



ANÁLISE SISTÊMICA APLICADA AO ESTUDO DA FRAGILIDADE DE TERRAS DO CERRADO PAULISTA.

Prof. Dr. Archimedes Perez Filho
Felipe Barozzi Seabra
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Eixo Temático: Análise e Diagnóstico de Processos Erosivos.
Palavras-chave: Geossistema; Arenização; Cerrado.

“O meu propósito não é empreender uma leitura sistêmica do universo; não é cortar, classificar, hierarquizar os diferentes tipos de sistemas, desde os sistemas físicos até o sistema homo. O meu propósito é mudar o olhar sobre todas as coisas, da física ao homo. Não é dissolver o ser, a existência da vida no sistema, mas compreender o ser, a existência da vida, com a ajuda também do sistema” (MORIN, EDGAR. 2002).

Introdução

A presença do homem e conseqüentemente da sociedade no mundo é um fator na diversificação da natureza, pois ela atribui às coisas um valor, acrescentando ao processo de mudança um dado social. As invenções técnicas aumentam o poder de intervenção e autonomia relativa do homem frente ao meio ambiente físico transformando a natureza.

“Através do conhecimento das potencialidades dos recursos naturais, o homem interfere na dinâmica natural da Terra de maneira rápida e agressiva, gerando sérios problemas ambientais. Isso faz com que alguns pesquisadores defendam a idéia de estarmos hoje vivenciando uma nova realidade ambiental, onde as derivações antrópicas apresentam-se cada vez mais influentes e contundentes” (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003).

O simples conhecimento das potencialidades do meio-ambiente natural passando pelos levantamentos dos solos, relevo, rochas, águas, clima, enfim, de todas as componentes do estrato físico geográfico dão suporte à vida animal e ao homem. O conhecimento setorizado dos elementos acima mencionados ocasionou inúmeros problemas ambientais devido ao seu aspecto reducionista que não leva em consideração as conexões e a complexidade dos elementos naturais como um sistema. Analisar o meio através de seus componentes dissociados acarreta uma perda de informação e pode ocasionar um desequilíbrio natural.



Para a análise da fragilidade do meio, entretanto, exige-se que esses conhecimentos setorizados sejam avaliados de forma integrada, calcada sempre no princípio de que na natureza a funcionalidade é intrínseca entre os componentes físicos (geossistema) e humanos (sistema sócio-econômico). A idéia de *organização* é fundamental na compreensão do meio, pois expressa a existência de ordem e entrosamento entre as partes ou elementos componentes de um conjunto. Daí considerarmos que esse entendimento seja de cunho geográfico, pois tal disciplina possui nada mais que a própria *organização espacial* como objeto de estudo.

Assim, a Geografia não pode ficar alheia à problemática ambiental, mas sim contribuir através do desenvolvimento de metodologias de pesquisa que permitam um planejamento ambiental integrado do espaço. Torna-se significativo salientar que os problemas ambientais, em função da expressividade espacial subjacente, tornam-se questões inerentes à análise geográfica.

Nessa perspectiva, esta pesquisa possibilitou um entendimento sistêmico dos processos de degradação ambiental das terras¹ originalmente recobertas por vegetação nativa do tipo Cerrado com suas variações fisionômicas (Cerradão, Cerrado, Campo-cerrado) em áreas do Estado Paulista. Metodologia capaz de relacionar os mais diversos elementos espaciais proposta nessa pesquisa é parte de um trabalho temático inserido num projeto maior que visa não só o entendimento de processos de degradação ambiental no Estado de São Paulo, mas em diversas áreas do Brasil que apresentem características geográficas semelhantes como em algumas regiões do Sul, Centro-Oeste e Nordeste.

Um dos principais problemas que tem afetado os recursos naturais no país refere-se à presença dos processos erosivos acelerados e de formações de extensas áreas denominadas de “areais”. No Estado de São Paulo, tais processos se concentram em áreas localizadas no Planalto Ocidental e Depressão Periférica Paulista onde as Formações Superficiais Cenozóicas originam solos extremamente arenosos e, portanto, de alta fragilidade. A área em questão, localizada no caso da Depressão Periférica, uma configuração de um compartimento deprimido, entre as serras cristalinas do planalto Atlântico e as Cuestas Basálticas é, como hipótese genética, admitida como sendo o resultado de erosão diferencial causada pela

¹ Terras: Está-se considerando aqui terra como um segmento da superfície do globo terrestre definido no espaço e reconhecido em função de características e propriedades compreendidas pelos atributos da biosfera, que sejam razoavelmente estáveis ou ciclicamente previsíveis, incluindo aquelas de atmosfera, solo, substrato geológico, hidrologia e resultado das atividades futuras e atuais humanas até o ponto que estes atributos exerçam influência significativa no uso presente ou futuro da terra pelo homem (FAO, 1976).



drenagem conseqüente e seus atributos subseqüentes. Vários autores admitem que, processos neotectônicos ou também tectônicos recentes contribuíram para com a formação das escarpas da mesma. No Planalto Ocidental Paulista, o relevo se apresenta com domínios de morrotes e colinas, destacando-se, entretanto, os planaltos residuais de Marília, Catanduva e Monte Alto. Segundo Ponçano, 1987, o relevo do Planalto Ocidental reflete “forte controle estrutural das camadas sub-zonais da bacia do Paraná, com leve caimento para Oeste, formando uma extensa plataforma estrutural extremamente suavizada onde se destacam alguns platôs residuais sustentados por arenitos do Grupo Bauru”.

O uso intensivo dessas terras no Estado de São Paulo, acelerado pelo desenvolvimento industrial, processou-se em sua maior parte através da destruição de sua vegetação natural, com o desmatamento de extensas áreas ocupadas pela Floresta Latifoliada e Tropical e pelas diferentes fisionomias de Cerrado, inicialmente para se transformar em extensas áreas de pastagens e de cultivos anuais e/ou perenes. O solo desnudo de cobertura vegetal se torna mais suscetível aos agentes erosivos relacionados à precipitação e à direção dos ventos acelerando assim o processo evolutivo da paisagem. O resultado é uma ruptura no equilíbrio entre relevo-solo-vegetação que ocasiona entre as diversas conseqüências a perda do solo e de seus nutrientes. O uso inadequado das terras em algumas localidades dessas áreas, juntamente com a fragilidade natural apresentada, tem favorecido a ocorrência de processos erosivos e de arenização². O processo inicial de formação de areais ocorre sob áreas de reduzida biomassa evoluindo para manchas arenosas ou areais propriamente ditos, passando por feições de degradação como áreas de sulcos, ravinas e de formação de voçorocas. Também foi apresentada como hipótese para o local do estudo que, áreas mais suscetíveis a tais processos são principalmente as de pastagens onde as gramíneas são introduzidas e/ou plantadas em substituição da vegetação nativa da região.

Foram estabelecidas nesse projeto, as relações entre solo, relevo, clima, vegetação (geossistema), uso e ocupação das terras (sistema sócio-econômico) nessas áreas tidas como frágeis através da coleta de dados empíricos realizados em campo e seu devido tratamento através da perspectiva sistêmica Geográfica. Tais relações possibilitarão realizar o diagnóstico ambiental e a proposição de uso e ocupação ou de unidades de conservação nas áreas de fragilidade ambiental dessas regiões do Estado.

² Arenização: processo erosivo que, diferentemente da desertificação ocorre em áreas tropicais e sub-tropicais onde a precipitação se diferencia das áreas desérticas. Tal processo consiste na evolução espacial de manchas de areia devido principalmente ao transporte eólico.



Tomando como *hipótese* a abordagem Geossistêmica (SOTCHAVA, 1962) procuramos entender a organização espacial dos elementos físicos do meio e, considerando a cobertura vegetal como elemento meio entre solo e clima, identificamos o elemento de maior significância na estrutura organizacional da paisagem.

Para isso relacionamos os tipos de solos encontrados na área (predominantemente solos arenosos como os Neossolos Quartzarênicos) com a vegetação de Cerrado e suas variações fisionômicas: Cerradão, Cerrado e Campo-Cerrado e com os demais elementos do espaço. Os *Cerrados* estão associados a *solos arenosos* relativamente profundos, permitindo fácil percolação da água e conseqüente acentuada lixiviação. Assim estes solos são ácidos com pH variando entre 4 a 5 e pobres em nutrientes (TROPPEMAIR, 1989). A falta de nutrientes assim como as altas concentrações em alumínio são responsáveis pelo aspecto retorcido da vegetação (GOODLAND, 1979). Comprovamos a *hipótese* de que os elementos solo e relevo possuem maior influência no sistema em estudo uma vez que o clima da região não possui variação significativa fazendo com que tais elementos determinem o tipo de cobertura vegetal existente e, conseqüentemente as áreas mais suscetíveis a processos erosivos. Assim, poderemos utilizar esse modelo de fragilidade em diversas regiões com características naturais semelhantes.

Análise Sistêmica e os Geossistemas em Geografia.

A visão sistêmica fora um importante acontecimento para a Geografia. O direcionamento para a sistematização e a integração do meio ambiente, com seus elementos, conexões e processos, como um potencial a ser utilizado pelo homem, adquire importância crescente TROPPEMAIR (2000)

O cuidado em se estudar o meio físico como um meio integrado e dinâmico na análise sistêmica é expresso por CHRISTOFOLETTI (1986) quando afirma: “A geografia física não deve estudar os componentes da natureza por si mesmos, mas investigar a unidade resultante da integração e as conexões existentes nesse conjunto”.



Partindo da noção de pensamento sistêmico, SOTCHAVA (1960) cria o termo Geossistema e o define como um Sistema Geográfico ou Complexo Natural Territorial. O estudo dos Geossistemas tem ganhado importância e aplicação crescente nos últimos anos. Entre outros objetivos, tal estudo procura fornecer subsídios que levem à conservação e ao uso racional dos recursos.

CHRISTOFOLETTI (1999) menciona que os Geossistemas, também designados como sistemas ambientais físicos, representam a organização espacial resultante da intervenção dos elementos físicos e biológicos da natureza (clima, topografia, geologia, águas, vegetação, animais, solos). Assim, tais sistemas possuem uma expressão espacial na superfície terrestre, funcionando através da interação areal dos fluxos de matéria e energia entre os seus componentes.

A perspectiva sistêmica orienta as análises pertinentes ao sub-sistema ambiental-físico, um componente do sistema maior, o Espaço Geográfico. É de vital importância ressaltarmos que, os Geossistemas sofrem a interferência do sistema sócio-econômico, modificando processos e fluxos de matéria e energia, repercutindo inclusive nas respostas da estruturação espacial geossistêmica. Assim, os seres humanos vão se inserindo como agente que influencia nas características visuais e nos fluxos de matéria e energia, modificando o “equilíbrio dinâmico” dos Geossistemas.

Como dito anteriormente, a avaliação das transformações ocorridas na superfície terrestre, assim como a análise da integração dos vários elementos dos Geossistemas, podem orientar para um uso das terras que evite a degradação generalizada do ambiente. SEABRA (2001) afirma que: “Uma caracterização de sistemas relativamente



homogêneos dentro de um Geossistema pode levar à compreensão dos processos que envolvem a sua dinâmica”.

Durante os primeiros trabalhos de campo (os de reconhecimento e delimitação da área) notamos, mesmo que empiricamente, a existência de um particular no sistema ambiental-físico analisado que condiciona, independentemente da ocupação antrópica, riscos de degradação da área, relacionada a instalação de processos de arenização. O uso da terra não contraria, mas acelera essa dinâmica evolutiva natural da paisagem, concordando com a afirmação de SUERTEGARAY (1996), ao analisar a formação de areais no Estado do Rio Grande do Sul. A *formação superficial* é, para os objetivos desse trabalho, o elemento fundamental do Geossistema. Essa afirmação não significa que se perde de vista a necessidade, conforme dito anteriormente, de “investigar a unidade resultante da integração e as conexões existentes nesse conjunto”.

O equilíbrio dinâmico dos ecossistemas que compõem a biosfera é constantemente alterado pela ação antrópica. “Como toda a causa tem seu efeito correspondente, todo benefício que o homem extrai da natureza tem certamente também seus malefícios. Desse modo, parte-se do princípio de que toda ação humana no ambiente natural ou alterado causa algum impacto em diferentes níveis, gerando alterações com graus diversos de agressão, levando, às vezes, as condições ambientais a processos até mesmo irreversíveis” ROSS (1990) atividade econômica enquanto processo de transformação consome a natureza, degrada energia e se traduz pela dissipação de dejetos no meio ambiente.

Como dito anteriormente, a avaliação das transformações ocorridas na superfície terrestre, assim como a análise da integração dos vários elementos dos geossistemas, podem orientar um uso da superfície que evite a degradação generalizada do ambiente. Em termos econômicos, prevenir tal degradação do meio é menos custoso do que a recuperação do quadro ambiental deteriorado. Para ROSS (1990), “com a postura de que é preciso prevenir muito mais do que corrigir torna-se imperativa a elaboração dos diagnósticos ambientais, para que se possam elaborar prognósticos, e com isso estabelecer diretrizes de uso dos recursos naturais do modo



mais racional possível, minimizando a deterioração da qualidade ambiental”. O autor destaca o papel específico da geomorfologia no trabalho de inventariar e analisar o quadro ambiental e a vê como uma disciplina em posição de interface, o que a torna ao mesmo tempo privilegiada e frágil. ROSS (op. cit.) destaca a complexidade dos estudos geomorfológicos como ponto de afirmação da disciplina, mas por outro lado, esta mesma complexidade torna necessária um certo nível de abstração nas considerações sobre as relações entre a forma, dinâmica e gênese do relevo.

Sem dúvida, o fato de a geomorfologia pertencer à categoria de ciência ponte PENTEADO (1981) merece discussão. Reside aí, mais especificamente no contato que estabelece entre outras ciências naturais no contexto das Ciências da Terra e a Geografia, ciência eminentemente humana, muito da fragilidade dos estudos geomorfológicos e suas aplicações, como no caso dos diagnósticos ambientais.

É necessário reconhecer os limites da geomorfologia enquanto disciplina (e mais especificamente da abordagem geossistêmica) na qual a ação humana é vista apenas como agente modificador do meio no contexto dos processos geomorfológicos. Nesta abordagem não se procura contextualizar e explicar a ação humana no campo das relações sociais.

Com base em RAFFESTIN³, diz-se que a relação do homem com a matéria é fundamentalmente uma relação mediada pelo trabalho, ou seja, para que a matéria seja qualificada (valorada) como recurso precisa ser o resultado de um processo de produção, no qual a técnica incide sobre a matéria mediatizada pelo trabalho. Para situar com precisão a presente problemática, é conveniente chamar a atenção para o fato de que a relação que faz surgir um recurso não é, portanto, puramente instrumental, mas também política, no sentido de que o trabalho é um produto coletivo. Como afirma RAFFESTIN⁴, toda relação com a matéria é uma relação de poder que se inscreve no campo político por intermédio do modo de produção.

Estas considerações são fundamentais para a demarcação dos limites da pesquisa geomorfológica e sua aplicação. CHRISTOFOLETTI (1999) chama a tenção para a possibilidade de confusão que decorre de tentativas de incluir os elementos sócios econômicos na abordagem geossistêmica. O reconhecimento dos limites da disciplina não reduzem sua estatura, ao contrário, justificam sua importância: a degradação do meio é um problema

³ Raffestin, Claude. Por uma geografia do poder. São Paulo: Ática, 1993

⁴ op. cit.



inegável e precisa ser visto em sua totalidade, e isso não se resume nas relações de poder, nas relações sociais, na política.

A geomorfologia permite um conhecimento sistemático dos sistemas naturais, procurando entendê-los sempre num processo de interação e interconexão. É sobre esses sistemas que se dão e repercutem as ações humanas, inseridas nas análises dos geossistemas.

Os estudos da gênese e dinâmica das formas de relevo nos quais se querem evidenciar os fatos geomorfológicos mais diretamente relacionados à atividade humana valorizam principalmente as formas menores do relevo, destacáveis em análises conduzidas em maiores escalas, isto é, em nível de detalhe. Em virtude da menor extensão da área considerada, os processos morfoesculturais têm maior importância em relação aos morfoestruturais. Esses estudos têm sido denominados de geomorfologia aplicada e representam uma tendência atual no Brasil, impulsionados dentre outros fatores pela obrigatoriedade dos estudos de impactos ambientais. Neles, busca-se a compreensão do funcionamento do geossistema relacionando informações que permitam a caracterização de superfícies geneticamente homogêneas, conforme a proposição de Demek (1967) apud ROSS (1990) para unidades taxonômicas básicas.

Metodologia e desenvolvimento da pesquisa

A primeira etapa da pesquisa consistiu na caracterização da área de estudo com a definição de sistemas homogêneos fundamentada nos aspectos de formas de relevo, climáticos, pedológicos, litológicos e de vegetação e uso. Esse estudo regional nos levou a uma melhor compreensão do Geossistema e dos processos que envolvem a sua dinâmica. Como dito anteriormente, percebe-se que existe um particular nos sistema ambiental-físico analisado que condiciona riscos de degradação da área, relacionada à instalação de processos de arenização. O uso da terra não contraria, mas acelera essa dinâmica evolutiva natural da paisagem. O processo inicial de formação de areais ocorre sob áreas de reduzida biomassa evoluindo para manchas arenosas ou areais propriamente ditos, passando por feições de degradação como áreas de ravinas e de formação de voçorocas. As áreas mais suscetíveis a tais processos são principalmente as de pastagem onde as gramíneas são plantadas em substituição da vegetação nativa da região.



A formação superficial é, para objetivos desse trabalho, o elemento fundamental do Geossistema. Comprovamos que as diferentes feições fisionômicas do Cerrado variam em função da textura de cada tipo de solo em que se encontram, onde, quanto mais argiloso maior a retenção de água e nutrientes para a planta e, conseqüentemente, maior a densidade e porte do tipo de Cerrado encontrado. Assim, com a metodologia explícita abaixo constatamos que os locais mais suscetíveis a tal processo dinâmico erosivo são os que apresentam uma cobertura vegetal mais pobre, conseqüentemente em solos de textura mais arenosa: os Neossolos Quartzarênicos (RQ).

Evidenciamos assim tais aspectos mais significativos e buscamos comprovar a **hipótese** de que os elementos solo e relevo possuem maior influência no Geossistema em estudo uma vez que o clima da região não possui variação significativa fazendo com que tais elementos determinem o tipo de cobertura vegetal existente e, conseqüentemente as áreas mais suscetíveis à processos erosivos. A metodologia utilizada possibilitou comprovar o que fora visto empiricamente em campo: uma intrínseca relação da cobertura vegetal (variações fisionômicas do cerrado) com a variação da textura dos solos encontrados na área. Assim, os principais condicionantes físicos que estão relacionados com a dinâmica erosiva na área são: o solo, a cobertura vegetal, o relevo e a declividade. Essa relação existente entre a cobertura vegetal e as características físicas do solo e do relevo foi comprovada através da foto-interpretção uma vez que as fotos aéreas em escala 1:25000 de 1962 revelam resquícios de vegetação praticamente nativa, no caso o Cerrado com suas variações: Cerradão, Cerrado e Campo-cerrado.

Essa relação evidenciada no trabalho contradiz a teoria dos refúgios biogeográficos que tenta explicar a existência de áreas florestais como a do Cerrado junto com sua fauna e flora em espaços relativamente restritos, enquanto em grandes áreas circunvizinhas ocorrem condições ambientais adversas. Para os biogeógrafos, a manutenção de um refúgio como os do Cerrado assim como as suas variações fisionômicas se dariam principalmente em função do clima. Ora, isso pode ser verdade em uma escala pequena em detalhes, quase global. O cerrado encontrado em nossa área de estudo, se localiza numa região onde o clima não varia significativamente. Assim, o que condiciona a sua variação e manutenção é, principalmente, o solo.



Considerações Finais

No decorrer dessa pesquisa, tivemos sempre em mente a visão integradora da realidade e do próprio Espaço Geográfico. A abordagem sistêmica aqui apresentada gera subsídios para um planejamento e gestão territorial que leve em consideração a complexidade do espaço. Essa monografia apresenta importantes dados empíricos e comprova relações vitais no entendimento dos Geossistemas.

A técnica e ciência apresentaram o homem com a capacidade de acompanhar o movimento e os fenômenos naturais. Geógrafos puros e aplicados valem-se desses instrumentos de acompanhamento e previsão para aperfeiçoar o conhecimento das leis da natureza física, antever o respectivo comportamento e, de posse dessas preciosas informações, alcançar uma implementação conseqüente das atividades econômicas e sociais SANTOS (2002).

Bibliografia

BERTALANFY, L.von. *Teoria geral dos sistemas*. Petrópolis: Vozes, 1973.

CASSETI, V. *Ambiente e apropriação do relevo*. São Paulo: Contexto, 2 ed., 1995.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de Sistemas Ambientais*. São Paulo: Edgar Blucher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. e A. TAVARES, A.C. *Análise de vertentes: caracterização e correlação de atributos do sistema*. *Notícia Geomorfológica*, 1977.

CHRISTOFOLETTI, A. *A significância da Teoria de Sistemas em Geografia Física*. *Boletim de Geografia Teórica* 16-17, Encontro de Geógrafos da América Latina. Rio Claro, 1986.

FAO. *A framework for land evaluation*. Roma: FAO (Soil,Bull,29) e Wageningen, ILRI, 1976.(Publ 22).

GOODLAND, R. *Ecologia do Cerrado*. Belo Horizonte: EDUSP 1979.



GREGORY, K. J. *A Natureza da Geografia Física*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. *Geomorfologia e meio ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

HAIGH, M. J. *Geography and general systems theory, philosophical homologies and current practice*. Geoforum, 16 (2): 191-203, 1985.

MONTEIRO, C.A .F. *Geossistemas: a história de uma procura*. São Paulo: Contexto, 2000.

MORIN, E. *O Método 1: A natureza da Natureza*. Porto Alegre: Sulina, 2002.

PENTEADO, M.M. *Fundamentos de geomorfologia*. Rio de Janeiro: IBGE, 3ed., 1981.

PEREZ FILHO, A. *Análise de Uma topossequência de solos no Vale do Moji-Guaçu* in Revista Geociências V. 2, UNESP, Rio Claro, 1982.

PONÇANO, W. L e PRANDINI, F. L. *Boçorocas do Estado de São Paulo: uma revisão*. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Marília, 1987.

RIBEIRO DE MELO, D. *Geossistemas: sistemas territoriais naturais*. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Curitiba, UFPR, 1997.

ROSS, J.L.S. *Geomorfologia - ambiente e planejamento*. São Paulo: Contexto, 4 ed., 1997.

SANT'ANNA NETO, J. L. *As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica*. São Paulo, 1995. 126p. Tese de Doutorado em Climatologia – FFLCH, Universidade de São Paulo.

SANTOS, M. *A Natureza do Espaço, técnica e tempo razão e emoção*. São Paulo: Edusp 2002.

SEABRA, F. B. e PERES FILHO. *Caracterização Geomorfológica e Avaliação da fragilidade do meio em área do município de Itirapina – S.P.* Resumos IX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Recife, 2001.

SOTCHAVA, V. B. *Définition de Quelques Notions et Termes de Géographie Physique*. Institute de Geographie de la Sibirie et Extrem Orient, 1962.



SUERTEGARAY, D.M.A. *Desertificação – recuperação e desenvolvimento sustentável*. In: Geomorfologia e Meio Ambiente. Orgs. A.J.T. GUERRA E S.B. CUNHA. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

TRICART, J.J.L. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TROPPMAIR, H. *Biogeografia e Meio Ambiente* - Rio Claro: EMPRAPA, 1989.

TROPPMAIR, H. *Geossistemas e geossistemas paulistas*. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 2000.

VICENTE e PEREZ FILHO. *Abordagem Sistêmica na Geografia* in Revista de Geografia. Rio Claro: UNESP, 2003.