

## AÇÃO ANTRÓPICA, ALTERAÇÕES NOS GEOSSISTEMAS, VARIABILIDADE CLIMÁTICA: CONTRIBUIÇÃO AO PROBLEMA

Victor Assunção BORSATO<sup>5</sup>  
Edvard Elias SOUZA FILHO<sup>6</sup>

**Resumo:** Este artigo aborda as preocupantes alterações nos atributos naturais dos geossistemas a partir das intervenções mais intensas na busca dos recursos naturais para satisfazer a crescente demanda comandada pelos sistemas socioeconômicos em curso. Procurou-se fazer uma comparação na velocidade de ocupação e alterações comandadas pelo homem na zona temperada e na tropical da Terra e, conseqüentemente, as alterações que esses geossistemas apresentam em função da posição astronômica e do equilíbrio térmico. Assim como as respostas que possam desencadear na dinâmica geral da atmosfera – a entropia e as suas conseqüências no clima. Propõe-se uma discussão que considera uma nova razão para um novo conhecimento do fenômeno climático, frente as eminentes variabilidades desencadeadas a partir das ações antropogenéticas.

**Palavras-chave:** Geossistema; clima; ação antrópica; entropia.

**Resumen:** Este artículo aborda las preocupantes alteraciones en los atributos naturales de los geosistemas a partir de las intervenciones mas intensas en la busca de los recursos naturales para satisfacer la creciente demanda comandada por los sistemas socioeconómicos en curso. Se busca comparar la velocidad de ocupación y alteraciones comandadas por el hombre en la zona templada y en la tropical de la tierra y consecuentemente las alteraciones que esos geosistemas presentan en función de la posición astronómica y del equilibrio térmico así como las respuestas que puedan desencadenar a la

<sup>5</sup> BORSATO, Victor Assunção; Doutorando - Nupélia UEM e professor da FAFIMAN / FAFIJAM – victorb@fafiman.br

<sup>6</sup> SOUZA FILHO, Edvard Elias; Professor Dr. Departamento de Geografia UEM.

dinámica general de la atmósfera- entropía, y las consecuencias en el clima. Se propone una discusión que considere una nueva razón para un nuevo conocimiento del fenómeno climático, frente a las eminentes variabilidades desencadenadas a partir de las acciones antropogénicas.

**Palabras clave:** geosistema; clima; acción antrópica; entropía.

## 1. INTRODUÇÃO

Os problemas decorrentes da gestão de procedimentos concernentes à renovação dos recursos naturais, à conservação e à preservação do meio ambiente são preocupantes. A mídia, de uma forma geral, tem focado as grandes preocupações do momento. Como, por exemplo, o efeito estufa, as chuvas ácidas e, principalmente, as mudanças climáticas, embora essas questões deveriam receber maior atenção dos órgãos governamentais e, principalmente, dos países que mais contribuem com tais alterações do meio ambiente.

Procurou-se, sem aprofundar na problemática, questionar alguns conceitos; como a entropia, a troca de energia entre os geossistemas e mesmo entre a superfície e a atmosfera; e esta e o espaço e a dinâmica natural. Embora se sabe que os ritmos dinâmicos dos sistemas sofrem intervenções e alterações antropogênicas em determinados componentes, os quais, com as alterações nos *inputs*, desencadeiam impactos. Ao mesmo tempo, a natureza procura reestabelecer o equilíbrio entre os componentes. Dependendo do grau ou da intensidade das modificações no meio natural, os desequilíbrios são inevitáveis. Na busca de restabelecer sua dinâmica habitual. As respostas que o meio nos dá é através de modificações na dinâmica climática ou geomorfogênese até atingir um novo equilíbrio e, às vezes, não desejáveis. A evolução, ou seja, o tempo necessário para reestabelecer à nova dinâmica depende do grau de intervenção e também do nível de fragilidade do geossistema.

Hoje, com todo o arsenal tecnológico disponível, não há como aumentar a produção de bens sem explorar os recursos

naturais. As intervenções nos componentes dos geossistemas são tanto maiores quanto maior o potencial de recursos disponíveis. Há uma crescente taxa de transferência de recursos entre as grandes regiões da Terra. Hoje, informações e mercadorias circulam o planeta, considerando-se os fluxos de matéria e energia, ou seja, o *input* e *output* dentro de um geossistema como fator de equilíbrio; considerando também os princípios da termodinâmica. Haverá, como consequência das trocas desequilíbrios, principalmente, considerando os recursos provenientes da biomassa, tanto na área onde os recursos foram explorados quanto onde estão sendo destinados. Questiona-se, também se o homem poderá utilizar e desenvolver tecnologia capaz de controlar os *inputs* e *outputs* nos geossistemas?

A evolução da sociedade e as alterações nos ambientes evidenciam o jogo da estrutura social, particular a cada momento histórico, que incide no espaço geográfico diferencialmente. Os estudos climáticos têm, na grande maioria deles, priorizado o estudo de casos ou abordado uma escala local, principalmente ao se tratar de alterações nos padrões habituais. Neste artigo, pretende-se a partir de um enfoque local, analisar e questionar o comportamento climático regional e global; abordando os princípios básicos dos geossistemas, frente às alterações comandadas pela ação do homem, na cobertura vegetal.

## 2. A RELAÇÃO HOMEM - MEIO NATURAL

A partir da Revolução Industrial, as alterações na paisagem aceleraram-se em níveis cada vez mais sofisticados e intensos. As indústrias ampliaram suas áreas de influências a partir da Europa e atravessaram os oceanos. Hoje constituem o símbolo da paisagem antrópica.

A partir da produção em série, o desenvolvimento tecnológico, mais cedo ou mais tarde, envolveu os mais diversos segmentos tecnológicos e permitiram, através dos meios científicos, não só o aumento populacional, como também uma maior longevidade do homem. A tecnologia médica curativa e preventiva

reduziu drasticamente a mortalidade para depois conscientizar a população das necessidades da redução da natalidade. Fatores que alteraram significativamente o ritmo demográfico humano.

A transição demográfica se caracteriza pelas três fases: na primeira, a natalidade e a mortalidade são altas; na segunda, a mortalidade cai, e a natalidade permanece alta; e na terceira fase, a natalidade e mortalidade são baixas. Os Países mais desenvolvidos alcançaram a terceira fase. Os demais, em sua grande maioria ainda estão longe de completar a transição demográfica e, continuam registrando crescimento acelerado de sua população.

O desenvolvimento tecnológico e o sistema capitalista possibilitaram, a cada ser humano, um aumento no consumo de energia per capita. Embora seja sabido que as desigualdades entre os povos se acentuaram com o advento da Revolução Industrial, seja em sua primeira fase (Capitalismo Concorrencial), na Segunda (Capitalismo Monopolista), ou na atual, monopolista e globalizada.

Nos Países do Norte, a população adquiriu um padrão de consumo elevadíssimo, principalmente, estadunidenses e europeus; enquanto a grande maioria da população dos Países do Sul vive com uma baixa renda monetária e baixo de consumo de energia **per capita**. Mesmo não levando em consideração o tamanho das desigualdades na distribuição da riqueza.

Dessa forma, percebe-se que os recursos naturais são cada vez mais intensamente explorados para atender as necessidades consumistas da população do planeta. Seja em razão da elevação do consumo, seja pelo aumento populacional. Hoje são mais de seis bilhões de seres humanos considerando-se o que cada indivíduo estadunidense consomem em média, os recursos naturais disponíveis, principalmente os não renováveis, seriam exauridos em poucos anos, e as conseqüências ambientais colocariam em risco a própria existência da vida humana no planeta. Embora o desejo de uma grande parcela da população, seja o estilo de vida norte-americano.

Por essa razão, o mundo começa a se organizar em defesa da qualidade de vida e de um meio ambiente saudável com perspectiva de garantir meios de sobrevivência para as gerações

futuras. E o grupo dos que defendem o desenvolvimento sustentável para o planeta é cada vez maior.

Os Países do Norte desenvolveram a indústria clássica. De certa forma, ao longo do tempo, puderam equilibrar o desenvolvimento tecnológico com o social e reduziram as desigualdades internas, proporcionando melhores condições de vida à população. Enquanto nos Países do Sul, há uma ampliação das desigualdades sociais por conta do empobrecimento da população, consubstanciadas pelo modelo desenvolvimentista adotado, que por sua vez, está fundamentado na importação de tecnologia desenvolvida em países cujas necessidades de uso de mão-de-obra estão centradas no setor terciário da economia.

O modelo desenvolvimentista promoveu a saída da população do campo que engrossou o contingente de mão-de-obra, não qualificada, nos centros urbanos: fomentando a criação de cidades informais e ampliando os cinturões de pobreza que caracterizam as grandes cidades em todos os países subdesenvolvidos.

A explosão urbana é um fenômeno mundial, mas é nos países subdesenvolvidos que os problemas de infra-estrutura se agravam. Embora seja ainda um processo em curso, verifica-se que as maiores aglomerações urbanas do mundo crescem em ritmo acelerado nos países subdesenvolvidos.

O crescimento urbano é uma agressão ao meio ambiente por si. Visto que, além da remoção da vegetação natural, modifica a superfície do terreno, impermeabiliza vastas áreas, contamina o solo, subsolo, o ar, as água subterrâneas e superficiais, além de alterar o mesoclima. As "ilhas de calor" verificadas, principalmente nas grandes metrópoles, são mais um exemplo de alterações ambientais que se manifestam em função da metropolização da sociedade contemporânea.

O mesmo modelo desenvolvimentista fomentou a expansão de fronteiras agrícolas. A demanda de madeira dizima áreas florestais e ampliam o impacto ao meio ambiente. As práticas econômicas predatórias mais agressivas se iniciaram pela Zona Temperada da

Terra e hoje atuam principalmente nas áreas de baixa latitude, provocando o desmatamento de vastas áreas de florestas equatoriais.

Considerando-se que na região tropical a energia absorvida é maior que a irradiada, a transferência de calor que se dá entre as zonas da Terra, seja por condução, convecção ou advecção segue a dinâmica da circulação geral da atmosfera terrestre. Alterações, no balanço de energia seja através da irradiação terrestre ou da radiação solar, alterarão sua própria dinâmica..

A princípio, sabe-se que o desmatamento, além dos inúmeros "traumas" ao ecossistema, modifica totalmente o balanço de energia local, o qual comanda a dinâmica atmosférica. A porcentagem de energia refletida, em relação à incidente, é alterada. Assim como as condições de umidade atmosférica. Se as considerações de Varejão-Silva (2000) forem levadas em conta, o desmatamento da Faixa Equatorial poderá modificar por completo a dinâmica atmosférica.

Os mecanismos responsáveis pela transferência meridional de calor para áreas com balanço de radiação negativo são as correntes aéreas (transporte de calor sensível e latente) e, em segundo plano, as oceânicas (transporte de calor sensível). O transporte de calor latente, em direção aos pólos, está associado a mudanças de fase de água, comprovando-se assim, mais uma vez, sua importância para a energia do sistema superfície-atmosfera.

Os estudos geológicos demonstram os efeitos das alterações ou mudanças climáticas sobre a paleogeografia e paleoecologia. O crescimento acelerado da população humana, a mecanização da agricultura e a urbanização vêm sendo acompanhados por um processo de degradação ambiental jamais dimensionados em tempos Modernos na superfície do planeta. Esta degradação pode levar às modificações climáticas que podem ameaçar a nossa própria existência.

### 3. A RELAÇÃO DO HOMEM COM O MEIO E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Os trabalhos cujo enfoque está centrado no clima urbano são conclusivos em mostrar as diferenças térmicas verificadas nos grandes centros urbanos com relação à periferia ou ao entorno. MENDONÇA (2001) estudou o clima urbano de Londrina, cidade do norte do Estado do Paraná, e constatou importantes anomalias em inúmeros elementos do clima, principalmente diferenças térmicas entre a superfície urbana e o seu entorno rural.

O mesmo raciocínio pode ser feito para as diferenças entre uma área florestada em comparação com o seu entorno agrícola. Por ora, não foi encontrado estudo que aborda as diferenças de comportamento dos elementos climáticos entre área com vegetação natural e área ocupada pela agricultura moderna em regiões tropicais. A sensibilidade humana, neste caso, pode dar-nos uma resposta, pois é fácil perceber as diferenças de temperatura e umidade entre uma área florestada e a área vizinha em dias quentes ou numa manhã fria.

Para diversos autores, o total de radiação solar que é interceptada pela Terra e a que retorna ao espaço direta ou indiretamente se equivalem (VAREJÃO-SILVA, 2000). Contudo, mesmo considerando que o balanço radiativo médio planetário se verifica um equilíbrio, as alterações antrópicas, em dadas regiões do globo, implementarão a recepção das radiações solares, ou seja, um solo arado, uma via pavimentada, as edificações urbanas, uma plantação em fileira, entre outros exemplos, absorvem a energia solar em quantidade e intensidade diferentemente de uma região natural e coberta por uma floresta tropical.

O acréscimo de energia pode vir a ser dissipado, mas até que as trocas se processam (sejam através das convecções atmosféricas, sejam através das correntes marinhas ou outras). Este acréscimo tenderá a dinamizar o sistema e **flutuações climáticas** poderão se manifestar em qualquer parte do planeta, ou mesmo uma manifestação de **tendência climática**.

Como o clima é um dos componentes integrante de um geossistema, é muito difícil caracterizar alterações nos padrões habituais. Sant'Anna Neto (1995) estudou as chuvas no Estado de São Paulo e evidenciou que elas não sofreram grandes alterações em valores anuais, mas sofreram uma diminuição nos dias com registros de precipitações. Isso caracteriza que as chuvas se tornaram mais intensa em cada episódio.

Os fenômenos *EL NIÑO* e *LA NIÑA* têm se manifestados em intervalo de tempo cada vez menor e intensidade maior. Embora o intervalo de tempo, em que o fenômeno tem sido sistematicamente acompanhado, seja muito reduzido para conclusões definitivas. Para Monteiro (1999), o fenômeno *EL NIÑO* é uma manifestação ou consequência direta da flutuação da energia solar e é consequência direta da flutuação de nossa fonte primária de energia. A atividade solar é extremamente variada, a partir das manchas solares. Fenômeno esse que tem uma influência direta na emissão da radiação solar e, sobretudo na recepção pelo planeta Terra. Como a circulação geral segue uma dinâmica ditada pela energia proveniente da irradiação terrestre, é claro que alterações na intensidade de energia liberada pela superfície da Terra alteram a dinâmica habitual.

Para Monteiro (1999), qualquer abordagem da atmosfera, seja ela meteorológica ou geográfica, há que se partir dos fenômenos básicos. Assim, o ponto de partida é a compreensão dos mecanismos das trocas de energia entre o Sol e a Terra. Por isso, é necessário compreender os mecanismos das formas de transmissão de energia. Para Ross (1992), o entendimento do relevo e sua dinâmica passam obrigatoriamente pela compreensão do funcionamento e da inter-relação entre os demais componentes naturais (águas, solos, clima e cobertura vegetal). Observa-se que, para o entendimento do clima ou qualquer outro componente natural, é necessária a compreensão do funcionamento da inter-relação entre os componentes do meio, ou seja, uma investigação geossistêmica. Para melhor entender a concepção geossistêmica e todo o debate dela provindo, deve destacar o que afirmou Sotchava (1978), sobre o Geossistema. Em condições normais, deve-se estudar, não os componentes da



natureza, mas as conexões entre eles; não se deve restringir à morfologia da paisagem e suas divisões, mas, de preferência, projetar-se para o estudo de sua dinâmica, estrutura funcional, conexões, (SOTCHAVA, 1978).

O princípio básico do estudo de sistemas é o da conectividade. Pode-se compreender um sistema como um conjunto de elementos com um circuito de ligações entre esses elementos; e um conjunto de ligações entre o sistema e seu ambiente, isto é, cada sistema se compõe de subsistemas, e todos são partes de um sistema maior, onde cada um deles é autônomo e ao mesmo tempo aberto e integrado ao meio, ou seja, existe uma inter-relação direta com o meio.

#### **4. OS GEOSISTEMAS E A AÇÃO DO HOMEM**

Os sistemas Ambientais Físicos, ou Geossistemas seriam a representação da organização espacial resultante da interação dos componentes físicos da natureza (sistemas). Ai, incluídos clima, topografia, rochas, águas, vegetação e solos. Dentre outros, podendo ou não estar todos esses componentes presentes. Bertrand (1971) dá ao Geossistema uma conotação um pouco diferente de Sotchava (1978). Para ele, o Geossistema é uma unidade, um nível taxonômico na categorização da paisagem: zona, domínio, região, "geossistema", geofaces, geótopo.

O geossistema é certamente um sistema natural, com dinâmica e mecanismos próprios, interconectados ao sistema global. Mas o ser humano jamais pode ser apenas um figurante em sua análise. O homem é parte integrante da natureza, de sua evolução e transformação e, portanto, faz parte do geossistema.

A ação antrópica faz parte do geossistema, embora ela possa afetar seu equilíbrio ou até mesmo sua dinâmica. Assim como o fazem as modificações naturais. A energia "consumida" e ou "transformada" com a ação antrópica poderá ser liberada do meio em forma de calor, no clima, na erosão dos solos, ventos ou mesmo nas geomorfogêneses ou podogêneses. A troca permanente de energia e

matéria adquire proporções e ritmo muito mais intenso que aquele que normalmente a natureza imprime. Cada uma dessas formas de energia liberada ao meio desencadeará ações e reações, e a unidade geossistêmica procurará restabelecer o equilíbrio.

Neste ponto, é oportuno empregar os conceitos de Unidades Ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1977), sobre 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 de equilíbrio dinâmico. A intervenção humana tem alterado constantemente esse equilíbrio. Diante disto, Tricart (1977) definiu que os ambientes, quando estão em equilíbrio dinâmico, são estáveis; quando em desequilíbrios, são instáveis.

Para que esses conceitos pudessem ser utilizados, ROSS (1990) ampliou-o, estabelecendo as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidades Emergentes em vários graus, desde Instabilidade Muito Fraca e Muito Forte. Ampliou-o para as Unidades Ecodinâmicas Estáveis: que, apesar de estarem em equilíbrio dinâmico, apresentam instabilidade potencial em diferentes graus, tais como: as Instabilidades Emergenciais, ou seja, de Muito fraca a Muito forte.

Claro que para o procedimento operacional, para a análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais, são necessários estudos básicos de todos os elementos e suas variáveis no espaço e no tempo para se chegar a um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais.

Quanto à sua área (geossistema), ela deverá variar de acordo com o objetivo a alcançar. Nunca poderá ser conceitualmente predeterminada. Cabe ao pesquisador encontrar seus limites sempre lembrando que o espaço deve ser considerado como uma totalidade. A prática, porém, exige que ele seja dividido em partes para sua melhor análise. Essas partes só terão sentido quando consideradas suas inter-relações. Por um lado, é importante não esquecer que, em suas delimitação, deverão ser encontrados aspectos homogêneos. Quanto maior a área menor a chance de encontrá-los. Por outro lado, geossistemas muito pequenos correm o risco de ter um caráter muito

significativamente verticalizado, mais afeito ao estudo biológico, restringindo a inter-relação de seus componentes.

Bertrand (1971), ao estudar a paisagem, classificou-a em dois níveis: as unidades superiores (zona domínio, região natural) e as unidades inferiores (geossistema, geofâces e geótopo). Veja as considerações de Bertrand para a caracterização dos geossistemas:

Geossistema corresponde a dados ecológicos relativamente estáveis. Ele resulta da combinação de fatores geomorfológicos (natureza das rochas e dos mantos superficiais, valor do declive, dinâmica das vertentes...), climáticos (precipitações, temperatura...) e hidrológicos (lençóis freáticos epidérmicos e nascentes, pH das águas, tempo de ressecamento dos solos...). É o potencial ecológico ". Ele estuda por si mesmo e não sob aspecto limitado de um simples lugar (...). Pode se admitir que existe, na escala considerada, uma sorte de "Contínuo" ecológico no interior dum mesmo geossistema, enquanto a passagem de um geossistema a outro é marcada por uma descontinuidade de ordem ecológica.

Para ele, o geossistema está em estado de clímax quando há um equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica. Como o potencial ecológico e a exploração biológica são dados instáveis, que variam no tempo e no espaço, são comuns geossistemas em desequilíbrio bioclimáticos.

Bertrand (1971) classificou os geossistemas pautado na teoria de bioresistência de H. Erhart apud Bertrand (1971). Agrupando em dois conjuntos dinâmicos: os geossistemas em bioestasia e os em resistácia - nos geossistemas em bioestasia, a intervenção antrópica pode provocar uma dinâmica regressiva sem nunca comprometer o equilíbrio. Já os geossistemas em resistácia, a mobilidade dos componentes leva a uma crise geomorfológica suficiente e capaz de modificar o modelado do relevo.

Na abordagem de Bertrand (1971), é evidente a sua preocupação em analisar as alterações na paisagem. Sem, contudo, se preocupar com o desequilíbrio e suas conseqüências ambientais. Ao analisar os exemplos citados pelo autor, constata-se, pelos

componentes naturais citados, que foram estudos efetuados em território europeu, onde o clima predominante é o temperado, cujas características são muito diferentes daquelas apresentadas pelos climas tropicais.

Novos conceitos foram inseridos à Geografia Física principalmente se analisar a paisagem como um geossistema, devido à massa organizada, à presença de energia livre e à existência de atividades antrópicas. As preocupações com o meio ambiente se ampliam a cada dia. Talvez, com a intensificação das ações antrópicas, os desequilíbrios têm nos dado respostas indesejáveis, tais como as mudanças climáticas (...).

No campo da análise ambiental, o problema que desperta a atenção dos estudiosos é o fato de que os componentes dos geossistemas serem governados por leis naturais. Seus componentes estão inter-relacionados pelo fluxo de massa e ou energia. A paisagem tem sido ocupada e transformada pelo homem. A sociedade humana tornou-se o principal agente nos processos naturais. Ela cria geossistemas sócio-econômicos, com a finalidade da utilização racional da paisagem e de seus recursos naturais. Desse modo, o homem tenta controlar e ajustar os geossistemas e, desta forma, manter as bases naturais e energéticas a um nível que permita a satisfação e a segurança das necessidades da sociedade humana.

O homem pode até controlar a entrada e saída de massa de um geossistema. A energia que entra no sistema, se não “for utilizada”, potencialmente se agregará a outros componentes do geossistema ou ainda poderá ser liberada ao “componente global”, ou seja, é dissipada pelo balanço global.

De fato, o sistema tecnológico tem necessidade de energia extraída. A construção de uma estrada, os meios de transportes, uma cidade, uma indústria, (...) necessitam de energia extraída e “consumida / transformada” para que sejam construídas ou movidas. Exaurindo-se os recursos como o petróleo, o metano e o carvão, o sistema tecnológico atual deverá converter-se e modificar-se, sob pena de muitos dos atuais processos produtivos desaparecerem.

Para esta abordagem, as idéias reunidas por Christofolletti (1990) contribuíram para a discussão. Salienta o autor que, ao se abordar os sistemas em Geografia Física, os geógrafos devem focalizar os geossistemas, sem olvidar os controles exercidos pelas atividades antrópicas, que podem contabilizar como *inputs* de energia e matéria inferidas nas características, na dinâmica e transformação dos sistemas.

O objetivo não é chegar a um modelo de geossistema onde haja um equilíbrio, embora ao se proceder a um estudo de impactos ambientais, o pesquisador deverá considerar estar ciente do entrosamento aninhado entre os vários níveis da concepção hierárquica da organização espacial e avaliar adequadamente, em cada escala, a significância da ação exercida pelos fatores físicos e sócio-econômicos. Não se devem considerar os componentes do quadro natural por si mesmo, mas investigar as unidades resultantes da interação e as conexões existentes nesse conjunto. Essa concepção evidencia que o conjunto resultante não é apenas a composição da somatória das suas partes, mas características que só o todo possui.

Para Christofolletti (1990), toda atividade antrópica exercida na superfície terrestre age sobre a dinâmica e características de um determinado geossistema e, por fluxos de energia, sobre os aspectos de cada elemento particular. Nos estudos dos geossistemas, deve-se integrar os *inputs* energéticos dos processos pluviométricos e dos processos geodinâmicos. Para exemplificar, citamos as mudanças e as transformações na dinâmica e na expressividade espacial físico-geográficas.

Em tempos atuais, contamos com uma rede mundial de microcomputadores, com o imageamento contínuo da superfície da Terra e com os mais diversos sistemas de monitoramento de dados. Com todo esse arsenal tecnológico, as possibilidades de aplicabilidade nos estudos das possíveis alterações nos componentes dos sistemas são satisfatórias. As imagens de satélites nos fornecem dados da superfície seqüenciais possibilitando a análise de um contínuo evolutivo.

Para uma compreensão a respeito de Geossistema e seus componentes, é necessário voltar-se ao objetivo, pois ele direcionará a resposta. Seus elementos devem ser considerados de acordo com o seu valor num dado momento histórico, o clima, a hidrografia, o solo, a vegetação e, sobretudo, o componente antrópico. Todos devem ser considerados na análise.

Os componentes, necessariamente, considerados deixam de ter características próprias. O que fundamenta a análise é o caráter da inter-relação, causas e evolução dos componentes e dos fluxos de energia que propulsionam os geossistemas. A energia liberada ou acrescida é uma resposta a qualquer alteração que se processa extra ou intra geossistêmica.

As ações antrópicas modernas têm dinamizado os geossistema a tal ponto que as inter-relações entre os componentes têm gerado fluxos de energia não assimilados pelos componentes; gerando, dessa forma, desequilíbrios. Podem ser considerados também, que a energia excedente está sendo disponibilizada ao meio ambiente global, e o aquecimento geral da atmosfera pode ser uma das conseqüências.

## 5. AS ALTERAÇÕES NOS GEOSSISTEMAS E O CLIMA

Como o clima é o componente dos geossistemas que mais transcendem os seus limites, tem sido o objeto de maior preocupação de inúmeras instituições ligadas ao meio ambiente. Os Propósitos da Convenção Sobre Mudança do Clima (C& T Brasil 2003), exemplificam esta preocupação:

1. "Efeitos negativos da mudança do clima" significam as mudanças no meio ambiente físico ou biota resultantes da mudança do clima que tenham efeitos deletérios significativos sobre a composição, resistência ou produtividade de ecossistemas naturais e administrados, sobre o funcionamento de sistemas socioeconômicos ou sobre a saúde e o bem-estar humano.

2. "Mudança do clima" significa uma mudança de clima que possa ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana que altere a composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis.
3. "Sistema climático" significa a totalidade da atmosfera, hidrosfera, biosfera e geosfera e suas interações.
4. "Emissões" significam a liberação de gases de efeito estufa e/ou seus precursores na atmosfera numa área específica e num período determinado.
5. "Gases de efeito estufa" significam os constituintes gasosos da atmosfera, naturais e antrópicas, que absorvem e reemitem radiação infravermelha.
6. "Organização regional de integração econômica" significa uma organização constituída de Estados soberanos de uma determinada região que tem competência em relação a assuntos regidos por esta Convenção ou seus protocolos, e que foi devidamente autorizada, em conformidade com seus procedimentos internos, a assinar, ratificar, aceitar, aprovar os mesmos ou a eles aderir.
7. "Reservatórios" significam um componente ou componentes do sistema climático no qual fica armazenado um gás de efeito estufa ou um precursor de um gás de efeito estufa.
8. "Sumidouro" significa qualquer processo, atividade ou mecanismo que remova um gás de efeito estufa, um aerossol ou um precursor de um gás de efeito estufa da atmosfera.
9. "Fonte" significa qualquer processo ou atividade que libere um gás de efeito estufa, um aerossol ou um precursor de gás de efeito estufa na atmosfera. (C& T Brasil 2003)

Os objetivos estabelecidos pela Convenção sobre Mudança do Clima também reforçam a idéia de que o clima é um componente do sistema terrestre a responder às agressões antropogênicas e natural, e que as eventuais modificações nos demais componentes são conseqüências.

Por essa razão, justifica-se a preocupação em abordar as idéias de Sotchava (1978), que considera as conexões e não os componentes em si e por si. Ou seja, devem ser consideradas as inter-relações assim como também as interações que, quando alteradas, poderão desencadear fluxos de energia que, em condições

dinâmicas habituais, eram potencialmente engendradas pelos próprios geossistemas.

A energia liberada e acumulada no sistema global comanda a dinâmica do sistema planetário, ou seja, as trocas de energia (calor) entre as zonas da Terra. As correntes oceânicas, os ventos alísios e contra-alísios, os ciclones extratropicais, as correntes convectivas, são exemplos, entre outros, de como a energia disponibilizada no meio é “consumida”.

A ação antrópica está acrescentando ou redirecionando a energia nos geossistemas que, por sua vez, está liberando ao meio essa energia. Assim, as alterações climáticas globais, parecem ser as conseqüências mais significativas neste momento histórico. O Objetivo principal da Convenção Sobre Mudanças do Clima, além de reforçar a idéia de que o clima é o componente do sistema que, neste momento, mais preocupa as autoridades governamentais (C& T Brasil 2003).

O objetivo final desta Convenção (Convenção Sobre Mudanças do Clima) e de quaisquer instrumentos jurídicos com ela relacionados que adotem a Conferência das Partes é o de alcançar, em conformidade com as disposições pertinentes desta Convenção, a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático. Esse nível deverá ser alcançado num prazo suficiente que permita aos ecossistemas adaptarem-se naturalmente à mudança do clima, que assegure que a produção de alimentos não seja ameaçada e que permita ao desenvolvimento econômico prosseguir de maneira sustentável. (C& T Brasil 2003).

Há um grande questionamento a respeito de ser possível a redução da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera. É duvidoso que seja possível a produção de bens e alimentos em quantidade e qualidade suficiente para garantir o mínimo de qualidade de vida para uma população crescente sem que os geossistemas sejam modificados. E para finalizar, em uma utilização sustentável pode ser implementada em um geossistema em resistância.



O homem precisa, necessariamente, conhecer profundamente as interações que se processam no interior dos geossistemas para, a partir de então, poder atuar de forma sustentável e sem agravar a degradação do meio.

## 6. ABORDAGENS GEOGRÁFICAS SOBRE AS ALTERAÇÕES NO MEIO FÍSICO

Diante das idéias expostas, um conceito que deverá ganhar corpo neste princípio deste século é o da *entropia*, aplicado aos sistemas terrestre. Sem pretensões de aprofundar na questão, parece oportuno, principalmente diante das intensas agressões que o meio ambiente vem sofrendo.

Ao se analisarem as degradações ambientais, como resultado do estado de energia disponível no meio, ou seja, o estado de desordem em que a energia se encontra que é medida por uma quantidade conhecida por entropia. Para a Física, quanto maior é o estado de desorganização, tanto maior é a entropia, quanto menos intensa for a desorganização, menor é a entropia. É essa a preocupação: seis bilhões de seres humanos "consumindo" energia e aumentando a energia, essa transformada a partir da agropecuária, da queda d'água, da combustão dos combustíveis fósseis e da energia retirada do átomo.

Aparentemente a dissipação da energia tende a provocar um aumento da entropia. O componente que responde quase que simultaneamente é o clima, que, por sua vez, causará "desordem" nos demais componentes. Um exemplo disso é a possibilidade de mudanças climáticas derivadas do aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera. A variabilidade climática, por se tratar de parâmetro possível de ser mensurado, é um dado muito interessante e possível de ser investigado, inclusive à grandeza de um geossistema.

Se numa dada região for constatado que a amplitude térmica anual teve alterações, os dias com registros de precipitações diminuíram, as chuvas se tornaram mais intensas em cada episódio, a velocidade do vento aumentou em determinados meses, admite-se a

ocorrência de tornado pela primeira vez no sul do Brasil; a temperatura no verão está mais alta, a umidade relativa do ar também se mostra alterada, é possível que tais modificações desencadeiam fluxos de energia que afetam outros elementos do geossistema, e aumenta o estado de desorganização, ou seja, aumentam a entropia do sistema. Como causa ou como consequência, as alterações no clima são cada vez mais evidentes e as alterações manifestadas ou desencadeadas são motivos de preocupação de pesquisadores e autoridades.

## **7. ABORDAGEM GEOGRÁFICA SOBRE AS ALTERAÇÕES NO MEIO FÍSICO, A BUSCA DE UM NOVO PARADIGMA**

Com todo o desenvolvimento tecnológico disponibilizado, a geografia não conseguiu dar conta satisfatoriamente. Embora a climatologia brasileira se desenvolveu bastante a partir da rica e vasta produção de Monteiro, que introduziu, no Brasil, a Climatologia Moderna.

Para Sant'Anna Neto (2002), por uma Geografia do Clima, considera-se que o paradigma perseguido pela climatologia brasileira, a partir de Monteiro através da análise rítmica, em 40 anos no Brasil, produziu um grande volume de trabalhos, agora, aliado ao desenvolvimento computacional entre outras ferramentas tecnológicas, possibilitou, pela primeira vez na história, de se obter uma visão da Terra em escala planetária, como um planeta orgânico. Começou-se a perceber que o clima, mais do que um fato, é uma teoria, que, longe de funcionar de acordo com uma causalidade linear herdada da concepção mecanicista de um universo regulado como um relógio, "... se expressa num quadro conjuntivo ou sincrônico à escala planetária, num raciocínio ao qual ainda não estamos acostumados. Sant'Anna Neto (2002) considera que:

As concepções aceitas até hoje não são mais suficientemente esclarecedoras para a explicação de um universo "caótico" e "desordenado". As novas revelações a respeito das teorias do caos e da catástrofe podem, ao que tudo indica, ser

capaz de trazer à tona antigos problemas de ordem conceitual que foram incapazes de explicar, em toda a sua magnitude, o complexo funcionamento dos fenômenos atmosféricos e permitir, sob novas perspectivas, a compreensão da dinâmica climática completamente inimaginável sob as amarras metodológicas de uma ciência que ainda procede de modo simplista e que anda tão necessitada de reformulações teóricas condizentes com estes novos espíritos científicos. Neste final de século, acrescenta o autor, nenhuma postura investigadora parece ser mais acertada do que a busca de uma nova razão para um novo conhecimento. Todo o esforço realizado nas últimas décadas, nos vários campos da ciência, tem provocado inevitáveis reformulações teóricas, que têm convergido em uma tendência universal de busca de uma concepção transdisciplinar, que exige uma postura mais radical para a compreensão do que Monteiro (1991) chama de "imensa desordem das verdades estabelecidas".

Sant'Anna Neto (2002), ao considerar uma Geografia do Clima, propôs um novo paradigma, - **Geografia do Clima**, também preocupado com as respostas que poderão se desencadear com o avanço na conquista e na ocupação do território. Veja as considerações do autor:

Neste contexto, à medida que o modo de produção capitalista avança na conquista e na ocupação do território, primordialmente como um substrato para a produção agrícola e criação de rebanhos e, posteriormente, erguendo cidades, expandindo o comércio, extraindo recursos naturais e instalando indústrias, ou seja, ao se apropriar da superfície terrestre, este se constitui no principal agente produtor do ambiente. Como este ambiente é "vivo" e regulado por processos e dinâmicas próprias, responde às alterações impostas pelo sistema, resultando em níveis de produção dos ambientes, naturais e sociais, dos mais variados.(...), a análise geográfica do clima que se tem praticado se sustenta a partir do tripé *ritmo climático – ação antrópica – impacto ambiental*. A análise episódica comparece como fundamento básico no desenvolvimento da Climatologia Geográfica que tenta dar conta da explicação, da gênese e dos processos de natureza atmosférica intervenientes no espaço antropizado. Entretanto, esta análise não tem sido suficientemente esclarecedora dos mecanismos de *feedback*, nem

das projeções futuras que deveriam ser incorporadas nas propostas de gestão e monitoramento dos fenômenos atmosféricos.

As questões ambientais têm despertado preocupações em todos os seguimentos científicos. As diversas áreas de pesquisas têm direcionado atenções aos problemas relativos ao meio ambiente. Na Geografia, as preocupações são ainda maiores, principalmente se considerá-la como uma ciência que procura dar explicações à organização do espaço e, para isso, considera o homem como o agente principal. Se o nível de desenvolvimento econômico e tecnológico de uma sociedade transforma o ambiente, não há dúvida de que também o clima é influenciado. Pois o clima pode ser considerado um regulador da produção agrícola além de um importante componente da qualidade de vida das populações.

Parece razoável, neste momento, em que o desenvolvimento tecnológico nos possibilita, através da informática e do sensoriamento remoto, considerando que as informações veiculam em escala planetária e podem ser obtidas e analisadas em tempo real, procurar investigar dentro da análise rítmica um novo paradigma: o "estado de entropia dos geossistemas terrestres". Para tanto, é necessária a utilização das técnicas geoprocessuais.

As ciências exatas, tais como a Física, a Estatística e a Meteorologia, podem, já que apresentam um arsenal metodológico capaz de realizar operações que envolvem elementos complexos, auxiliar e configurar uma metodologia capaz de "estimar" (mesurar) o estado de entropia, ou seja, em função da intensidade das alterações causadas pelo homem, categorizar o estado de entropia. Por outro lado, a resposta pode estar no geoprocessamento, ferramenta, cuja aplicação se amplia a cada dia. Não é exclusiva de uma determinada área, está disponível a todos os pesquisadores e planejadores do meio físico.

O número de pesquisadores que utilizam o Sistema de Informação Geográfica (SIG) é cada vez maior, e o campo de atuação se amplia. Novas tecnologias são disponibilizadas. A parcela da população a ter acesso às ferramentas computacionais também se

amplia. Ao que parece imutável é a consciência de uma parcela da população; de um lado os grandes empresários que na busca do lucro selvagem e irracional e do outro os consumidores e não consumidores desprovidos de conhecimentos não se conscientizam sobre as questões das alterações que se processam no meio natural em função dos desequilíbrios causados pela ação antrópica.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transformação da fonte de energia fóssil em unidades caloríficas mais a redução da biomassa do planeta, além da transposição da biomassa, ou seja, gêneros agrícolas produzidos na zona tropical, são transportados e consumidos na temperada, considerando a biomassa como energia potencial e que se encontrava em equilíbrio, principalmente anterior ao desenvolvimento tecnológico recente, pós Revolução Industrial, são parâmetros a ser considerados.

Com a globalização econômica e o desenvolvimento tecnológico, a climatologia tem buscado explicações para uma análise geográfica profunda. Embora não se tenha evoluído o suficiente para prever as respostas que poderão ser desencadeadas com as alterações que se procedem no meio natural a partir da energia potencializada nos geossistemas. Parece prudente que se busquem novas metodologias e fórmulas que sejam capazes de explicar como as ações praticadas se refletem no estados da **entropia** do sistema terrestre. A partir do momento que a entropia for "mensurada", os caminhos ficarão acessíveis. Enquanto não se tem essa metodologia, os esforços terão que ser canalizado para que a conscientização da população, seja através da educação formal ou informal. E a partir do momento em que a grande maioria da população tiver consciente do problema, medidas mitigadoras minimizarão os impactos que advirão de mudanças climáticas, ou quem sabe, minimizarão os impactos no meio natural de tal forma que a entropia seja minimizada e as características climáticas permanecerão estáveis.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. In: **Caderno de Ciências da Terra**. São Paulo: IGEOG-USP, n. 13, 1971.

BRASIL. **Convenção sobre mudança do clima** – O Brasil e a Convenção - Quadro das Nações Unidas - Editado e traduzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia com o apoio do Ministério das Relações Exteriores da República Federativa do Brasil; C& T Brasil 2003, disponível on line [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br). Consultado em abril de 2003.

CHRISTOFOLETTI, A. A aplicação da abordagem em sistema na Geografia Física. **Revista Brasileira de Geografia**. IBGE, v, 52, n 2, p. 21-35, 1990.

LOMBARDO, M. A. Mudanças Climáticas: Considerações sobre Globalização e Meio Ambiente. **Boletim Climatológico**. (Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP) Presidente Prudente, SP. Ano 01, Nº 02. Campus de Presidente Prudente. 1996.

MENDONÇA, F. O clima urbano de cidade de porte médio e pequeno: aspecto teórico metodológico e estudo de caso, In: SANT'ANNA NETO, J. L., e ZAVATINI, J. A. (Org.). **Variabilidade e Mudanças Climáticas**. Maringá: Eduem, 2000.

MONTEIRO, C. A. de F., **Cadernos Geográficos**. Universidade federal de Santa Catarina. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Departamento de Geociências, n. 1 (maio 1999), Florianópolis; imprensa universitária. 1999.

ROSS, J, L, S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. In: **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, FELCH-USP, n. 8, 1994.

SANT'ANNA NETO, J. L., e ZAVATINI, J. A. (Org.). **Variabilidade e Mudanças Climáticas**. Implicações ambientais e socioeconômicas. In SANT'ANNA NETO, J. L. (org). **As chuvas no Estado de São Paulo: a variabilidade pluvial nos últimos 100 anos**. Maringá: Eduem, 2000.

\_\_\_\_\_. Por uma Geografia do Clima: Antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento, Laboratório de Climatologia. Departamento de Geografia da FCT/UNESP. Grupo de Pesquisa "Climatologia Geográfica" (CNPq), 2002.

SOTCHAVA, V. B., **Por uma Teoria de Classificação de Geossistemas de Vida Terrestre**. Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia "14 Biogeografia". 1978.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia** - Brasília: INMET, Gráfica e Editora Stilo, 2000.

Recebido em 30 de abril de 2004.

Aceito para publicação em 20 de novembro de 2004.

