados da análise micromorfológica aplicada a estruturas sedimentares criadas em cabeceiras de vale atingidas pela erosão por voçorocas. Três áreas foram selecionadas para o estudo. A primeira área é caracterizada por cabeceira de vale na qual o canal principal da voçoroca está completamente colmatado por depósitos associados ao processo erosivo. Estimativas iniciais levam a crer que a incisão erosiva, assim como os depósitos correlativos, podem datar de 50 a 200 anos, estando provavelmente associados ao processo de colonização da área. A segunda área é caracterizada por cabeceira de vale suspensa afetada por voçoroca ativa, na desembocadura da qual se desenvolveu pequeno leque aluvial que constitui o depósito analisado. Essa incisão erosiva tem idade de aproximadamente 30 anos, estimada por meio de fotografias aéreas do local. A terceira e última área é formada por cabeceira de vale suspensa desenvolvida em rampa arenosa atingida por voçoroca ativa na qual o depósito estudado pertence ao material transportado no fundo do canal erosivo. O depósito formou-se durante evento chuvoso registrado entre os dias 30/09/2001 e 01/10/2001, período no qual a precipitação atingiu 105 milímetros acumulados em 24 horas. A amostra foi coletada no dia 02/10/2001, um dia após o final das chuvas, sobre depósitos que preservavam ainda características associadas ao padrão de escoamento superficial.

APRESENTAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Este trabalho apresenta resultados da análise

micromorfológica de amostras obtidas em três locais distintos nos Estados de Santa Catarina e Paraná. Os três locais selecionados ocupam posição de cabeceira de vale afetada por incisões erosivas, nos municípios paranaenses de Palmeira e Lapa e em Florianópolis (SC) (Fig. 1).

Figura 1 - Mapa de localização das áreas de estudo.

A **primeira área**, denominada Arroio da Colher pertence ao município de Lapa, no Estado do Paraná. O embasamento geológico é constituído por rochas do Grupo Itararé (Supergrupo Tubarão), localmente representados por arenitos, tilitos e arenitos siltico-conglomeráticos. As características litológicas desempenham papel fundamental na conformação do relevo local, caracterizado por patamares estruturais bem definidos no terreno, propiciando maiores declividades na parte superior das encostas (Camargo, 1998). O relevo é pouco dissecado, com patamares nas porções mais elevadas, onde se situam os arenitos, passando a vertentes convexas, entremeadas por seções côncavas, com maior acumulação de água, originando campos úmidos ou encharcados, associados às cabeceiras de vale.

A **segunda área** localiza-se na chamada Colônia Quero-Quero, no município de Palmeira, Estado do Paraná. Encontra-se no Segundo Planalto do Paraná ou Planalto de Ponta Grossa. Trata-se de lineamento orográfico formado principalmente por rochas sedimentares da Era Paleozóica (Maack, 1981, apud Paisani, 1998). O substrato é formado por arenitos e folhelhos arenosos de origem glacial e periglacial do Carbonífero Superior, que pertencem ao Grupo Itararé (Supergrupo Tubarão) (Fuck, 1966, apud Paisani, 1998). Os arenitos representam degraus estruturais nos interflúvios das cabeceiras de

vale, enquanto folhelhos arenosos afloram nos fundos dos vales.

A **terceira área** localiza-se na Ilha de Santa Catarina, especificamente no setor leste da ilha, na localidade da Praia Mole. No conjunto da Ilha de Santa Catarina, as áreas elevadas fazem parte da Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catarinense. Os campos de dunas estabilizadas, as rampas de dissipação, a restinga e as praias compõem a Unidade Geomorfológica Planícies Costeiras, na qual se situa a área em questão. Segundo Paisani (2003), trata-se de cobertura superficial formada predominantemente por sedimentos eólicos, criando uma rampa arenosa com algumas estruturas associadas ao processo de dissipação de dunas em contato com vertentes cristalinas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos laboratoriais utilizados exigiram: **1)** preparação de lâminas delgadas através de impregnação de amostras com resina, corte de tabletes, fixação sobre lâminas delgadas e rebaixamento dos tabletes até a espessura de 3,5 micra; **2)** análise microscópica e divisão da lâmina em unidades com texturas diferentes, em geral conforme a deposição; e **3)** descrição micromorfológica, segundo a classificação de Bullock et al. (1985), e Castro (1999).

Os seguintes parâmetros granulométricos foram levados em consideração: **a)** tipos de minerais; **b)** padrão de distribuição relativa; **c)** tamanho do grão; **d)** classificação textural; **e)** grau de seleção; **f)** fábrica; **g)** distribuição do *esqueleto*; **h)** tipo de contato entre grãos; **i)** forma do grão; **j)** distribuição geral dos grãos e categoria. Além dessas descrições foi realizada, complementarmente, descrição sobre plasma, poros, cutãs e nódulos, quando tais feições foram identificadas nas lâminas delgadas.

Em princípio optou-se pela utilização de parâmetros descritivos que pudessem fornecer chaves interpretativas para os principais processos deposicionais. Em função disto, parâmetros relacionados à descrição textural foram priorizados. A seguir são apresentados resultados relacionados aos depósitos de voçorocas, ravinas e sulcos estudados.

RESULTADOS

Os resultados obtidos são apresentados de acordo com a idade presumida da feição erosiva e

dos depósitos gerados, dos mais antigos aos mais recentes.

Estruturas preservadas em depósito de canal de voçoroca “secular” no município de Lapa (PR)

O material estudado é de idade desconhecida, pois a incisão erosiva que gerou o depósito está presente nas fotografias aéreas de 1976 da área de estudo, podendo tanto datar de 50 anos, quanto de 200 anos, ou mais. Trata-se de canal erosivo entulhado por sedimentos que foram depositados nas proximidades do entroncamento entre a voçoroca e o canal fluvial (Fig. 2).

Figura 2 - Foto mostrando as características da área na Lapa (PR). Notar demarcação do preenchimento de voçoroca (traços maiores) e o perfil analisado (traços menores).

O depósito está confinado no canal erosivo e guarda características de hidromorfia, com desenvolvimento de cores de baixo matiz associadas à preservação de zonas de saturação de água. Em corte de barranco, onde o depósito aflora, é evidente o predomínio de laminação e de acamamento plano-paralelo. Uma amostra não deformada foi coletada nesse afloramento, impregnada com resina e fatiada.

A figura 3 é uma ilustração de fatia da amostra coletada, denominada CCV 4, que apresenta estruturas sedimentares comuns no referido depósito.

Nessa fatia observamos lentes de granulometria variada, estruturas paralelas, cruzadas e cascalhos orientados. A direção provável de fluxo se daria da esquerda para a direita da figura, tal como sugerido pela orientação geral do depósito ao longo do canal erosivo.

A seguir, serão apresentadas descrições das principais feições analisadas nas três lâminas representadas na figura 3 (CCV 4-2, CCV 4-4 e CCV 4-5). p

Figura 3 - Foto da fatia CCV 4 de amostra coletada em material de preenchimento de voçoroca. Notar na figura a localização das lâminas delgadas, respectivamente CCV 4-2, CCV 4-4 e CCV 4-5.

Figura 4 - Lâmina delgada CCV 4-2 e principais unidades delimitadas (U1, U2, U3, U4). Os retângulos delineados ilustram na lâmina delgada, a localização das fotomicrografias das figuras 5 e 6.

A figura 4 mostra a lâmina delgada **CCV 4-2** com as principais unidades analisadas. Podemos observar que foram individualizadas na lâmina qua-

tro unidades principais (linhas pontilhadas).

As feições observadas nas unidades delimitadas na lâmina CCV 4-2 indicam que as duas primeiras unidades (U1 e U2) se assemelham em vários aspectos (distribuição relativa, que é a relação entre finos/grossos ou c/f; grau de seleção e presença de feições pedológicas), diferenciando-se, sobretudo: a) pela granulometria; b) pela presença de lâminas arenosas na unidade 1, com laminação inclinada (Fig. 5); e c) pela maior proporção de matriz agregada na unidade 2 (ver Figs. 4 e 5). A unidade 3 se diferencia das demais, principalmente, pela textura, de caráter “conglomerático”, indicando fluxo mais denso, com reduzida capacidade de seleção (Fig. 4). A unidade 4 é a que mais se distingue das demais, com predomínio de areia média e matriz escassa (Fig. 6). Tais características podem estar associadas ao maior poder de seleção do agente de transporte, carreando preferencialmente grãos de areia.

Figura 5 - Fotomicrografia da unidade 1 mostrando 3 lâminas arenosas (LA), intercaladas por material marrom escuro, matriz agregada oxidada (MA), sugerindo variação da intensidade do escoamento. Observa-se na base nódulo ferruginoso (NF).

Além dessas feições texturais, as principais características micromorfológicas observadas na lâmina delgada CCV 4-2 apontam para material predominantemente arenoso, com ortoporos e metaporos de conformação e morfologia variadas (conformação irregular, planar e mamelonada e morfologia intergranular, de canal e de cavidade). A matriz é constituída de agregados e plasma compostos por óxidos, hidróxidos de ferro e matéria orgânica. A estrutura plásmica é asséptica silasséptica, com orientação manchada de grau não-resolvível. Em quase todas as unidades nota-se a ocorrência de feições pedológicas de origem variada (alterorelíquias, fragmentos oxidados, nódulos e cutãs). Ocorrem três tipos de nódulo na amostra (de fábrica, amorfo e

A tabela 1 apresenta as principais feições observadas em cada unidade da lâmina delgada CCV 4-2:

Tabela 1 - P.S. = Pobremente Selecionado. **Definição:** mônica (apenas partículas de uma classe granulométrica, ou material amorfo. Ocorrência comum de vazios intersticiais associados) e enáulica (esqueleto de partículas grossas com agregados de material fino nos vazios intersticiais. Os agregados não preenchem completamente os poros).

Un	Textura do material	Grau de seleção	Forma dos grãos	Contato entre grãos	Distribuição do esqueleto	Distribuição relativa	Fábrica
U4	Arenosa	P. S.	Arredondados a subangulares	Pontual	Clastos suportados polimodais	Mônica	Sem estratificação
U3	Areia-siltico-argilosa	P. S.	Subangulares	Pontual	Clastos suportados polimodais	Enáulica	Sem estratificação
U2	Areia-siltico-argilosa	P. S.	Subangulares	Flutuante	Clastos suportados polimodais	Enáulica	Sem estratificação
U1	Areno-argilosa	P. S.	Subarredondados	Pontual	Clastos polimodal	Enáulica	Estratificação inclinada

cristalino), cuja morfologia interna é pseudomórfica, e a morfologia externa agregada, com grau de pureza moderadamente impregnado e limites nítidos. Encontram-se cutãs de poro, de agregados e de grãos, constituídos de ferriargilãs, com revestimento típico e de capeamento, com contraste moderado. A fábrica interna é não-laminada, com grau de orientação indeterminado, limites de contato claro e estrutura plásmica predominantemente assépica silassépica.

Em geral, as unidades observadas na lâmina delgada CCV 4-2 aparentam formação associada a variações do escoamento superficial ao longo do canal da voçoroca, gerando lâminas com boa organização preferencial, maciças e conglomeráticas.

Figura 6 - Lâmina delgada CCV 4-2 e principais unidades delimitadas (U1, U2, U3, U4). Os retângulos delineados ilustram na lâmina delgada, a localização das fotomicrografias das figuras 5 e 6.

A tabela 2 sintetiza as feições mais importantes para diferenciação entre as unidades delimitadas na lâmina delgada CCV 4-4.

Tabela 2 - P.S. = Pobremente Selecionado; e B.S. = Bem Selecionado. **Definição:** quitônica (as partículas grossas estão recobertas, totalmente ou parcialmente, por material fino, como cutãs iluviais ou depósitos aleatórios de argila).

Un	Textura do material	Grau de seleção	Forma dos grãos	Contato entre grãos	Distribuição do esqueleto	Distribuição relativa	Fábrica
U3	Não analisada	-	-	-	-	-	-
U2	Siltico-argilo-arenoso	B. S.	Subangulares	Flutuante	Clastos suportados polimodais	Enáulica	Sem Estratificação
U1	Areno-siltico-argilosa	P. S.	Subangulares	Pontual	Clastos suportados polimodais	Enáulica e quitônica em partes	Estratificação subhorizontal

A figura 7 ilustra a lâmina delgada CCV 4-4 dividida em três unidades diferentes (ver Fig. 3).

Figura 7 - Lâmina delgada CCV 4-4 e principais unidades delimitadas (U1, U2, U3). Os retângulos indicam a localização na lâmina delgada das figuras 8 e 9.

A análise da lâmina delgada CCV 4-4 sugere que a unidade 1 se diferencia da unidade sobrejacente pela textura, pela estratificação, pelo grau de seleção do material e pelo contato dos grãos, que influencia na distribuição da porosidade. Observa-se variação granulométrica importante entre as unidades 1 e 2, e ambas estão impregnadas por matéria orgânica (Figs. 8 e 9).

A unidade 3 dessa lâmina delgada não foi analisada, em função do desgaste excessivo durante sua confecção.

As principais características micromorfológicas observadas na lâmina delgada CCV 4-4 indicam que a unidade 1 contém ortoporos de conformação irregular e morfologia intergranular. Na unidade 2, ocorrem ortoporos e metaporos, irregulares e planares, com morfologia variada (intergranular, de fissuras, de canal e de cavidade). As unidades apresentam plasma composto por óxidos, hidróxidos de ferro e matéria orgânica, com estrutura plásmica asséptica silasséptica e grau de orientação indeterminado. A unidade 1 apresenta matriz em agregados, e

a unidade 2 possui matriz homogênea, parcialmente organizada em lâminas paralelas. Encontram-se feições pedológicas de origem variada (cutãs, nódulos, alterorelíquias e fragmentos oxidados). Os nódulos são do tipo amorfo e cristalino; apresentam morfologia interna pseudomórfica e morfologia externa agredada e concêntrica; grau de pureza moderadamente impregnado e limite externo muito nítido. Encontram-se hipocutãs de poro constituídos de ferrãs, com revestimento típico e contraste fraco. Os hipocutãs são moderadamente adesivos, com grau de orientação indeterminado e limites claros. A estrutura plásmica é asséptica silasséptica.

Em geral, a unidade 2 apresenta o mesmo aspecto (cor) da unidade 1, provavelmente em função da presença de matéria orgânica. O material preservado na unidade 2 é bem selecionado e de textura fina, sugerindo fluxo de baixa energia, ou aporte limitado de material. A laminação verificada na unidade sugere variação da intensidade do escoamento durante o processo deposicional. As duas unidades refletem padrões deposicionais diversos.

A figura 10 ilustra a lâmina delgada CCV 4-

Figura 8 - Fotomicrografia mostrando as principais características da unidade 1. Notar nódulo ferruginoso (NF), poros intergranulares (PI) e fragmentos de carvão (FC). O fundo matricial é composto por material isotóico de coloração cinza a marrom sob luz transmitida, característico de colóides orgânicos, que predominam na unidade.

Figura 9 - Fotomicrografia da unidade 2. Notar lentes arenosas na horizontal, ressaltadas por linhas pontilhadas e poros fissurais (PF) e de canal (PC).

A tabela 3 sintetiza as feições mais importantes para diferenciação entre as unidades delimitadas na lâmina delgada CCV 4-5.

Tabela 3 - P.S. = Pobremente Selecionado; M. S. = Moderadamente Selecionado. **Definição:** porfírica (as partículas grossas ocorrem no interior de massa com material fino predominante).

Un	Textura do material	Grau de seleção	Forma dos grãos	Contato entre grãos	Distribuição do esqueleto	Distribuição relativa	Fábrica
U3	Areia-siltico-argilosa	M. S.	Sub-angulares	Pontual	?	Porfírica	Sem organização
U2	Arenosa	M. S.	Sub-angulares	Pontual	Clastos suportados polimodais	Mônica	Sem estratificação
U1	Conglomerática	P.S.	Sub-arredondados e sub-angulares	Pontual	Clastos suportados polimodais	Enáulica	Grande variação granulométrica

5. A lâmina está dividida em três unidades distintas (limites tracejados), (ver localização da lâmina na Fig. 3).

Figura 10 - Lâmina delgada CCV 4-5 e principais unidades delimitadas (U1, U2, U3). Os retângulos indicam posição das fotomicrografias ilustradas nas figuras 11 e 12.

As feições observadas na lâmina delgada CCV 4-5 demonstram variação granulométrica importante na unidade 1, com predomínio de grânulos de argilito e siltito bastante alterados (Fig. 11). A imbricação geral dos grânulos nessa unidade poderia indicar orientação associada à direção predominante de escoamento. A unidade 2 é a extremidade de uma lente (ver Fig. 3), que se diferencia bastante das demais unidades em textura e distribuição relativa. A unidade 3 é composta por material relativamente homogêneo, sem organização preferencial, de textura fina, com poros intergranulares, de canal, de câmaras e fissurais (Fig. 12). À semelhança da unidade 1,

a unidade 3 possui matriz impregnada por matéria orgânica.

Figura 11 - Fotomicrografia mostrando clastos de siltito (S), poro intergranular (PI) e cuta de agregado (CA), compondo a textura conglomerática da unidade 1.

Figura 12 - Fotomicrografia mostrando as características da unidade 3. Notar poros de câmara no centro da imagem (PC). Predomina na unidade fundo matricial porfírico (MP), composto por material isotico, característico de colóides orgânicos.

As principais características micromorfológicas observadas na lâmina delgada CCV 4-5 indicam a presença de orto e metaporos de conformação variada (irregular, planar, mamelonados e aciculares), assim como sua morfologia (intergranular, de canal, de câmaras e fissurais). O plasma é predominantemente composto por óxidos e hidróxidos de ferro e matéria orgânica, com estrutura plásmica asséptica silasséptica e grau de orientação indeterminado. A lâmina apresenta hipocutãs de poros, constituídos de ferrãs e ferriargilãs, com revestimento típico e contraste leve. A fábrica interna dos hipocutãs é não laminada, tem orientação indeterminada, apresenta contato claro e estrutura plásmica asséptica silasséptica e isotrópica isotica em partes. Os nódulos

apresentam morfologia interna indiferenciada e externa agregada; grau de pureza moderadamente impregnada e limite externo nítido.

Semelhante às demais lâminas analisadas nesta amostra, a lâmina CCV 4-5 ilustra material formado sob efeito de alternância de competência do agente deposicional ou de variação de disponibilidade de material nas áreas fonte.

Segundo a ordem deposicional observada na fatia CCV 4 (Fig. 3) e lâminas analisadas, foram observadas feições de detalhes associadas a: lentes subparalelas com laminação fina e textura variável (Fig. 4); laminação cruzada, formada por lâminas de areia muito fina sobre grânulos de argilito (Fig. 7); laminação cruzada, intercalando lentes de grânulos de argilito, silte e areias e estrutura maciça (Fig. 10). Em todas as lâminas delgadas analisadas foram verificadas evidências de depósitos que podem ser relacionados ao escoamento superficial ao longo do canal da voçoroca. Ocorre variação importante, sobretudo, de características texturais e de organização preferencial.

Estruturas de Cone aluvial em desembocadura de voçoroca decenal no município de Palmeira (PR)

O depósito estudado tem idade de aproximadamente 30 anos, pois em fotografias aéreas de

1976 o cone aluvial ainda não estava presente, sendo a idade do depósito, portanto, no mínimo inferior a 27 anos (idade estimada até a data do seu levantamento, em 2003). Trata-se de pequeno leque aluvial acumulado na desembocadura de voçoroca desconectada da rede hidrográfica, localizada no município de Palmeira (PR), a jusante da cabeceira de vale suspensa, como se vê na figura 13.

Os depósitos apresentam grande quantidade de estruturas sedimentares, associadas ao preenchimento de canal e ao espriamento do cone (Oliveira et al., 2001). Foi aberta trincheira no cone aluvial e coletada amostra, cujo padrão estrutural é ilustrado pela figura 14.

Trata-se de estrutura de acreção lateral, associada à estratificação cruzada em calha que sofreu deformação pós-deposicional. No detalhe pode-se observar: estrutura maciça, estrutura de escape, estruturas de deformação plástica e estruturas paralelas inclinadas.

A figura 15 mostra a lâmina delgada QQ3-3 com várias demarcações (pontilhado), individualizando 13 unidades ao longo da amostra.

Observa-se grande variação textural entre as unidades deposicionais. O material da unidade 1 (constituído de areia muito grossa a muito fina) foi remobilizado através de estruturas de escape (Fig. 15 e 16). Nessa unidade ocorre grande variação granu-

Figura 13 - Foto mostrando as características geomorfológicas da área em Palmeira (PR). Notar lineamento formado por incisão erosiva a jusante de concavidade que atua como zona de alimentação em cabeceira suspensa (Paisani, 1998).

Figura 14 - Foto da Fatia da amostra denominada QQ3. Nota-se limites (em preto) com a localização da lâmina mamute QQ 3-3 (Fig. 15).

Figura 15 - Lâmina delgada QQ 3-3 e principais unidades analisadas. Notar disposição das diferentes unidades, inclinadas para esquerda da figura. As unidades foram interrompidas por estrutura de escape (EE), associada, provavelmente à deformação das unidades acrecionais, tal como sugerido pelo mergulho das unidades U4 e U5, a direita da figura. Os retângulos indicam a localização na lâmina das figuras 16, 17 e 18)

A tabela 4 sintetiza as principais feições microscópicas observadas ao longo da lâmina QQ 3-3.

Tabela 4 - P.S. = Pobremente Selecionado; M. S. = Moderadamente Selecionado; B.S. = Bem Selecionado.

Un	Textura do material	Grau de seleção	Forma dos grãos	Contato entre grãos	Distribuição do esqueleto	Distribuição relativa
U13	Areia-siltico-argilosa	P. S.	Subangulares	Pontual	Clastos suportados polimodais	Porfírica
U12	arenoso	M. S.	Subarredondados a subangulares	Pontual	Clastos suportados	Mônica
U11	Areno-argiloso	P. S.	Subangulares	Pontual e saturado	Clastos suportados polimodais	Porfírica e enáulica
U10	arenoso	M. S.	Subangulares	Pontual	Clastos suportados	Mônica
U 9	Areno-argiloso	P. S.	Subangulares a arredondados	Pontual	Clastos suportados	Quitônica
U8	argiloso	B. S.	Subangulares	Flutuante na matriz	-	Porfírica
U7	Areno-argiloso	M. S.	Subangulares	Pontual	Clastos suportados polimodais	Enáulica
U6	Areno-argiloso	M. S.	Subangulares	Pontual	Clastos suportados	Mônica
U5	Areno-argilosa	M. S.	Subangulares	Pontual	Clastos suportaos polimodais	Mônica
U4	Areno-argiloso	M. S.	Subangulares	Saturado e pontual	Clastos suportados bimodais	Porfírica
U3	Arenosa	M. S.	Arredondados a subangulares	Pontual e saturado	Clastos suportados polimodais	Mônica
U2	Areno-argiloso	M. S.	Subangulares	Pontual	Clastos suportados bimodais	Porfírica
U1	Arenosa	P. S.	Subangulares	Pontual	Clastos suportados polimodal	Mônica

lométrica, pouca presença de material fino e muitos poros. A unidade 1 se diferencia das demais, principalmente, pela textura e grau de seleção. Da unidade 2 à unidade 11 predomina laminação inclinada, com intercalação de lâminas espessas (1-0,3 cm), ora com plasma (distribuição relativa porfírica) e granulometria fina (areia), ora sem plasma (distribuição relativa mônica) e granulometria grossa (areia variada), (comparar Figs. 16 e 17).

Figura 16 - Fotomicrografia mostrando as características da unidade 1 na estrutura de escape central. Notar orientação geral dos grãos ("NO-SE"), paralela à estrutura de escape (ver Fig. 15) e distribuição relativa mônica.

Nestas unidades os parâmetros mais impor-

Figura 17 - Fotomicrografia da unidade 2 mostrando fragmentos de carvão (FC) e cutãs de poro (CP) e de grãos (CG). Notar textura geral fina e distribuição relativa porfírica.

tantes são: textura, grau de seleção dos grãos e distribuição relativa. A unidade 12 é formada por material arenoso, sem matriz, diferenciando-se das demais pela textura e distribuição relativa. A unidade 13 não apresenta organização preferencial (estrutura maciça), diferenciando-se pela textura e distribuição relativa.

Observa-se na tabela 4 variação considerável dos parâmetros descritivos. Os mais importantes para a diferenciação das unidades são a textura, o grau de seleção e a distribuição relativa. Tal como ilustrado pela figura 15 e pela tabela 4, é evidente a alter-

nância entre unidades com distribuição relativa mônica (textura mais grossa), porfíricas, enáulicas e quitônicas (material mais heterogêneo). Essa alternância é interpretada como produto de variação de escoamento durante a formação do depósito. As unidades com distribuição relativa mônica indicam escoamento mais competente (unidades 1, 3, 5, 6, 10 e 12), enquanto as demais unidades apresentam características que podem estar relacionadas a períodos de defluxo, ocasionando impregnação de finos ao final do escoamento. A transição entre as unidades 6, 7, 8 e 9 é bastante ilustrativa desse processo (Figs. 18 e 15).

Figura 18 - Fotomicrografia mostrando limites e principais características das unidades 7, 8 e 9. Notar: a) transição entre unidades 6 e 7, na porção inferior direita da figura; b) transição entre as unidades 8, 7 e 9; c) grãos da unidade 9 que penetram na unidade 8.

As feições nessas transições sugerem diminuição gradual da energia do escoamento entre as unidades 6, 7 e 8. A unidade 8 é formada por acumulação de material fino, constituída de óxidos e hidróxidos que só poderiam ser depositados sob regime de fluxo praticamente nulo. A unidade 7 apresenta poros preenchidos por colóides oriundos da unidade 8, atribuindo à primeira distribuição relativa enáulica. A deposição da unidade 9 sugere reativação do escoamento, originando depósito que compacta o material da unidade 8, expulsando-o ao longo dos poros e propiciando concentração plásmica na base da unidade 9, atribuindo ao setor distribuição relativa quitônica. A figura 18 ilustra, portanto, alternâncias no regime de escoamento que levaram à individualização das características texturais do depósito.

Em geral, na lâmina delgada QQ 3-3, as unidades com matriz apresentam plasma composto por matéria orgânica, óxidos e hidróxidos de ferro, com estrutura plásmica assépica silassépica; orientação

manchada e indeterminada. Predominam ortoporos de conformação, mormente irregular e morfologia intergranular, de cavidade e fissural. Encontram-se cutãs de grãos e de poros constituídos de ferrãs, com revestimento típico e de capeamento; contraste variando de leve a forte. A fábrica interna é não-laminada, com orientação predominantemente indeterminada, limites de contato nítido, claro e difuso. Apresenta estrutura plásmica assépica silassépica e isotrópica isótica em partes.

Como observado inicialmente, a amostra analisada apresenta estrutura cruzada acanalada com características de processo de acreção lateral, seguido de deformação plástica pós-deposicional. Tal como sugerido pela análise micromorfológica, o processo de acreção lateral evoluiu sob alternâncias de energia do escoamento canalizado, ora carreando areias, ora carreando plasma composto principalmente por hidróxidos, nos períodos de defluxo. Essa variação pode estar associada tanto a mudanças da intensidade do escoamento superficial, quanto a limitações no fornecimento de clastos a partir das áreas fonte, gerando depósito que se diferencia, sobretudo, em função dos seguintes parâmetros micromorfológicos: distribuição relativa; textura; grau de seleção; fábrica; e porosidade.

Essas alternâncias de energia do escoamento superficial implicam diferenciação granulométrica e individualização de unidades com diferentes distribuições relativas. Esse parâmetro micromorfológico (c/f) aparenta possibilitar a interpretação sedimentológica das unidades deposicionais estudadas.

Estruturas de canal erosivo em rampa arenosa no município de Florianópolis (SC)

A área estudada se situa na localidade da Praia Mole, Florianópolis, SC, onde ocorre unidade geomorfológica denominada por Paisani (2003) rampa arenosa, também conhecida como rampa de dissipação (Fig. 19).

Neste estudo de caso, o depósito está associado ao processo erosivo atual. A amostra utilizada foi coletada no dia seguinte a evento chuvoso que acumulou precipitação de 105 mm em 24 horas. O canal da voçoroca, no qual foi coletada a amostra, apresenta degraus formados pela diferença de coesão entre paleossolos enterrados e os sedimentos eólicos que compõem a rampa arenosa (Oliveira, 1999). Abaixo de um desses degraus, formou-se depósito associado ao extravasamento de poça de queda d'água, ativada durante o evento chuvoso.

Após o evento chuvoso, ocorrido em

02/10/2001, um bloco de solo proveniente da parede do degrau desmoronou e caiu sobre o depósito de escoamento, compactando as unidades deposicionais mais superficiais. A amostra estudada foi coletada na zona de transição entre o depósito compactado e o depósito não compactado.

Figura 19 - Foto mostrando voçoroca em área terraplanada em Florianópolis.

Da amostragem citada foram geradas várias fatias, dentre as quais selecionou-se a fatia denominada PM 4-1. A figura 20 mostra a fatia da qual foi feita a lâmina delgada para análise das principais unidades encontradas. Estruturas de lâminas paralelas e possíveis marcas onduladas podem ser observadas na fatia escolhida. Nessa figura, a direção predominante de fluxo se daria da esquerda para a direita.

Devido à semelhança encontrada entre as unidades das lâminas delgadas dessa amostra, apenas a lâmina PM 4-1, ilustrada na figura 20, foi escolhida para integrar este trabalho. A figura 21 ilustra a lâmina PM 4-1 dividida em quatro unidades principais.

Todas as unidades analisadas nessa amostra são muito semelhantes, isso devido provavelmente às características da área fonte (depósito eólico retrabalhado por escoamento superficial concentrado). Nota-se, novamente, que as unidades de coloração mais escura (U1 e U4), associadas a maior proporção de argila, se diferenciam também através da distribuição relativa. De fato, quanto a esse parâmetro, as unidades formadas como carga de fundo apresentam padrão mônico, enquanto unidades associadas à diminuição ou interrupção do escoamento apresentam padrão enáulico (Fig. 22).

Mudanças texturais sutis marcam as diferentes unidades observadas, principalmente em função

Figura 20 - Foto da fatia PM 4-1 com demarcação da lâmina analisada. Notar: a) fenda vertical (FV), associada a pequeno “rejeito” no limite entre a área compactada e não compactada; b) fenda de dessecação (FD) paralela à superfície do depósito, na zona que sofreu compactação.

As principais descrições realizadas na lâmina PM 4-1 podem ser contempladas na tabela 5.

Tabela 5 - M.S. = Moderadamente Seleccionado; e B.S. = Bem Seleccionado.

Un	Textura do material	Grau de seleção	Forma dos grãos	Contato entre grãos	Distribuição do esqueleto	Distribuição relativa
U4	Areno-argiloso	M. S.	Arredondados a subangulares	Pontual	Clastos suportados	Enáulica
U3	Arenoso	B.S.	Subangulares	Pontual	Clastos Suportados	Mônica
U2	Arenoso	M. S.	Subangulares	Pontual	Clastos suportados	Mônica e partes enáulica
U1	Areno-argilosa	B. S.	Subangulares e subarredondados	Pontual	Clastos suportados	Enáulica (limite) e mônica

de variação no tamanho da areia. A acumulação de material fino (hidróxidos, argila e silte) nos limites entre as unidades é visível macroscopicamente e ocorre, provavelmente, em função da diminuição do escoamento, implicando decantação.

No entanto, ao microscópio, essas diferenças entre as unidades são de difícil percepção. De fato, como ilustrado pela figura 23, a separação entre uni-

dades pode ser notada somente em função do tamanho médio dos grãos.

As principais características micromorfológicas da lâmina delgada PM 4-1 apresentam ortoporos de conformação irregular e planar e morfologia intergranular e de cavidade. As unidades que

Figura 21 - Foto da lâmina delgada PM 4-1 e principais unidades observadas. Os retângulos indicam a localização na lâmina delgada das figuras 22 e 23.

Figura 22 - Fotomicrografia no limite entre as unidades 1 e 2 (U1 e U2). Notar variações de textura relacionadas à diferenciação da distribuição relativa, a formação de nódulo (N) e a matriz fragmentada em ilhas (agregada).

Figura 23 - Fotomicrografia entre o limite das unidades 2 e 3 (tracejado). Notar diferença textural, que além de marcar a transição entre as duas unidades, sugere variação da competência do escoamento a elas associadas. Imagem obtida sob nicóis cruzados.

contêm plasma o apresentam composto por óxidos e hidróxidos de ferro, com estrutura plásmica asséptica silasséptica. Poucos cutãs de grãos foram encontrados, localizados principalmente nos limites das unidades, com orientação não resolvível e do tipo manchada. No limite superior da unidade 1 (Fig. 22), por exemplo, foi constatada a formação de nódulo através de reorganização de ferriargilãs, caracterizado por morfologia interna do tipo de fábrica e externa agregada, grau de pureza moderadamente impregnada e limite externo difuso.

Foram observadas na fatia PM 4-1, estruturas sedimentares como lâminas paralelas, contatos diferenciados entre unidades e lâminas milimétricas de minerais pesados. No entanto, devido à influência do ambiente deposicional - rampa arenosa - as lâminas delgadas não salientam estruturas, camadas, ou feições bem definidas. A distinção entre unidades deposicionais, embora visível a olho nu, não apresenta diferenciação nítida ao microscópio. Essa dificuldade está associada, provavelmente, a relativa homogeneidade do material transportado (areias eólicas), mascarando a existência de estruturas formadas por seleção hidrodinâmica. As zonas de contato entre as unidades apresentam enriquecimento em plasma, provavelmente associado à interrupção ou diminuição de fluxos de chuva, propiciando decantação (Suguio 2003).

DISCUSSÃO

Depósito de canal de voçoroca “secular” no município de Lapa (PR): amostra fatiada CCV 4

Nessa amostra, a formação de agregados de matriz, a abundância de cutãs de tipos variados e a organização dos argilo-minerais dentro dos agregados da matriz, indicam transformação pós-deposicional, provavelmente associada a translocação de colóides após a formação do depósito. Todas as lâminas delgadas analisadas possuem estrutura plásmica isotica do tipo asséptica, característica de plasma de origem orgânica. Tal característica sugere que o depósito sedimentar teria acumulado, junto com minerais e fragmentos de rocha, quantidade importante de material vegetal e matéria orgânica coloidal.

As lâminas delgadas ilustram materiais que foram depositados no interior de incisão erosiva, desenvolvida sobre encosta, sob a influência do escoamento superficial, alternando, provavelmente, fluxos de chuva mais ou menos saturados, sob taxas variáveis de precipitação e escoamento (Oliveira,

2004). A relação entre esses depósitos e processos deposicionais pode ser avaliada através da sucessão de eventos identificados.

Além das diferenças visíveis macroscopicamente, parâmetros como textura, grau de seleção, fábrica, distribuição relativa e porosidade, permitiram diferenciação microscópica e podem fornecer chaves de interpretação para a seqüência deposicional.

Depósito de leque aluvial em desembocadura de voçoroca decenal no município de Palmeira (PR): amostra fatiada QQ 3

Segundo estudo realizado por Bertrand e Texier (1999) sobre feições deposicionais e micromorfológicas, depósitos da vertente que apresentam fácies ou microfácies com laminação e seleção bem preservadas indicam o efeito de escoamento superficial. A laminação verificada na amostra desse depósito de leque, criado na desembocadura de voçoroca, ilustra eventos deposicionais que foram associados a vários fluxos de chuva, ou a variações de intensidade do escoamento superficial durante eventos chuvosos. A análise micromorfológica desses depósitos demonstra que parâmetros como textura, grau de seleção e distribuição relativa permite tanto a diferenciação de unidades deposicionais quanto à formulação de hipóteses processuais.

Depósito de canal erosivo em rampa arenosa no município de Florianópolis: amostra fatiada PM 4

Embora a origem do depósito estudado envolva ação do escoamento superficial no interior de incisão erosiva, formando lâminas horizontais visíveis macroscopicamente, poucas foram as diferenças microscópicas observadas entre as unidades de sedimentação na amostra. A predominância de areia fina no material original, relacionada a um depósito quaternário de origem eólica, dificulta a formação de lâminas e camadas através da seleção hidrodinâmica. As diferenças de coloração e de organização observadas ao longo da amostra, em princípio relacionadas com unidades discretas, não se traduziram de fato em diferenças de parâmetros texturais e micromorfológicos entre as unidades, ao contrário do que foi observado nas outras amostras analisadas. O parâmetro mais significativo nesse caso foi a distribuição relativa.

Todas as unidades apresentam-se maciças, sem organização preferencial. A diferença entre as camadas foi ressaltada apenas por variação granulométrica sutil e por concentração plásmica nos limites

das unidades, sugerindo interrupção parcial de fluxo.

A ocorrência relativamente rara de estruturas microscópicas na amostra analisada, em contraste com o que era esperado pela análise macroscópica, justifica-se pela origem do material disponível para o transporte (areias eólicas). Como se trata de depósitos que se encontram já bem selecionados na fonte, a aplicação da análise micromorfológica requer estudo cuidadoso, caso contrário, pode contribuir para interpretações equivocadas quanto à gênese de estruturas deposicionais em rampas arenosas. De fato, tal como ressaltado por Paisani (2004), existe grande controvérsia na literatura quanto à origem de estruturas sedimentares neste tipo de ambiente (dunas que recobrem maciços cristalinos).

Como demonstrado em nosso estudo de caso, a análise micromorfológica não permitiu distinção clara de unidades deposicionais, mesmo em material sabidamente deposicional, como no caso estudado. Portanto, a utilização da análise micromorfológica como ferramenta para esclarecer dúvidas, relacionadas à existência ou a inexistência de estruturas de dissipação em rampa arenosa, deve ser feita com muita cautela, sob o risco de negligenciar depósitos que são dificilmente distinguíveis sob microscópio.

CONCLUSÕES

A análise das lâminas delgadas utilizadas neste trabalho está associada à ocorrência de estruturas deposicionais claras, relacionadas ao trabalho do escoamento superficial, ao longo de incisões erosivas, geralmente conhecidas como voçorocas, desenvolvidas em cabeceiras de vale.

Nesses depósitos de encosta foram observadas feições microscópicas que indicam, principalmente, estruturas criadas por processos de sedimentação, tais como laminações cruzadas e planares, alternância de lâminas de seleção variável, descontinuidades erosivas, estruturas de deformação plástica, acumulação de finos em final de escoamento, mobilização de finos por peneiramento ascendente e descendente e mudanças texturais entre unidades distintas.

Tais características estruturais, por sua vez, influenciam os parâmetros de descrição micromorfológica utilizados, determinando sua natureza e ocorrência ao longo das amostras analisadas. Além dos parâmetros texturais, mais diretamente associados ao arranjo estrutural dos sedimentos, foi des-

tacada no trabalho a relação da textura com parâmetros mais específicos da descrição micromorfológica, como o da distribuição relativa. Com efeito, a associação entre processos deposicionais e a definição de padrões de distribuição relativa foi salientada ao longo do trabalho. Matrizes de padrão mônico, por exemplo, são associadas a fluxos de maior poder de seleção, enquanto padrões de distribuição porfírico, enáulico e quitônico são associados tanto a depósitos mais finos, característicos de final de escoamento, quanto a material mal selecionado, carregado por fluxos mais viscosos. Essa associação entre estruturas sedimentares, parâmetros micromorfológicos e dinâmica do escoamento superficial permite interpretar processos deposicionais relacionados ao trabalho de erosão, transporte e sedimentação ao longo de encostas afetadas pela erosão por voçorocas.

Como esse tipo de erosão implica a atuação de mecanismos variados ao longo do tempo e constitui processo erosivo recorrente sobre encostas em geral, o seu papel como agente modificador do relevo tem sido, há muito, ressaltado na literatura especializada. A identificação e a caracterização de estruturas sedimentares associadas a tal processo podem vir a constituir importante ferramenta de interpretação, sobretudo no que se refere à interpretação paleoambiental. Com base nos resultados obtidos, a utilização da análise micromorfológica a essa linha de investigação parece promissora. Sua aplicação a depósitos “modernos” e a depósitos quaternários continuará a ser avaliada em áreas investigadas pela equipe nos estados de Santa Catarina e Paraná.

Agradecimentos - Ao CNPq pelo apoio, através de bolsas de Iniciação Científica, de Apoio Técnico e de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Bertran, P. & Texier, J. 1999. Facies and Microfacies of slope deposits. *Catena*, 35 (1999): 99-121.
- Bullock, P.; Fedoroff, N.; Jongerius, A.; Stoops, G. & Tursina, T. 1985. *Handbook of soil thin section description*. Waine Research, Albrington, United Kindon, 152 p.
- Camargo, G. 1998. **Processos de erosão no centro-sul do Segundo Planalto Paranaense: evolução da encosta e influência da erosão subterrânea na expansão de voçorocas**. Florianópolis. 210 p. Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Camargo, G.; Camargo Filho, M.; Oliveira, M. A. T. 2004. Erosão em túneis e reconhecimento de rotas de fluxo subsuperficial concentrado no Centro, Sul e Centro-Oeste do Estado do Paraná (Brasil). In: V Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2004, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2004. p. 1-11.

- Castro, S. S. 1989. **Micromorfologia de Solos – Pequeno guia para descrição de lâminas delgadas**. Universidade Federal de São Paulo, 90 p.
- Dietrich, W. E. & Dunne, T. 1993. The channel head. In Beven, K. & Kirkby, M. J. (Eds), **Channel network hidrology**. Jonh Wiley & Sons. p. 175-219.
- Guerra, A. J. T. 1998. Processos erosivos nas encostas. In: Guerra, A. J. T. e Cunha, S. B. (eds.). **Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 3ª edição, p. 149-209.
- Imeson, A. C. e Kwaad, F. J. P. M. 1980. **Gully types and gully prediction**. KNAG Geografisch Tijdschrift, 14(5): 430-441.
- Oliveira, M. A. T. 1999. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: Guerra, A. J. T.; Silva, A.S.; & Botelho, R. G. M. (eds.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos Temas e Aplicações**. Bertrand Brasil. p. 57-95.
- Oliveira, M. A. T. ; Paisani, J. C.; Camargo, G. & Camargo Filho, M. 2001. Análise macro e microscópica de estruturas sedimentares atuais e pretéritas: base para interpretação paleohidrológica de depósitos de baixa encosta. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 7, Imbé (RS), **Boletim de Resumos**, p. 273-275.
- Paisani, J. C. 1998. **Descontinuidades hidrológicas, escoamento superficial e desenvolvimento de incisões em áreas de cabeceiras de drenagem: estudo de caso na Colônia Quero-Quero, Palmeira (PR)**. Florianópolis. 184 p. Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Paisani, J. C. 2003. **Estratigrafia, significado paleoambiental e a evolução de rampa arenosa/dissipação no Balneário Praia Mole – Ilha de Santa Catarina**. Florianópolis. 255p. Tese de Doutorado em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Paisani, J. C. 2004. Gênese de Lamelas (estruturas de dissipação) Associadas à Evolução de Paleoargissolos em Rampa Arenosa, Praia Mole (Ilha de Santa Catarina) / SC, Brasil: subsídio para uma interpretação paleogeomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 5(1): 29-42.
- Suguio, K. 2003. **Geologia Sedimentar**. Edgar Blücher Ltda. São Paulo, 400 p.
- Unesco. 1986. **Problèmes d'érosion, transport solide et sédimentation dans les bassins versants**. Études et rapports en hydrologie. White, W. R., Paris, 161 p.