

Volume 2

Caracterização da Área

8. SUSCETIBILIDADE À EROSÃO

8.1 Base Conceitual da Erosão

A superfície da Terra onde se desenvolve a maioria das atividades humanas é, em geral, coberta por solos. Estes solos se formam através da alteração de rochas, por processos físicos, químicos e biológicos.

A erosão é o processo pelo qual ocorre a desagregação e transporte das partículas que constituem os solos. Os principais agentes de erosão são a água, o vento e o gelo.

Entretanto, em regiões de subtropicais a temperadas, como é o caso de Santa Catarina, somente o agente água tem significado nos processos erosivos. Nestas regiões, os processos erosivos têm início a partir do impacto de pingos de chuva no terreno, produzindo a desagregação das partículas. A partir do momento em que os pingos de chuva formam uma massa d'água com capacidade de transporte das partículas desagregadas, iniciam-se os processos erosivos.

Quando o escoamento superficial se processa uniformemente encosta abaixo, sem constituir caminhos preferenciais, ocorre o que se denomina erosão laminar ou em lençol. Por outro lado, se o escoamento se processa através de canais preferenciais, desenvolve-se erosão concentrada, gerando ravinamentos e sulcos. Quando ocorre a interação do escoamento superficial e subsuperficial formam-se as voçorocas, que são os estágios mais avançados deste tipo de erosão.

8.1.1 Fatores que Influenciam a Erosão

Os fatores determinantes dos processos erosivos na área em estudo são de ordem natural e antrópica.

Os principais fatores naturais são: clima, relevo, solo, rocha e vegetação.

A ação antrópica, representada pela intervenção humana, é decisiva para a aceleração dos processos erosivos a partir de desmatamentos e seguido do cultivo da terra, atividades relacionadas à mineração, implantação de estradas, criação de gado e expansão das vilas e cidades, principalmente quando efetuados de maneira inadequada.

8.1.2 Fatores Naturais

Clima

A ação dos fatores climáticos como agentes de erosão pode ser verificada de duas maneiras: direta e indireta.

A ação direta mais importante é causada pela precipitação pluviométrica, já que os demais elementos, como temperatura, umidade e ventos, têm pouca influência nos processos erosivos.

A influência da ação das precipitações no processo erosivo não é considerada apenas pela quantidade anual de chuvas, mas, principalmente, pela sua distribuição durante o ano.

Desta forma, a chuva provoca uma maior ou menor erosão, dependendo da forma como cai. Chuvas torrenciais ou pancadas de chuvas intensas, como trombas d'água,

durante períodos chuvosos, constituem a forma mais agressiva de impacto da água no solo. Durante estes eventos a aceleração da erosão é máxima. Nestas ocasiões, ravinas e voçorocas ativas avançam de maneira extremamente rápida, criando, muitas vezes, situações emergenciais nas periferias das cidades.

Por outro lado, a ação indireta mais importante é a cobertura vegetal. Os diferentes tipos de vegetação que recobrem o solo têm influências diversas no comportamento deste diante da atuação dos processos erosivos. Em áreas de vegetação florestal, os efeitos da erosão são pouco expressivos, visto que a copa das árvores, as folhas e a matéria orgânica, que existe sobre o solo amortecem o impacto dos pingos de chuva, reduzindo o escoamento superficial e diminuindo a capacidade das águas removerem e transportarem partículas do solo. A medida que decresce a área com cobertura vegetal, os terrenos se tornam mais propícios à erosão.

Relevo

Os fatores topográficos: declividade do terreno, formas de relevo, regularidade e extensão do declive têm influência decisiva na intensidade da erosão.

A maior extensão das encostas e o aumento da declividade ocasionam um acréscimo na velocidade do escoamento superficial da água, produzindo maior capacidade erosiva e proporcionando o carreamento de maior quantidade de partículas sólidas para as regiões mais baixas (Foto 9).

A forma e a regularidade do terreno vão indicar o tipo de erosão que será originada. Assim, uma encosta de forma plana ou levemente convexa tenderá, de um modo geral, a originar uma erosão laminar, ao passo que uma encosta com formas côncavas tenderá a formar ravinas e voçorocas.

Variáveis Físicas do Solo e Propriedades Químicas, Biológicas e Mineralógicas

As principais características físicas do solo, de acordo com alguns autores, como De Llano e Baro (1983), são: textura, estrutura, profundidade e permeabilidade.

Além dessas características, de acordo com os dados divulgados pelo IPT (1992) e o Manual Ocupação de Encostas (1991), também são importantes as propriedades químicas, biológicas e mineralógicas do solo e ainda sua densidade, porosidade e gradiência textural.

- Textura: é uma das características que condicionam a erosão na capacidade de infiltração e absorção das águas de chuva e na capacidade de remoção das partículas do solo, podendo favorecer a concentração do escoamento superficial. De uma maneira geral, solos mais arenosos se desagregam com mais facilidade que solos argilosos.

- Profundidade: influi na capacidade de infiltração e no fluxo das águas superficiais e subsuperficiais.

Geralmente, solos profundos e permeáveis resistem bem aos efeitos da erosão. Em solos pouco profundos, a água que se infiltra, ao encontrar o substrato rochoso impermeável, provocará um acúmulo no perfil, saturando-o rapidamente e originando um fluxo concentrado logo abaixo da superfície do terreno, provocando o fenômeno de piping.

Desta forma, outro fator importante é a presença e profundidade do lençol freático, pois solos rasos e facilmente erodíveis podem resistir aos processos erosivos por não conterem em seu interior o lençol freático. Por outro lado, solos profundos e permeáveis, menos suscetíveis à erosão, podem originar ravinamentos e voçorocas, quando induzidos por elevadas concentrações de águas superficiais, sem dissipação de energia, cuja ação de aprofundamento no solo atinja o lençol freático.

- Permeabilidade, Densidade e Porosidade do Solo: determinam a maior ou menor capacidade de infiltração das águas da chuva. A baixa porosidade e permeabilidade ocasiona um aumento no fluxo superficial, mas, por outro lado, uma permeabilidade excessiva em rochas arenosas friáveis pode causar efeitos danosos, devido a processos de iluviação, ou seja, a lixiviação das partículas menores, existentes no horizonte superficial, para horizontes inferiores.

- Estrutura: reflete a resistência que o solo vai oferecer aos processos erosivos,

influindo na capacidade de infiltração, absorção e remoção das partículas do solo. Dessa forma, a força da água sobre um solo depende da sua capacidade de arrancar partículas e carregá-las em suspensão. A maior ou menor resistência que o solo oferece aos agentes da erosão depende diretamente da maior ou menor estabilidade de seus agregados.

A estrutura também pode favorecer o escoamento superficial e subsuperficial. Na bacia do rio do Peixe-Parapanema (Controle de Erosão, 1990) observou-se que a maior incidência de ravinas e voçorocas ocorre em solos com estrutura prismática. Este tipo de estrutura, assim como a estrutura em blocos, facilita a concentração do escoamento em filetes coincidentes com a disposição das macro-estruturas, favorecendo a formação de ravinas e voçorocas.

- Gradiente Textural: influi na capacidade de infiltração e no fluxo das águas superficiais e subsuperficiais. Solos uniformes ao longo de todo seu perfil, geralmente, resistem melhor aos processos erosivos.

No caso dos solos Podzólicos, onde existe grande heterogeneidade de textura entre os diferentes horizontes que compõem o perfil do solo, podem ocorrer fluxos subsuperficiais, que induzirão à formação de ravinas e voçorocas.

- Propriedades químicas, biológicas e mineralógicas: influem no estado de agregação e coesão entre as partículas, interferindo na estruturação do solo e na remoção das partículas por ação da água. A maior ou menor coesão da rocha vai depender do grau de cimentação e litificação que a mesma apresenta. Assim, rochas com abundante matriz ou cimento silicoso ou ferruginoso resistem bem aos processos erosivos, mas, se possuírem matriz ou cimento carbonático, são facilmente desagregáveis pela ação da água.

8.1.3 Fatores Antrópicos

Da mesma forma que os fatores naturais agem sobre os processos erosivos, um conjunto de fatores antrópicos pode contribuir para acelerar estes processos.

Os principais fatores antrópicos responsáveis pela erosão acelerada são: desmatamento, abertura de estradas, construção de barragens, preparação de áreas para a agricultura, atividades mineiras, agropastoris e expansão urbana desordenada.

O traçado de estradas em locais geologicamente inadequados, como áreas de várzeas ou encostas com declividades acentuadas, pode causar problemas de inundação por represamento das águas pluviais ou originar fluxos concentrados nas canaletas laterais, formando sulcos e ravinas.

Em épocas de chuvas intensas, os cortes muito inclinados e profundos dos taludes, efetuados em terrenos cujas características geotécnicas do solo e do substrato rochoso são inadequadas, podem causar problemas como desabamentos. Já nas áreas mineradas e de disposição de rejeitos pode, também, ser provocada erosão, acelerada devido à atuação do escoamento superficial sobre o solo desnudo.

A construção de barragens pode ocasionar problemas em diferentes locais. A montante, a elevação do nível da água poderá provocar inundações em áreas anteriormente protegidas, bem como a diminuição da energia de fluxo, que origina assoreamentos em diferentes trechos do leito dos rios e do próprio reservatório, com perda da capacidade de armazenamento de água. A jusante, devido ao rebaixamento da lâmina d'água, freqüentemente ocorrem fenômenos de erosão remontante nos vales em que se encaixam as drenagens tributárias.

O desenvolvimento de atividades agrícolas em áreas suscetíveis à erosão, sem obedecer técnicas de manejo e conservação, propicia o carreamento de grande quantidade de partículas do solo para as drenagens, assoreando o leito destas e diminuindo a qualidade da água. Da mesma forma, na criação de gado em pequenas propriedades rurais, quando a lotação excede a área disponível, o pisoteio dos animais em áreas divisórias gera caminhos preferenciais para os processos erosivos.

As atividades mineiras desenvolvidas a céu aberto, caso não obedeçam a um plano de lavra adequado, com um projeto de recuperação ambiental, propiciam a atuação dos processos erosivos. Tanto na mineração de carvão como na de argila, os cortes efetuados para decapeamento ou retirada da camada a ser minerada geram

grandes cicatrizes na superfície do terreno (foto 10).

No caso da mineração de carvão, como o material exposto é constituído por rochas pouco alteradas, a atuação dos processos erosivos é mais restrita. Por outro lado, grande quantidade de material, resultante da lavra e do beneficiamento, disposto aleatoriamente, muitas vezes em locais inadequados, como encostas, sofre a intensa atuação dos processos erosivos, provocados pelo escoamento superficial. Como resultado, ocorre o assoreamento dos cursos d'água e são gerados inúmeros sulcos nas encostas das pilhas, que, nas porções mais baixas, onde há interação do escoamento subsuperficial e superficial, evoluem para voçorocas.

Já na mineração de argila, como o material exposto é constituído de solo ou rocha muito intemperizados, a atuação dos processos erosivos é mais intensa, uma vez que desenvolvem-se diretamente sobre a área decaçada, mais suscetível aos processos erosivos. Durante épocas chuvosas também é carregada grande quantidade de sedimentos, provocando o assoreamento dos rios.

A expansão urbana desordenada, com a ocupação das encostas através da implantação de loteamentos, edificações ou obras viárias, acentua os problemas relacionados à erosão urbana, uma vez que os cortes realizados expõem o horizonte C do solo a processos erosivos.

Nos loteamentos em encostas, os arruamentos são freqüentemente feitos com disposição perpendicular ao declive e sem um sistema de drenagem eficiente. Em alguns casos, para permitir a circulação de veículos, são realizados cortes profundos, visando diminuir a declividade do terreno. Com isso, em épocas de chuvas intensas, ocorrem fluxos concentrados, que jogam para as porções mais baixas grandes quantidades de lama, obstruindo as canalizações pluviais.



FOTO 9: Escoamento superficial com velocidades acentuadas sobre encostas extensas e planas de onde foi retirada a cobertura vegetal. Localidade de Braço do Norte. Fonte: UNISUL/GRUPERH



FOTO 10: Área de mineração de carvão a céu aberto. Localidade de Mina do Portão.

8.2 Classes de Suscetibilidade à Erosão

8.2.1 Considerações Gerais

Como foi enfatizado anteriormente, o padrão de relevo é um fator muito importante na atuação dos processos erosivos. Por este motivo, no presente trabalho, procurou-se definir perfeitamente o padrão de relevo, caracterizando todas as suas feições morfológicas como amplitude, declividade e forma das encostas, bem como densidade e padrões de drenagem.

As amplitudes das encostas vão definir o dimensionamento do sistema de drenagem e o volume de terraplenagem. Sabe-se que em relevos fortes ondulados, o volume de água é grande e o escoamento superficial é rápido, com alta energia, necessitando implantação de obras de porte. No que diz respeito a terraplenagem, para implantação do sistema viário e das edificações, estas áreas forte onduladas necessitam de cortes e aterros de grandes dimensões com movimentação de grande volume de material.

Com relação à declividade, a Lei Federal 6766 regulamenta o parcelamento do solo nestas áreas declivosas. Em quase todos os municípios catarinenses, pode-se verificar loteamentos implantados em encostas de morro com declividade acentuadas. Como consequência disso, verifica-se que os cortes e aterros são mal dimensionados, implicando em sérias dificuldades para implantação do sistema viário e edificações, bem como induzem o desencadeamento de processos erosivos e/ou problemas geotécnicos com relação a estabilidade de taludes.

Outro fator que deve ser considerado por ocasião da implantação de loteamento em áreas de encostas, são as linhas de drenagem. Deve-se ter o cuidado de planejar perfeitamente o sistema viário, onde estes transpassam o sistema de drenagens, para se evitar a concentração de águas pluviais. Em Criciúma, vários locais apresentam sérios problemas de alagamentos por concentração de águas pluviais em épocas chuvosas, devido a transposição das drenagens com obras subdimensionadas (pontes e bueiros).

Também a natureza do solo e substrato rochoso são fatores naturais que influenciam diretamente na atuação dos processos erosivos. Sabe-se agora que solos profundos, permeáveis, bem estruturados são pouco suscetíveis aos processos erosivos, porém, se estes, posicionarem-se sobre um substrato rochoso impermeável, pode haver acúmulo de água no interfície solo/substrato rochoso impermeável, originando um fluxo concentrado induzindo aos processos erosivos.

O mapeamento realizado na bacia hidrográfica do Rio Tubarão, permitiu individualizar cinco classes de erosão natural, que foram cartografadas e denominadas de:

- áreas com muito baixa suscetibilidade à erosão;
- áreas com baixa suscetibilidade à erosão;
- áreas com moderada suscetibilidade à erosão;
- áreas com alta suscetibilidade à erosão;
- áreas com muito alta suscetibilidade à erosão.

No presente trabalho, entende-se por suscetibilidade à erosão (laminar e concentrada) a maior ou menor facilidade com que uma área é erodida por processos erosivos naturais. Neste sentido, o mapa de suscetibilidade retrata os locais mais favoráveis à ação de agentes erosivos.

8.2.2 Áreas com Muito Baixa Suscetibilidade à Erosão

Compreendem áreas planas, com declividade variando entre 0 e 5%, correspondendo às planícies aluviais dos principais cursos d'água desta bacia e junto à mancha urbana de cidades como Tubarão e Gravatal.

No caso da planície aluvial do rio Tubarão, toda área apresenta relevo plano e é coberta por sedimentos inconsolidados, sobre os quais desenvolvem-se solos hidromórficos Glei Pouco Húmico. Pelo fato de tratar-se de áreas planas, mal drenadas, o escoamento superficial processa lentamente, com baixa energia sem capacidade de arranque e transporte de partículas, não causando problemas relacionados à erosão.

Por outro lado, o cultivo intensivo de arroz irrigado na planície dos rios D'Una e Jaguaruna tem induzido a atuação de processos erosivos nestas áreas planas.

8.2.3 Áreas com Baixa Suscetividade à Erosão

São áreas com relevo suave ondulado, com amplitude da ordem de 50 m. As encostas têm formas convexas, e possuem baixa a moderada densidade de drenagens. Os vales são abertos com planícies aluviais restritas.

Ocorrem principalmente na região de Lauro Müller e Santana, área abrangida por esta unidade, o substrato rochoso é constituído por rochas pelíticas e areníticas das Formações Palermo e Rio Bonito, respectivamente. Sobre estas áreas desenvolvem-se solos Podzólicos Vermelho-Amarelo, abruptos ou gradacionais, profundos, moderadamente a pouco permeáveis e moderadamente estruturados.

8.2.4 Áreas com Moderada Suscetibilidade à Erosão

Possuem relevo pouco ondulado, com morros arrasados, de forma arredondada ou alongada, com encostas suaves de forma geralmente convexa, pouco extensas, com declividades em torno de 15%, alcançando, em casos extremos, 30%. O substrato rochoso é constituído por rochas sedimentares pelíticas ou areníticas.

Sobre estas áreas desenvolvem-se solos Podzólicos Vermelho-Amarelo, abruptos ou gradacionais, moderadamente estruturados, bastante profundos, pouco a moderadamente permeáveis. Embora estes solos sejam poucos resistentes aos processos erosivos, a suscetibilidade à erosão é moderada, pelo fato de as formas de relevo serem pouco onduladas. Nos locais onde a declividade é mais alta, e são realizados cortes nas encostas para implantação de loteamentos, a exposição do Horizonte C ao escoamento superficial, resulta na formação de inúmeros sulcos e deslizamentos de material dos taludes.

Distribuem-se amplamente ao longo da área de afloramento de rochas graníticas situada na porção central, nas proximidades de Gravatal, Braço do Norte, Armazém e Rio Fortuna.

8.2.5 Áreas com Alta Suscetibilidade à Erosão

São áreas que apresentam relevo forte ondulado, correspondente as encostas dos morros testemunhos presentes na área do município. Estas encostas são extensas com perfis planos ou convexos, e geralmente apresentam uma moderada a alta densidade de drenagens. Os vales são estreitos e com gradientes elevados. A declividade das encostas variam de 30% a 47%, atingindo em alguns locais 100%. O substrato rochoso nesta porção média a superior das encostas é constituído por rochas areno-pelíticas das formações Palermo e Rio Bonito e rochas vulcânicas da formação Serra Geral.

Sobre estas áreas, desenvolvem-se solos tipo Podzólicos Vermelho-Escuro, Podzólicos Vermelho-Amarelo e Cambissolos. Geralmente pouco profundo, mal estruturado, com substrato rochoso impermeável a baixa profundidade, bastante suscetível aos processos erosivos.

Também são muito freqüentes nas encostas dos platôs gonduânicos, onde ocorrem solos Podzólicos Vermelho-Amarelo Litossólico. No domínio das rochas graníticas ocorrem com muita freqüência nos locais onde o relevo é moderadamente ondulado e desenvolvem-se solos Podzólico Vermelho- Amarelo.

8.2.6 Áreas Com Muito Alta Suscetibilidade a Erosão

São áreas com relevo forte ondulado, correspondentes às encostas médias e superiores dos platôs gonduânicos e morros testemunhos. Estão intimamente relacionadas às unidades anteriormente descritas, e são bastante freqüentes na porção oeste da bacia onde desenvolvem-se solos Litólicos, sobre um substrato constituído por rochas sedimentares gonduânicas. Na porção superior das encostas são freqüentes paredões rochosos com declividades superiores a 100%.

Ocorrem também no domínio das rochas graníticas, onde o relevo é forte ondulado, como ocorre nas proximidades de Anitápolis e São Bonifácio.

Sobre estas áreas desenvolvem-se solos tipo Podzólicos Vermelho-Amarelo e Cambissolos, ambos poucos profundos e mal estruturados. Em alguns casos, verifica-se pequenos depósitos de talus.

Qualquer modificação decorrente das diferentes ações antrópicas, tais como desmatamento, cortes de encostas e aterros, poderão desencadear escorregamentos, queda de blocos e intensa erosão hídrica.

Também fazem parte desta unidade aquelas áreas degradadas pelas atividades de lavra de carvão a céu aberto, bem como as enormes pilhas de rejeito piritoso que ocorrem nas encostas dos morros na região de Santana, Rocinha e Rio Bonito.

As pilhas de rejeito geralmente não possuem cobertura vegetal e nem sistema de drenagem superficial. A atuação do escoamento superficial sobre estas áreas decapeadas provoca a formação de inúmeros sulcos que, na base da pilha, onde há interação do escoamento superficial, formam enormes voçorocas.