

ROMPIMENTO DE EQUILÍBRIO E NOVAS ORGANIZAÇÕES ESPACIAIS RESULTANTES DA CONTRUÇÃO DE USINAS HIDRELÉTRICAS

De acordo com Lima e Queiroz Neto (1997), o ambiente é o resultado de relações imbricadas de fatores físicos, químicos, biológicos e sociais, interferindo uns sobre os outros e variando no espaço e tempo.

Um sistema ambiental (organização espacial) pode ser caracterizado como entidade organizada na superfície terrestre formada pelos subsistemas físico/natural e antrópico, bem como por suas interações. O subsistema físico/natural é composto por elementos e processos relacionados ao clima, solo, relevo, águas e seres vivos, enquanto os componentes e processos do subsistema antrópico são aqueles ligados à população, urbanização, industrialização, agricultura e mineração, entre outras atividades e manifestações humanas, a exemplo da cultura e da política.

Nesse contexto, cabe ressaltar o papel crucial da Geografia como ciência que tem como objeto de estudo as organizações espaciais (CHRISTOFOLETTI, 1999), o que possibilita a relação entre fenômenos de diferentes áreas do conhecimento humano que se materializam no espaço. Tal ciência abrange a estruturação, funcionamento e dinâmica dos elementos físicos, biogeográficos e sociais.

As organizações espaciais, devido à sua grande complexidade, necessitam, para seu entendimento, de arcabouço metodológico embasado na abordagem sistêmica. Esta abordagem, ao considerar a totalidade, permite a identificação dos subsistemas que constituem os geossistemas, bem como o entendimento de suas inter-relações, dos mecanismos de realimentação presentes e das transformações causadas pela ação do sistema antrópico.

Sistemas antrópicos, por meio do uso e ocupação das terras, usufruem dos potenciais dos geossistemas, modificando os fluxos de matéria e energia existentes nos mesmos. Tais modificações podem permitir o rompimento do equilíbrio dinâmico existente no sistema, alterando assim a sua expressão espacial e temporal, com conseqüente criação de novas organizações espaciais,

caracterizadas por formas e processos que evidenciam a busca pelo sistema físico/natural por um novo estado de equilíbrio dinâmico.

A ação do sistema antrópico como agente modificador dos processos e dos fluxos de matéria e energia nos geossistemas, pode ser observada pelo uso e ocupação das terras nas mais variadas formas existentes. Tal ação, quando desconhece o funcionamento dos sistemas físico/naturais, ou quando calcada em valores puramente econômicos, acabam por ocasionar degradação ambiental, em muitos casos irreversíveis, haja vista que o rompimento dos limiares de resiliência força o sistema a buscar novo estado de equilíbrio, porém sempre diferente de seu estado pré-existente.

Um sistema é composto por três componentes básicos, segundo Christofletti (1979), a saber, matéria, estrutura e energia.

A estrutura, constituída pelos elementos e relações entre estes e entre seus atributos, reflete a quantidade, qualidade e distribuição de matéria e energia no sistema estudado.

Em termos gerais, matéria representa o material, qualquer substância sólida, líquida ou gasosa, que ocupa lugar no espaço, e que será mobilizada pelo sistema, ou armazenada pelo mesmo.

Energia, segundo a Física, trata-se da capacidade de realização de trabalho e, dependendo da sua quantidade, tipo¹ e distribuição, garantem os processos de funcionamento do sistema.

Com relação à energia, há que se levar em consideração o conceito de entropia, que está relacionado à distribuição energética no interior do sistema. As variáveis componentes de um sistema tendem a alcançar o grau de entropia máxima, ou seja, a distribuição igualitária e ordenada da energia presente no interior deste. Quanto mais desordenada e desigualmente distribuída estiver a energia no interior de um sistema, maior será a quantidade de energia disponível para a realização de trabalho e, portanto, com entropia mínima. O conceito de

¹ Dois tipos de energia podem ser definidos aqui, a energia potencial, aquela que representa a força inicial responsável pela movimentação inicial do material, que depende da força gravitacional e que é diretamente proporcional à amplitude altimétrica e outra, a energia cinética, também conhecida como energia do movimento.

entropia torna-se fundamental ao entendimento dos mecanismos de estabilidade de um sistema, bem como de sua necessidade em alcançar o seu equilíbrio dinâmico.

Nem toda matéria e energia contidas em um dado sistema, em um determinado período de tempo, serão transportadas através do mesmo, visto que o ajustamento das variáveis internas poderá permitir que haja circulação e/ou armazenamento de tais componentes no interior do sistema considerado (CHRISTOFOLETTI, 2000).

Uma das dificuldades encontradas no estudo de sistemas trata-se da escolha da escala a ser adotada na análise, uma vez que esta depende do fenômeno a ser estudado. Cada fenômeno se manifesta em um determinado tipo de escala espacial e temporal. Além disso, elementos que se manifestam em determinada escala, podem possuir pouca ou nenhuma representatividade em escalas maiores de tempo e espaço (QUARESMA, 2008).

Com relação às manifestações temporais dos fenômenos da natureza e do homem definem-se pelo menos quatro escalas de importância nos estudos das organizações espaciais (QUARESMA, 2008), as quais seguem:

A primeira trata-se da escala do tempo futuro, referente aos eventos que poderão se tornar realidade. Nas análises e estudos em Geografia, tratam-se das previsões científicas de eventos, fenômenos, processos, formas e organizações espaciais que poderão existir, por meio de geração de modelos normativos, cenários, dentre outros.

A escala do tempo da Natureza pressupõe que os elementos naturais estão inter-relacionados, sendo que seus processos e formas existentes na organização físico/natural se manifestam em uma escala de tempo que lhe é própria. Não é a toa que o trabalho do referenciado geólogo americano William Morris Davis, ao procurar sistematizar as fases de evolução do relevo em termos de juventude, maturidade e senilidade, formula a sua Teoria do Ciclo Geográfico, também conhecida como Ciclo de Erosão ou ainda Ciclo Geomorfológico, para período de tempo aproximado entre 20 e 200 milhões de anos.

A formação dos solos, a partir do intemperismo de rochas e da influência de condições morfoclimáticas atuais, pode ser um exemplo de fenômeno a ser inserido na escala do tempo da Natureza. Sabe-se que quando ocorre degradação das propriedades químicas e físicas dos solos pelo uso e ocupação das terras, para que se constitua um novo processo pedogenético é necessário um período de tempo de milhares ou milhões de anos, escala temporal não compatível com a escala temporal dos eventos humanos.

A escala do tempo histórico do homem se inicia com a presença humana, não quando pré-histórica, nômade e coletora, mas a partir do surgimento das grandes civilizações, quando, por meio do uso de técnicas, o homem torna-se capaz de alterar de forma significativa, elementos e fenômenos pertencentes ao sistema físico/natural em uma tentativa de reduzir seus obstáculos e de controlá-lo.

É importante, para o cientista, ter clareza de que a escala do tempo histórico do homem surge num momento avançado da escala de tempo da natureza e constitui período de tempo mínimo em relação à extensão desta.

Outro ponto é que as escalas mencionadas no parágrafo anterior não devem ser concebidas de maneira estaque e linear, ou seja, não se deve pensar que no momento em que uma termina, a outra começa. Há uma coexistência das mesmas no tempo e, que pode ser percebida no espaço, a partir do surgimento da escala do tempo histórico do homem.

A quarta escala é a do tempo presente, que se caracteriza pelo fato do sistema antrópico, nas últimas décadas (em especial no pós Segunda Guerra e mais precisamente no pós década de 70 do século XX) ter atingido grande desenvolvimento técnico.

Trata-se do período ao que Richita (1968) e posteriormente Santos (2002) apontaram como aquele que se distingue de seus antecessores pela profunda inter-relação da ciência, da técnica e da informação, que permitiu ao mercado tornar-se global.

O cuidado que se deve ter é o de não concluir que o ambiente deva ser considerado como uma produção artificial do homem. Por mais que o processo de

uso e ocupação das terras se processe sob uma lógica cada vez mais ligada ao mercado, e haja adensamento de objetos técnicos tanto no campo quanto nas cidades, não se deve pensar que a natureza deixou de existir, ou que existindo, não seja também responsável por processos de formação de organizações espaciais, ou ainda, que não seja capaz de influenciar a estruturação, dinâmica e funcionamento dos sistemas antrópicos.

A afirmação de que “a natureza deixou de ser parte significativa do nosso meio ambiente” (GELLNER, 1989) Apud: Santos (2002) demonstra o descaso com que o homem tem tratado a mesma, desconsiderando seus processos e funcionamento, o que reflete a lógica com que tem se processado o uso e ocupação das terras a partir da segunda metade do século passado.

A escala do tempo presente se refere ao período em que o sistema antrópico passa a possuir meios para interferir e transformar os processos físico/naturais com grande intensidade. Neste período, também emerge a necessidade cada vez maior de se conhecer os elementos, atributos, inter-relações e funcionamentos dos sistemas físico/naturais, para que o processo de uso e ocupação das terras não seja guiado exclusivamente por lógicas economicistas e de mercado, mas sim embasados em um maior conhecimento dos geossistemas, a fim de que haja equilíbrio na relação homem/natureza.

Apesar do desenvolvimento tecnológico alcançado pelo homem, tornando-lhe capaz de alterar e controlar parte dos elementos e fenômenos pertencentes à natureza, esta, uma vez que constitui um sistema complexo, está longe de ser plenamente conhecida, quanto menos controlada. Assim, apesar da existência do tempo da ação humana (escalas de tempo histórico do homem e presente), há o tempo natural (escala de tempo da natureza), que coexistem no processo de formação das organizações espaciais.

O sistema antrópico é capaz de influenciar parte dos sistemas físico/naturais impondo-lhes ritmos diferentes e acelerando processos com conseqüente alteração de suas escalas de tempo de ocorrência.

Assim, processos e formas que se manifestariam na escala do tempo da natureza, passam a ocorrer nas escalas do tempo histórico e presente. E é por

isso que alguns pesquisadores, ao observarem as formas com que o homem tem interferido na dinâmica natural da Terra, defendem a idéia de, no tempo presente, ocorrerem processos geomorfológicos com gênese antrópica.

Grande parte dos estudos referentes aos sistemas naturais utilizam-se da expressão “equilíbrio dinâmico”. Por não estarem isolados, tais sistemas não são estáticos, no entanto, suas variáveis se ajustam de forma a permitirem distribuição igualitária de energia no seu interior, gerando um estado de equilíbrio não estático, ou simplesmente dinâmico, visto que há contínua troca de matéria e energia entre os elementos componentes do sistema, bem como deste com o universo que o engloba.

Entende-se por universo o conjunto maior que contém o sistema em estudo e que pode provocar alterações nos fluxos de matéria e energia, bem como na estrutura deste.

Tais alterações poderão gerar reações, visto que, nos sistemas, as relações tendem a não serem lineares. Assim, a ação do sistema antrópico sobre o geossistema tende a desencadear mecanismos de respostas, que almejam o reajustamento dos constituintes e processos internos frente às novas condições que lhe foram impostas. A tais mecanismos dá-se o nome de retroalimentação.

Estes mecanismos, no entanto, não implicam na conservação da expressão exterior do sistema, haja vista que, caso a influência externa seja capaz de romper os limiares de resiliência do sistema estudado, o reajustamento das partes internas tenderá a produzir uma organização espacial diferente da pré-existente. Em outras palavras, as alterações no fluxo de matéria e energia tendem a provocar mudanças internas no sistema, as quais se repercutem externamente, produzindo novas organizações espaciais.

Segundo Christofolletti (1980), foi Guglielmi que, no século XVII, inicialmente expressou a idéia de perfil de equilíbrio fluvial, a partir de sua conclusão de que um rio tende a modificar o seu canal, pela erosão e deposição até alcançar o equilíbrio entre energia e resistência.

Aquele mesmo autor expõe que o ajustamento entre setores de um rio e elementos da rede de drenagem serviram a Grove K. Gilbert, em 1887, a empregar o termo “rio equilibrado”.

A abordagem sistêmica aplicada aos estudos da dinâmica fluvial utiliza-se do termo estabilidade quando se refere ao estado alcançado quando o ajustamento do sistema permite o equacionamento das entradas (input) e saídas (output) de matéria e energia.

Para Morisawa (1968) Apud: Christofolletti (1980) um rio equilibrado trata-se daquele que atingiu o estado de estabilidade, no qual a quantidade de material transportado que entra no sistema, após certo tempo, é removido do mesmo. A estabilidade seria, portanto, mantida pela interação dos atributos do canal, dentre os quais, a declividade, forma do perfil transversal, rugosidade e padrão do canal.

Se a referida estabilidade depende dos atributos citados no parágrafo anterior, pode-se concluir que alterações nos mesmos tendem a provocar rompimento do equilíbrio dinâmico preexistente.

Outro elemento importante para a estabilidade de um rio trata-se do nível de base, o qual é apresentado, na Teoria Davisiana, como ponto chave e controlador dos processos erosivos ao longo dos cursos de água.

Davis, levando em consideração o nível de base geral, ou oceânico, explica a evolução do relevo terrestre em função de alterações deste. Assim, movimentos eustáticos, ao soerguerem rapidamente uma região aplainada, produziriam aumento da declividade, devido à ampliação da diferença altimétrica, o que forçaria os canais fluviais a buscarem novo perfil de equilíbrio, a partir de intensa erosão, que propiciaria alargamento das bacias fluviais e ocorrência de capturas de drenagem.

Segundo Christofolletti (1980), o modelo evolutivo relacionado com a pedimentação e pediplanação, apesar de possuir princípios similares aos modelos cíclicos davisianos, difere deste com relação ao nível de base, uma vez que pressupõe a permanência e generalização do mesmo.

Cotton (1948) propõe que qualquer ponto de um rio poderia ser considerado nível de base local para os demais trechos que se encontram a montante. Assim, não seriam apenas as alterações altimétricas em relação ao oceano, que poderiam responder por reativação da rede de drenagem, mas também modificações ocorridas no nível de base local, pertencentes a qualquer ponto do interior de uma bacia.

Christofolletti (1981) aponta para o fato de que construção de represas e reservatórios, os quais podem ser considerados como níveis de base locais, permitiram significativas coletas de dados sobre a influência do levantamento do nível de base sobre o perfil longitudinal. Uma das primeiras evidências encontradas trata-se da intensa sedimentação de carga detrítica transportada pelo rio nas proximidades da represa.

Muitos estudos que têm por base as alterações no nível de base local partem do mesmo raciocínio que orientou a teoria do ciclo geográfico, conforme brevemente mencionado em parágrafo anterior. Desta forma, quando ocorre alongamento do perfil longitudinal, ocorreria aumento da área, do débito, bem como do número e do comprimento de canais.

No entanto, processos identificados no Planalto Ocidental paulista têm permitido repensar tal raciocínio.

Por meio de imagens orbitais e trabalhos de campo, realizados na mencionada área, foram verificados intensos processos erosivos, surgimento de canais fluviais de primeira ordem, formação de sulcos, ravinas e voçorocas, recuo de cabeceiras, abatimentos e capturas fluviais em bacias de rios afluentes do Rio Paraná, tais como as do Peixe, Santo Anastácio e São José dos Dourados.

As interpretações de fotografias aéreas pancromáticas em escala aproximada de 1:25.000 e de imagens orbitais permitiram verificar a intensa alteração dos geossistemas causados pelo sistema antrópico, por meio do uso e ocupação das terras, principalmente cafeicultura e pecuária extensiva. Entretanto, estudos recentes têm demonstrado que alterações no uso e ocupação agropastoris, não poderiam ser indicadas como únicas responsáveis pelos processos geomorfológicos verificados.

Tais processos têm ocasionado pesado ônus à população local, não só pela perda de recursos naturais e degradação das terras, mas também pelos grandes investimentos destinados ao controle de tais fenômenos, porém, muitas vezes, apresentando pequeno sucesso, haja vista a falta de um melhor entendimento do funcionamento do geossistema.

O trabalho realizado por Rodrigues (2006) no baixo curso do Rio São José dos Dourados identificou aumentos significativos na densidade hidrográfica e de drenagem, nos últimos 40 anos. Tal autora, baseada na hipótese formulada por Perez Filho et al. (2001), concluiu que a reativação dos processos geomorfológicos anteriormente citados não resultaram apenas de inadequado uso e ocupação agro-pastoril, conforme pôde verificar com base na Classificação das Terras (Sistema de Capacidade de Uso), mas principalmente pelas alterações no nível de base local, ocasionadas pela construção de reservatórios das usinas hidrelétricas de Três Irmãos e Ilha Solteira.

Diante das informações anteriores, é possível pensar que a construção de represas além de modificar o nível de base local, ao ampliar a largura do canal, tornando-o mais volumoso, permite aumentar a influência do rio na recarga do lençol freático. A recarga maior tende a elevar o nível de água subterrânea ou superfície do lençol freático, forçando a ocorrência de olhos de água e nascentes em partes mais elevadas da topografia.

Deste modo, poderiam ser justificados os aumentos no número e comprimento de canais de primeira ordem.

O represamento, uma vez que já implica em maior deposição de sedimentos nas proximidades do reservatório, ao estar ocasionando processos erosivos intensos a remontante, tende a aumentar a carga detrítica transportada.

Assim, projetos destinados à construção de usinas hidrelétricas deverão levar em consideração esse novo aporte de sedimentos transportados pelos canais fluviais.

A velocidade com que tem se processado os fenômenos acima apresentados trata-se de uma comprovação da desestabilização fluvial,

ocasionada pela ação antrópica, que permitiu a ocorrência e aceleração de processos inerentes ao geossistema.

Além disso, projetos de construção de usinas hidrelétricas têm que ser analisados com certo cuidado, na medida em que desestabilizam a rede de drenagem, modificando o nível de base local e permitindo a reativação de canais de primeira ordem, bem como acelerando processos erosivos intensos, que expressam a busca dos elementos que compõem o geossistema por um novo estado de equilíbrio dinâmico.

A ação do sistema antrópico como agente modificador dos processos e dos fluxos de matéria e energia nos geossistemas, quando desconhece o funcionamento dos sistemas ambientais físicos, ou quando calcada em valores puramente econômicos, acabam por ocasionar degradação ambiental, as quais muitas vezes irreversíveis.

Os processos verificados no Planalto Ocidental Paulista refletem o resultado da grande capacidade influenciadora do sistema antrópico sobre os sistemas físico/naturais, que lhes impõe ritmos diferentes e os acelera, alterando suas escalas temporais e espaciais de ocorrência.

O maior conhecimento dos elementos, atributos, inter-relações e funcionamento dos sistemas físico/naturais é imprescindível para que o processo de uso e ocupação das terras, nas suas mais variadas formas, não se guie exclusivamente por lógicas economicistas, mas que também busquem maior equilíbrio na relação homem/natureza.

Referências

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

_____. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: Hucitec/Edusp, 1979.

_____. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgar Blücher Ltda, 1999. 236p.

COTTON, C. A. **Landscape**. Cambridge University Press, Cambridge, 1948, 509pp.

LIMA, Samuel do C.; QUEIROZ NETO, José P. de. Contribuição metodológica para estudos ambientais integrados nos cerrados. In: SHIKI, Shigeo; GRAZIANO DA SILVA, José; ORTEGA, Antônio César (org.). **Agricultura, meio ambiente e sustentabilidade do cerrado brasileiro**. Uberlândia: Gráfica da UFU, 1997.372p.

PEREZ FILHO, A.;SOARES,P.R.B.;ESPINDOLA,C.R. Processos erosivos e reativação de canais de drenagem no planalto ocidental paulista. In: Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada, 9, 2001, Recife. Anais...Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2001. v.1.p.84-85.

QUARESMA, C. C. Organizações espaciais físico/naturais e fragilidades de terras sob Cerrado: abordagem sistêmica aplicada à escala local. Campinas, SP:s.n.,2008.

RICHTA, Radovan. **Economia Socialista e Revolução Tecnológica**. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1972 [*La civilisation au carrefour*. Paris, Anthropos, 1968].

RODRIGUES, T. R. I. Influência de Reservatórios Hidrelétricos na Gênese e Evolução da rede de drenagem no baixo curso do Rio São José dos Dourados (SP). Campinas, SP: s.n., 2007.

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