

ANÁLISE EMPÍRICA DA FRAGILIDADE DOS AMBIENTES NATURAIS E ANTROPIZADOS

Jurandyr Luciano Sanches Ross*

1. OS PRESSUPOSTOS HISTÓRICO-AMBIENTAIS

A fragilidade dos ambientes naturais face as intervenções humanas é maior ou menor em função de suas características genéticas. A princípio, salvo algumas regiões do planeta, os ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas passaram progressivamente a intervir cada vez mais intensamente na exploração dos recursos naturais.

Pode-se estabelecer paralelismo entre o avanço da exploração dos recursos naturais com o cada vez mais complexo desenvolvimento tecnológico, científico e econômico das sociedades humanas. As sucessivas revoluções técnico-científicas acompanhadas de vigoroso e complexo desenvolvimento econômico nos dois últimos séculos, mas sobretudo nos últimos 80 anos, transformou radicalmente o homem como ser social. Promoveu de modo geral a longevidade humana com a redução dos índices de mortalidade, mas não conseguiu reduzir a natalidade no mesmo nível, como seria o desejável. Deste modo possibilitou a humanidade, um rápido crescimento demográfico. A tecnificação e a sofisticação crescente dos padrões sócio-culturais juntamente com o crescimento populacional cada vez mais interferem no ambiente natural a procura cada vez maior dos recursos naturais. Nas regiões em que todo esse processo de desenvolvimento ocorreu, os desequilíbrios entre crescimento econômico e disparidades sociais são menos acentuadas, mesmo porque o crescimento de suas populações também se reduziram pelo acentuado decréscimo das taxas de natalidade. O mesmo não ocorreu com as regiões que "importaram o progresso tecnológico". Nessas áreas de influência, o tecnicismo gerou impactos sociais muito mais agressivos, contribuindo para um verdadeiro desequilíbrio nas relações sociais, culturais, econômicas e ambientais. Houve rápida modificação nos sistemas de produção com as novas tecnologias. Estas inserções tecnológicas proporcionaram um desenvolvimentismo econômico

que não foi acompanhado do desenvolvimento social e cultural e mesmo econômico para a maior parte da população.

A crescente industrialização concentrada em cidades, a mecanização da agricultura em sistema de monocultura, a generalizada implantação de pastagens, a intensa exploração de recursos energéticos e matérias-primas como o carvão mineral, petróleo, recursos hídricos, minérios, tem alterado de modo irreversível o cenário da terra e levado com frequência a processos degenerativos profundos da natureza.

No Brasil, que sofreu uma forte e cada vez mais incisiva influência externa do desenvolvimento tecnológico, caracterizando-se como "importador de tecnologias e capitais", os problemas sociais, culturais e ambientais são marcadamente fruto da disparidade na capacidade e de oportunidades das diferentes camadas sociais de absorver e ajustar-se aos impactos criados por esse mecanismo. A história econômica brasileira demonstra com nitidez a característica de economia periférica a que sempre o país esteve submetido, quer seja com a cana de açúcar nos séculos XVI e XVII, a mineração do século XVIII, o café dos séculos XIX e XX e a soja a partir da década de 70. Produtos quase únicos da pauta de exportações de suas épocas, sempre colocaram o país nas condições de economia de suprimento complementar dos centros mais desenvolvidos. A mineração e as monoculturas da cana de açúcar, café e mais recentemente a soja foram responsáveis por surtos econômicos significativos, mas ao mesmo tempo foram acompanhados de vigorosos processos de degradação da natureza e agressivos processos de exploração irracional com grandes desperdícios dos recursos naturais.

A mancha verde dos cafezais em 150 anos percorreu vasta região desde o morro da Tijuca no Rio de Ja-

(*) Texto Produzido em Fevereiro de 1993 – Laboratório de Geomorfologia – Depto. de Geografia – FFLCH/USP

neiro no primeiro quartel do século XIX até o norte do estado do Paraná, quando praticamente cessou sua marcha, cedendo lugar a soja na década de 70. Neste período o percurso deixou marcas significativas na paisagem como por exemplo uma vasta rede urbana e densa malha rodo-ferroviária e na natureza solos empobrecidos pela erosão, florestas e flora dizimadas e extensivas pastagens, quase sempre de baixa produtividade. A monocultura da soja, que no setor da economia agrícola substituiu o café, alterou profundamente as relações de trabalho no campo com a tecnificação agrícola e acentuou os problemas ambientais com o uso intensivo dos adubos químicos, e dos controladores das ervas daninhas e dos insetos, através do uso de defensivos químicos.

Em função de todos os problemas ambientais decorrentes das práticas econômicas predatórias, que têm marcado a história deste país, e que obviamente tem implicações para a sociedade a médio e longo prazos, face ao desperdício dos recursos naturais e a degradação generalizada com perda de qualidade ambiental e de vida, é que torna-se cada vez mais urgente o Planejamento Físico Territorial não só com a perspectiva econômica-social mas também ambiental. Assim sendo, a preocupação dos planejadores, políticos e a sociedade como um todo, ultrapassa os limites dos interesses meramente de desenvolvimento econômico e tecnológico, mas sim devem preocuparem-se com o desenvolvimento que leve em conta não só as potencialidades dos recursos, mas sobretudo as fragilidades dos ambientes naturais face as diferentes inserções dos homens na natureza. Dentro desta perspectiva de planejamento econômico e ambiental do território, quer seja ele, municipal, estadual, federal, bacia hidrográfica, ou qualquer outra unidade, é absolutamente necessário, que as intervenções humanas sejam planejadas com objetivos claros de ordenamento territorial, tomando-se como premissas a potencialidade dos recursos naturais e humanos e as fragilidades dos ambientes. Os estudos analíticos relativos a fragilidade, expressos através de cartogramas e textos, são documentos de extrema importância ao Planejamento Ambiental, que tenha como centro de preocupação o desenvolvimento sustentado, onde conservação e recuperação ambiental estão lado a lado com desenvolvimento tecnológico, econômico e social.

2. CONCEPÇÃO TEÓRICA DA ANÁLISE DA FRAGILIDADE E DA POTENCIALIDADE DOS RECURSOS NATURAIS

Os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem a intervenções das ações humanas. Assim, a elaboração do Zoneamento Ambiental deve partir da adoção de uma metodologia de trabalho baseada na compreensão das características e da dinâmica do ambiente natural, e do meio sócio econômico, visando buscar a integração das diversas disciplinas científicas específicas, por meio de uma síntese do conhecimento acerca da realidade pesquisada.

O zoneamento não pode ser formulado a partir de uma leitura estática do ambiente, mas inserida no entendimento do processo de ocupação que norteia o desenvolvimento e a apropriação do território e de seus recursos.

A funcionalidade dos ambientes naturais alterados pelas ações humanas e comandada, de um lado, pela energia solar através da atmosfera e, por outro lado, pela energia do interior da terra através da litosfera. A troca permanente de energia e matéria que se processa nestas duas grandes massas, aliadas a presença da água em seus três estados físicos, é a responsável pela dinâmica e pela presença da vida vegetal e animal na terra.

Aliado a estes processos naturais, é cada vez mais significativa a ação humana, que, ao se apropriar do território e de seus recursos naturais, causa grandes alterações na paisagem natural com um ritmo muito mais intenso que aquele que normalmente a natureza imprime.

Grigoriev (1968) apud Ross(1990), define esse quadro como sendo o "Estrato Geográfico da Terra, ou seja, uma estreita faixa compreendida entre a parte superior da litosfera e a baixa atmosfera, correspondendo ao ambiente que permite a existência do homem como ente biológico e social, bem como os demais elementos bióticos da natureza. Esse "estrato geográfico", assim considerado por ser palco das ações humanas, têm no homem, como ser social, o centro das preocupações.

A estrutura físico-biótica do estrato geográfico se consubstancia nas diversas "camadas" ou componentes da natureza tais como a baixa atmosfera, a hidrosfera, a litosfera e a biosfera. Estas componentes se articulam e interagem de forma tal, que definem mecanismos extremamente complexos de funcionamento e de interdependência. Além do ambiente natural, o meio antrópico é parte fundamental no entendimento do processo, sendo para isso imprescindível a análise das relações sócio-econômicas entre os homens e destes com a natureza. Assim sendo, os estudos ambientais integrados e espacializados no tempo e no território devem contemplar a pesquisa, tanto em nível das disciplinas que representam o todo ou parte das componentes do "estrato geográfico", como a inter-relação entre elas.

Os diferentes ambientes naturais encontrados na superfície da terra, que são decorrentes das diferentes relações de troca de energia e matéria entre as componentes, são denominados na concepção da teoria de sistemas como ecossistemas. Os fluxos de energia e matéria entre as componentes da natureza e da sociedade podem ser sinteticamente representados como ilustra a figura a seguir. As relações de troca energética, absolutamente interdependentes, não permitem, por exemplo, o entendimento da dinâmica e da gênese dos solos sem que se conheça o clima, o relevo, a litologia e seus respectivos arranjos estruturais, ou ainda, a análise da fauna sem associa-la a flora que lhe dá suporte, que por sua vez, não pode ser entendida sem o conhecimento do clima, da dinâmica das águas, dos tipos de solos e assim sucessivamente.

Sem a diversidade da biosfera, sem os gases e o clima da baixa atmosfera, sem a água e os recursos da litosfera, as sociedades humanas não podem sobreviver. A noção clara dos limites de dependência das componentes naturais e dos limites de inserção do homem na natureza, necessitam melhor dimensionamento e esclarecimento, somente assim se torna possível a adoção de práticas conservacionistas e de políticas de recuperação ambiental e desenvolvimento sustentado.

Diante destes conhecimentos, as sociedades humanas não devem ser tratadas como elementos estranhos a natureza e portanto aos ecossistemas onde vivem. Ao contrário, precisam ser vistas como parte fundamental desta dinâmica representada através dos

fluxos energéticos que fazem o sistema como um todo funcionar. Entretanto as progressivas alterações até então inseridas pelas sociedades humanas nos diferentes componentes naturais, afetam cada vez mais a funcionalidade do sistema e com frequência induzem a graves processos degenerativos ao ambiente natural, em um primeiro momento, e a própria sociedade em prazos mais longos. Por isso é cada vez mais urgente que se faça inserções antrópicas absolutamente compatíveis com a potencialidade dos recursos de um lado e com a fragilidade dos ecossistemas ou ambientes naturais de outro.

As proposições de zoneamento ambiental devem refletir a integração das disciplinas técnico-científicas na medida em que se deve considerar as potencialidades do meio natural, adequando os programas de desenvolvimento e os meios institucionais a uma relação harmônica entre sociedade e natureza, onde o princípio básico é ordenamento territorial calcado nos pressupostos do desenvolvimento com política conservacionista.

O conhecimento das potencialidades dos recursos naturais passa pelos levantamentos dos solos, relevo, rochas e minerais, das águas, do clima, da flora e fauna, enfim de todas as componentes do estrato geográfico que dão suporte a vida animal e do homem. Para análise da fragilidade, entretanto exige-se que esses conhecimentos setorizados sejam avaliados de forma integrada, calcada sempre no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre as suas componentes físicas e bióticas.

As fragilidades dos ambientes naturais devem ser avaliadas quando pretende-se aplica-lá ao planejamento territorial ambiental, baseada no conceito de Unidades Ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1977). Dentro dessa concepção ecológica o ambiente é analisado sob o prisma da Teoria de Sistemas que parte do pressuposto de que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico. Esse equilíbrio entretanto, é frequentemente alterado pelas intervenções do homem nas diversas componentes da natureza, gerando estado de desequilíbrios temporários ou até permanentes. Diante disto Tricart (op cit) definiu que os ambientes, quando estão em equilíbrio dinâmico são estáveis, quando em desequilíbrio são instáveis. Esses conceitos foram utilizados por

Ross(1990), oportunidade que inseriu novos critérios para definir as Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Unidades Ecodinâmicas Instáveis. As Unidades Ecodinâmicas Instáveis foram definidas como sendo aquelas cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambiente naturais através dos desmatamentos e práticas de atividades econômicas diversas, enquanto as Unidades Ecodinâmicas Estáveis são as que estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana, encontrando-se portanto em seu estado natural, como por exemplo um bosque de vegetação natural. Para que esses conceitos pudessem ser utilizados como subsídio ao Planejamento Ambiental, Ross (op cit), ampliou o uso do conceito, estabelecendo as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente em vários graus, desde Instabilidade Muito Fraca a Muito Forte. Aplicou o mesmo para as Unidades Ecodinâmicas Estáveis, que apesar de estarem em equilíbrio dinâmico, apresentam Instabilidade Potencial qualitativamente previzível face as suas características naturais e a sempre possível inserção antrópica. Deste modo as Unidades Ecodinâmicas Estáveis, apresentam-se como Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial em diferentes graus, tais como as de Instabilidade Emergente, ou seja de Muito Fraca a Muito Forte.

3. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS PARA ANÁLISE EMPÍRICA DA FRAGILIDADE DOS AMBIENTES NATURAIS

A análise empírica da fragilidade exige estudos básicos do relevo, do sub-solo, do solo, do uso da terra e do clima. Os estudos passam obrigatoriamente pelos levantamentos de campo, pelos serviços de gabinete, a partir dos quais gera-se produtos cartográficos temáticos de geomorfologia, geologia, pedologia, climatologia e Uso da Terra/Vegetação. Esses produtos temáticos são acompanhados dos relatórios técnicos sintéticos. Assim os estudos dos solos prestam-se por um lado a avaliação da potencialidade agrícola (aptidão agrícola ou capacidade de uso) e de outro subsidia a análise da fragilidade do ambiente face às ações antrópicas ligadas a agro-pecuária. Os levantamentos geológicos são básicos para o entendimento da relação relevo/solo/rocha, as informações climáticas, sobretudo as de chuvas (intensidade, volume, duração), também se prestam tanto para a análise da potencialidade agrícola como para avaliação da fragilidade natural dos ambientes, a rugosi-

dade topográfica do relevo (índices de dissecação) e declividades das vertentes bem como os levantamentos dos tipos de Uso da Terra, manejo dos solos para agricultura, tratados integradamente, possibilitam chegar a um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais.

3.1 - Etapas e Produtos Intermediários

A Carta Geomorfológica acompanhada da análise genética é um dos produtos intermediários para construção da carta de fragilidade. Sua execução passa pelos procedimentos definidos por Ross(1990 e 1992), que estabelece a concepção teórica e técnica para produção da carta geomorfológica e análise genética das diferentes formas do relevo. Para análise em escalas médias e pequenas tipo 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000, utiliza-se como base de informação os Padrões de Formas com a rugosidade topográfica ou os Índices de Dissecação do Relevo, expressos através da Matriz dos Índices de Dissecação. Quando a análise é de maior detalhe, como escalas de 1:25.000, 1:10.000, 1:5.000 e 1:2.000, utiliza-se as formas de vertentes e as Classes de Declividade. Nestes casos deve-se utilizar os intervalos de classes já consagrados nos estudos de Capacidade de Uso/Aptidão Agrícola associados com aqueles conhecidos como valores limites críticos da geotecnia, indicativos respectivamente do vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamentos/deslizamentos e inundações frequentes. Deste modo estas classes são:

1 - < 3%	4 - 12 a 20%
2 - 3 a 6%	5 - 20 a 30%
3 - 6 a 12%	6 - 30 a 50%
	7 - > 50 %

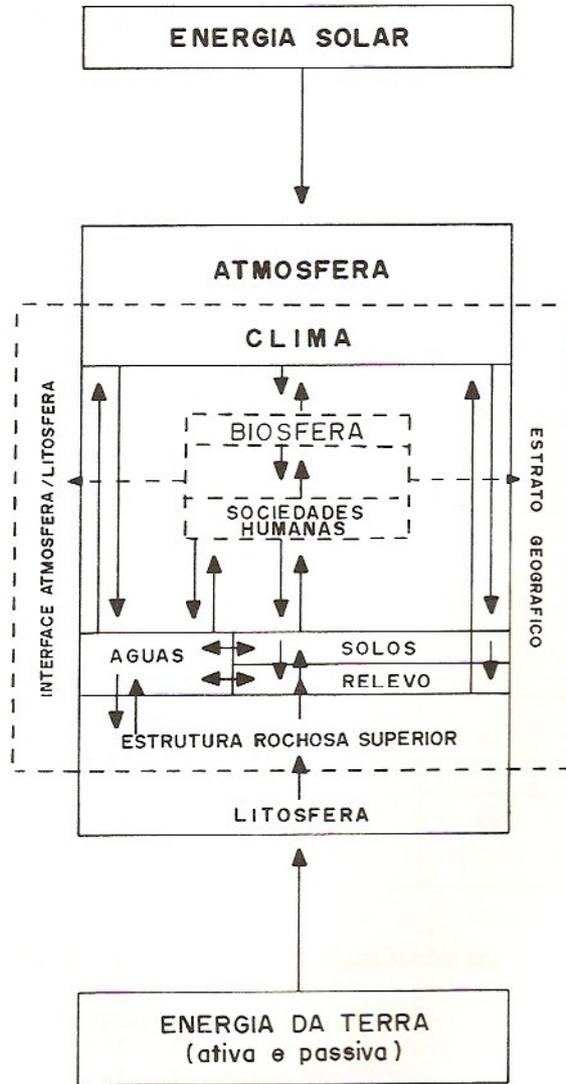
Sendo as classes de declividade de ate 6% muito baixas, o arranjo em categorias fica assim determinado:

Categorias Hierárquicas

Muito Fraca	ate 6%
Fraca	de 6 a 12%
Média	de 12 a 20%
Forte	de 20 a 30%
Muito Forte	acima de 30%

Para os estudos de escalas médias e pequenas, toma-se como referencial morfométrico a Matriz dos

FLUXO DA RELAÇÃO SOCIEDADE / NATUREZA



Paulo-USP/93

Org. Jurandyr L. S. Ross

índices de Dissecação desenvolvida por Ross(1992), baseadas na relação de densidade de drenagem/dimensão interfluvial média para a dissecação no plano horizontal e nos graus de entalhamento dos canais de drenagem para a dissecação no plano vertical.

A partir desta matriz estabelece-se as categorias de influência de Muito Fraca a Muito Forte, conforme ilustra a figura que segue:

MATRIZ DOS ÍNDICES DE DISSECAÇÃO DO RELEVO

\ Densidade de Drenagem ou \ Dimensão Interfluvial \ Média (Classes)	MUITO BAIXA (1) > 3750m	BAIXA (2) 1750 a 3750m	MÉDIA (3) 750 a 1750m	ALTA (4) 250 750m	MUITO ALTA (5) < 250m
Graus de Entalhamento dos vales (Classes)	> 15 mm	3 a 15 mm	3 a 5 mm	1 a 3 mm	1 mm
Muito Fraco (1) (< de 20m)	11	12	13	14	15
Fraco (2) (20 a 40m)	21	22	23	24	25
Médio (3) (40 a 80m)	31	32	33	34	35
Forte (4) (80 a 160m)	41	42	43	44	45
Muito Forte (5) (> 160m)	51	52	53	54	55

Assim as categorias morfométricas ficam classificadas em:

- 1-Muito Fraca--- da matriz 11,
 2-Fraca----- " " 21,22,12
 3-Média----- " " 31,32,33,13,23
 4-Forte----- " 41,42,43,44,14,24,34
 5-Muito Forte--- 51,52,53,54,55,15,25,35,45. " ,

Os critérios utilizados para a variável solos passa pelas características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais. Tais características estão diretamente relacionadas com relevo, litologia, e clima, elementos motores da pedogênese, e

fatores determinantes das características físicas e químicas dos solos. Baseado em resultados de pesquisas básicas desenvolvidas através de pesquisadores do Instituto Agrônomo de Campinas-Estado de São Paulo, pelo IAPAR-Instituto Agrônomo do Paraná, destacando-se entre estes Lombardi Neto & Bertoni (1975) e

Fasolo et alii (1982) entre inúmeros outros, somados com os levantamentos frequentes de campos por este autor ao longo das expedições de campo como técnico do Projeto Radambrasil e como pesquisador/professor do Depto. de Geografia da FFLCH- USP, as classes de fragilidade ou de erodibilidade dos solos, considerando o escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais podem assim ser agrupados:

Classes de Fragilidade	Tipos de Solos
1-Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho amarelo textura argilosa.
2-Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho amarelo textura média/argilosa
3-Média	Latossolo Vermelho amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo textura média/argilosa.
4-Forte	Podzólico Vermelho-amarelo textura média/arenosa, Cambissolos
5-Muito Forte	Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas.

Deve-se ressaltar entretanto que as observações de campo em diferentes regiões do Brasil dão evidências claras de que é preciso distinguir com clareza as diferenças entre a fragilidade/erodibilidade dos solos quando o escoamento é difuso ou quando é concentrado. É fato notório que o escoamento concentrado ao longo de caminhos e estradas, ou mesmo em terras preparadas para cultivo, faz trabalho muito mais agressivo nos Latossolos de textura média e média/arenosa do que nos solos mais argilosos e até mesmo mais rasos como Cambissolos, Podzólicos, Terra Roxa entre outros. Entretanto o transporte de detritos finos e material coloidal são mais abundantes a partir do horizonte superficial dos solos mesmo por escoamento difuso no segundo grupo de solos.

A análise da proteção dos solos pela cobertura vegetal passa pela construção da Carta de Uso da Terra e da Cobertura vegetal, resultante dos estudos de gabinete e de campo. Esse trabalho é calcado inicialmente na interpretação de imagens de satélite, quando se tratar de escalas médias e pequenas (1:50.000 a 1:500.000) e

em fotografias aéreas, quando se tratar de escalas grandes (1:2.000 a 1:25.000). Nas interpretações das fotos aéreas e imagens de satélite, identifica-se as manchas dos diferentes tipos de usos, tais como: matas naturais, capoeiras, bosques de silvicultura, culturas de ciclo longo (café, laranja, banana, uva, figo, cacau, seringueira, pimenta do reino etc.), culturas de ciclo curto (algodão, arroz, soja, milho, trigo, aveia, etc.), pastos naturais, pastos cultivados entre outros. Quando se tratar de áreas urbanizadas é preciso distinguir os padrões de urbanização quanto a impermeabilização, as áreas verdes, a infra-estrutura como canalização das águas pluviais, asfaltamento, guias e sarjetas, padrões das edificações, entre outros.

Pesquisas reveladas por Marques et alii (1961), através do IAC-do Estado de São Paulo indicaram perdas de solo por tipos de cultivo da ordem de:

Mata Natural	0,04 ton/he/ano
Pastagem	0,40 ton/he/ano
Café	0,90 ton/he/ano
Algodão	26,60 ton/he/ano

Resultados com certo grau de semelhança foi encontrado por Cassetti (1984) através da USP, para o Estado de Goiás, quais sejam:

Mata natural	0,03 ton/he/ano
Pastagem	0,23 ton/he/ano
arroz	51,65 ton/he/ano

Estes resultados, associados à inúmeros outros desta mesma natureza, bem como frequentes observações de campo efetuadas por este autor, permitem estabelecer uma hierarquia de graus de proteção aos solos pela cobertura vegetal, obedecendo em ordem decrescente da capacidade de proteção como segue:

Graus de Proteção	Tipos de Cobertura Vegetal
1- Muito Alta	Florestas/Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade.
2- Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária Cerrado Denso, Capoeira Densa). Mata Homogênea de Pinus densa,

	Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau
3-Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas
4-Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento)
5-Muito baixa a nula	áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplenagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

As práticas conservacionistas como a questão do manejo dos solos para a agricultura é fator fundamental para conter os processos erosivos no processo de degradação da qualidade agrícola dos solos. Neste sentido o IAPAR (1981), encontrou os seguintes resultados de perdas de solos com cultivo de milho em Latossolo Roxo:

Cultivo morro abaixo..... 26,1 ton/he/ano
 cultivo em contorno..... 13,2 ton/he/ano
 cultivo contorno/capina/
 ruas alternadas..... 9,8 ton/he/ano
 cultivo curvas com
 cordões nivelados..... 2,5 ton/he/ano

As pesquisas básicas associadas a erosão dos solos são fundamentais tanto para as práticas agrícolas conservacionistas como para subsidiar no Planejamento Ambiental, onde as práticas econômicas devem ser calçadas em princípios conservacionistas. Assim sendo, essas preciosas informações podem ser usadas como suporte quantitativo à análise até então feitas de forma qualitativa para a fragilidade dos ambientes naturais.

Os procedimentos operacionais para consecução de um produto cartográfico síntese que identifique manchas de diferentes padrões de fragilidade representados através das Unidades Ecodinâmicas Estáveis (Instabilidade Potencial) e das Unidades Ecodinâmicas Instáveis (Instabilidade Emergente), serão acrescidas de informações quantificadas a partir da Equação Universal de Perdas de Solo. Deste modo tais procedimentos passam pelas seguintes etapas, após terem sido concluídos todos os levantamentos básicos de geomorfologia, geologia, pedologia, uso da terra/cobertura vegetal e tratamento dos dados climáticos (chuvas).

- 1- Preparação de pranchas planimétricas indicando a hierarquia das classes dos Índices de Dissecação do Relevo,
- 2- Preparação de pranchas planimétricas indicando a hierarquia das classes de erodibilidade dos solos
- 3- Preparação de pranchas indicando a hierarquia das Classes de Proteção aos Solos pela cobertura vegetal.

Na preparação das pranchas das classes de Proteção aos Solos, deve estar contemplada as informações das práticas conservacionistas predominantes para cada tipo de uso do solo agrícola, principalmente quando se tratar de escalas médias e pequenas. Quando as escalas são grandes é possível tratar essa informação separadamente.

- 4- Estabelecer o cruzamento das informações das pranchas da Dissecação do Relevo e da Erodibilidade dos Solos, resultando em um produto intermediário decorrente da relação relevo/solo.
- 5- Estabelecer o cruzamento das informações das pranchas (relação relevo/solo) com a de Uso da Terra/Vegetação (incorporada das informações das práticas conservacionistas), resultando em um produto cartográfico síntese, que classifica e qualifica a área estudada em Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Instáveis com diferentes graus de Instabilidade Potencial e Emergente.

Outro modo de tratar a relação das variáveis, solos, relevo, clima, uso da terra (prática conservacionista) e cobertura vegetal é estabelecer uma classificação da fragilidade potencial e emergente a partir de uma associação de dígitos arábicos onde cada um dos números do conjunto numérico representa um determinado peso que conforme o exposto anteriormente nas tabelas clas-

sificatórias variam de 1 a 5 ou seja do mais fraco ao mais forte, ou do mais protegido para o menos protegido no caso do Uso da Terra/Vegetação.

Deste modo a associação numérica representa um dígito para a intensidade de dissecação do relevo (de 1 a 5), outro para a susceptibilidade à erosão dos tipos de solos (de 1 a 5) do menos susceptível ao mais susceptível, outro dígito para o grau de proteção aos solos pela vegetação (natural ou cultivada) também variando da mais protetora a menos protetora (1 a 5).

Assim sendo tem-se conjuntos arábicos de três dígitos, que combinam-se entre si, números de 1 a 5, podendo-se ter áreas com valores do tipo 111, 121, entre outros e chegando até ao valor extremo 555, onde todas as variáveis são absolutamente desfavoráveis.

No sentido de seguir a proposta de Unidades Ecodinâmicas, deve-se partir da seguinte sequência para a combinação numérica. O primeiro dígito referente ao Uso da terra/Cobertura Vegetal, o segundo relativo as Classes dos Índices de Dissecação do Relevo e o terceiro associado ao tipos de susceptibilidades dos solos. Deste modo, o conjunto numérico 111 – corresponde a uma Unidade Ecodinâmica Estável, ou Instabilidade Potencial Muito Baixa, pois a cobertura vegetal é de floresta, o relevo tem dissecação muito fraca e o solo tem muito fraca erodibilidade a erosão. No conjunto numérico 555 – a Unidade Ecodinâmica é de Instabilidade Emergente Muito Forte, onde o Uso da Terra se constitui por área desmatada com solo exposto, relevo muito fortemente dissecado e solos muitos frágeis aos processos erosivos.

6- Como última etapa pode-se ainda aplicar para cada Unidade Ecodinâmica Estável e Instável encontrada, a Equação Universal de Perdas de Solo, chegando-se com isso a resultados quantificados da Carta de Fragilidade dos Ambientes Naturais. Esse produto passa a ser um documento de informações genéricas, cujos resultados são aproximativos e indicativos dos diferentes graus de fragilidade tanto potencial quanto emergente.

3.2 - Aplicação da Equação Universal de Perdas de Solos na Análise Regional da Fragilidade.

A aplicação desta equação deverá ocorrer para cada uma das "manchas de fragilidade" identificadas. A fórmula matemática expressa-se pela relação:

$$A = R.K.L.S.C.P, \text{ onde}$$

A = representa a perda total de solo por unidade de área(he),

R ou E = erosividade causada pelas chuvas,

K = erodibilidade dos solos face suas características físicas

L = índice relativo ao comprimento da vertente ou rampa

S = índice relativo a declividade média da rampa ou vertente

C = índice relativo ao fator uso e manejo da terra

P = índice relativo à prática conservacionista adotada.

O índice de erosividade das chuvas (fator R ou E), é calculado de acordo com Lombardi Neto & Moldenhauer (1980) apud IPT (1990) através da fórmula:

$$R \text{ ou } E = 6,866 \cdot (P2 : p)^{0,85}, \text{ onde}$$

R ou E = erosividade da chuva

P = precipitação média mensal elevada a raiz quadrada.(P2)

p = precipitação média anual,tudo elevado a 0,85.

Bertoni & Lombardi Neto (1985) apresentam um quadro síntese, indicando porcentagens de valores médios anuais do índice de erosão, tomada como exemplo para uma região do Estado de São Paulo (Tabela 01).

A erodibilidade dos solos, de acordo com Lombardi Neto & Bertoni (1975), apud IPT (1990) pode ser feita através da análise do solo em laboratório quanto as propriedades das argilas. Os autores apresentam um quadro síntese que indica a erodibilidade calculada para cada tipo de solo do Estado de São Paulo-valores de K (Tabela 02).

No que se refere aos fatores declividade (S) e comprimento de rampa ou vertente (L) são tratados pelos referidos autores através da relação:

$$LS = 0,00984 \cdot L \cdot 0,63 \cdot S \cdot 1,18, \text{ onde}$$

L = comprimento da vertente em metros,

S = declividade predominante expressa em porcentagem.

Apresentam também um quadro síntese, onde aparece diretamente várias combinações da relação do comprimento de rampa/vertente com a declividade das mesmas (Tabela 03)

Para os fatores relativos ao Uso da Terra (C) e a prática conservacionista (P), os autores apresentam duas tabelas sínteses que ilustram tais fatores através de valores expressos numericamente (Tabelas 04 e 05).

3.3 - Tabelas Utilizadas na Aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo.

Estas tabelas constam do trabalho apresentado por Bertoni & Lombardi Neto através de um precioso manual sobre Conservação de Solos, publicado pela Livro Ceres em 1985. Embora toda pesquisa tenha sido voltada para os tipos de uso do solo do Estado de São Paulo e aos tipos de solos aqui encontrados, sua aplicação é absolutamente aceitável para outras áreas do território brasileiro que apresentam características semelhantes de relevo, solo, uso da terra e clima. Cabe lembrar também que os trabalhos embora tenham sido desenvolvidos com a preocupação de orientar as atividades agrícolas, podem e devem ser utilizadas como subsídios aos estudos voltados ao planejamento ambiental.

As pesquisas básicas desenvolvidas por cientistas do IAC-Instituto Agrônomo de Campinas, IAPAR-Instituto Agrônomo do Paraná, INPA-Instituto de Pesquisas da Amazônia, IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e vários outros ligados as Universidades Estaduais e Federais brasilei-

ras, demonstram claramente que apesar das necessárias generalizações e adaptações decorrentes das características locais e regionais, é possível promover-se o desenvolvimento econômico e social adotando-se procedimentos técnicos que se não protegem integralmente o ambiente, pelo menos minimizam os efeitos degradadores das ações humanas.

É preciso cada dia mais ver o ambiente e seus recursos naturais como um patrimônio da humanidade atual e futura.

RESUMO

O trabalho tem a intenção de fazer uma proposta de análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados sob o prisma da teoria dos sistemas, expressa por Tricart(1977) com a denominação de Unidades Ecodinâmicas. É uma linha de preocupação de geomorfologia aplicada ao planejamento ambiental partindo do princípio que os recursos naturais devem ser utilizados pelos homens, obedecendo critérios técnicos-científicos dentro de uma política conservacionista. Assim sendo, a postura é de análise técnica que considere de um lado as potencialidades dos recursos naturais e de outro as fragilidades potenciais dos mesmos.

Palavras chave: Análise Ambiental - Unidades Ecodinâmicas - Fragilidade dos ambientes

4. BIBLIOGRAFIA DE APOIO

- 1 - Bertoni, J. & Lombardi Neto, F. - Conservação do Solo - Livro Ceres - Piracicaba 1985.
- 2 - Bigarella, J.J. & Mazuchowski, J.Z. - Visão Integrada da Problematologia da Erosão, - Livro Guia do 3º Simpósio Nacional de Controle de Erosão - Maringá PR. 1985.
- 3 - Casseti, W. - Ambiente e Apropriação do Relevo - Editora Contexto, São Paulo 1991
- 4 - Gerasimov, J. - Problemas Metodológicos de la Ecologización de la Ciencia Contemporánea, in La Sociedad y el Medio Natural - Editorial Progreso - Moscou 1980.
- 5 - Grigoriev, A.A. - The Theoretical Fundaments of Modern Physical Geography, in The interaction of Sciences in the Study of the Earth, Moscou, 1968.
- 6 - IAC-Instituto Agrônomo de Campinas - Perdas por Erosão no Estado de São Paulo - Boletim Técnico Bragantia n=47 Campinas, 1961.
- 7 - Mescerjakov, J.P. - Les Concepts de Morphostruture et Morphoculture : Un novel instrument de l'analyse geomorphologique, in Annales de Geographie, 77 annee, n = 423-Paris, 1968.
- 8 - Ross, J.L.S. - Geomorfologia Ambiente e Planejamento, Editora Contexto São Paulo, 1990.
- 9 - Ross, J.L.S. - O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo, in Rev.do Depto.Geografia-FFLCH-USP n6, São Paulo, 1992.
- 10 - Tricart, J. - Ecodinâmica - FIBGE/SUPREN, Rio de Janeiro, 1977.
- 11 - Tricart, J. - Paisagem e Ecologia, in Interfacies n = 76 - IBILCE-UNESP- São José do Rio Preto, 1982.

TABELA 01 - Porcentagem do valor médio anual no índice de erosão que ocorre entre 01 de julho e as datas indicadas. (Bertoni & Lombardi Neto 1985)

Área nº	01/7	01/8	01/9	01/10	01/11	01/12	01/01	01/02	01/03	01/04	01/05	01/06	01/07
1	0	2	3	5	19	30	47	66	82	88	92	97	100
2	0	1	2	4	15	23	42	64	82	92	94	98	100
3	0	1	1	2	10	18	39	62	84	95	97	99	100
4	0	0	0	1	9	21	44	66	84	95	98	99	100
5	0	1	2	3	13	21	45	68	86	95	97	99	100
6	0	1	2	4	12	21	42	65	84	95	97	99	100
7	0	1	2	4	14	24	44	65	83	94	97	99	100
8	0	0	1	4	12	22	42	63	81	95	98	99	100
9	0	2	3	6	17	25	44	65	82	93	96	98	100
10	0	2	5	9	22	30	45	63	78	88	92	96	100
11	0	1	2	5	13	22	38	61	81	94	97	99	100
12	0	2	4	7	18	24	38	59	77	90	95	98	100
13	0	2	4	9	18	27	44	59	74	88	95	99	100
14	0	2	4	7	15	21	31	47	65	81	92	98	100

TABELA 02 - Valores de K, da equação de espaçamento de terraços, para grupos de solo do Estado de São Paulo (Bertoni & Lombardi Neto)

SOLOS	K
SOLOS COM B TEXTURAL	
Podzólico vermelho-amarelo, orto	0,882
Podzólico vermelho-amarelo, variação Piracicaba	0,964
Podzólico vermelho-amarelo, variação Laras	1,036
Podzólico em cascalho	0,817
Podzolizado Lins e Marília, variação Lins	0,728
Podzolizado Lins e Marília, variação Marília	0,841
Mediterrâneo vermelho-amarelo	1,194
Terra Roxa roxa estruturada	1,256
SOLOS COM B LATOSSÓLICO	
Latossolo roxo	1,191
Latossolo vermelho-escuro, orto	1,205
Latossolo vermelho-escuro, fase arenosa	1,332
Latossolo vermelho-amarelo, fase rasa	1,074
Latossolo vermelho-amarelo, fase arenosa	1,294
Latossolo vermelho-amarelo, fase terraço	1,218
Latossolo vermelho-amarelo, húmico	1,140
Solos Campos do Jordão	1,060
SOLOS POUCO DESENVOLVIDOS	
Litossolo	0,704
Regossolo	1,284

TABELA 05 - Valor de P, da Equação de Perdas de Solo, para algumas práticas conservacionistas. (Bertoni & Lombardi Neto, 1985).

Práticas conservacionistas	Valor de P
Plantio morro abaixo	1,0
Plantio em contorno	0,5
Alternância de capinas + plantio em contorno	0,4
Cordões de vegetação permanente	0,2