

3.3 POTENCIAL EROSIVO

3.3.1 Avaliação da susceptibilidade e do potencial à erosão laminar dos solos da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar

3.3.1.1 Introdução

a) a erosão dos solos

A erosão dos solos é entendida como o conjunto de processos responsáveis pelo destacamento e transporte das partículas do solo tendo por agentes os ventos, a água e as geleiras. A erosão constitui um processo natural de evolução das paisagens, entretanto a velocidade destes processos varia com a susceptibilidade dos solos a erosão, decorrentes de fatores naturais como a erosividade da chuva, o relevo e a erodibilidade dos solos, e com as formas de uso e ocupação dos mesmos. Quando a ação antrópica atua acelerando os processos erosivos, tem-se caracterizada a chamada erosão acelerada.

A erosão acelerada pela água da chuva é dada pela ação das gotas e pelo escoamento superficial. O escoamento superficial provoca a chamada erosão laminar, quando a remoção de solo se dá uniformemente na superfície do terreno, e a erosão em sulcos ou ravinas, quando o processo erosivo é gerado pelo fluxo d'água concentrado. Já envolvendo o escoamento subsuperficial e o lençol freático temos a formação das boçorocas.

De uma maneira geral, as principais causas da erosão acelerada é o desmatamento, o cultivo inadequado das terras, a abertura de estradas e a ocupação urbana. As principais conseqüências são a destruição das terras agrícolas, dos equipamentos urbanos e obras civis e o assoreamento de cursos d'água e reservatórios.

b) a erosão na bacia

A bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, não diferente de outras bacias hidrográficas brasileiras, está sujeita a ocorrência de processos erosivos, em geral, acelerados pela ação antrópica rural e urbana. Os principais agentes atuantes são as águas das chuvas e os ventos, estes últimos de ação restrita aos solos arenosos da região litorânea. Em decorrência destes processos tem-se a geração de sedimentos responsável pelo o assoreamento de muitos dos cursos d'água da região.

A bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar é construída por um substrato geológico diversificado que, do interior em direção ao litoral, varia das rochas vulcânicas básicas da Formação Serra Geral para rochas sedimentares diversas (arenitos, siltitos, argilitos e folhelhos) do Paleozóico e Mesozóico indicadoras de uma seqüência de formações geológicas em ambientes de deposição variados, representada em sua plenitude na Serra do rio do Rastro. A partir daí, ocorrem granitóides do embasamento cristalino numa área de relevo movimentado formada, entre outros, pela Serra do Tabuleiro. Por fim, na porção leste, na região do Complexo Lagunar e litoral, ocorrem os sistemas laguna-barreira constituídos por sedimentos deltaicos, paludais, eólicos e praias marinhos e lagunares. Complementam a geologia da bacia hidrográfica, a ocorrência de depósitos de leques aluviais e de tálus junto a base de encostas e aluviões em planícies de inundação de alguns dos rios da região.

Sobre esta geologia diversa ocorrem solos também variados (ver prancha 3.3.2, Mapa de Solos, em anexo). Segundo dados de IBGE (1986), na região da Formação Serra Geral ocorrem predominantemente Solos Litólicos e Cambissolos, já sobre as rochas sedimentares desenvolvem-se predominantemente perfis de Podzólicos Vermelho-Amarelos Latossólicos e Latossolos Vermelho-Amarelos. Na geologia dos granitóides predomina a ocorrência de Podzólicos Vermelho-Amarelos, associados a Cambissolos e Solos Litólicos, enquanto no Complexo Lagunar e litoral predominam perfis de Solos Orgânicos e Solos Glei nas várzeas e Areias Quartzosas e Dunas nas áreas de cobertura praias e eólica recente. A erodibilidade relativa destes solos será discutida adiante, quando da avaliação da susceptibilidade à erosão laminar dos solos da bacia hidrográfica.

Na região da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar os terrenos são ocupados por atividades econômicas diversas. Quanto a atividade agrícola, destaca-se, entre outros, o plantio de fumo e cana de açúcar nas áreas de relevo movimentado (ondulado e forte ondulado) e rizicultura e horticultura em áreas de várzea. O reflorestamento (pinus e eucalipto) em áreas de relevo forte ondulado até montanhoso também se mostra muito presente. Já quanto a atividade pecuária, a criação de bovinos a campo em áreas de relevo movimentado e a suinocultura destacam-se. Vale ainda relatar a atividade extrativa mineral, com a mineração de carvão mineral e extrações de saibros, argilas e cascalho.

Neste ambiente geológico, pedológico e de ocupação do solo, a ação de agentes naturais, como as chuvas, são responsáveis pelo conjunto dos processos de destacamento e remoção de partículas de solo e transporte destas até às drenagens e cursos d'água. O acúmulo destes sedimentos tem como conseqüência o assoreamento dos cursos d'água e reservatórios. Este assoreamento é verificado tanto próximo a áreas fonte, como particularmente a longa distância, onde o curso d'água apresenta diminuída sua capacidade de transporte de sedimento.

Neste trabalho, é apresentada uma avaliação da susceptibilidade à erosão laminar dos solos da bacia hidrográfica com base na metodologia apresentada por Salomão (1992). Esta metodologia leva em conta a erodibilidade das principais classes de solo ocorrentes e a declividade dos terrenos. Também, a partir da metodologia acima citada (com algumas modificações), é apresentada uma avaliação do **potencial à erosão laminar** agregando a susceptibilidade à erosão dos solos o fator de uso e ocupação atual das terras.

3.3.1.2 Objetivos

Os principais objetivos deste trabalho:

- Avaliar qualitativamente a susceptibilidade à erosão laminar dos solos da bacia a partir da erodibilidade dos solos e da declividade dos terrenos e
- Estimar o potencial à erosão laminar da bacia hidrográfica, levando em conta o uso e ocupação atual dos solos.

3.3.1.3 Metodologia

A metodologia adotada na avaliação da susceptibilidade à erosão e do potencial erosivo foi baseada naquela apresentada por Salomão (1992), cujos aspectos principais são descritos a seguir.

A susceptibilidade à erosão é avaliada com base no cruzamento dos dados qualitativos sobre a erodibilidade relativa dos solos com dados sobre a inclinação das rampas representada por faixas de isodeclividade dos terrenos (figura 3.3.1).

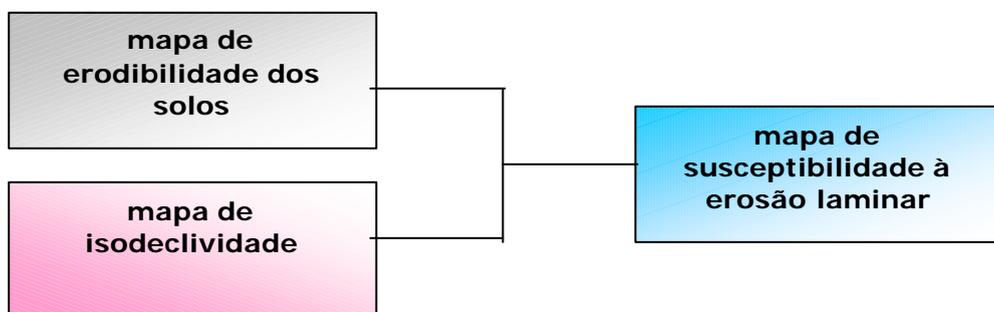


Figura 3.3.1 – Esquema da metodologia adotada na definição da susceptibilidade à erosão laminar

A erodibilidade relativa dos solos é estimada com base na classificação pedológica destes. Nesta estimativa são levados em conta as principais características físicas, químicas e morfológicas que influem na resistência à erosão dos solos:

- *textura* – influi na capacidade de infiltração e absorção da água da chuva e na coesão do solo, interferindo na erosividade das enxurradas e na resistência a remoção das partículas;
- *gradiência textural* – influi na capacidade de infiltração e no fluxo das águas superficiais e subsuperficiais;
- *estrutura* – influi na capacidade de infiltração e absorção das águas das chuvas e na capacidade de remoção das partículas, podendo, em certas situações, favorecer a concentração do escoamento superficial;
- *espessura do solo* – influi na capacidade de infiltração e no fluxo das águas superficiais e subsuperficiais;
- *permeabilidade, densidade e porosidade* – determinam a maior ou menor capacidade de infiltração das águas das chuvas;
- *propriedades químicas, biológicas e mineralógicas* – influem no estado de agregação e coesão entre as partículas do solo, interferindo na estruturação do solo e na resistência a remoção das partículas por ação da água.

Com base no mapa de solos da bacia hidrográfica (IBGE, 1986) foi realizado o agrupamento dos solos que apresentam comportamento erosivo relativamente semelhantes, segundo as classes de erodibilidade relativa apresentadas por Salomão (1992) (quadro 3.3.1). Como produto foi obtido o **mapa de erodibilidade relativa** dos solos da bacia.

Quadro 3.3.1 - Classes de erodibilidade relativa (segundo Salomão, 1992)

Classe	Índices de erodibilidade relativa	Classes pedológicas de solos
E1	0,54 a 0,43	Cambissolos, Solos Litólicos, Podzólicos de textura arenosa/média abruptos, Areias Quartzosas
E2	0,43 a 0,32	Podzólicos não abruptos e Podzólicos de textura média/argilosa
E3	0,32 a 0,21	Podzólicos argilosos e Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa
E4	0,21 a 0,10	Latossolos de textura média, Latossolo Roxo e Terra Roxa Estruturada
E5	0,10 a 0,00	Solos Gleis, Solos Orgânicos e Planossolos

A declividade constitui apenas um dos chamados fatores de relevo (ou topográficos) que influem na erosão. Junta-se a este o comprimento de rampa, a forma da vertente e a área do interflúvio. O chamado fator topográfico LS da Equação Universal de Perda de Solo – USLE (Wischmeier e Smith, 1978) leva em conta o produto da declividade pelo comprimento de rampa da encosta.

Na metodologia adotada, apenas a declividade é considerada, como um fator isolado, e é representada por um **mapa de isovalores de declividade** (ver prancha 3.3.1 em anexo) adotando-se as seguintes classes: > 20%, 12 a 20%, 6 a 12% e < 6%. O mapa de susceptibilidade à erosão laminar será determinado pelo cruzamento do mapa de erodibilidade com o mapa de isovalores de declividade. O resultado deste cruzamento consiste do mapa mostrado na prancha 3.3.3 (ver anexo cartográfico). As classes de susceptibilidade à erosão laminar, definidas conforme apresentado no quadro 3.3.2, são:

classe S1 – muito alta

classe S2 – alta

classe S3 – moderada

classe S4 – baixa

classe S5 - nula

Quadro 3.3.2 - Determinação das classes de susceptibilidade à erosão laminar (Salomão, 1992)

Classe de erodibilidade	Classes de isovalores de declividade			
	> 20%	12 a 20%	6 a 12%	< 6%
E1	S1	S1	S2	S2
E2	S1	S2	S2	S3
E3	S2	S3	S3	S4
E4	S3	S4	S4	S5
E5	-	-	-	S5

O potencial à erosão laminar foi avaliado cruzando o mapa de classes de susceptibilidade à erosão laminar com o mapa de uso atual das terras (figura 3.3.2).

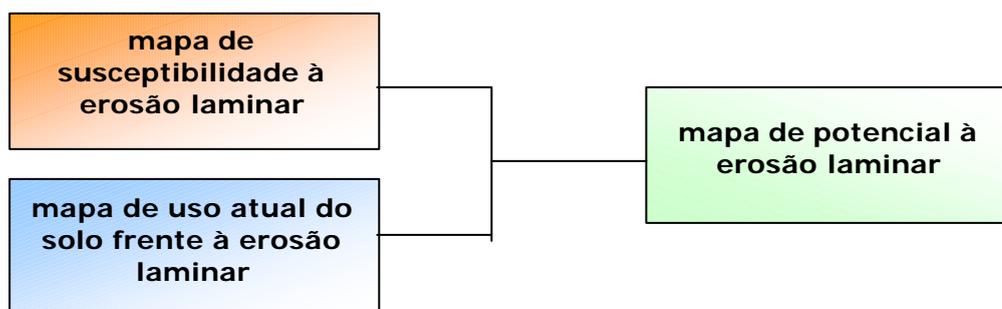


Figura 3.3.2 – Esquema da metodologia adotada na definição do potencial à erosão laminar

O uso das terras na região da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar foi avaliado com base na interpretação de imagens de satélite. Em função das características particulares de uso e ocupação e da cobertura vegetal dos solos da bacia e do trabalho de investigação de campo dos processos erosivos e de suas condicionantes principais foram definidas quatro classes de uso do solo frente à erosão laminar e partir destas definido o **mapa de uso do solo frente à erosão laminar**. As classes de uso do solo são apresentadas no quadro 3.3.3.

Quadro 3.3.3 – Classes de uso do solo frente à erosão laminar para a bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar

Classe de uso frente à erosão laminar	Uso do solo / cobertura vegetal
Atividade antrópica muito intensiva	áreas degradadas e solo exposto
Atividade antrópica moderada a intensiva	culturas anuais, campos e pastagens nas encostas, rizicultura e zonas urbanas
Atividade antrópica moderada	formação arbórea arbustiva e reflorestamento
Atividade antrópica reduzida	mata nativa, dunas, várzeas sem cultivo

O cruzamento da susceptibilidade à erosão laminar com o uso do solo permitiu a definição de três classes de potencial à erosão laminar:

classe PI – alto potencial à erosão laminar – são esperados processos erosivos de muito difícil controle, associados ao uso incompatível do solo;

classe PII – médio potencial à erosão laminar – o uso do solo não é compatível, mas os processos erosivos controláveis;

classe PIII – baixo potencial à erosão laminar – processos erosivos inexpressivos em vista do uso compatível do solo.

A definição das classes de potencial à erosão laminar segue as indicações do quadro 3.3.4 e permitiu a elaboração do mapa de potencial à erosão laminar.

Quadro 3.3.4 -Definição das classes de potencial à erosão laminar

Classe de susceptibilidade de à erosão laminar	Classes de uso do solo frente à erosão laminar			
	Ativ. antrópica muito intensiva	Ativ. antrópica moderada a intensiva	Ativ. antrópica moderada	Ativ. antrópica reduzida
S1	PI	PI	PI	PII
S2	PI	PI	PII	PIII
S3	PI	PII	PII	PIII
S4	PII	PIII	PIII	PIII
S5	PIII	PIII	PIII	PIII

3.3.1.4 Resultados obtidos

Com base na metodologia acima apresentada, segue a apresentação e análise dos resultados obtidos para a bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar.

São apresentados e analisados os dados básicos: erodibilidade relativa, declividade e uso dos solos, e os mapas de susceptibilidade à erosão laminar e de potencial à erosão laminar gerados.

a) Erodibilidade relativa dos solos

O levantamento de solos da folha de Criciúma (IBGE, 1986), reproduzido no mapa de solos da prancha 3.3.2 (anexo cartográfico), mostra para a área da bacia a ocorrência das seguintes classes de solos:

- Latossolo Vermelho-Amarelo álico textura argilosa;
- Podzólico Vermelho-Amarelo álico textura média/argilosa;
- Podzólico Vermelho-Amarelo Latossólico álico textura argilosa;
- Cambissolo Bruno Húmico álico;
- Cambissolo Bruno álico;
- Cambissolo Húmico álico;
- Cambissolos distrófico, eutrófico e álico;
- Glei Húmico eutrófico;
- Solos Orgânicos distróficos e eutróficos;
- Areias Quartzosas distróficas e álicas;
- Solos Litólicos Húmicos álicos;
- Solos Litólicos eutróficos e distróficos;
- Dunas

As classes de erodibilidade relativa destes solos são apresentadas no quadro 3.3.5.

Quadro 3.3.5 - Classes de erodibilidade relativa dos solos da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar

Solos	Classe de erodibilidade
Cambissolo Bruno Húmico álico, Cambissolo Bruno álico, Cambissolo Húmico álico, Cambissolos distrófico, eutrófico e álico, Solos Litólicos Húmicos álicos, Solos Litólicos eutróficos e distróficos, Areias Quartzosas distróficas e álicas e Dunas	E1
Podzólico Vermelho-Amarelo álico textura média/argilosa	E2
Podzólico Vermelho-Amarelo Latossólico álico textura argilosa e Latossolo Vermelho-Amarelo álico textura argilosa	E3
Glei Húmico eutrófico e Solos Orgânicos distróficos e eutróficos	E5

Analisando a distribuição espacial das classes de erodibilidade, predominam na bacia solos da classe E2 em função da ocorrência destacada dos solos Podzólicos Vermelho-Amarelo de textura média/argilosa. A susceptibilidade a erosão laminar dos solos desta classe é condicionada principalmente pelo gradiente textural A/B. O enriquecimento em argila no horizonte B determina menor capacidade de infiltração e, em consequência, maior intensidade do fluxo superficial e subsuperficial.

Na classe E3, os Podzólicos Vermelho-Amarelo Latossólicos e o Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa tem reduzido o gradiente textural A/B e a baixa capacidade de infiltração, em teoria associada a textura argilosa, é compensada pela melhor estruturação destes solos.

A classe E1, indicativa de maior susceptibilidade a erosão ocorre em duas porções bem definidas. A oeste da bacia está associada a ocorrência de Cambissolos e Solos Litólicos, em relevo forte ondulado e montanhoso e com substrato de rochas sedimentares dos Grupos Passa Dois e São Bento e basaltos da Formação Serra Geral. São solos de pequena espessura e evolução pedogenética restrita, determinantes de um maior escorrimento superficial e baixa resistência à erosão laminar. Cambissolos também são encontrados na região do embasamento cristalino, nas áreas de relevo mais movimentado, como nos vales dos principais rios da bacia. A outra ocorrência significativa de solos da classe E1 é junto ao litoral, onde solos sem coesão, essencialmente arenosos, como as Areias Quartzosas e Dunas estão sujeitos à erosão hídrica e em particular à erosão eólica.

A classe E5 tem ocorrência localizada na região do Complexo Lagunar. É formada por solos hidromórficos (Solos Glei e Solos Orgânicos) encontrados em relevo plano, áreas onde os gradientes de fluxo superficial são bem menores.

b) Declividade

A partir de dados topográficos da bacia hidrográfica, representados cartograficamente por curvas de nível, foi possível gerar o mapa de isovalores de declividade (mapa 3.3.1, anexo).

Analisando o mapa observa-se a ocorrência destacada de áreas com declividade > 20%, em particular nas encostas da Serra Geral e nos vales do embasamento cristalino, geradoras de elevados gradientes hidráulicos por fluxo superficial. Em contraste, na região do Complexo Lagunar e litoral predominam declividades < 6%, onde a energia do fluxo superficial das águas da chuva é bem menor.

c) Uso atual do solos / cobertura vegetal

Os solos da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar tem uso atual variado, onde se destacam atividades agropecuárias, atividades extrativas minerais, reflorestamento e urbanização (prancha 3.1.1, anexo). Vale aqui destacar algumas particularidades do uso do solo na bacia.

A atividade agrícola tem como expoentes o cultivo do fumo e da cana de açúcar nas encostas e da horticultura e a rizicultura nas várzeas. O *plantio em encostas sem adequada prática conservacionista do solo leva a elevada perda de solo*. Já a rizicultura irrigada, também quando executada sem adequadas técnicas de manejo, pode gerar transporte de sedimentos pelos canais de drenagem. Logo, segundo a metodologia empregada, estas atividades foram consideradas de moderada a alta intensidade.

Quanto a atividade pecuária, destaca-se a criação de bovinos e suínos. Sob a ótica da erosão, é importante enfatizar a degradação do solo provocada tanto pelo desmatamento visando a formação de campos para alimentação do gado bovino, como pelo próprio pisoteio do animal. Esta atividade também foi considerada de moderada a alta intensidade.

A extração mineral de carvão, saibro, argilas e cascalho, principalmente as duas primeiras, originam áreas de intensa degradação por depósitos de rejeitos e pela exposição de solos saprolíticos reconhecidamente mais erodíveis (Bastos, 1999). São consideradas áreas de atividade antrópica intensa.

O reflorestamento e a vegetação arbustiva em áreas onde houve desmatamento foi considerada área de moderada atividade antrópica. O uso de queimadas e a derrubada desordenada da mata nativa condiciona as perdas de solo.

A urbanização é considerada uma atividade antrópica muito intensa. A ocupação urbana e periurbana, com abertura de lotes e estradas aumenta a incidência de solo exposto.

As áreas de mata nativa, dunas e várzeas sem ocupação constituem aquelas cuja a ação antrópica é reduzida. Logo, são áreas cuja preservação também é justificada para o controle da erosão na bacia hidrográfica.

d) Suscetibilidade à erosão laminar

O cruzamentos dos dados de erodibilidade relativa e de isovalores de declividade permitiu a geração do mapa de susceptibilidade à erosão laminar (mapa 3.3.3 em anexo). A análise do mapa permite concluir pelo predomínio espacial de áreas da classe S2 – alta susceptibilidade à erosão hídrica. Os principais condicionantes são: ocorrência de solos Podzólicos Vermelho-Amarelo (pertencentes a classe E2) em áreas de do embasamento cristalino com declividades de 6 a 20% e a ocorrência de solos essencialmente arenosos na área litorânea (classe E1), mesmo em terrenos de baixa declividade (< 6%).

A seguir, na ordem decrescente de ocupação espacial na bacia tem-se a classe S3 – moderada susceptibilidade à erosão. O principal condicionante desta classe é a ocorrência de solos Podzólicos Vermelho-Amarelos Latossólicos e Latossolos Vermelho-Amarelos (pertencentes a classe E3) em terrenos de declividade de 6 a 20% na região da Depressão Periférica, transição do embasamento cristalino à Serra Geral. A classe S1 – muito alta susceptibilidade - tem ocorrência marcante na região da Serra Geral, onde os condicionantes são a ocorrência de solos pertencentes a classe de erodibilidade E1 (Cambissolos e Solos Litólicos) em áreas de elevada declividade, e também em ocorrências esparsas na região do embasamento cristalino, em terrenos onde a declividade atinge valores superiores a 20%.

A classe S5 – susceptibilidade nula - tem manifestação restrita às várzeas da região do Complexo Lagunar, onde a ocorrência de solos hidromórficos (Solos Gleis e Solos Orgânicos) em áreas de muito pequena declividade (< 6%) é o condicionante principal. Por fim, a classe S4 – baixa susceptibilidade – tem ocorrência ainda mais restrita às áreas de transição dos solos do embasamento cristalino aos solos de várzea. O gráfico 3.3.1, abaixo apresenta a distribuição das classes de susceptibilidade à erosão em termos da área da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar.

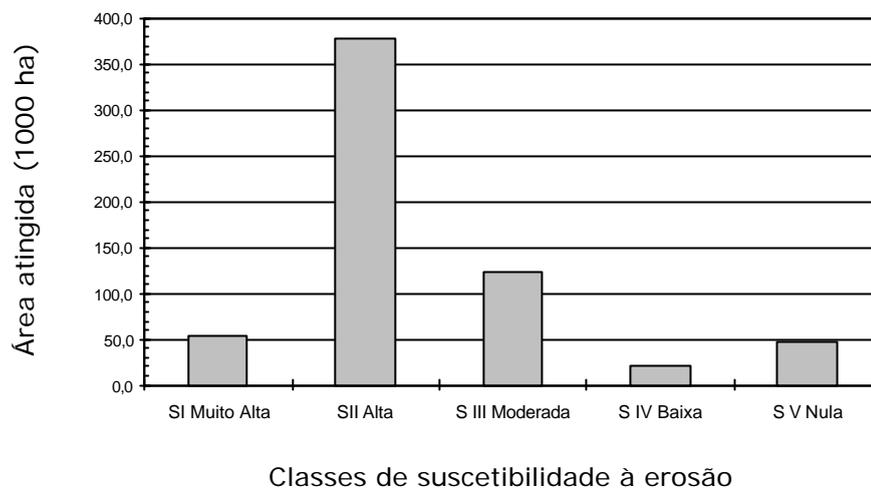


Gráfico 3.3.1 - Distribuição das classes de suscetibilidade à erosão na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar

e) Potencial à erosão

O mapa de potencial à erosão laminar foi definido pelo cruzamento do mapa de suscetibilidade à erosão laminar com o de uso atual do solo. O resultado é apresentado na prancha 3.3.4, que faz parte do anexo cartográfico. O mapa revela significativas áreas de alto potencial erosivo (PI). Estas áreas encontram-se disseminadas na região do embasamento cristalino, condicionadas pela ocorrência de terrenos de alta susceptibilidade (S2) com uso por plantio e criação de gado em encostas e a ocorrência de áreas degradadas, e também junto ao litoral pelo ocorrência de terrenos da classe S2 com solo exposto.

Áreas de médio potencial erosivo (PII) são observadas disseminadas no embasamento cristalino e predominantemente na porção oeste da bacia, onde terrenos de moderada susceptibilidade à erosão (S3) são ocupados principalmente por atividade agrícola e de reflorestamento em encostas.

As áreas de baixo potencial erosivo (PII) também ocorrem disseminadas no embasamento cristalino, mas predominam na porção norte e centro-leste da bacia. Na porção norte encontram-se grandes áreas de vegetação nativa preservadas, como a Reserva da Serra do Tabuleiro e na porção centro-leste tem-se a ocorrência do Complexo Lagunar, onde terrenos susceptibilidade baixa e nula (S4 e S5) são ocupados predominantemente por rizicultura.

Por fim, da mesma forma que para o caso da suscetibilidade à erosão, é apresentado no gráfico 3.3.2 a distribuição das classes de potencial à erosão. Embora, visto que o mapa de potencial à erosão se refere ao mapa final das avaliações de processos erosivos, a quantificação é feita por sub-bacia, tal qual mostrado no quadro 3.3.6.

Quadro 3.3.6 - Quantificação das classes de potencial à erosão nas sub-bacias (km²)

	Complexo Lagunar	Capivari	Braço do Norte	Formadores do Tubarão	SB Baixo Tubarão
Classe PI	126,54	279,03	477,94	77,85	77,90
Classe PII	317,30	169,84	717,12	652,03	107,69
Classe PIII	552,76	629,49	561,10	216,74	777,77

É importante ressaltar que no caso das sub-bacias do Complexo Lagunar e Baixo Tubarão uma considerável área superficial, correspondente as lagoas, não tem classificação em termos de potencial a erosão em termos de Classe I, II ou III. Nestas áreas de lâmina d'água o potencial a erosão é nulo.

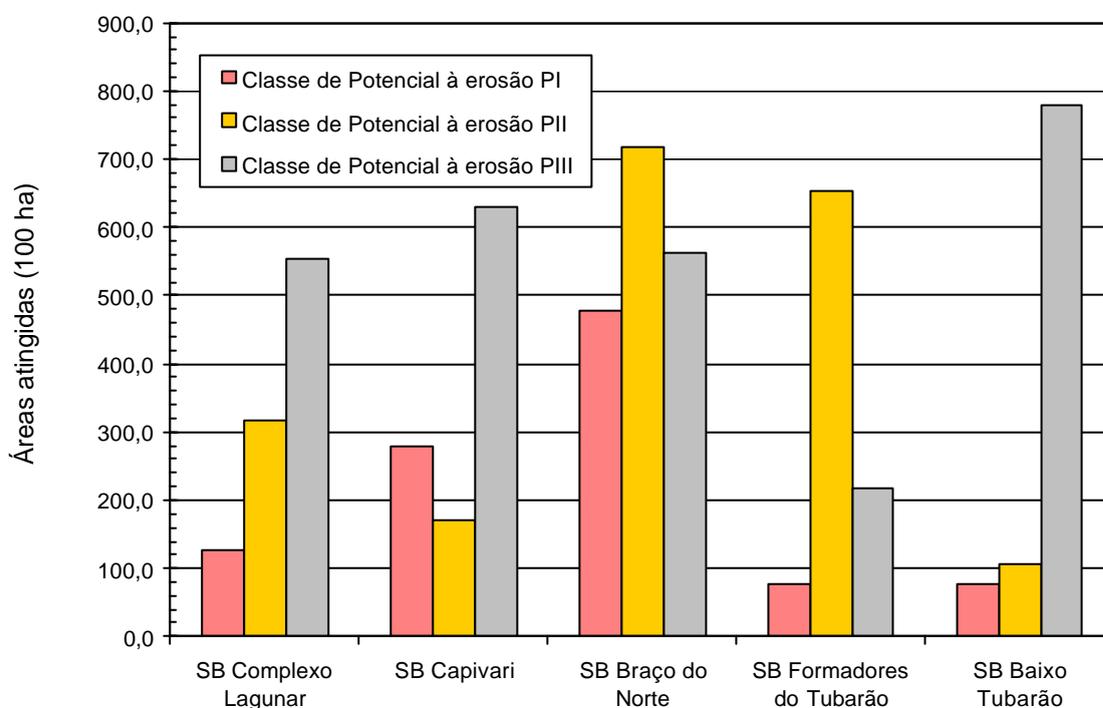


Gráfico 3.3.2 - Quantificação das áreas de potencial à erosão previstas, por sub-bacia

3.3.2 Identificação e caracterização de processos erosivos na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar

3.3.2.1 Introdução

Neste item da caracterização do **Potencial Erosivo** são identificados e caracterizados os principais focos de erosão e geração de sedimentos aos cursos d'água da região compreendida pela bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar. O trabalho foi realizado a partir da investigação de campo dos processos: descrição das formas de manifestação e análise dos condicionantes naturais (solos, substrato geológico e relevo locais) e condicionantes antrópicos (uso e ocupação).

3.3.2.2 Objetivos

Os principais objetivos deste trabalho:

- Identificar os principais tipos de processos erosivos na região da bacia hidrográfica;
- Identificar processos de assoreamento por aporte de sedimentos de áreas degradadas por erosão;
- Investigar os condicionantes naturais aos processos identificados, em particular solos, substrato geológico e padrão de relevo locais;
- Investigar os condicionantes antrópicos ao desenvolvimento dos processos erosivos, referentes ao uso e ocupação do solo

3.3.2.3 Método de trabalho

O trabalho foi conduzido com base na investigação de campo. Foi percorrida uma área adjacente aos principais cursos d'água da bacia: rio Capivari, rio Tubarão e rio Braço do Norte.

O percurso traçado teve saída da BR282 passando por áreas rurais e urbanas dos municípios de São Bonifácio, São Martinho, Armazém, Gravatal, Tubarão, Capivari de Baixo, Pedras Grandes, Orleans, Lauro Müller, São Ludgero, Braço do Norte, Rio Fortuna, Santa Rosa de Lima e Anitápolis, retornando por fim a BR 282.

Nesta representativa área, predominam solos Podzólicos Vermelho-Amarelo e Cambissolos sobre substrato granítico, em relevo ondulado até montanhoso. Segundo a avaliação de potencial erosivo para a bacia hidrográfica, predomina nesta área a classe S2 de alta susceptibilidade a erosão.

Também foram localmente investigados processos erosivos e de geração de sedimentos associados a mineração de carvão adjacentes ao rio Bonito, no município de Lauro Müller.

Em cada um dos mais de 50 pontos de investigação de campo, representativos dos processos erosivos na região, foram descritos os seguintes aspectos:

- Localização geográfica dos pontos investigados com o auxílio de dados coletados com GPS;
- Características dos processos erosivos: erosão laminar, sulcos, ravinas e/ou boçorocas;
- Destinação local dos sedimentos gerados: drenagens, açudes, rios ou afluentes menores;
- Aspectos referentes ao uso e ocupação do solo condicionantes da origem e aceleração dos processos erosivos;
- Registro fotográfico dos processos erosivos e de assoreamento, ilustrando os principais condicionantes.

3.3.2.4 Descrição dos processos erosivos e de assoreamento encontrados

Os processos erosivos e de assoreamento dominantes foram divididos em três grupos principais: processos relacionados a atividade tipicamente rural (atividade agropecuária), processos relacionados a atividade extrativa (mineração de carvão e extração de saibro), processos relacionados às estradas vicinais, processos relacionados a dinâmica natural das encostas e processos relacionados a atividade urbana (em áreas urbanas e periurbanas dos municípios).

Em anexo a este capítulo, encontra-se um quadro com os pontos amostrados em campo, consta deste quadro a localização geográfica, identificação das causas dos processos.

a) Processo relacionados a atividade agropecuária

Desmatamento para criação de gado a campo em encostas

Em várias áreas da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, como por exemplo na região dos municípios de São Bonifácio, São Martinho, Pedras Grandes, São Ludgero, Braço do Norte, Rio Fortuna e Anitápolis, verifica-se a criação de bovinos em encostas. Estas encostas em relevo ondulado a forte ondulado sofreram desmatamento e hoje apresentam rala vegetação por gramíneas que servem de alimento ao gado.

O solo sob esta vegetação, constituído predominantemente por perfis de Podzólicos Vermelho-Amarelo e secundariamente por Cambissolos e Solos Litólicos, apresenta forte degradação por erosão laminar. Nestas condições, o horizonte superficial destes perfis encontra-se fortemente erodido.

Por outro lado, a alta declividade dos terrenos determina a formação de trilhas pelo pisoteio do gado. Estas trilhas, embora geralmente seguindo às curvas de nível, deixam o solo exposto tornando mais acelerada a degradação, com a formação de sulcos e ravinas.

Estas encostas com vegetação campestre mostram, freqüentemente, sinais de gradativos movimentos de massa em direção às vertentes e cursos d'água. As fotos 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3 e 3.3.4 ilustram bem estes processos.

No trecho percorrido entre Pedras Grandes e São Ludgero (próximo ao Morro do Cruzeiro) tem-se exemplificado o agravamento dos mesmos processos descritos acima, com o início de boçorocamento no pé de encosta, a partir das margens do rio Braço do Norte (foto 3.3.5). A degradação das margens por ravinas e boçorocas em inicial desenvolvimento também foi verificado no rio Fortuna, próximo a entrada do município homônimo (foto 3.3.6).

A geração de sedimentos e conseqüente assoreamento dos cursos d'água e açudes por processos desta natureza é flagrante.



Foto 3.3.1 - Exemplo de degradação da encosta por erosão e movimentos de massa provocados pelo desmatamento e ação do pisoteio do gado – trecho entre BR 282 e São Bonifácio



Foto 3.3.2 - Outro exemplo de degradação da encosta no trecho BR 282 – São Bonifácio. Desmatamento (mata nativa preservada no topo), erosão laminar, ravinamento por pisoteio e acúmulo de sedimentos no rio Capivari (abaixo)



Foto 3.3.3. Paisagem degradada por erosão e movimentos de massa superficiais – trecho São Bonifácio – São Martinho



Foto 3.3.4 - Detalhe da degradação do horizonte superficial de perfis Podzólico Vermelho-Amarelo pelo pisoteio animal – Trecho Braço do Norte – Rio Fortuna



Foto 3.3.5 - Encosta degradada pelo desmatamento e pisoteio. Instalação de um processo erosivo acelerado por boçoroca e acúmulo de sedimentos junto a margem do rio Braço do Norte



Foto 3.3.6 - Degradação do solo e da margem do rio Fortuna (afluente do rio Braço do Norte) pela remoção da mata ciliar e pela atividade pecuária. Observa-se o surgimento de boçorocas – Trecho Braço do Norte - Rio Fortuna

Plantio em encostas declivosas na ausência de práticas conservacionistas

Na região central de relevo movimentado da bacia hidrográfica destacam-se as culturas de fumo e de cana de açúcar em áreas resultantes de desmatamento.

Em praticamente toda a região vistoriada é freqüente o plantio em terrenos de grande declividade, sem os adequados cuidados com o manejo do solo de modo a se reduzir a perda de solo por erosão. Em geral, os cursos d'água próximos estão desprotegidos da mata ciliar o que resulta no rápido aporte dos sedimentos gerados pelas áreas de cultivo às drenagens e na seqüência aos principais rios da bacia (fotos 3.3.7, 3.3.8 e 3.3.9).

Foram caracterizadas algumas situações extremas, como o plantio nos terrenos junto às margens dos rios e riachos afluentes, sem qualquer proteção ciliar. Exemplos destas agressões foram verificados ao longo da estrada marginal ao rio Tubarão no trecho entre os municípios de Tubarão e Pedras Grandes (fotos 3.3.10 e 3.3.11).



Foto 3.3.7 - Desmatamento e cultivo em encosta – Trecho Tubarão – Pedras Grandes



Foto 3.3.8 - Situação típica enfocando o desmatamento, solo exposto pelo cultivo na encosta e o conseqüente assoreamento de pequeno açude (abaixo à direita) – Trecho Braço do Norte – Rio Fortuna



Foto 3.3.9 - Encosta com alta declividade apresentando solo exposto em terreno preparado ao plantio. Processos de degradação são verificados até com cobertura de vegetação campestre (alto à direita) – Trecho Braço do Norte – Rio Fortuna



Foto 3.3.10 - Plantio junto a margem do rio Tubarão – Trecho Tubarão – Pedras Grandes



Foto 3.3.11 - Outra situação de plantio junto às margens do rio Tubarão. O assoreamento já se mostra evidente. – Trecho Tubarão – Pedras Grandes

Reflorestamento

Em termos relativos, o reflorestamento é tido como uma atividade de uso do solo pouco degradante dos solos por erosão. Entretanto, em particular o reflorestamento executado com o plantio de eucaliptos em grande expansão na região, tem levado a grande restrição nas áreas de mata nativa.

A exploração desordenada deste eucalipto, associada a realização de queimadas, tem deixado grandes porções de solo exposto sem proteção em encostas de elevada declividade. Este fato pode estar associado aos freqüentes deslizamentos de terra ocorrentes na região, como por exemplo verificado no trecho de serra entre os municípios de Rio Fortuna e Santa Rosa de Lima.

b) Processos relacionados a atividade extrativa mineral

Atividade de mineração de carvão

A atividade de mineração de carvão mineral, seja a céu aberto, seja subterrânea, implica em vários fatores de degradação ambiental.

As áreas mineradas, assim como os terrenos destinados a acumulação dos rejeitos, são considerados pelas legislações ambientais áreas extremamente degradadas, que para recuperação ambiental exigem criteriosas ações técnicas envolvendo estudos ambientais, geológicos, geotécnicos e agronômicos.

No que diz respeito a erosão e a geração de sedimentos a partir destas áreas, os principais condicionantes são os materiais de descarte (foto 3.3.12). Volumosos depósitos de solos, fragmentos de rocha e resíduos variados são originados do processo de mineração e de beneficiamento do minerado.

Estes depósitos, aqui tratados genericamente como pilhas de rejeitos, estão sujeitos a intensos processos erosivos por ravinamento e até mesmo a formação de boçorocas. O material erodido chega as drenagens e aos cursos d'água próximos gerando assoreamento e também, na maioria dos casos, contaminação dos mananciais por resíduos piritosos ricos em enxofre e minérios de ferro. A coloração acobreada e as margens escuras do rio Tubarão e de seus rios formadores é uma evidência da contaminação.

Na porção sudoeste da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, junto a origem deste pela união dos rios Bonito e Rocinha, no município de Lauro Müller (próximo a localidade de Barro Branco), foram inspecionadas duas destas áreas de mineração de carvão, uma em atual atividade de exploração e outra destinada a deposição de resíduos. Em ambos locais o nível elevado de degradação ambiental é evidente.

As pilhas de rejeitos de grande altura, os depósitos de bota-fora lançados em direção às drenagens e os elevados e íngremes cortes em terreno natural sem qualquer cobertura vegetal mostram sinais de forte erosão. No depósito de resíduos situado nas margens do rio Bonito é verificado forte ravinamento das pilhas de resíduos e a formação de boçorocas. As fotos 3.3.13, 13.3.4 e 3.3.15 ilustram estes processos.

O assoreamento dos rios e riachos na região é evidente, tanto junto às áreas mineradas e de depósitos de rejeitos como em áreas pouco mais distantes. A foto 3.3.16 ilustra o assoreamento de riachos próximos, enquanto a foto 3.3.17 mostra o assoreamento do rio Tubarão no trecho que atravessa a sede do município de Lauro Müller.



Foto 3.3.12 - Grande quantidade de material de descarte lançado em direção às drenagens sem qualquer proteção superficial a erosão – Lauro Müller



Foto 3.3.13 - Ravinamento de pilha de resíduos de mineração – Lauro Müller

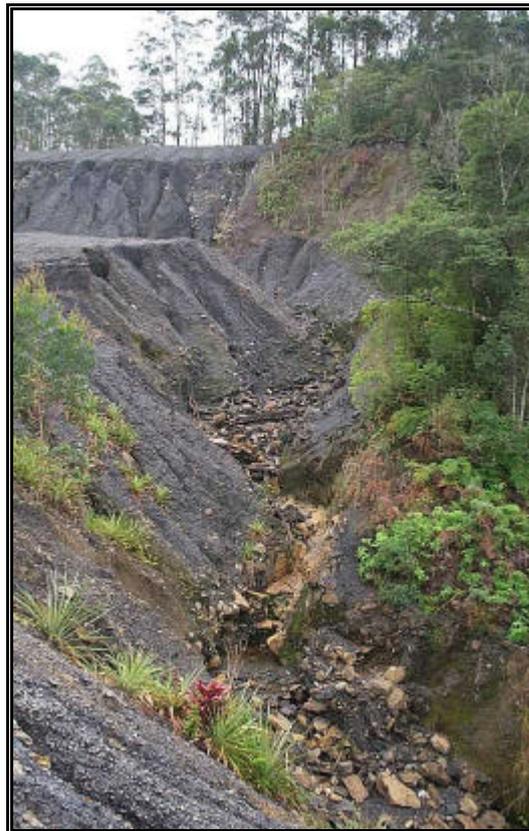


Foto 3.3.14 - Processo erosivo por boçoroca instalado em meio a pilha de resíduos de mineração – Lauro Müller



Foto 3.3.15 - Extrema degradação do rio Bonito pelos depósitos de resíduos às suas margens. A tonalidade acobreada das águas evidenciam a contaminação por resíduos piritosos – Lauro Müller



Foto 3.3.16 - Assoreamento de riacho próximo a área de mineração – Lauro Müller



Foto 3.3.17 – Trecho do rio Tubarão em Lauro Müller. Fortemente assoreado e com sinais evidentes de contaminação por resíduos piritosos – Lauro Müller

Áreas de extração de saibros

Ao longo de praticamente toda a área pesquisada, é destacada a ocorrência de áreas de extração de solo saprolítico granítico, conhecido como saibro (foto 3.3.18). Este material, abundante em toda área do embasamento cristalino, é utilizado em obras de aterros e de pavimentação.

O número de saibreiras impressiona, tanto quanto a falta de controle nos procedimentos de extração e o descaso com a recuperação ambiental da área após minerada. Os processos erosivos nestas inúmeras áreas instalam-se desde o período da atividade de extração, onde grande quantidade de material desagregado do talude da jazida é carregado em direção às drenagens quando das chuvas. Um exemplo destes numerosos processos foi verificado no trecho entre os municípios de Orleans e Pedras Grandes, onde uma saibreira em atividade, com expressiva área de lavra, gera o assoreamento e mudanças de curso de um pequeno riacho afluente do rio Tubarão (fotos 3.3.19 e 3.3.20).

Muitas das saibreiras verificadas, mesmo mostrando sinais de inatividade, continuam a manifestar processos erosivos e concentrada geração de sedimentos às drenagens, visto que procedimentos de recuperação destas áreas, como retaludamento e recobertura vegetal são praticamente inexistentes (fotos 3.3.21 e 3.3.22).

Na periferia do município de São Ludgero, um núcleo urbano instalado na área de uma saibreira hoje desativada, mostra o agravamento da degradação nesta situação. O solo saprolítico exposto, de difícil recuperação da cobertura vegetal, está sujeito a processos erosivos acelerados por ravinas e boçorocas, acentuado pela instalação do arruamento não pavimentado com grande declividade ao longo da parte inferior da encosta (foto 3.3.23).

Por outro lado, em muitos locais onde foram verificados deslizamentos de terra, como entre Orleans e Pedras Grandes e na região de Santa Rosa de Lima, suspeita-se que pequenas explorações de saibro junto à estrada, podem terem sido capazes de atuar com agente instabilizador das encostas (fotos 3.3.24 e 3.3.25).



Foto 3.3.18 - Exploração de saibro em encosta na região do embasamento cristalino, Trecho Orleans – Pedras Grandes



Foto 3.3.19 - Saibreira em atividade. Situações típicas: desmatamento, corte íngreme e de grande altura sujeito a deslizamentos e muito material de rejeito sujeito a erosão – Trecho Orleans – Pedras Grandes



Foto 3.3.20 - Descarga dos materiais de rejeito da saibreira da foto 18 junto ao riacho afluente do rio Tubarão, causando seu assoreamento e alterando seu traçado original – trecho Orleans – Pedras Grandes



Foto 3.3.21 - Saibreira inativa, entretanto sem recuperação da área minerada. Processos erosivos, de instabilidade e de geração acentuada de sedimentos às drenagens – Trecho São Bonifácio- São Martinho (próx. localidade de rio Gabiroba)



Foto 3.3.22 - Saibreira inativa a beira da estrada. Não há recuperação da área de extração. Durante enxurradas grande aporte de sedimentos ao rio Braço do Norte (à direita) – Trecho Braço do Norte – Rio Fortuna (localidade de São Maurício)



Foto 3.3.23 - Área de saibreira inativa associada a ocupação urbana. Agravamento dos processos erosivos por ravinas profundas – Periferia de São Ludgero



Foto 3.3.24 - Instabilidade na encosta. Deslizamentos associados a exploração de saibro junto a base – Trecho São Bonifácio – São Martinho (próximo localidade de Santa Maria)



Foto 3.3.25 - Encosta mostrando instabilidade devido a extração de material. Tal feição constitui situação de risco à estrada – Trecho Orleans – Pedras Grandes

c) Processos relacionados às estradas vicinais

A bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar é cortada por uma extensa malha de estradas não pavimentadas, algumas das quais em vias de pavimentação. As estradas vicinais são classicamente conhecidas como geradoras de processos erosivos, visto constituir uma parcela de solo exposto e pelo fato de concentrar o fluxo superficial e desta forma libera-lo a terrenos adjacentes. Além destes efeitos cabe destacar alguns problemas particularmente observados na bacia hidrográfica.

Foi verificada a falta de critério e controle ambiental na destinação do solo excedente das terraplenagens no preparo do subleito, do material originado dos cortes e dos deslizamentos ou fluxo de detritos. Estes materiais são, na maioria das vezes, lançados encosta abaixo a partir da estrada, constituindo os chamados bota-foras. Durante as enxurradas, esta carga de sedimentos facilmente chega aos rios (fotos 3.3.26 e 3.3.27).

Outro aspecto importante a destacar são os processos erosivos junto a drenagem marginal das estradas não pavimentadas. Estes processos são mais agravados em pontos localizados, como no trecho entre os municípios de Rio Fortuna e Santa Rosa de Lima, próximo a localidade de Rio Bravo Baixo. Neste local são verificados acelerados processos erosivos por ravina profundas e boçorocas evoluindo por retroerosão (foto 3.3.28).

Obras de drenagem lateral e retaludamento e proteção superficial dos cortes são emergencialmente necessárias neste trecho.



Foto 3.3.26 - Deposição de material excedente da terraplenagem da estrada (bota-fora) em direção ao riacho – Trecho São Bonifácio – São Martinho



Foto 3.3.27 - Material da estrada constituído por solo e blocos de rocha lançados sem critério em direção ao rio Bravo - Trecho Rio Fortuna – Santa Rosa de Lima (próximo do acesso a localidade de Rio Bravo Baixo)



Foto 3.3.28 - Processo erosivo acelerado em solo saprolítico granítico. Formação de boçoroca com processos de retroerosão – Trecho Rio Fortuna – Santa Rosa de Lima (próximo acesso a localidade de Rio Bravo Baixo)

d) Processos relacionados a dinâmica natural das encosta

Embora seja muito difícil distinguir até onde os processos de instabilidade das encostas na região de relevo montanhoso são naturais e não se tem algum efeito antrópico condicionante, neste item procuramos relacionar como um elemento gerador de sedimentos às drenagens e cursos d'água, os deslizamentos e os processos de fluxo de detritos verificados, considerados, até prova em contrário, como fenômenos "naturais".

Os deslizamentos envolvem uma maior quantidade de solo, em geral atingindo o solo saprolítico, enquanto os processos de fluxo de detritos são mais superficiais, associados a ação do fluxo concentrado das enxurradas sobre os horizontes superficiais de solos litólicos (fotos 29, 30 e 31).

Estes processos foram verificados com maior frequência no trecho entre os municípios de Orleans e Pedras Grandes e entre os municípios de Rio Fortuna, Santa Rosa de Lima e Anitápolis.



Foto 3.3.29 - Recente deslizamento em encosta adjacente ao rio Tubarão – Trecho Orleans – Pedras Grandes



Foto 3.3.30 - Processo de instabilidade da encosta por fluxo de detritos – Trecho Orleans – Pedras Grandes



Foto 3.3.31 - Detalhe do aporte de sedimentos gerados pelo fluxo de detritos (foto 3.3.30) em direção ao rio Tubarão – Trecho Orleans - Pedras Grandes

e) Processos associados a atividade urbana

Neste item estão incluídos os processos erosivos e condicionantes relacionados a ocupação urbana, em particular de áreas das periferias e das margens dos cursos d'água ao atravessar a sede de alguns municípios.

Ocupação de áreas periurbanas

Em alguns dos maiores municípios da área investigada tem-se a ocupação urbana de áreas periféricas. Nestas áreas, o solo está comumente sujeito a processos erosivos acelerados, tanto ao longo das estradas de acesso não pavimentadas (foto 3.3.32), como nos lotes ocupados (foto 3.3.33).

Para exemplificar os processos e condicionantes, é feita referência a área de ocupação da periferia de São Ludgero. Instalada em área de relevo ondulado, este núcleo urbano apresenta ruas não pavimentadas com alta declividade e drenagem pluvial deficiente ou já comprometida pelos processos erosivos instalados. Verifica-se ao longo destas ruas, intenso ravinamento, principalmente onde o solo saprolítico foi exposto pela terraplenagem.

Também os lotes, quando desprotegidos por cobertura vegetal, verificam processos de erosão laminar, sulcamento e até ravinas. A foto 3.3.34 ilustra a gravidade dos problemas na área.



Foto 3.3.32 - Processos erosivos por ravinas em estrada de acesso não pavimentada – Trecho Gravatal – Tubarão (localidade de São Martinho)



Foto 3.3.33 - Processos de erosão por sulcos em terrenos de área periurbana. A inexistência da cobertura vegetal acelera os processos - Capivari de Baixo (localidade de Indaial)



Foto 3.3.34 - Área fortemente degradada por processos erosivos em ocupação urbana na zona periurbana de São Ludgero. A deficiente drenagem pluvial gera o fluxo concentrado das águas da chuva sobre o solo saprolítico granítico muito erodível – Periferia de São Ludgero

Ocupação das áreas marginais dos rios

Nas áreas urbanas e periurbanas dos municípios banhados pelos principais rios da bacia hidrográfica é bastante comum o uso dos terrenos marginais aos rios com pequenos plantios e criação de animais e alguns casos, com a instalação de moradias. Estas ocorrências, apesar de isoladas, contribuem com a geração de sedimentos aos rios, pois nestes locais a mata ciliar é derrubada. Este tipo de ocupação é exemplificada no município de São Ludgero (foto 3.3.35).

A disposição de lixo e entulho, associado a sedimentação de fundo em trechos urbanos, onde em geral os rios tem reduzida sua energia de fluxo, contribuem ao assoreamento. O resultado são as enchentes manifestadas em muitos dos municípios da bacia hidrográfica. Os relatos de moradores, indicam a acentuada redução na profundidade dos rios nas cidades e a rápida ascensão do nível dos rios quando em períodos de chuvas intensas, gerando problemas de inundações e afetando sobretudo as populações ribeirinhas (foto 3.3.36).



Foto 3.3.35 - Ocupação das margens do Rio Braço do Norte em área urbana. Uso dos terrenos para criação animal na margem esquerda em contraste com a preservação da mata ciliar junto a margem direita – São Ludgero



Foto 3.3.36 - Rio Capivari com grande carga de sedimento de fundo no trecho urbano de São Martinho. O assoreamento traz como consequência severas inundações no período de cheias – São Martinho

3.3.3 Estimativa de perda de solo

3.3.3.1 Indicações metodológicas

O método mais difundido de predição da erosão hídrica é a Equação Universal de Perda de Solo, desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978). O método foi elaborado para estimar a erosão em áreas agrícolas, mas pode ser adaptado para áreas de construção.

No entanto, é importante ressaltar que a equação possui uma limitação importante, qual seja: estima apenas a quantidade de solo que é erodido de uma certa área, e não a quantidade que atinge um curso d'água. Ou seja, não considera a quantidade de sedimentos que é depositada no percurso do fluxo superficial erosivo (enxurrada) até o curso d'água, em áreas rugosas, depressões, sobre vegetais, etc. No caso específico da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, buscar-se-á esta avaliação a partir dos dados apresentados das estações sedimentométricas (item 3.2.3 - Processos Sedimentológicos).

Enfim, a estimativa de perda de solo é baseada em medições de séries longas dos fatores influentes sobre a erosão, devendo ser encarada como uma média, não servindo para previsão de eventos específicos. A equação permite, isto sim, o estudo da eficiência de práticas de controle da erosão na redução da perda de solo.

A Equação Universal de Perda de Solo é expressa da seguinte forma:

A = R x K x (LxS) x (CxP), sendo:

A = Taxa de perda de solo estimada por unidade de área, em unidades selecionadas para K e para períodos de tempo selecionados para R (em geral utiliza-se t/ha.ano);

R = fator chuva-enxurrada, é o índice de erosividade da chuva (ver mapa de isolinhas erodentes, na Prancha 3.3.2, em anexo), a unidade deste índice é t.m/ha.mm/h/ano;

K = fator de erodibilidade do solo, é a taxa de perda de solo por unidade de R, logo, varia em função do tipo de solo (ver quadro 3.3.1), consiste de um índice adimensional;

L = fator comprimento do declive, é a razão da perda de solo de uma área com certo comprimento de declive por uma parcela padrão, a unidade de comprimento compatível é metros;

S = fator do declive. As duas variáveis da equação, *L* e *S*, geralmente são apresentados em conjunto denominado “fator topográfico”. A equação para a determinação do fator topográfico é a seguinte:

$LS = (c/22)^m(65,41\text{sen}^2f + 4,56\text{sen}f + 0,065)$, onde: *c* é o comprimento do declive, *f* é o ângulo do declive e *m*, uma variável que depende da declividade (ver quadro 3.3.6);

Quadro 3.3.6 - variação do parâmetro “m” do cálculo do fator topográfico

Declividade	valor do parâmetro m
> 5,0%	0,5
3,5% a 4,5%	0,4
1,0 % a 3,0%	0,3
áreas planas	0,2

C = fator de cobertura vegetal e manejo do solo, é a razão da perda de solo de uma área com qualquer tipo de cobertura e manejo pela perda de solo da parcela padrão;

P = fator de práticas de controle da erosão, e a razão da perda de solo de uma área com práticas biomecânicas de controle da erosão pela perda de solo da parcela padrão (sem nenhuma prática, cultivada)

3.3.3.2 Determinação da perda de solo para as sub bacias

Para que a perda de solo possa ser estimada para cada sub-bacia separadamente, é necessário que sejam obtidos valores médios das variáveis da Equação Universal de Perda de Solo, para cada sub-bacia.

O quadro 3.3.7 apresenta estes parâmetros, as sub-bacias apresentadas representam os cursos d’água mais importantes da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar. Esta delimitação de bacias é a mesma já referida nos estudos hidrológicos de disponibilidade hídrica.

A determinação do comprimento de rampa médio foi realizada com base no modelo numérico do terreno e mapa de declividades. Os comprimentos de rampa e as suas respectivas declividades variam em função da morfologia do rio. Logo, o fator topográfico *LS*, da equação de perda de solo também. Um exemplo claro desta relação é verificado nas sub-bacias dos formadores do Tubarão e no Tubarão Baixo. Nos formadores, tem-se rampas menores e mais declivosas, no Tubarão Baixo rampas mais extensas e declividades menores.

Quadro 3.3.7 - variação do parâmetro "m" do cálculo do fator topográfico

Sub-bacia	Comprimento médio das rampas (m)	Declividade média das rampas (%)	fator LS médio	fator R médio (t.m/ha.m m/h/ano)	fator K médio
rio D'Una (SBI)	1756,97	15,32	5,48	590,0	0,38
rio Capivari (SBII)	1269,20	16,34	5,95	585,0	0,39
rio Braço do Norte (SB III)	1200,25	15,18	5,40	680,0	0,41
formadores do rio Tubarão	728,49	20,70	7,79	630,0	0,40
rio Tubarão Baixo	1087,75	11,51	3,99	550,0	0,21
Complexo Lagunar	1694,66	8,97	2,95	540,0	0,27

Obtidos os parâmetros da equação Universal de Perda de Solo, a aplicação da equação é simples. Com relação as variáveis "C" e "P", correspondentes aos aspectos de cobertura do solo, foram adotados os seguintes valores: C = 0,8, embora o manejo do solo verificado não seja o mais adequado, existem uma cobertura vegetal arbórea significativa na região e certamente responsável pela minoração dos efeitos erosivos da chuva; P = 1,0 pois não foram identificados quaisquer procedimentos de controle da erosão na bacia. A perda de solo para cada sub-bacia é apresentada no quadro 3.3.8.

Quadro 3.3.8 - Perda de solo estimada para cada sub-bacia

Sub-bacia	Perda de solo t/ha/ano	Perda de solo* (cm)
rio D'Una (SBI)	983,4	9,8
rio Capivari (SBII)	1086,6	10,8
rio Braço do Norte (SB III)	1203,8	12,1
formadores do rio Tubarão	1571,1	15,7
rio Tubarão Baixo	369,1	3,7
Complexo Lagunar	344,3	3,5

*calculado para um solo natural com massa específica de 1,8 t/m³

Os resultados obtidos por sub-bacia demonstram uma perda elevada de solo a cada ano. A situação menos desfavorável é encontrada para o caso das bacias do Tubarão Baixo e Complexo Lagunar, não por apresentarem um manejo mais adequado do solo mas por apresentarem declividades menores e pelo fato da erodibilidade dos solos ser menor. A situação potencial para o caso das demais sub-bacia é preocupante, incorrendo numa perda estimada de até 15,0 cm de solo por ano (sub-bacia dos Formadores do Tubarão).

Vale ressaltar que a condição apresentada pelas estimativas de perda feitas com base na Equação Universal de Perda de Solo são reconhecidamente conservadoras, ou seja representam um cenário potencial e crítico. A aferição dos parâmetros da equação passa pela quantificação precisa dos sedimentos transportados e depositados pelos cursos d'água e até mesmo pelo estudo de campo de "parcelas" experimentais de uso do solo.

Por outro lado, de acordo com os dados obtidos na estação sedimentométrica localizada na comunidade Rio do Pouso, no rio Tubarão, tem-se uma descarga de sedimentos em suspensão equivalente a cerca de 55.000 t/ano (média histórica).

Considerando que a área de drenagem à montante desta estação seja de 2739 ha, seria possível concluir que cada "ha" da área superficial de contribuição deve gerar 20 t/ano de sedimentos em suspensão no rio Tubarão. A área de drenagem à montante da estação sedimentométrica equivale as sub-bacias do rio Braço do Norte e dos Formadores do Tubarão, para as quais foi quantificada uma perda de solo em torno de 1500 t/ha.ano. Dada diferença significativa entre o que potencialmente é gerado de sedimentos com o que é a descarga de material em suspensão, confirma-se a situação encontrada em campo de que uma grande quantidade de sedimentos vem sendo depositada no leito do rio Tubarão.

3.3.4 Conclusões e Recomendações

3.3.4.1 Conclusões a respeito da potencial erosivo previsto e verificado em campo

Após a verificação de campo, compilação de dados já existentes para a bacia e dos cruzamentos dos mapas realizados pode-se concluir que:

- Na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar ocorre uma significativa extensão de terras com susceptibilidade alta e muito alta a erosão laminar, determinada pela ocorrência de solos potencialmente erodíveis em áreas de relevo movimentado.

Os solos predominantes na bacia, Podzólicos Vermelho-Amarelo, apresentam alta suscetibilidade à erosão hídrica. A Erodibilidade dos Podzólicos é maior quando há uma grande diferença textural entre o horizonte A (primeira camada do solo, mais arenosa) e o horizonte B (camada subjacente ao horizonte A, mais argiloso).

Os Cambissolos, outra classe de solo com presença significativa, consiste de solos rasos que também apresentam alta suscetibilidade à erosão.

- Esta susceptibilidade à erosão associada ao uso atual do solo na bacia hidrográfica determinam expressivas áreas de alto potencial à erosão laminar;

Neste caso, na mesma proporção que se faz presente o problema de escassez de mata ciliar em toda a bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, a produção agrícola intensa em áreas declivosas e a falta de práticas conservacionistas propiciam a ocorrência dos inúmeros focos de erosão verificados.

A avaliação do potencial erosivo, que consta a prancha 3.3.4 em anexo, está condizente com os processos verificados em campo e com a preocupante produção de sedimentos que tem gerado assoreamentos nos principais rios da bacia hidrográfica. Cabe destacar que, numa análise neste sentido, devem ser somados a esta avaliação o potencial a erosão por fluxo d'água concentrado (sulcos, ravinas e boçorocas).

As conseqüências negativas associadas aos processos erosivos verificados tendem a:

- redução da capacidade produtiva do solo, elevando os custos do agricultor ou até inviabilizando a atividade ou determinadas culturas;

- perdas de sementes, adubo, calcáreo e outros insumos que são carregados pela erosão;
- agravamento dos problemas ou aumento do risco de inundação devido ao assoreamento das planícies de inundação do rio Tubarão. O problema de assoreamento é menos verificado nos rio Braço do Norte e Capivari pois os mesmos apresentam cursos d'água mais declivosos em que o arraste da água é maior;
- desmoronamento e obstrução de estradas, principalmente ao longo das Sc 407 e 431, em seus trecho não pavimentados;
- contaminação de cursos d'água com partículas de solo, agrotóxicos, adubos e outros produtos, prejudicando a bióta aquática e até mesmo o abastecimento doméstico.

3.3.4.2 Recomendações de manejo

Algumas características do solo, que proporcionam maior resistência à erosão e que devem ser buscadas pelo manejo do solo, são:

- manutenção de cobertura vegetal (viva ou morta) pelo maior tempo possível, buscando minimizar o efeito do impacto das gotas da chuva;
- manutenção de uma superfície do solo rugosa (embora não deva-se pulverizar o solo por excesso de perfurações de preparo), para reduzir a velocidade de escoamento superficial da água da chuva;
- proporcionar alta capacidade de infiltração de água no solo, isto é conseguido mantendo-se uma boa "estruturação" do solo. A "estruturação" do solo consiste dos inúmeros grumos entre os quais a água infiltra. Manter uma boa estruturação do solo depende do emprego de procedimentos adequados de plantio, que envolvem um preparo eficiente sem o tráfego excessivo de máquinas;
- uso do solo agrícola segundo sua capacidade, definindo áreas aptas para lavouras, fruticulturas, pastagens e reflorestamento. Neste caso, a aplicação do que é sugerido pelo "Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico de Santa Catarina (EPAGRI, 1998). Neste trabalho, a região é classificadas nas zonas Agroecológicas 1B - Litoral de Florianópolis e Laguna, 2B - Carbonífera, Extremo Sul e Colônia Serrana (predominantemente) e 3A - Vale do Rio do Peixe e Planalto Central (pequenas áreas ao Norte da bacia);

- manejo dos restos de cultura de maneira a deixá-los sobre a superfície do solo;
- eliminação das queimadas;
- correção da acidez e fertilidade do solo, para proporcionar maior crescimento vegetal;
- cobertura vegetal do solo no inverno, com a adoção de plantio direto ou preparo reduzido nas culturas de verão;
- rotação de culturas e descompactação do solo com escarificador;
- adubação orgânica (a matéria orgânica colabora para a melhoria da agregação do solo);
- práticas destinadas a reduzir a velocidade e volume do escoamento superficial, algumas mencionadas nos programas de recuperação da cobertura vegetal (item 3.1.6): cultivo em nível, cordões vegetais permanentes (com espécies tipo cana de açúcar, capim elefante), cordões de pedra de mão e terraceamento.

Bibliografia consultada

- BASTOS, C.A.B. 1999. **Estudo geotécnico da erodibilidade dos solos residuais não saturados**. Tese de doutorado. PPGEC/UFRGS. 296p.
- EPAGRI. 1998. **Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico de Santa Catarina**. Florianópolis, SC.
- IBGE. 1986. **Carta de solos da Folha de Criciúma**.
- SALOMÃO F.X. DE T. 1992. **Erosão e a Ocupação rural e Urbana**. *In*: IPT. 3^o Curso de Geologia de Engenharia aplicada a problemas ambientais. AGAMA-DIGEM. São Paulo.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. 1978. **Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning**. USDA Handbook, Washington, n.537, 57p

ANEXO

**PROCESSOS EROSIVOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TUBARÃO
– dados de campo –**

Percurso: BR282 → São Bonifácio → São Martinho → Armazém → Gravatal → Tubarão → Capivari de Baixo → Tubarão → Pedras Grandes → Orleans → Lauro Müller → Orleans → Pedras Grandes → São Ludgero → Braço do Norte → Rio Fortuna → Santa Rosa de Lima → Anitápolis → BR282.

PONTO	DADOS DE LOCALIZAÇÃO		DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS E CLASSIFICAÇÃO
	Folha geográfica – coordenadas - altitude	Trecho do percurso - referências	
1	São Bonifácio 0700208 – 6919181 635m	Estrada de acesso a São Bonifácio Flanco oeste da Serra do Taboleiro, afluente Rio Pleikoff	Morro: mata natural derrubada para pastoreio, processos de movimento de massa e erosão. Rio: quebra de topografia, pequeno reservatório assoreado (Ia)
2	São Bonifácio 0700755 – 6917659 508m	Estrada de acesso a São Bonifácio	Atividade agrícola em pequena propriedade sem maior comprometimento por erosão (Ib)
3	São Bonifácio 0702287 – 6915317 460m	Estrada de acesso a São Bonifácio	Degradação pela atividade antrópica na encosta: desmatamento e pastoreio. Acúmulo de sedimento no Rio Capivari apesar da forte energia de transporte (Ia)
4	São Bonifácio 0703141 – 6906840 511m	São Bonifácio – São Martinho	Bota-fora gerando assoreamento de riacho (III)
5	São Bonifácio 0702865 – 6906658 506m	São Bonifácio – São Martinho	Degradação da encosta do Rio Capivari. Desmatamento + pastoreio provocando deslizamentos superficiais, sulcos e ravinas (Ia)
6	São Bonifácio 0702463 – 6902274 505m	São Bonifácio – São Martinho. Próximo localidade Santo Antônio	Cultivo de cana em encosta sem adequado manejo (Ib)
7	São Martinho 0700663 – 6900568 256m	São Bonifácio – São Martinho	Assoreamento no Rio Capivari (VI)
8	São Martinho 0700780 – 6898703 278m	São Bonifácio – São Martinho. Próx. a localidade Santa Maria	Saibreira junto a curso d'água (IIb)
9	São Martinho 0696737 – 6890813 177m	São Bonifácio – São Martinho. Próx. a localidade São João	Quebra de energia. Riachos meandantes com maior assoreamento (VI)
10	Grão-Pará 0694587 – 6885806 191m	São Bonifácio – São Martinho. Serra da Gabiroba. Próx. a localidade Rio Gabiroba	Saibreira a beira da estrada. Forte degradação por erosão em direção a estrada e para a encosta e drenagem (IIb)
11	São Martinho 0698598 – 6882933 50m	Sede de São Martinho. Rio Capivari	Grande carga de sedimento de fundo (VI)
12	São Martinho 0698376 – 6879082 42m	São Martinho – Armazém. Localidade de São João	Rio Capivari mostrando grande assoreamento em curva (VI)

PONTO	DADOS DE LOCALIZAÇÃO		DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS E CLASSIFICAÇÃO
	Folha geográfica – coordenadas - altitude	Trecho do percurso - referências	
13	Tubarão 0696198 – 6873450 31m	São Martinho – Armazém. Próx. a Armazém	Área de ocupação periurbana. Decapeamento do solo, erosão. Sedimentos para o Rio Capivari. Extração mecanizada (Va)
14	Tubarão 0694130 – 6869168 40m	Armazém–Gravatal. Localidade de Olaria	Área de extração de material (saibro) na transição da encosta a várzea do Rio Capivari (Ib)
15	Tubarão 0693354 – 6851601 40m	Gravatal – Tubarão. Localidade de São Martinho	Área periurbana de Tubarão. Pequenas áreas de extração e acessos em encosta não pavimentados (Va)
16	Laguna 0700671 – 6857425 29m	Capivari de Baixo. Estrada secundária junto a margem leste do Rio Capivari. Localidade de Indaial	Área periurbana de Capivari de Baixo. Erosão em terrenos sem cobertura vegetal (Va)
17	Laguna 0700338 – 6855795 50m	Capivari de Baixo. Estrada secundária junto a margem leste do Rio Capivari. Localidade de Ilhota Pequena	Exploração de saibro. Muito solo exposto gerando sedimentos em direção a várzea adjacente plantada com arroz (Ib)
18	Tubarão 0689141 – 6849419 20m	Tubarão – Pedras Grandes. Estrada marginal ao Rio Tubarão. Localidade de Pinheiros	Assoreamento do Rio Tubarão (solo e entulho). Aterros junto ao barranco da margem com presença de entulho (VI)
19	Tubarão 0687488 – 6851898 18m	Tubarão – Pedras Grandes. Estrada marginal ao Rio Tubarão. Entre de Pinheiros e Termas da Guarda	Processos na encosta: exploração de saibro e desmatamento (Ib)
20	Tubarão 0684851 – 6853846 29m	Tubarão – Pedras Grandes. Estrada marginal ao Rio Tubarão. Próx. a localidade de Pedrinhas	Assoreamento do Rio Tubarão: trecho com cascalho, destruição da mata ciliar, queimada de eucalipto, cultivo de cana e banana no terço inferior, sem proteção ao rio (VI/Ib/Ic)
21	Tubarão 0681615 – 6854174 40m	Tubarão – Pedras Grandes. Estrada marginal ao Rio Tubarão adiante a localidade de Pedrinhas	Plantio em encosta com deficiente manejo. Solo exposto sujeito a erosão. Plantio junto a margem sem proteção de mata ciliar (Ib)
22	Orleans 0655459 – 6853808 258m	Lauro Müller. Localidade de Barro Branco. Mina de carvão.	Mineração de carvão. Forte degradação e produção de sedimentos a partir das pilhas de rejeitos na área de mineração e estradas de acesso. Riacho assoreado (IIa)
23	Orleans 0657884 – 6854267 237m	Lauro Müller. Localidade de Barro Branco. Acesso a área de mineração	Pilhas de rejeito e assoreamento de riacho (IIa)

PONTO	DADOS DE LOCALIZAÇÃO		DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS E CLASSIFICAÇÃO
	Folha geográfica – coordenadas - altitude	Trecho do percurso - referências	
24	Orleans 0654240 – 6856266 283m	Lauro Müller. Localidade de Barro Branco. Antiga área de mineração	Área de grande degradação. Forte erosão por ravinas e surgimento de boçorocas em pilhas de rejeitos. Geração de grande carga de sedimentos ao Rio Bonito (IIa)
25	Orleans 0657007 – 6857869 202m	Sede de Lauro Müller. Início do Rio Tubarão	Forte restrição do canal de fluxo por acúmulo de sedimentos grosseiros (VI)
26	Orleans 0664658 – 6861562 162m	Lauro Müller – Orleans. Área rural de Lauro Müller	Cultivo em colinas e topos de morros (Ib)
27	Orleans 0667173 – 6861279 132m	Orleans – Pedras Grandes. Saída de Orleans	Extração de material de empréstimo sem controle, com bota-fora em direção às margens do Rio Tubarão (IIb)
28	Orleans 0669077 – 6861037 106m	Orleans – Pedras Grandes. Saída de Orleans	Escorregamento na encosta, possivelmente por extração de saibro junto a base. Britagem de cascalho do Rio Tubarão (IIb/IV)
29	Orleans 0669824 – 6860302 105m	Orleans – Pedras Grandes	Saibreira em atividade. Material assoreando pequeno afluente do Rio Tubarão (IIb)
30	Orleans 0671340 – 6860236 85m	Orleans – Pedras Grandes	Material exposto junto a encosta do morro. Escorregamento e/ou atividade de extração. Mineração de cascalho junto ao rio. Detalhe de área instável: fluxo de detritos e ruptura de drenagem (bueiros) (IIb/IV)
31	Tubarão 0672111 – 6859725 103m	Orleans – Pedras Grandes	Escorregamento recente (IV)
32	Tubarão 0672121 – 6859317 110m	Orleans – Pedras Grandes	Cultivo em encosta (Ib)
33	Orleans 0671406 – 6858813 94m	Orleans – Pedras Grandes	Ocorrência muito comum na área: saibreiras e cultivo em encosta adjacente a vertentes. Presença de ravinamento raso (Ib/IIb)
34	Tubarão 0672516 – 6856422 35m	Orleans – Pedras Grandes. Próx. a Pindotiba	Saibreira (IIb)
35	Tubarão 0673412 – 6855311 71m	Orleans – Pedras Grandes. Localidade de Pindotiba	Degradação da vegetação nativa. Queimada (Ib/Ic)
36	Tubarão 0681563 – 6855992 30m	Pedras Grandes – São Ludgero. Próx. a Barra do Norte	Pequenas propriedades. Terra lavrada na margem de drenagem (Ib)
37	Tubarão 0681118 – 6858598 50m	Pedras Grandes – São Ludgero. Entre Barra do Norte e São Ludgero	Assoreamento no Rio Braço do Norte (VI)

PONTO	DADOS DE LOCALIZAÇÃO		DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS E CLASSIFICAÇÃO
	Folha geográfica – coordenadas - altitude	Trecho do percurso - referências	
38	Tubarão 0680767 – 6860416 48m	Pedras Grandes – São Ludgero. Próx. ao Morro do Cruzeiro	Encosta desmatada com atividade de pastoreio. Movimentos de massa e início de boçorocamento. Presença de areia acumulada na base. Confronte, junto a estrada observa-se deslizamentos. Presença de bananeiras (Ia)
39	Tubarão 0678701 – 6865357 54m	Sede de São Ludgero	Ocupação das margens do Rio Braço do Norte com a atividade urbana e criação de animais. Destruição da mata ciliar. Erosão laminar (Vb)
40	Tubarão 0679755 – 6865112 70m	Periferia de São Ludgero	Saibreira com acúmulo de rejeitos. Forte erosão, ravinas profundas (IIb)
41	Tubarão 0679755 – 6865112 70m	Periferia de São Ludgero	Ocupação periurbana em encosta. Área degradada por anterior extração de saibro. Erosão pluvial nas ruas não pavimentadas (Va)
42	Grão-Pará 0680040 – 6879546 118m	Braço do Norte – Rio Fortuna. Adiante a localidade São José	Cultivo em encosta junto a vertente (fumo e cana). Assoreamento de açude (Ib/VI)
43	Grão-Pará 0680630 – 6880794 97m	Braço do Norte – Rio Fortuna. Entre localidades de São José e São Maurício	Assoreamento do Rio Braço do Norte. Uso das margens para pastoreio. Uso do solo para pastagem e cultivo de fumo em alta declividade. Adubação com aspersão de esterco (Ia/Ib/VI)
44	Grão-Pará 0684230 – 6883060 120m	Braço do Norte – Rio Fortuna. Localidade São Maurício	Cultivo em encosta. Degradação do solo por desmatamento (Ib)
45	Grão-Pará 0684230 – 6883060 120m	Braço do Norte – Rio Fortuna. Localidade São Maurício	Saibreira com sinais de atuante degradação. Erosão gerando sedimentos para estrada e para o rio adjacente. Cultivos em alta declividade. Rio com sinais de assoreamento (IIb/Ib)
46	Grão-Pará 0684971 – 6885487 126m	Braço do Norte – Rio Fortuna. Próx. a entrada de Rio Fortuna	Degradação do solo e da margem do afluente do Rio Braço do Norte (Rio Fortuna) por pastoreio (Ia)
47	Grão-Pará 0684837 – 6888456 135m	Rio Fortuna – Sta Rosa de Lima. Saída de Rio Fortuna	Campo degradado. Erosão e movimentos de massa junto a vertente (Ia)
48	Grão-Pará 0684431 – 6888693 153m	Rio Fortuna – Sta Rosa de Lima	Processo erosivo por boçoroca, resultando em acúmulo de material na estrada e depositado na barranca do rio (IIb)
49	Grão-Pará 0684277 – 6890118 225m	Rio Fortuna – Sta Rosa de Lima. Próx. acesso a localidade de Rio Bravo Baixo	Grande degradação por ação antrópica. Fortes processos erosivos acelerados em solo de alteração granítico. ravinas profundas e boçorocas com processos de retroerosão. Bota-fora de solos e blocos em direção ao Rio Bravo (III)

PONTO	DADOS DE LOCALIZAÇÃO		DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS E CLASSIFICAÇÃO
	Folha geográfica – coordenadas - altitude	Trecho do percurso - referências	
50	Grão-Pará 0683969 – 6890552 272m	Rio Fortuna – Sta Rosa de Lima	Processos erosivos acelerados por ravinas profundas. Processo incipiente de bocorocamento (III)
51	Grão-Pará 0683969 – 6890552 272m	Rio Fortuna – Sta Rosa de Lima	Despejo de resíduos de material (solo e blocos) na encosta. No morro, fluxo de detritos. Obs: Neste trecho ocorrem com grande frequência fortes processos erosivos em taludes desnudos e instáveis (sinais de escorregamentos) e em áreas de extração de saibro (III/IV)
52	Grão-Pará 0682849 – 6893404 220m	Rio Fortuna – Sta Rosa de Lima. Localidade Nova Fátima	Encosta oposta mostrando grandes deslizamentos. Presença de eucaliptos. saibreira. Obs: Neste trecho repetem-se processos de deslizamento e ocasionalmente fluxo de detritos. Desmatamento da vegetação nativa e plantio de eucaliptos podem estar associados (IV/Ic)
53	Grão-Pará 0684919 – 6896176 245m	Rio Fortuna – Sta Rosa de Lima. Próx. a Sta Rosa	Escorregamento com muito material solto sujeito a erosão. Nas obras de recuperação da queda de barreira, o material é lançado na direção de um afluente do Rio Braço do Norte (IV/III)
54	Grão-Pará 0685350 – 6900600 380m	Sta Rosa de Lima - Anitápolis	Grande deslizamento da encosta (IV)
55	Anitápolis 0685420 – 6906055 390m	Sta Rosa de Lima – Anitápolis. Localidade de Povoamento	Deslizamentos com predomínio de blocos (IV)
56	Anitápolis 0684585 – 6907296 426m	Sta Rosa de Lima – Anitápolis. Localidade de Povoamento	Processo erosivo associado a movimento de massa. Uso como pastoreio (Ia)

CLASSIFICAÇÃO DOS PROCESSOS EROSIVOS/ASSOREAMENTO E CONDICIONANTES

I – Processos erosivos relacionados a atividade agropecuária

- Ia) Desmatamento para criação de gado a campo em encostas
- Ib) Plantio em encostas declivosas na ausência de práticas conservacionistas
- Ic) Reflorestamento

II – Processos erosivos relacionados a atividade extrativa mineral

- IIa) Atividade de mineração de carvão
- IIb) Áreas de extração de saibro

III – Processos erosivos relacionados às estradas vicinais

IV – Processos erosivos relacionados à dinâmica natural das encostas

V – Processos erosivos associados a ocupação urbana

- Va) Ocupação em áreas periurbanas
- Vb) Ocupação das áreas marginais dos rios

VI – Processos de assoreamento