O Índice Remissivo também tem o objetivo de facilitar a busca, por parte do leitor, de algum tema específico, que pode ser encontrado em uma ou mais de uma seção desta obra.

Finalmente, os autores se colocam à disposição dos leitores por meio dos seus e-mails, caso queiram tirar alguma dúvida ou "conversar" sobre algum dos temas abordados.

Os Autores

CAPÍTULO 1

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

1.1. CONCEITOS

1.1.1. TERRA

No sentido usado pelo Grupo de Trabalho Interdepartamental em Planejamento do Uso da Terra da FAO, *terra* é uma área delineável da superfície sólida da Terra, cujas características incluem todos os atributos da biosfera, verticalmente acima ou abaixo dessa superfície, incluindo aquelas da atmosfera mais baixa (bacia aérea), o solo e a geologia, a hidrologia (inclusive lagos, rios, pântanos e mangues), a população vegetal e animal, o modelo de assentamento humano e os resultados físicos da atividade humana do passado e de presente (terraceamento, armazenamento de água ou estruturas de drenagem, estradas etc.).

Nesta abordagem holística, uma unidade de terra tem tanto um componente vertical — desde o clima atmosférico até os aqüíferos confinados no substrato mais profundo — quanto um elemento horizontal — uma seqüência identificável de solo, terreno e elementos de uso da terra e hidrológicos ("paisagem" ou "unidade de terra").

1.1.2. ÁREAS ÁRIDAS, SEMI-ÁRIDAS E SUBÚMIDAS

A classificação da Nota Técnica 7 da UNESCO define as várias regiões através da combinação de duas variáveis climáticas: aridez biocli-

mática e regime de temperatura. O grau de aridez bioclimática é estabelecido pela relação P/Etp (média da precipitação total anual/evapotranspiração potencial).

Essa relação apenas fornece uma idéia da aridez ou umidade do clima sem levar em consideração o potencial agrícola ou de pastoreio da região, o qual depende mais do tamanho do período do ano em que o suprimento de água, proveniente da precipitação e do armazenamento no solo, seja suficiente para o crescimento das culturas ou da vegetação. A partir disso, a FAO em seus estudos sobre as Zonas Agroecológicas desenvolveu o conceito de Comprimento do Período de Crescimento (LGP — *Length of Growing Period*) (Tabela 1.1).

Tabela 1.1 — Classificação das diferentes áreas de acordo com o Comprimento do Período de Crescimento (CPC)

CPC	Classificação
< 1 dia	Hiperáridas (deserto)
< 75 dias	Áridas
> 75 – < 120 dias	Semi-áridas (secas)
> 120 – < 180 dias	Semi-áridas (úmidas)

Fonte: FAO (1984).

Um Período de Crescimento de Referência se inicia logo que a precipitação exceda metade da evapotranspiração potencial (Etp). Pode ser interrompido por um período com baixa temperatura, durante o qual o crescimento não é possível, e termina quando a precipitação cai abaixo da metade da Etp, mais o período necessário para evapotranspirar 100mm de água (que se assume que esteja armazenada no solo pelo excesso de chuva), ou menos, se a precipitação não exceder esse limite durante o Período de Crescimento.

1.1.3. Desertificação

A desertificação é definida como "A degradação de terras em áreas áridas, semi-áridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo variações climáticas e atividades humanas". (Capítulo 12 da Agenda 21 do UNCED — *United Nations Conference on Environment and Development.*)

1.1.4. Degradação Ambiental

A degradação das terras envolve a redução dos potenciais recursos renováveis por uma combinação de processos agindo sobre a terra.

Tal redução, levando ao abandono ou "desertificação" da terra (como, por exemplo, partes do Saara que eram habitadas até 6.000 anos), pode ser por processos naturais, tais como o ressecamento do clima atmosférico, processos naturais de erosão, alguns outros de formação do solo ou uma invasão natural de plantas ou animais nocivos. Pode também ocorrer por ações antrópicas diretamente sobre o terreno ou indiretamente em razão das mudanças climáticas adversas induzidas pelo homem.

1.2. Visão Geral

O solo, como a água, é um recurso vital para a humanidade, mas geralmente esse recurso é mal avaliado. Somente 11% da área mundial não apresentam limitações para uso agrícola; em 28% o clima é muito seco, e em 10% é muito úmido; em 23% o solo apresenta desequilíbrios químicos críticos e em 22% é muito raso; os 6% restantes estão permanentemente congelados (FAO, 1980).

Existem diferentes formas de degradação relacionadas aos vários componentes verticais de uma unidade de terra: atmosfera, vegetação, solo, geologia e hidrologia.

A degradação ambiental pode ser proveniente, por exemplo, das condições atmosféricas adversas que vêm sendo induzidas pelo homem, provocando a mudança do clima global. Ou pode ser da própria cobertura

vegetal e da população animal (densidade e diversidade), por meio da ação direta do homem e agravada por períodos de seca, de natureza mais ou menos cíclica (Sahel, sudeste da África e nordeste do Brasil). No entanto, esse tipo de degradação já se mostrou reversível em poucos anos após o retorno das chuvas e do isolamento da área, frente à ocupação animal e humana. Entretanto, essa reversibilidade pode não se estender a toda biodiversidade existente anteriormente.

Dessa forma, a degradação das condições do solo é muito mais séria, no sentido de que não é facilmente reversível, uma vez que processos de formação e regeneração do solo são muito lentos.

O processo de crescimento da produção de alimentos no mundo nem sempre foi compatível com o ambiente. Muitos dos impactos ambientais negativos, resultantes da atividade agrícola, estão ligados tanto à perda do *habitat* natural quanto ao uso (ou mau uso) de pesticidas e fertilizantes. Apesar disso, a degradação do solo tem sido também um fator com implicações na produção de alimentos.

Por volta de 1990, práticas agrícolas inadequadas contribuíram para a degradação de 562 milhões de hectares, aproximadamente 38% dos 1,5 bilhão de hectares de terras agricultáveis no mundo todo (Oldeman, 1994) (Figura 1.1). Algumas dessas terras só estavam levemente degradadas, mas uma quantidade apreciável estava severamente prejudicada, o bastante para

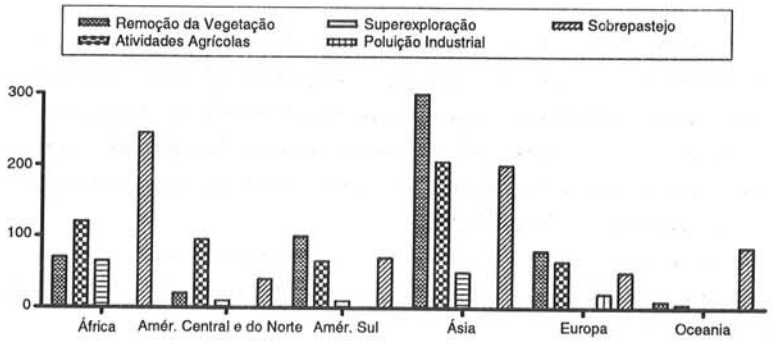

Figura 1.1 — Degradação do solo por ação antrópica, por região e por causa, de 1945 ao final dos anos 80 (em milhões de hectares).
Fonte: World Resources 1992-93, Oxford University Press, Nova York, 1993.

danificar sua capacidade produtiva ou para se obter uma produção. Desde então, as perdas continuaram a crescer ano a ano, com 5 a 6 milhões de hectares apresentando degradação severa todos os anos (UNEP, 1997).

A degradação se apresenta de diversas formas, sendo a mais conhecida a erosão do solo. Grande parte da erosão — aproximadamente 2/3 — decorre da água que lava a camada superficial do solo, enquanto 1/3 é causado pela erosão eólica (WRI *et al.*, 1992). Uma análise da erosão do solo global estima que, dependendo da região, a perda da camada superficial é dezesseis a trezentas vezes mais rápida da que pode ser substituída (Barrow, 1991). Os processos de formação do solo são lentos, necessitando de duzentos a mil anos para formar 2,5cm de solo, e isso sob condições agrícolas normais (Kendall e Pimentel, 1994).

As terras cultivadas podem ser degradadas de diversas outras formas além da erosão. A degradação física das práticas agrícolas (mecanização) pode levar à compactação e selagem do solo. O cultivo sucessivo sem períodos de pousio suficientes ou sem a reposição de nutrientes com culturas de cobertura, esterco ou fertilizantes pode esgotar os nutrientes do solo. Além disso, a aplicação exagerada de produtos químicos agrícolas pode matar os organismos benéficos do solo (WRI *et al.*, 1992).

O manejo hídrico mal realizado em terras agrícolas irrigadas é uma das causas principais da degradação de terras agricultáveis. A drenagem inadequada pode levar ao encharcamento do solo (devido à subida do lençol freático) ou à salinização, na qual os níveis de sais no solo chegam à toxicidade. Com 10% a 15% de toda a terra irrigada sofrendo algum grau de encharcamento e salinização, esses dois problemas representam uma ameaça significativa à capacidade produtiva do mundo (Alexandratos, 1995).

Geralmente, quando o clima e as atividades humanas se combinam tornando um solo anteriormente sadio em área devastada, a degradação aparentemente é irreversível. Entretanto, muitas formas de degradação podem ser remediadas pela reconstrução cuidadosa da saúde do solo (Scherr e Yadav, 1996).

O quanto o dano às terras aráveis do mundo já afetou o suprimento global de alimentos? Devido ao fato de a produção total global de alimentos estar continuando a crescer ao longo dos anos, mesmo em face da significativa degradação do solo, tenta-se avaliar o declínio dos solos como

um problema menor. Entretanto, o uso crescente de fertilizantes, a extensão das terras irrigadas e a alta densidade de plantio têm mascarado os efeitos da degradação do solo até os dias de hoje. Perdas de produtividade substanciais já ocorreram em certas regiões, apesar de alguns estudos tentarem quantificar essas perdas. Crosson (1994) estimou que a degradação do solo entre 1945 e 1990 diminuiu a produção de alimentos no mundo em torno de 17%. Estudos regionais têm identificado também essas perdas. Na África, as perdas na produção provenientes somente da erosão do solo são estimadas em mais de 8% (Lal, 1995). Dados de diferentes pesquisas indicam que o declínio na produtividade resultante da degradação dos solos pode ultrapassar 20% em um determinado número de países da Ásia e do Oriente Médio (Scherr e Yadav, 1996).

Prevê-se uma piora nessas perdas à medida que a degradação continue. Embora a colheita global possa não refleti-las imediatamente, elas podem ser consideráveis em algumas áreas, especialmente onde a degradação é severa e progride rapidamente. Por exemplo, espera-se que a erosão do solo comprometa seriamente a produção no sudeste da Nigéria, Haiti e na base das montanhas do Himalaia, bem como em algumas partes do sul da China, Sudeste Asiático e América Central. A expectativa é a de que a salinização se torne uma ameaça bem mais séria nos sistemas de irrigação das bacias dos rios Indo, Tigre e Eufrates, bem como no nordeste da Tailândia e China, no Delta do Nilo, no norte do México e nos planaltos andinos. A exaustão de nutrientes será, provavelmente, um problema sério em várias regiões da África e em uma variedade de outros locais, desde Mianmar até à bacia do Caribe (Scherr e Yadav, 1997).

Contudo, nem todas as notícias sobre a degradação de solos são ruins. Práticas agrícolas mais amistosas, que minimizam as operações de preparo do solo e reduzem seu potencial erosivo, estão se espalhando em diversos países, como Marrocos, Filipinas e Tailândia, e se expandindo regionalmente em partes da África subsaariana e da América do Sul. Esses métodos incluem plantio em contorno, terraceamento, barreiras vegetativas e práticas de uso da terra melhores ao nível de fazenda e paisagem. Também estão se ampliando melhores práticas de gestão da água de irrigação, o que controla a salinização e diminui a quantidade de água necessária por hectare (Scherr e Yadav, 1997).

Os profissionais envolvidos estão começando a perceber que a erosão e as questões associadas não são apenas problemas locais, mas ameaças a bacias hidrográficas inteiras; como tal, podem ser gerenciadas mais efetivamente quando abordadas dessa forma. Até bem recentemente, a maioria dos pesquisadores estudava a degradação praticamente ao nível de fazenda e não conseguia enxergar a situação integralmente. Hoje em dia, o retrato da situação integral está disponível, literalmente, nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Esses bancos de dados integram grandes quantidades de informação — altitudes, práticas de cultivo, precipitação, declividade, modelos de drenagem e outros fatores — e possibilitam a construção de mapas que descrevem uma bacia hidrográfica ou região agrícola, de uma maneira que era impossível de ser vista.

Onde essa tecnologia estiver disponível, tais informações podem ajudar os proprietários de terra a gerenciar suas práticas de manejo do solo por meio da identificação das áreas que são mais indicadas à agricultura, bem como aquelas que têm mais tendências à deterioração. Pesquisadores de Honduras, por exemplo, usaram um Sistema de Informação Geográfica para mapear a área montanhosa de Yoro, onde existe uma grande demanda à expansão das áreas cultivadas. Conforme era esperado, os solos mais ricos e de alta produtividade ocorrem nos vales, mas os mapas tornaram claro que também existem solos de alta qualidade em algumas encostas.

Os proprietários e gestores podem usar essa informação para determinar quais as áreas capazes de uma produção substancial com o menor dano ambiental. Também não devem ser negligenciadas outras técnicas importantes para melhorar a saúde do solo, incluindo o aumento do teor de matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes, bem como da conservação do solo através do uso de práticas de manejo biológicas, tais como adubação verde, culturas de cobertura, consorciamento de culturas, sistemas agroflorestais (SAFs) e rotação de culturas.

1.3. Tipologia

O conceito de degradação de terras "se refere à deterioração ou perda total da capacidade dos solos para uso presente e futuro" (FAO, 1980). Tais perdas ocorrem principalmente por causa das principais formas de

erosão (pelo vento e pela água) e das deteriorações química e física. Essa tipologia, conforme estabelecida pelo projeto Avaliação Global da Degradação dos Solos (GLASOD — *Global Assessment of Soil Degradation*) (ISRIC/UNEP, 1991), é abordada neste livro.

1.3.1. Erosão

A forma mais comum de erosão é a perda da camada superficial do solo pela ação da água e/ou do vento. O escoamento superficial da água carrega a camada superior do solo; isso ocorre sob a maioria das condições físicas e climáticas. O deslocamento de partículas da camada superior pela ação do vento é mais comum nos climas árido e semi-árido do que sob condições mais úmidas. A perda dessa camada de solo reduz a fertilidade porque: (a) conforme o solo se torna mais denso e fino, fica menos penetrável às raízes e pode se tornar superficial demais a elas; (b) reduz-se a capacidade de o solo reter água e torná-la disponível às plantas, e (c) os nutrientes para as plantas são lavados com as partículas de solo erodidas.

Uma forma mais extrema de erosão é a deformação do terreno. A água pode causar a formação de ravinas (isto é, pequenos sulcos que ainda podem ser remediados) e voçorocas (canais mais profundos que podem ser cortados por fluxos de água maiores e difíceis ou impossíveis de serem remediados) e também causar a destruição das margens de rios e movimentos de massa (deslizamentos de terra). A ação do vento pode criar grandes buracos e dunas. Finalmente, a cobertura da superfície da terra pelas partículas carregadas pelo vento também é reconhecida como uma forma específica de degradação.

Os riscos de erosão dependem tanto das condições naturais quanto dos modelos de uso da terra. O clima (especialmente a intensidade da chuva), as características das encostas, a cobertura vegetal e a natureza do solo também são importantes. Com respeito ao uso da terra, qualquer atividade humana que exija a remoção da cobertura vegetal protetora (florestas, arbustos, forragens etc.) promove a erosão, o mesmo ocorrendo com medidas impróprias, como arar morro acima.

1.3.2. Deterioração Química

A deterioração química pode consistir em:

(a) Perda de nutrientes do solo (principalmente nitrogênio, fósforo e potássio) ou matéria orgânica. Em parte, os nutrientes se perdem através da erosão: "nos trópicos úmidos, muitos nutrientes são lavados durante as tempestades intensas, especialmente em terras não protegidas"; além disso, podem ser "esgotados pelas próprias culturas, particularmente se estas forem cultivadas na mesma terra ano após ano" (FAO, 1983). O esgotamento é comum onde "a agricultura é praticada em solos pobres ou moderadamente férteis, sem a aplicação suficiente de esterco ou fertilizante" (ISRIC/UNEP, 1991).

(b) Salinização ou a concentração de sais na camada superior do solo, que pode ocorrer por causa de: (i) manejo mal realizado da irrigação ou alta concentração de sais na água de irrigação ou atenção indevida à drenagem, levando facilmente à rápida salinização dos solos, especialmente em regiões áridas onde as altas taxas de evaporação estimulam o processo; (ii) invasão da água do mar ou águas subterrâneas salinas em reservas de água de boa qualidade (tais problemas afetarão cada vez mais as áreas costeiras do mundo, que atualmente se estima seja a moradia de 2/3 da população mundial); ou (iii) atividades humanas que elevam a evaporação em solos com material salino ou com lençol freático salino (ISRIC/UNEP, 1991). A salinização tem "um efeito deletério na produtividade do solo e das culturas" (FAO, 1994); em casos extremos, "o dano da salinização é tão grande, que é tecnicamente impossível ou totalmente inviável economicamente reverter o processo" (FAO, 1983).

(c) Acidificação, que tanto pode ocorrer por causa da aplicação excessiva de fertilizantes ácidos, como por causa da drenagem em determinados tipos de solo.

(d) Poluição de diversas origens (acumulação de lixo, uso excessivo de pesticidas ou fertilizantes, derramamento de óleo etc.) pode reduzir drasticamente o potencial agrícola das terras.

1.3.3. Deterioração Física

São três os tipos de deterioração física conhecidos:

(a) Compactação do solo, freqüentemente resultante do uso de máquinas pesadas em solos instáveis ou do pisoteio de gado; selamento e encrostamento, geralmente causados pelo impacto das gotas de chuva. Essas condições tornam o preparo da terra mais oneroso e impedem a emergência das mudas. Além disso, por dificultarem a infiltração da água, elas causam um maior escoamento superficial e, conseqüentemente, erosão hídrica.
(b) Elevação do lençol freático até a zona radicular das plantas, causada pela entrada excessiva de água em relação à capacidade de drenagem do solo. É típico de áreas irrigadas, mas também pode ocorrer devido a enchentes. Também aumenta a salinidade. Como acontece com a salinização, suas causas são em parte físicas e em parte relacionadas a práticas agrícolas, particularmente a irrigação inapropriada.
(c) Subsidência (isto é, o rebaixamento da superfície da terra) de solos orgânicos, que pode ser causada pela drenagem ou oxidação.

1.3.4. Desertificação

Em 1949, o cientista Aubreville observou que a degradação ambiental parecia estar se prolongando para o norte, das zonas mais áridas do Saara para as regiões semi-áridas e subúmidas do norte da África. O termo que Aubreville cunhou para esse processo foi *desertificação*. As secas devastadoras de 1968-1973 no Sahel e o aparente avanço acelerado do Deserto do Saara em direção ao sul levaram a uma extensa discussão internacional do problema e à criação da Conferência sobre Desertificação das Nações Unidas (UNCOD).

A UNCOD, em seu encontro em Nairóbi, Quênia, em 1977, definiu desertificação como "a redução ou destruição do potencial biológico da terra, resultando, finalmente, no aparecimento de condições desérticas" (UNEP, 1978). Vários grupos de pesquisa e instituições científicas não concordaram com essa definição. Além disso, oscilações cíclicas da produtividade da vegetação relacionadas a flutuações climáticas foram observadas por meio de dados enviados por satélite. Portanto, havia a necessidade de diferenciar a desertificação dessas oscilações climáticas cíclicas. Em 1992, a UNCOD escolheu a seguinte definição para desertificação: "É a degradação ambiental em áreas áridas, semi-áridas e subúmidas secas, resultante principalmente do impacto humano adverso" (UNEP, 1992).

O termo *desertificação* tem alguns aspectos inoportunos. Ele não fornece informações sobre a natureza da degradação, nem sobre a natureza das ações corretivas possíveis. Expressa mal o problema: "O conceito de desertos que se expandem e dunas de areia que avançam se tornou a imagem dominante aos olhos do público, em vez de (...) problemas menos visíveis e muito mais sérios" (Liamine, 1993), principalmente "deteriorações mais sutis e mais complexas, algumas vezes reversíveis, mas com pausas periódicas substanciais e que se irradiam a partir de centros de pressão populacional excessiva" (Nelson, 1990).

Para a FAO (1986a), *desertificação* "é somente um aspecto extremo da deterioração dos ecossistemas, disseminada sob a pressão combinada do clima adverso e da exploração agrícola". O resto desse texto se refere à *desertificação* nesse sentido, mas nunca o isolando do fenômeno da degradação ambiental em geral.

1.4. Extensão e Impacto da Degradação

1.4.1. Incidência por Tipo de Degradação

O estudo do GLASOD, cobrindo a maior parte da superfície terrestre (ISRIC/UNEP, 1991), detectou que, globalmente, 15% das terras estavam degradadas como resultado das atividades humanas; o respectivo impacto das várias formas de degradação em nível global foi estimado conforme apresentado na Figura 1.2. A América do Sul apresenta 1% de terras devastadas, 11% leve ou moderadamente degradadas e 1% de terra forte ou extremamente degradada. Os principais tipos de degradação consistem na

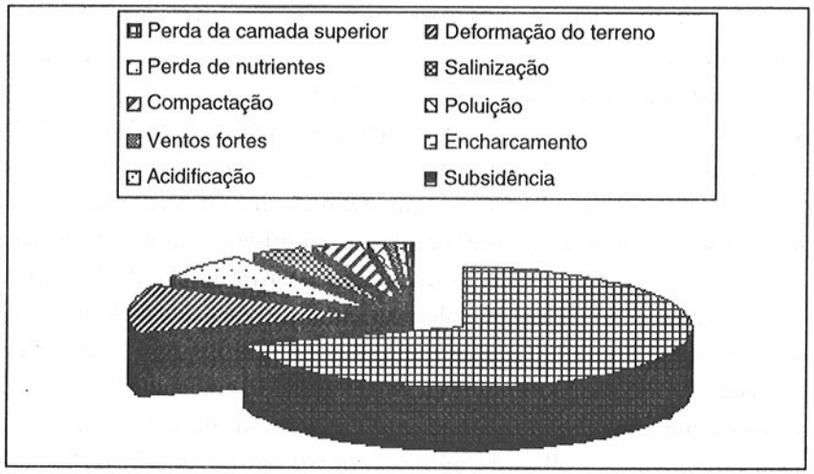

Figura 1.2 — Incidência das 10 formas de degradação em nível global (percentagem da área degradada total).
Fonte: ISRIC/UNEP, 1991.

perda da camada superior do solo, proveniente da erosão hídrica (39% da área degradada), na perda de nutrientes do solo (28%) e na deformação do terreno pela erosão hídrica (12%). O Brasil é particularmente afetado (ISRIC/UNEP, 1991).

O impacto da salinização e da elevação do lençol freático deve ser mensurado em relação às áreas irrigadas. A FAO (1994) estima que, de algo em torno de 240 milhões de hectares atualmente irrigados, aproximadamente 30 milhões estão severamente afetados pela salinidade, e outros 60-80 milhões estão afetados de alguma outra maneira. Dos quatro países com as maiores áreas irrigadas (juntos são responsáveis por metade da área global), a salinidade afeta 28% das terras irrigadas nos Estados Unidos, 23% na China, 21% no Paquistão e 11% na Índia (Umale, 1993).

A taxa na qual as áreas degradadas se expandem em uma escala global não é conhecida porque não existe nenhum dado precedente para se comparar com os resultados do GLASOD. As estimativas geralmente variam de 5 a 12 milhões de hectares de solo perdidos anualmente (de um total de 4,8 bilhões de hectares de terras cultiváveis e pastos). A FAO adverte que ainda se necessita de muito progresso na coleta de dados sobre o uso da

terra, antes que essa e outras tendências importantes sejam conhecidas adequadamente.

A extensão da ameaça certamente é considerável: com base em seu estudo clássico sobre a capacidade potencial das terras em sustentar a população, a FAO (1984) estimou que sem medidas de proteção do solo aproximadamente 550 milhões de hectares de cultivos não irrigados poderiam se perder durante o período 1975-2000, com perdas percentuais que variam de 10% na América do Sul a 38% na Ásia. Embora ainda não tenhamos dados que confirmem essa previsão (o relatório da FAO ainda não foi publicado), existem na literatura várias estatísticas que os confirma. Além disso, muitas terras remanescentes perderiam alguma fertilidade, devido à degradação da camada superior do solo, com uma perda total no potencial de produção da ordem de 30%.

1.4.2. Impacto da Degradação

O principal efeito da degradação no meio rural é um declínio na produtividade ou uma necessidade crescente do aporte de nutrientes para manter as mesmas produtividades, uma vez que "os subsolos geralmente contêm menos nutrientes do que as camadas superiores, sendo necessário mais fertilizante para manter a produtividade das culturas. Isso, por sua vez, aumenta os custos de produção. Além do mais, a adição somente de fertilizantes não pode compensar todos os nutrientes que se perdem quando a camada superior erode" (FAO, 1983). Nos locais onde a degradação é séria, tanto as terras podem ser abandonadas temporária ou permanentemente quanto convertidas em usos menos "nobres", ou seja, terras agrícolas convertidas em pastos ou pastos abandonados às ervas.

Com a salinização e a elevação do lençol freático em áreas irrigadas, as reduções na produtividade são ainda maiores, porque o ponto de partida é mais alto: pesquisas de campo indicam reduções na produtividade que oscilam de 30% a até mais de 80%; valores em torno de 50% são os mais comuns (Pinstrup-Andersen e Pandya-Lorch, 1994). A perda econômica resultante de tais reduções, naquela que é a principal razão dos grandes investimentos realizados, é altamente significativa.

Um quadro completo dos custos da erosão deve incluir os efeitos fora de seu local de origem (*offsite effects*). Tem-se questionado se as mensurações da erosão do solo provenientes de parcelas "superestimam, de forma característica, as conseqüências para a produtividade, uma vez que o solo erodido pode permanecer por décadas em outra parte da paisagem, antes de ser transportado para os oceanos. Portanto, uma parte da erosão no local de origem representa uma transferência de recursos, em vez de uma perda completa, do ponto de vista da produtividade agrícola" (WRI, 1993). Esse argumento não deve ser levado muito longe. Primeiro, conforme a mesma fonte acrescenta, transferências geográficas na produtividade têm conseqüências de distribuição potencialmente importantes: não é de somenos importância que a camada superior do solo lavada das encostas mantidas por pessoas mais pobres acabe nos fundos de vales mantidos por pessoas com melhores condições de vida ou que seja perdida por um país montanhoso em benefício de países que se situem a jusante. Além disso, a maior parte das partículas finas de solo é carreada para cursos d'água e mares; ao longo do percurso, elas podem tornar a água imprópria para consumo humano, obstruir represas, sistemas de irrigação ou canais de transporte de rios. No final, os nutrientes do solo acabam perdidos permanentemente para a agricultura, danificando os sistemas de vida aquáticos e a pesca, devido à carga de nutrientes e à conseqüente eutrofização.

Na verdade, mesmo os melhores solos de muitas regiões em desenvolvimento estão gradualmente se tornando menos produtivos; alguns declínios de fertilidade afetam as muitas áreas que clamam por aumentos de produção urgentes e pontuais; uma das razões principais é a exploração dos nutrientes do solo pela agricultura sem a renovação adequada. O solo também é retirado da produção por causa da poluição química de todas as origens, inclusive resíduos industriais e urbanos.

É difícil estimar as perdas totais causadas pela degradação ambiental mundialmente. De acordo com a FAO (1992), aproximadamente 25 bilhões de toneladas de solo (17 toneladas por hectare cultivado) são erodidos a cada ano. Traduzir isso para uma estimativa da produção é ainda mais difícil, uma vez que os efeitos variam de região para região, dependendo dos tipos de culturas e da redução hipotética nas produtividades. Somente estimativas são possíveis. De acordo com Sfeir-Younis (1986), a

produção de alimentos proveniente de áreas agrícolas não irrigadas pode decair de 19% a 28% durante o período 1985-2010. Brown *et al.* (1990) estimaram que a degradação ambiental no mundo causa a perda de, aproximadamente, 14 milhões de toneladas de grãos anualmente, isto é, metade da quantidade necessária para cobrir as necessidades da população global adicional para o mesmo período.

Além disso, as terras erodidas se tornam mais vulneráveis a variações climáticas; sua fertilidade pode diminuir vertiginosamente após um ano de seca. "Quando as condições de produção são adversas, a margem de produtividade ou de sobrevivência para um produtor em uma área degradada é menor que a de um produtor em solo bem manejado. A degradação de terras e também a seca têm sido parcialmente responsáveis pela severidade da fome em áreas agrícolas da Etiópia e do Sudão" (Blaikie e Brookfield, 1987).

Independentemente de a produtividade da terra decair ou de serem tomadas medidas para restaurar a produtividade e evitar maiores perdas, "a produtividade do trabalho é atingida desfavoravelmente. A degradação ambiental, portanto, consome diretamente o produto do trabalho e também o aporte de capital na produção" (Blaikie e Brookfield, 1987). A qualidade de vida diminui porque são necessários mais tempo e um trabalho mais duro para se obter o mesmo produto, isso sem mencionar as medidas conservacionistas no campo, fertilização mais intensa ou a abertura de áreas para lavouras ou pastos cada vez mais distantes.

Essa carga adicional geralmente cai desproporcionalmente sobre a mulher, exceto para o trabalho de abertura de novas áreas de cultivo, porque elas estão envolvidas de forma predominante na produção de alimentos e atividades associadas à criação de animais. Além disso, reduções na produtividade de culturas tradicionais geralmente são decisivas para ativar a emigração (geralmente de homens), com conseqüentes aumentos na carga de trabalho dos que ficam, inclusive as crianças.

Em ocasiões mais raras, mas também tão dramáticas, a degradação ambiental força o deslocamento da população. Centenas de milhares de hectares têm de ser abandonados a cada ano, por estarem degradados demais para o cultivo ou até mesmo para pastagens, o que pode significar que a população que dependia daquelas áreas para a subsistência deve procurar

outras terras para se fixar. Na Índia, por exemplo, aproximadamente 38% das terras são devastadas (mais ou menos o mesmo que a área total cultivada). A maior parte dessa área foi cultivada em algum momento, mas o cultivo foi abandonado (a maior parte durante o século passado) por causa da degradação do solo, e as pessoas que as cultivavam foram deslocadas para áreas distantes (Maloney, 1991).

1.5. Causas da Degradação do Solo

1.5.1. Os Fatores Causadores

Vale a pena notar que os fatores causadores têm diferentes funções: alguns causam a degradação diretamente; outros simplesmente permitem a ação do anterior. Por exemplo, no caso da erosão, a causa direta é a ação da água ou do vento. Essa ação é possível por uma série de condições tanto antrópicas (desmatamento, corte de encostas etc.) quanto naturais (declividade, textura do solo etc.). No caso da salinização, a causa direta pode ser a invasão de água salgada nas reservas subterrâneas de água e o fator facilitador, o uso exagerado de água; ou a causa direta pode ser a combinação de irrigação excessiva e drenagem insuficiente, enquanto o fator facilitador ou acelerador seria a aridez.

A Tabela 1.2 classifica as ações antrópicas e as condições naturais nas categorias *fatores facilitadores* e *fatores diretos*. A partir dessas características, podemos compreender a função das mudanças populacionais nos fatores causadores da degradação das terras.

O projeto GLASOD quantificou o impacto das atividades humanas prejudiciais, classificando-as em cinco grandes categorias, conforme se segue (ISRIC/UNEP, 1991):

(1) Desmatamento para a agricultura ou pastagens, florestas comerciais de grande escala, construção de estradas, desenvolvimento urbano etc.
(2) Superpastoreio (destrói a cobertura do solo, causa compactação e acelera a invasão de espécies arbustivas indesejáveis).

(3) Atividades agrícolas. O manejo inadequado da terra inclui o cultivo de solos frágeis, pousio reduzido, uso indiscriminado do fogo, práticas que resultam na exportação de nutrientes do solo, transposição de rios para fins de irrigação ou irrigação inadequada de solos (FAO, 1993b).
(4) Superexploração da vegetação para uso doméstico (uso da vegetação como combustível, cercas etc., onde a vegetação remanescente não fornece mais proteção suficiente contra a erosão do solo).
(5) Atividades (bio)industriais que causam poluição.

Tabela 1.2 — Classificação dos fatores de degradação das terras

	Ações antrópicas	**Condições naturais**
Fatores facilitadores	— desmatamento — permissão do superpastoreio — uso excessivo da vegetação — taludes de corte — remoção da cobertura vegetal para o cultivo	— topografia — textura do solo — composição do solo — cobertura vegetal — regimes hidrográficos
Fatores diretos	— uso de máquinas — condução do gado — encurtamento do pousio — entrada excessiva de água/ drenagem insuficiente — excesso de fertilização ácida — uso excessivo de produtos químicos/estrume — disposição de resíduos domésticos/industriais	— chuvas fortes — alagamentos — ventos fortes

Fonte: FAO (1980).

A avaliação do GLASOD atribuiu a degradação, em cada área pesquisada, a um ou dois desses fatores causadores; a Tabela 1.3 mostra seus respectivos impactos. Enquanto em nível global o desmatamento, o superpastoreio e as atividades agrícolas tiverem uma incidência relativamente

semelhante, em nível regional os modelos diferirão acentuadamente. O superpastoreio domina na Oceania, Ásia e África, as atividades agrícolas na América do Norte e o desmatamento em outras regiões. A superutilização doméstica da vegetação é insignificante em regiões desenvolvidas, mas bastante significativa na África. A poluição é marginal, exceto na Europa.

Embora a erosão possa ocorrer sem a intervenção humana, na prática ela geralmente é iniciada e/ou acelerada por atividades antrópicas que causam o desaparecimento da cobertura protetora da vegetação natural ou danificam a estrutura do solo.

Tabela 1.3 — Incidência dos cinco fatores causadores da degradação por região (percentagem de área degradada)

	Desmatamento (%)	Superpastoreio (%)	Atividades agrícolas (%)	Superexploração da vegetação (%)	(Bio) industriais (%)
África	14	49	24	13	—
Américas do Norte e Central	11	24	57	7	—
América do Sul	41	28	26	5	—
Ásia	40	26	27	6	—
Oceania	12	80	8	—	—
Europa	38	23	29	—	9
MUNDO	29	35	28	7	1

Fonte: ISRIC/UNEP (1991).

1.5.2. A População e os Processos de Degradação da Terra

Esta seção apresenta as possíveis ligações entre os fatores populacionais (tamanho da população, distribuição geográfica, estruturas de idade/sexo e mudanças nessas estruturas) e os principais fatores que causam a degradação.

1.5.2.1. Desmatamento e Superexploração da Vegetação

A destruição das florestas é causada, na maioria das vezes, pela abertura de clareiras para fins agrícolas. "Tanto a agricultura do tipo que realiza queimadas, quando não se permite que a terra fique em pousio o tempo que as práticas tradicionais apregoam, quanto a abertura de clareiras permanentes para o estabelecimento de fazendas modernas estão pagando o preço" (FAO, 1983). A expansão do cultivo envolve "o corte de árvores, arbustos e herbáceas, a queima da serapilheira, o plantio de culturas por dois a cinco anos nas clareiras abertas, e só então se permite o retorno da cobertura natural para regeneração do solo, podendo o período de pousio durar cinco a quinze anos, dependendo do solo e do tipo de vegetação" (FAO, 1983). Estima-se que entre 1973 e 1988 tais operações tenham contribuído em torno de 60% da expansão das terras agrícolas. A remoção da cobertura vegetal inicia, ou acelera, a erosão do solo sob a ação da chuva e do vento, e "a queimada para o controle de ervas estimula a lixiviação e a perda de solo" (Cruz, 1994).

A abertura de clareiras no deslocamento do cultivo ocorre principalmente devido ao crescimento populacional, através do aumento nas necessidades de alimentos e outros produtos agrícolas. Comparativamente, o desmatamento para a formação de pastos é um fator secundário em uma escala global (embora seja importante em certos países). Existem também exemplos de desmatamento rápido para a agricultura comercial, o que parece ser de importância crescente, principalmente na América Latina e na Ásia. Mas, até agora e globalmente, o desmatamento é mais comum em situações de agricultura de subsistência (sem contar que o crescimento populacional também é um fator importante na agricultura comercial). Assim como com o corte de lenha, a abertura de clareiras afeta áreas menores, não destrói toda a vegetação e não envolve a destruição da matéria orgânica, raízes, sementes etc. que as queimadas provocam, mas executa uma função facilitadora pela abertura de estradas de acesso e não cria a necessidade do desmatamento.

A outra causa da destruição da cobertura vegetal é o seu uso exagerado pelos proprietários e suas famílias, principalmente para a coleta de lenha como combustível. Para cobrirem suas necessidades em energia vital,

muitas famílias nos países em desenvolvimento recorrem a combustíveis de biomassa coletados livremente, inclusive restos de culturas e adubo animal, mas, na maioria das vezes, é lenha. Quando a utilização anual de madeira excede a produtividade sustentável, florestas e áreas revegetadas são destruídas gradualmente. Isso, por sua vez, inicia ou acelera a erosão do solo.

Por volta de 1980, a FAO estimou que aproximadamente dois bilhões de pessoas (ou 3/4 da população dos países em desenvolvimento, naquela época) dependiam de biomassa para seu consumo diário de energia (FAO, 1983). Mas cerca de 1,4 bilhão de pessoas não conseguia alcançar suas necessidades sem comprometer os estoques futuros de madeira para lenha; e era esperado que esse número crescesse para três bilhões (2,4 bilhões em área rural) por volta do ano 2000.

O impacto do crescimento populacional no consumo de lenha nas vastas áreas envolvidas é direto, uma vez que as necessidades em energia são essencialmente proporcionais à população. Uma outra característica da dinâmica populacional exerce uma importante função; em outras palavras, a urbanização. Um primeiro efeito surge da concentração populacional que exerce o impacto sobre os recursos, muito sentidos em uma zona periférica que, tipicamente, sofre um desmatamento desproporcional. Um segundo efeito surge das mudanças de hábito: moradores urbanos geralmente preferem carvão a madeira, o que aumenta o impacto nos recursos florestais por unidade de consumo.

Geralmente, a pressão populacional é determinante na perda de vegetação, especialmente em áreas com reservas de terra e fontes de energia limitadas. Nas áreas de alta densidade populacional no oeste da África, por exemplo, "as concentrações da demanda por terras agrícolas e lenha localizam-se na raiz da exploração dos recursos. É nessas áreas que as manchas de desertificação são mais visíveis" (Gorse e Steeds, 1987).

1.5.2.2. Superpastoreio

A pressão excessiva dos animais sobre a cobertura vegetal pode ser um problema muito importante, principalmente em países em desenvolvimento, onde as terras têm uma densidade populacional muito maior que no mundo desenvolvido (FAO, 1983). Enquanto as criações de animais não causam necessariamente problemas ambientais, o superpastoreio pode ser o fator principal na degradação ambiental, causando metade dos danos avaliados na África e 3/4 em outras regiões em desenvolvimento. Casos como os dos danos causados pelas cabras no Mediterrâneo e em outras partes são bem conhecidos. Na África, o aumento no número de cabeças de gado e o declínio na qualidade das pastagens foram significativos durante as décadas recentes (FAO, 1986b). Essas duas tendências são incompatíveis a longo prazo, e crises locais são prováveis de ocorrer.

O pastoreio nômade em áreas semi-áridas é um sistema de uso da terra compatível e eficaz, desenvolvido ao longo dos séculos pelos criadores; mas já são notados com uma freqüência cada vez maior colapsos locais de tais sistemas. Quando maiores rebanhos competem pelas mesmas pastagens, eles podem ultrapassar a produtividade natural da área e destruir a cobertura vegetal, acelerando a erosão. No Sudão, por exemplo, o crescimento da população de criadores e o aumento da densidade da criação levaram a pecuária a se estender para as áreas de floresta e terras marginais semi-áridas, causando a degradação de ambas as zonas (Bilsborrow e De Largy, 1991).

Na maioria das vezes, entretanto, o relacionamento entre a dinâmica da população humana e o pastoreio excessivo não é uma questão de crescimento da população de criadores, levando às mudanças na densidade da criação. Mudanças rápidas na população dos rebanhos geralmente são conduzidas por fatores externos, tais como as decisões por pessoas de fora (por exemplo, quando as populações sedentárias confiam o gado a grupos nômades) ou os fatores relacionados à saúde do animal (por exemplo, a erradicação da mosca tsé-tsé). Circunstâncias econômicas ou metas especiais, tais como a necessidade de segurança, levando as famílias a aumentarem a densidade dos estoques, também têm a sua parte. Quanto à crise propriamente dita, geralmente é ocasionada por um rápido declínio nas pastagens disponíveis.

Nesse contexto, as secas geralmente disparam o processo: "Em áreas de pastoreio em terras secas, o grande número de cabeças de gado e ovelhas

tende a aumentar durante os anos de precipitação normal, e esse número excessivo é para ser suportado durante os anos de seca. Quando a seca inevitável chega, os criadores ficam relutantes em diminuir novamente os rebanhos, após um único ano de seca. Quando se torna aparente que a seca será longa e séria, muitas terras já estão imprestáveis pelo excesso de pastoreio" (FAO, 1983).

Um importante fator populacional, entretanto, é o crescimento das populações vizinhas, na medida em que leva os produtores sedentários a expandirem a área cultivada. Com a redução do pousio e o avanço das fronteiras agrícolas, os criadores nômades ficam cada vez mais restritos em seus movimentos, e as áreas disponíveis decaem em quantidade e qualidade (Little e Horowitz, 1987; Billsborrow, 1992a). Isso aumenta a densidade, mesmo que o tamanho da criação permaneça igual. A degradação aqui é um efeito colateral da extensão ou intensificação agrícola. É para reconciliar as diferentes lógicas da agricultura, pecuária e floresta que a FAO promove modelos de desenvolvimento agropastoris.

Assim, relata-se (Talbot, 1989) que, no Quênia, o crescimento populacional entre os pecuaristas de Maasai e a população agrícola sedentária levou à competição por terra entre os dois grupos, superpastoreio e desertificação em certas áreas. O caso do Sudão tem um aspecto relevante, porque o aumento na demanda de lenha, que contribuiu para o desmatamento e, portanto, para a degradação ambiental, foi aumentado pelo crescimento na população de agricultores de subsistência. A sedentarização dos nômades, levando à concentração das populações e rebanhos em pastagens restritas, tem efeitos similares (Fratkin, 1981; Little, 1987). O mesmo ocorre com os conflitos políticos que "contribuem para a concentração da população e das criações, o que, por sua vez, perpetua a degradação ecológica e a carência de alimentos" (Hjorn af Orns e Salih, 1991).

1.5.2.3. Manejo Agrícola Inadequado

Um conjunto de práticas inadequadas está relacionado com a extensão de terras, sendo o principal problema a expansão gradual do cultivo para áreas de encostas e, geralmente, para as áreas ditas marginais (deixadas

em pousio previamente por causa da fragilidade dos solos ou de outros fatores limitantes). Isso é um fenômeno comum em situações de "fome de terra", ou seja, de alta densidade populacional *vis-à-vis* com a terra agricultável. O crescimento da população "necessita da expansão da interferência em novas áreas, e a sujeição dessas áreas a altos níveis de dano que sucedem a interferência inicial. Ele necessita da ocupação de locais de menor resiliência e maior sensibilidade, para os quais as práticas de manejo existentes podem ser inadequadas" (Blaikie e Brookfield, 1987).

A degradação, então, se inicia, a não ser que medidas especiais sejam tomadas para proteger a estrutura do solo e manter a fertilidade. Mas tais medidas geralmente estão ausentes, uma vez que esses tipos de prática ocorrem em situações onde as soluções de baixo custo são procuradas, por causa da falta de recursos para investir na proteção da terra. Existem numerosos exemplos de populações que foram levadas para os planaltos devido à saturação dos recursos das baixadas, à subseqüente degradação ambiental e, algumas vezes, aos colapsos ecológicos: Etiópia, Haiti, Nepal e Filipinas, talvez os mais conhecidos. As pressões populacionais têm uma função óbvia na maioria dessas situações, mas deve-se notar também que a distribuição desigual da terra pode piorar essas pressões de forma notável.

Um conjunto diferente de práticas impróprias está relacionado com a intensificação mal realizada: redução do pousio, fertilização insuficiente ou excessiva e/ou as várias formas de gestão inadequada das áreas irrigadas.

A maneira mais elementar de retirar (a curto prazo) mais produtos da terra, que não seja cultivada permanentemente, é encurtar o período de pousio a que ela está sujeita. O cultivo de substituição "funciona bem onde a proporção de terras para as pessoas é alta", de modo que ela possa "ser deixada em pousio o tempo suficiente". O problema principal com esse tipo de cultivo hoje é que o aumento populacional e a necessidade de maiores produções para alimentá-las estão pressionando muitos produtores a diminuírem ou, até mesmo, eliminarem o pousio. Como conseqüência, as produtividades são menores, e os danos ao solo, maiores (FAO, 1983). O processo acima só se verifica se o aumento da fertilização compensar a crescente taxa de uso da terra. É claro que uma fertilização insuficiente, independentemente de a terra estar em repouso ou em cultivo permanente, tem o mesmo efeito.

Numerosos exemplos desse processo foram documentados. Na África, de um modo geral, o rápido crescimento nas densidades populacionais não levou a mudanças profundas nos sistemas de produção tradicionais. Ocorreu alguma intensificação sob a forma de pousio reduzido, mas, na ausência de outras mudanças tecnológicas, esse fato levou "as crescentes populações rurais pobres a explorarem e degradarem, de forma crescente, os recursos naturais para assegurar sua sobrevivência diária" (Cleaver e Schreiber, 1992).

Nas zonas do Sahel e do Sudão, no oeste da África, os sistemas de produção tradicionais incluíam técnicas e regras de reforço para assegurar o uso sustentável da base de recursos frágil e modesta (baixa fertilidade do solo e precipitação variável). Esses sistemas "foram sendo interrompidos cada vez mais, sobretudo pelo rápido crescimento populacional" (Gorse e Steeds, 1987). No Egito, "a situação da degradação ambiental no Vale do Nilo piorou acentuadamente devido à pressão do crescimento populacional, combinado com a escassez de terras agricultáveis, levando os fazendeiros a exigirem da terra mais do que ela pode produzir" (Kishk, 1986).

Sob cultivo permanente, a necessidade de uma produção elevada leva à irrigação e adubação, bem como a intensidades de cultivos maiores (cultivos múltiplos durante o curso de um ano). Conforme já visto, os problemas de degradação ambiental que tipicamente surgem de tais práticas são a salinização e a elevação do lençol freático de áreas irrigadas, além da poluição por pesticidas e/ou fertilizantes. Os dois primeiros problemas são extensivos. Na realidade, afetam mais de um terço das áreas irrigadas de todo o mundo.

A adubação freqüentemente é vista desse modo: "Em algumas regiões dos países em desenvolvimento, particularmente em áreas de produção de arroz e trigo altamente intensificadas na Ásia, o uso excessivo de fertilizantes estabelece sérios riscos ambientais" (Pinstrup-Andersen e Pandya-Lorch, 1994). Uma variante é que "a causa principal dos efeitos ambientais é o uso não científico dos fertilizantes e não as taxas excessivamente altas de aplicação" (Rustagi e Desai, 1993).

Os pesticidas — intrinsecamente, venenos — são um outro culpado clássico: "O uso inadequado de pesticidas é comum por todo o mundo, para a maioria das pragas só são necessárias pequenas quantidades de inseticidas, e uma grande parte dos pesticidas aplicados é essencialmente desperdiçada" (Pinstrup-Andersen e Pandya-Lorch, 1994). No Egito, "as práticas de irrigação e a agricultura intensiva é que levaram a várias formas de degradação muito sérias. Os solos são poluídos principalmente por pesticidas, que são aplicados aos campos de uma forma muito intensa (em particular, o meio milhão de hectares cultivados com algodão)" (Kishk, 1986).

Conforme já observado, os danos causados à terra pela agricultura intensiva são largamente evitáveis através de uma melhor gestão. Poderia, então, parecer que a pressão populacional não tem responsabilidade nessa degradação, a não ser indiretamente por iniciar o movimento pela utilização de técnicas de produção potencialmente danosas. Por outro lado, a pressão populacional, reduzindo não somente o acesso à terra por habitante, mas também a outros recursos, pode levar à intensificação "barata", isto é, drenagem imperfeita (e conseqüente elevação do lençol freático), adubação insuficiente (e perda da fertilidade do solo) e/ou monitoramento inadequado dos sistemas de irrigação, por exemplo.

Salvaguardar a sustentabilidade durante os ajustes nos sistemas de produção é mais problemático, já que o crescimento populacional é mais rápido, e as adaptações devem ser planejadas e executadas com pressa. Isso é o que ocorre na maior parte da África ao sul do Saara. Lele e Stone (1989), com base nos casos de Camarões, Quênia, Malawi, Nigéria, Senegal e Tanzânia, mostraram que, quando o crescimento populacional é rápido, as adaptações envolvidas na "intensificação autônoma" descritas por Boserup (1965) são mais importantes pelo dano ambiental, causado pelo desmatamento e declínio na fertilidade do solo. Produtividades mais altas e rendimentos maiores não seguem necessariamente as densidades populacionais mais altas e cultivo mais freqüente. Pingali e Binswanger (1988), também usando evidências provenientes da África, concluíram que mudanças técnicas geradas pelos fazendeiros são capazes de sustentar populações de crescimento lento, mas não as de rápido crescimento, tanto na população rural quanto na demanda urbana por alimentos.

Em parte isso ocorre porque a alta pressão populacional pode "gerar pressões dentro dos sistemas existentes, que já têm suas práticas de manejo bem testadas. À medida que a margem de subsistência se torna mais limitada, a pressão para maximizar a produção a curto prazo se tornará

mais forte. A necessidade pela inovação aumentará, mas os meios necessários para isso não estarão disponíveis". Os proprietários de terra mais ricos, "cujos recursos não estão gravemente ameaçados pelos efeitos 'subseqüentes da degradação' proveniente de seus vizinhos mais pobres, podem saudar o crescimento abundante da mão-de-obra barata e não vêem necessidade de embarcar em grandes inovações que poderiam ser benéficas para todos" (Blaikie e Brookfield, 1987).

Evidentemente, essas questões de mudanças tecnológicas são decisivas. A estagnação técnica torna os recursos criticamente vulneráveis à pressão populacional. Por outro lado, as adaptações na gestão do uso da terra podem dar amplas margens para a acomodação do crescimento populacional.

1.5.3. A População e os Fatores Tecnológicos

Quando se faz uma revisão sobre as diversas experiências de sistemas agrícolas sob pressão populacional, os fatores que parecem estar estagnando (ou mudando vagarosamente), em um dado caso, tendem a aparecer como os elementos frágeis do sistema. Em muitos ambientes especialmente rurais, mas não somente na África, a população cresceu rapidamente nos últimos vinte anos, enquanto os níveis de consumo e tecnologia estagnaram (ou pioraram) e a degradação ambiental acelerou. Isso poderia sugerir que quando o crescimento populacional é rápido ele se torna o fator decisivo para o resultado final.

Apesar disso, quando a tecnologia, por sua vez, experimenta um rápido processo de adaptação, suas mudanças podem compensar os efeitos do aumento do consumo total (quaisquer que sejam as respectivas funções da população e do crescimento do consumo *per capita*). Casos com tais ocorrências não são difíceis de encontrar. Java, por exemplo, "apesar das sérias erosões que ocorrem nas áreas de cabeceiras e em terras de alta sensibilidade ambiental que não são adequadas ao terraceamento irrigado, exemplifica a alta produtividade que pode ser alcançada sob manejo intensivo com densidades populacionais extremamente altas" (Blaikie e Brookfield, 1987). Mortimore (1993) mostrou que a região de Kano (Nigéria) apresentava um sistema agrícola estável em áreas de terra seca, apesar da alta densidade populacional.

Em um estudo realizado no Quênia, Nigéria, Ruanda, Tanzânia e Uganda, Hyden *et al.* (1993) também mostraram que em certos locais "os produtores geriram suas terras, mesmo sob pressão severa, de uma maneira que permitiu o uso sustentado até hoje" e concluíram que altas densidades populacionais poderiam ser acomodadas em muitas partes do leste da África. Tiffen *et al.* (1994) descreveram uma excelente história de sucesso observada no distrito de Machakos, Quênia, e viram o caso como uma confirmação "dos efeitos autônomos de uma população elevada, derivada da disponibilidade de mais bocas (maior demanda), mais mãos (maior mão-de-obra) e mais cérebros (maior número de pessoas interagindo), acompanhado por uma redução nos custos *per capita* da infra-estrutura física e social". Que conclusões podemos tirar dessa variedade de experiências contraditórias?

As histórias de sucesso precisam primeiro ser qualificadas. A emigração tem sido um componente das estratégias familiares na maioria dos locais pesquisados. Por uma razão ou outra (possivelmente, mas não necessariamente), a diversificação tem sido, aparentemente, uma fuga da agricultura local. Na verdade, as famílias e não os sistemas agrícolas se adaptaram às pressões maiores. A mesma observação se aplicaria a Machakos. No contexto revisto por Hyden *et al.* (1993), levando em consideração a contribuição intensificada da mão-de-obra feminina em seu local original para compensar a migração do homem, os autores observaram evidências de que a população rural está trabalhando durante mais tempo para se alimentar. Em outras palavras, a produtividade do trabalho decaiu e, junto com ela, a qualidade de vida. Como para o impacto ambiental, à medida que as famílias recorrem mais à compra de produtos agrícolas, os possíveis danos são simplesmente transferidos para as áreas onde ocorre a produção.

Além do mais, essas histórias não mostram que o rápido crescimento populacional tem um efeito positivo nos resultados ambientais e econômicos, mas simplesmente que ele não leva necessariamente a uma catástrofe, uma declaração bem aceita de qualquer maneira, obviamente. Não existem quaisquer evidências de que as mesmas (ou maiores) melhoras não pudessem ter sido causadas sob um crescimento populacional mais lento; também não existem evidências de que as melhoras são devidas ao cresci-

mento populacional em vez de qualquer outro fator. Na realidade, os benefícios listados por Tiffen *et al.* (1994) aparecem não do crescimento populacional, mas de uma densidade populacional adequada. Eles podem estar associados de forma convincente a um limiar de densidade, mas é improvável (como admitido pelos autores) que continuarão a melhorar indefinidamente, se a densidade populacional se mantiver aumentando na mesma taxa, como deve ser o caso se o crescimento populacional tiver um efeito positivo intrínseco.

E não há, é claro, nenhuma garantia que melhoramentos comparáveis ocorrerão para outras populações crescendo a taxas semelhantes (embora essa possibilidade não esteja excluída tampouco, se existirem condições econômicas favoráveis e condições políticas adequadas). É fácil apontar situações (na Etiópia e em outras partes da África, Filipinas, Haiti etc.) onde condições de crescimento populacional do mesmo tipo daquelas observadas em Machakos (ou, na verdade, mais brandas) estavam associadas com a estagnação ou mesmo colapso ecológico. Naturalmente, tais casos não provam tampouco que "o crescimento populacional rápido leva inexoravelmente à degradação ambiental", ou seja, é a proposta que Tiffen *et al.* (1994) pretendem refutar, mas que poucos realmente propõem, se é que haja alguém.

Na verdade, a única questão correta é: o resultado teria sido melhor (ou pior, ou idêntico) se o crescimento populacional tivesse sido mais lento? Evidentemente, nem observações nem métodos experimentais podem fornecer uma resposta definitiva para tal questão, de modo que qualquer resposta é discutível.

O fato de essa mudança tecnológica poder ser induzida pelo crescimento populacional (Boserup, 1965 e 1981; Simon, 1986) é uma questão de bom senso: "A necessidade é a mãe da invenção." Mas por que atribuir somente ao crescimento populacional o efeito das mudanças tecnológicas, inclusive aquelas que levam os níveis de bem-estar acima do que estavam, antes que a população reagisse à redução dos recursos *per capita*? Parece não haver outra resposta a não ser o desejo de melhorar os níveis de vida, caso em que isso pode ocorrer na ausência absoluta de crescimento populacional. A dificuldade causada pela diminuição dos recursos *per capita* pode ser um incentivo mais forte para inovar do que aspirações por um melhor bem-estar. Mas "as pressões populacionais são um estimulante complicado e cruel para o desenvolvimento" (Hirschman, 1958).

Favorecer tais pressões (com sua eficiência duvidosa e os problemas de atendimento de saúde de mães e crianças em ambientes de alta fertilidade) na esperança de ganhos de produção é uma proposição estranha.

Frente à política, é criticamente importante mencionar a ambigüidade na hipótese de Boserup (1981) relativa ao próprio processo de inovação. Blaikie e Brookfield (1987) perguntam: O que faz a pressão populacional resultar em degradação em vez de inovação? Eles apontam para uma variedade de explicações, inclusive a falta de acesso aos recursos produtivos por parte do agricultor e a reflexão sobre os vários tipos de pressão que levaram os fazendeiros a extraírem da terra mais do que pode sustentavelmente dar.

1.5.4. Fatores Sociais e Institucionais

1.5.4.1. As Estruturas Agrárias e a Pobreza

A degradação das terras depende, em parte, do quão intensivamente ela seja explorada e, em parte, da habilidade e vontade do proprietário em responsabilizar-se por medidas conservacionistas. Esses dois fatores, por sua vez, são influenciados pelo tamanho das fazendas, embora não de uma maneira inteiramente linear.

Considere o contraste entre fazendas grandes e pequenas em uma zona agroecológica. Pequenas propriedades podem ser exploradas de forma a se extrair o suficiente para a subsistência da família; seus proprietários não podem se permitir em deixar uma grande parte da fazenda sob pousio; o resultado não permite um investimento a longo prazo na conservação ou melhoramento do solo, ou em implementos para elevar a produtividade. Ao mesmo tempo, grandes (e, às vezes, ausentes) proprietários, que mantêm ou melhoram seu bem-estar simplesmente pela concentração de recursos, precisam de uma taxa de uso menor e mais facilmente sustentável; portanto, esquemas de exploração extensiva. Eles podem tirar facilmente a terra da produção para trabalhos antierosão. Certamente, práticas imperfeitas ou uma taxa de uso excessiva também podem ser encontradas em fazendas maiores; o que se quer dizer é que elas não são uma necessidade neste caso, por causa da alta proporção de recursos por pessoa.

Por outro lado, tem-se argumentado que a mão-de-obra para trabalhos de conservação pode estar mais prontamente disponível em fazendas menores, em áreas densamente povoadas. Grandes propriedades teriam de contratar mão-de-obra para essa tarefa, da mesma forma como agem para outras finalidades. Um aspecto extremo dessa questão é a situação das áreas onde a emigração deixou muito pouca mão-de-obra masculina para realizar trabalhos de conservação, como, por exemplo, manter os terraços (Collins, 1987).

Um fator natural na fragmentação da terra em pequenas propriedades é o crescimento populacional. "Por todo o mundo em desenvolvimento, o tamanho das fazendas está encolhendo conforme os fazendeiros continuam a subdividir as propriedades entre seus filhos. Em países como Malawi, Ruanda, Haiti e Bangladesh, as taxas de crescimento populacional são altas, e o setor não-agrícola ainda está em seus estágios iniciais de desenvolvimento. As fazendas atualmente têm, em média, menos que 0,5 hectare em algumas áreas" (Clay *et al.*, 1994).

Um outro fator é a desigualdade social entre a população, levando a estruturas injustas de propriedade da terra. As pressões para a degradação da terra são mais poderosas nesse caso, porque a qualidade e vulnerabilidade da terra geralmente não são igualmente divididas também: "As desigualdades na propriedade da terra também podem incentivar a erosão do solo. Na América Latina andina, por exemplo, os pecuaristas ricos geralmente usam os terraços relativamente nivelados dos vales para criar gado, forçando os pequenos e pobres proprietários de terra para as encostas íngremes para produzirem culturas de subsistência" (FAO, 1983). Se as propriedades menores ocupam as áreas marginais, mais vulneráveis, como encostas íngremes ou solos mais pobres, com necessidade de pousios mais longos ou adubação, tais áreas não somente serão desnecessariamente colonizadas, mas também serão provavelmente superexploradas, já que seus ocupantes não podem se dar ao luxo de evitar o uso dos recursos naturais. Os respectivos pesos da pressão demográfica e da injustiça social, causando a fragmentação da terra, variam de local para local; certamente, ambos os aspectos estão disseminados por todo o mundo.

A pressão populacional, por sua vez, contribui para práticas desiguais, uma vez que uma situação de deterioração da relação população/recursos

levando à diminuição do bem-estar médio contribui para iniciar ou acelerar a concentração de terras: "Com um maior número de pessoas, a maior demanda por alimentos resulta em uma maior competição por terras agricultáveis, tendendo a modificar os preços das terras. Na situação mais comum, na qual os fazendeiros com pequenas propriedades têm muito menos acesso ao crédito e novas tecnologias do que aqueles com propriedades maiores, isso pode resultar, ao longo do tempo, em uma parcela menor da população rural que pode ser proprietária de terras, um tamanho médio dos lotes menor para a maioria dos pequenos fazendeiros que continuam donos de terra e um aumento no tamanho médio das fazendas grandes. Esse processo de aumento das diferenças socioeconômicas tem sido bem documentado na América Latina e também pode estar ocorrendo na África e Ásia" (Bilsborrow e DeLargy, 1991).

Geralmente, a pobreza é vista como um contribuinte considerável da superutilização dos recursos nos países em desenvolvimento. "Famílias pobres são virtualmente forçadas a superutilizar os recursos naturais para a subsistência diária. Assim, os colonos sem terra ocupam as florestas tropicais ou cultivam mandioca e milho em vertentes altamente erodíveis. Proprietários rurais, em países com déficit de madeira para combustível, desnudam a vegetação e queimam restos de cultura e resíduos animais como combustível, em vez de utilizá-los como fertilizantes. Isso contribui para a desertificação. Homens subempregados em vilas costeiras superutilizam as áreas de pesca, próximas à costa, já esgotadas. É estabelecido um ciclo de pobreza e degradação dos recursos naturais" (Repetto, 1987). Para Blaikie e Brookfield (1987), "uma vez que a expansão seja realizada amplamente por aquelas pessoas deslocadas de áreas mais antigas devido à pobreza ou por outras pressões de origem social ou política, a nova terra tem que ser gerenciada por aqueles com os menores recursos para dedicar ou desviar para sua gestão". O Nepal fornece um exemplo dessas situações onde a pobreza é a causa básica de uma gestão infeliz, que tem como conseqüência a pobreza profunda.

Já foi dito que essa visão é superficial. Apesar de se reconhecer que os pobres "são mais prováveis de recolher combustível de graça, coletar todos os últimos pedaços secos de estrume para combustível, em vez de deixá-lo para adubar o solo ou, então, migrar para trabalhar deixando a esposa em

casa sobrecarregada demais para se responsabilizar por qualquer trabalho extra de conservação do solo", Harrison (1992) relata que "os maiores fazendeiros têm mais probabilidade de usar tratores ou possuem uma criação maior que, se não for gerenciada apropriadamente, pode causar mais danos ambientais que os humanos". Ele destaca as situações como as do Lesoto, onde os mais pobres não possuem terras nem criações. Uma vez que eles não têm acesso à terra, não podem degradá-la. Aqueles que causam a maior parte do dano são os que possuem gado e, entre esses, os 23% mais ricos que possuem 74% do gado. A pecuária degrada as áreas montanhosas nos meses de verão. No inverno, o gado come restolho (restos da colheita) e pisoteia as margens dos terraços.

Harrison (1992) também vê a tendência de se mover para as florestas e terras marginais mais como uma questão de idade (com os mais jovens como calouros) do que como uma categoria socioeconômica. Quanto a tomar posse de grandes concessões de floresta, aqueles com melhor situação econômica têm uma probabilidade muito maior de abrir clareiras e cultivá-las com mão-de-obra e tratores subcontratados (ou alugados). Relata ainda que, "mesmo antes de estar degradada, uma área marginal, por natureza, geralmente não produz bastante excedente para levar seus habitantes para fora do padrão de pobreza. Áreas e pessoas pobres destroem um ao outro". Há mais valor nessa análise, bem como na observação de que "o consumo e o lixo por pessoa também são menores entre os pobres". A conclusão é a de que, "de um modo geral, os pobres causam menos dano ao ambiente do que qualquer outro grupo. Eles são vítimas, não transgressores" (Harrison, 1992).

Vale a pena também lembrar que o acesso médio aos recursos naturais é afetado amplamente pela densidade populacional: a pressão populacional "é um elo reforçador e importante em reduzir esse acesso a setores de uma população agrária", de modo que, mesmo não causando a degradação da terra inevitavelmente, ela "pode, quase fatalmente, levar à pobreza extrema quando ocorre em países subdesenvolvidos e, principalmente, rurais" (Blaikie e Brookfield, 1987).

1.5.4.2. Posse da Terra

Com relação aos fatores que estimulam ou desencorajam os trabalhos de conservação da terra, argumenta-se que somente com a propriedade privada valeria a pena que os camponeses cuidassem da sustentabilidade de seus métodos de cultivo: "Tanto os sistemas de propriedade da terra quanto a posse e organização do negócio que não oferecem segurança ao produtor" são considerados "os principais obstáculos à conservação" (FAO, 1983). Um certo número de autores, especialmente Boserup (1981), afirmou que a mudança na propriedade da terra, de coletiva para individual, que geralmente surge conforme a terra se torna escassa, promove investimentos na produtividade dos proprietários.

Muito tem sido feito a respeito da superutilização dos recursos da propriedade comum (CPR — *Common Property Resources*), uma característica que está presente em muitas sociedades: "O crescimento populacional é mais provável de resultar em degradação, quando a terra é mantida em comum, sem regras que administrem seu acesso" (Jolly e Torrey, 1993). O destino dos CPR tem sido muito estudado, por exemplo, na Índia, por Jodha (1991), que registrou que a população elevada, em conjunto com as mudanças nas relações de mercado e privatização das terras, levou ao declínio no tamanho dos recursos da propriedade comum, uma maior pressão, e à diminuição da gestão comum; tudo isso precipitou a degradação das terras. Cleaver e Schreiber (1992) também observaram que o rápido crescimento populacional geralmente é responsável por colapsos na gestão comunal da terra, falhas no controle dos recursos e tragédias locais. Mas a posse conjunta não tem de levar a tais resultados. Onde se mantêm fortes sanções sociais e culturais, o uso pode permanecer sustentável; o problema, na realidade, está no acesso livre aos recursos.

Além disso, os sistemas de posse tradicionais têm sido, geralmente, mal entendidos e subestimados. Por exemplo, "sugere-se, geralmente, que a posse comunal é a norma no oeste da África e que os indivíduos, portanto, têm pouco incentivo para fazer quaisquer investimentos a longo prazo, nas fazendas. Esse argumento é questionável por alguns fatos. Primeiro, a expressão *posse comunal* é utilizada muito imprecisamente para cobrir diferentes formas de propriedade (por um líder, por uma linhagem etc.) e,

mais importante, diferentes formas de gestão (por grupos inteiros, por representantes dos membros do grupo ou por indivíduos). Segundo, nem todas as formas de posse comunal induzem a falta de estímulos para investimentos a longo prazo". Fazendo um balanço, a ausência da posse individual não parece ser um obstáculo intransponível (Gorse e Steeds, 1987), já que a pressão populacional ou outros fatores não erodem as regras essenciais ao sistema.

O argumento de Boserup (1981) também "falha ao se referir que as mudanças induzidas na produção são sustentáveis e não trata das mudanças sucessivas na posse que geralmente ocorrem após a mudança para a propriedade individual", em especial os aspectos de distribuição: "Conforme os proprietários individuais adquirem terra, o potencial de concentração das terras nas mãos de poucos aumenta. Na verdade, o desenvolvimento de sistemas de posse da terra como o modelo ocidental, na África, levou algumas vezes à concentração dos direitos de acesso em certos grupos e removeu os métodos nativos de determinação do uso (Jolly e Torrey, 1993). Dessa forma, os acordos de arrendamento e meação surgiram entre os grandes proprietários e aqueles sem terra produtiva suficiente; mas "é pouco provável que os arrendatários façam investimentos de longo prazo, aumentando o potencial para a degradação" (Clay *et al.*, 1994).

Vários estudos têm mostrado as diferenças de comportamento entre proprietários e arrendatários. As terras arrendadas geralmente são as mais degradadas. Mas uma visão mais cuidadosa revela que arrendatários com direitos de uso a longo prazo podem ser tão inclinados a melhorar a terra quanto os proprietários. A segurança da posse, e não a propriedade, é decisiva, porque permite ao fazendeiro colher os benefícios de seus investimentos ou de seu controle, ao contrário dos arrendamentos de terra a curto prazo que estão "entre os modelos mais perniciosos", a partir desse ponto de vista (FAO, 1983).

1.5.4.3. Mercados e Políticas Públicas

Muitas das mudanças econômicas tipicamente associadas com a idéia de "modernização", inclusive a função econômica do Estado moderno, são

vistas como afetando negativamente a gestão dos recursos naturais, ao nível local, tanto pelas autoridades da comunidade como pelos camponeses.

Em muitos locais, "o crescimento da monetarização produziu mudanças profundas nas instituições, expandiu as estruturas familiares, e suas práticas cautelosas de gestão dos recursos sofreram um colapso. As autoridades das comunidades locais, que deveriam ter tomado medidas políticas para controlar o abuso na exploração dos recursos, foram constantemente coagidas. A autoridade política cada vez mais centralizada também contestava a capacidade de tomar decisões, das corporações locais, para gerenciar seu ambiente" (Gorse e Steeds, 1987).

A tendência à urbanização na gestão macroeconômica também tinha sua função; por exemplo, promovendo "alimentação barata e combustível para os consumidores urbanos. À medida que os baixos preços ao produtor desencorajavam uma produção mais intensiva e o comportamento imprevisível das agências públicas de comercialização aumentava o risco aos fazendeiros, a abertura de clareiras para futura produção extensiva e/ou a abreviação dos períodos de pousio era promovida" (Gorse e Steeds, 1987). De uma forma mais geral, a alimentação barata e os baixos preços agrícolas mantiveram o valor da terra baixo, tornando sua conservação sem atrativos.

A promoção de culturas lucrativas pelos governos na busca de ganhos com a exportação geralmente acelerava também a exaustão do solo, porque as principais culturas deste grupo (cacau, café e algodão) são muito exigentes em nutrientes. A água para irrigação teve seu preço subvalorizado, levando à sua utilização excessiva e aos problemas associados. As facilidades de crédito inadequadas deram acesso a implementos modernos de difícil compreensão para os pequenos proprietários, e são, portanto, altamente responsáveis pelo fracasso na intensificação do cultivo. O valor agregado gerado pelos produtores foi confiscado pelas instituições estatais de comercialização. Em suma, as distorções das políticas agrícolas pedem correções para a causa da conservação ambiental.

1.6. Conclusões

Deve estar claro até aqui que a degradação das terras é o resultado de muitos fatores, alguns fora do controle do homem, e que é inútil procurar por um modelo de explicação unicausal (Blaikie e Brookfield, 1987). Provavelmente é impossível argumentar satisfatoriamente que uma das principais categorias de fatores geralmente é decisiva. Primeiro, a variabilidade de situações ao nível local é muito grande para sustentar qualquer generalização. E, depois, as alterações na população, os fatores sociais e tecnológicos são interligados, de modo que é impossível atribuir-lhes efeitos autônomos.

Enquanto nenhuma verdade geral puder ser proposta, é necessário, em situações de degradação iminente ou em andamento, procurar os fatores nos quais intervir. Um conceito útil a esse respeito é o de "cadeia de interpretação". A cadeia "se inicia com os gestores e suas relações diretas com a terra (rotação de culturas, uso da lenha como combustível, densidade dos estoques, investimentos de capital etc.). O próximo elo diz respeito a suas inter-relações, suas relações com outros usuários da terra e com grupos que fazem parte dessa sociedade e que a afetam de alguma forma, o que por sua vez determina a gestão da terra. A economia mundial e dos estados constituem os últimos elos na cadeia" (Blaikie e Brookfield, 1987). *A priori*, a pressão populacional parece se aplicar aos primeiros elos da cadeia.

Exceto em colapsos acidentais dos sistemas de produção, sob forças exógenas (secas, guerras etc.), o elemento comum na degradação ambiental é a pressão da produção sobre os recursos (Pavelis, 1983). Essa pressão pode surgir de vários fatores, inclusive de uma população grande ou em crescimento, das demandas externas de mercado, ou da natureza das produções ou criações. Ela também pode surgir de condições institucionais, sociais e econômicas que levam os gestores da terra à extração de excedentes, forçando-os por sua vez a extrair mais da terra do que é sustentável. Tais condições são: taxas e tributos pesados; salários muito baixos; negação de acesso aos recursos comuns da propriedade; baixo preço das mercadorias devido às políticas de preços ou distorções do mercado; o endividamento dos fazendeiros, entre outras.

CAPÍTULO 2

O Papel da Geomorfologia no Diagnóstico de Áreas Degradadas

2.1. A Ciência Geomorfológica

A Geomorfologia tem como principal objeto de estudo as formas de relevo. Além de estudar as formas de relevo, também são investigados os processos que deram origem a essas formas e os materiais que foram trabalhados pelos processos para resultar em diferentes formas. Nesse sentido, a Geomorfologia estuda toda a superfície da Terra, levando em conta os processos geomorfológicos, que modelam o relevo terrestre. O mau uso da terra pode provocar danos ambientais que repercutem em prejuízos para o homem ou mesmo em perdas de vidas humanas. Marques (2001) chama a atenção para os relevos, "que constituem os pisos sobre os quais se fixam as populações humanas e são desenvolvidas suas atividades, derivando daí valores econômicos e sociais que lhes são atribuídos. Em função de suas características e dos processos que sobre elas atuam, oferecem, para as populações, tipos e níveis de benefícios ou riscos dos mais variados. Suas maiores ou menores estabilidades decorrem, ainda, de suas tendências evolutivas e das interferências que podem sofrer dos demais componentes ambientais ou da ação do homem".

Nesse sentido, a Geomorfologia passa a ter um importante papel, juntamente com a Pedologia, no diagnóstico de áreas degradadas, porque todas, ou quase todas, as atividades que os seres humanos desenvolvem na superfície terrestre estão sobre alguma forma de relevo ou algum tipo de solo. Existe uma grande interface entre a Pedologia e a Geomorfologia, e