

ABORDAGEM SISTÊMICA E GEOPROCESSAMENTO APLICADOS AO ESTUDO DO MEIO URBANO DE PRESIDENTE PRUDENTE – SP

Luiz Eduardo Vicente, IG/Geografia/Unicamp. vicente@ige.unicamp.br

Messias M. dos Passos, Geografia/Unesp-Pres.Prudente. passos@stetnet.com.br

1- O PARADIGMA SISTÊMICO

A aplicação da abordagem sistêmica em sistemas abertos, que entre muitas definições, toma-se aqui a de Bertalanffy (1973, p. 351.) como sendo “um conjunto de elementos em interação”, encontrou campo fértil entre os requisitos da análise integrada do meio ambiente, e os pressupostos básicos da idéia de estrutura-processos (fluxos de energia e matéria) subjacentes aos sistemas. Um paradigma que permeia as ciências em geral desde de antes da visão cartesiana de mundo, e que toma forma de maneira mais pronunciada em meados do século XX, logo após a Segunda Grande Guerra, e as novas e cada vez mais intrínsecas exigências geopolíticas, econômicas, sociais e por consequência ambientais, na qual o mundo inseria-se.

Pode-se destacar importantes derivações da teoria dos sistemas em diversos campos das chamadas Ciências da Terra, tais como: a Ecologia com Haeckel (Sant’Anna Neto, 1997, p. 97.), a Climatologia com Monteiro (MONTEIRO, 1976, p. 181), a Biogeografia com Stoddart (GREGORY, 1992, p. 219.) e Simons (PASSOS, 1998, p. 79.) e a Geomorfologia, como uma das principais vias de entrada para a Geografia Física como um todo, através de Chorley (CHRISTOFOLETTI, 1997, p. 9.), o qual insere a idéia de uma abordagem analítica do relevo, desenvolvendo o conceito de equilíbrio dinâmico, onde a dinâmica resultante do processo de interação constante entre os agentes morfodinâmicos, constitui-se na interface do estudo geomorfológico.

Na Geografia Física destacam-se autores como: Dokoutchaev (RIBEIRO, 1997, p. 43), Snytko, Hartshorne (Sant’Anna Neto, 1997, p. 159), Tricart (RIBEIRO, 1997, p. 43), Chorley e Kennedy (GREGORY, 1992, p. 224), e principalmente Sothava (1977, p. 51) e Bertrand (1972, p.27), os quais avançaram na elaboração de um modelo de sistema aplicado a esfera terrestre, o Geossistema.

O esforço paradigmático desses e de muitos outros autores, com todos os erros e acertos inerentes a tal empreitada, em trabalharem com uma nova perspectiva que preconiza categorias de análise voltadas, não apenas para a estudo de “mosaicos geográficos” ou de “especificidades regionais”, mas com o que pode-se chamar de todos complexos, delimitando: processos, dinâmicas, estruturas, interações, organização, complexidades, suscita reflexões sobre instrumentos e metodologias que contemplem tais categorias. Compreendê-las e aplicá-las da melhor maneira é fato indissociável do instrumento utilizado e da área de estudo, delineando dessa forma uma nova perspectiva de ambivalência científica, onde a elaboração de modelos conceituais podem ser rapidamente testados e modificados frente à dinâmica do real.

A problemática homem/meio não pode ser abordada através de visões particionadas e estanques, mas sim através de suas relações e complexidade, sendo que temos no urbano o melhor exemplo de tal complexidade e na sua hegemonia atual enquanto forma de ocupação humana, uma prioridade em termos de formas adequadas de intervenção.

Assim, esse trabalho centrou-se no aprimoramento da abordagem sistêmica voltada para a previsão de impactos na cidade de Presidente Prudente - SP, aprimorando um modelo de abordagem do meio urbano, utilizando para isso técnicas de geoprocessamento,

com ênfase na montagem de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Avaliando tanto ferramenta, quanto modelo no desafio da diagnose/prognose.

2 MODELAGEM SISTÊMICA: MODELO DE SISTEMA MEIO URBANO DE PRESIDENTE PRUDENTE.

Ao abordarmos determinados meios devemos ter em mente uma primeira etapa de visão fisionômica do todo envolvido, dos elementos particularizados no espaço a ser estudado buscando discernir algumas variáveis básicas segundo nosso objetivo principal, Churchman (1972, p. 19.), coloca que “organizar um sistema, ou, em outras palavras, definir uma série coerente de atributos que caracterizem um sistema, é um exercício mental, que exige um esforço da capacidade de cada pesquisador de raciocinar dentro de um enfoque sistêmico e, acima de tudo, de enxergar e analisar o meio em que se encontra”.

Enquanto definição de estrutura, entendemos a delimitação física do sistema e de unidades de análise, sendo que, a definição de unidades é o primeiro passo para uma aproximação da realidade geográfica em questão, visto ser a mesma, uma expressão concreta da relação dos elementos na superfície terrestre.

Os limites de um sistema não podem ser determinados de outra forma senão de maneira arbitrária (PENTEADO, 1980, p. 185), dada à própria dificuldade em limitar a extensão das relações em sistemas abertos. Portanto, baseado em nossa escala de abordagem e objetivos os quais propõem uma análise do meio urbano, assumimos a própria área urbana de Presidente Prudente como limite de nosso sistema.

Já na definição de unidades ou subsistemas, devemos compreender que o meio físico expressa sua dinâmica através da relação direta com fluxos de matéria e energia (precipitação, energia solar, energia eólica, acomodação de solos, etc.), o que por sua vez, constitui-se no principal ponto de fricção entre eles e os processos de ocupação humana (erosão, alagamentos, inundações, ilhas de calor).

Devemos, portanto, buscar a discretização de unidades onde o antagonismo dessas forças mostra-se mais intenso, e a partir daí identificar pontos de desequilíbrio, ou seja, propõe-se uma definição de unidades de análise baseada na própria dinâmica entre meio físico e ação antrópica.

Toma-se aqui, a noção de equilíbrio ambiental enquanto geográfico e dinâmico, ou seja, uma equalização entre ação antrópica e meio ambiente na busca da qualidade de vida humana. Portanto, ao falarmos de equilíbrio ambiental, devemos considerar a dinâmica geral da natureza e suas escalas de tempo e espaço, as quais diferem das do homem, buscando subsídios para que sua inegável presença no meio ambiente seja considerada, e planejada de maneira a interagir com o mesmo.

Baseados nesses pressupostos buscou-se, na conformação do relevo de Presidente Prudente e seus particionamentos físicos, a definição de uma primeira unidade espacial de análise, onde constatou-se um relevo irregular composto por pequenos morros, em sua grande maioria vertentes de cursos d'água, formando um amplo conjunto de canais de drenagem (sub-bacias).

Assume-se, portanto, nesse trabalho, as sub-bacias e sua rede de drenagem como um espaço naturalmente discretizado pela ação morfodinâmica da água e sua volatilidade enquanto um dos principais condutores de matéria e energia através de um sistema físico-natural, levando-se em consideração também, sua acentuada presença no meio urbano de Presidente Prudente e conseqüentemente sua relação com a ação antrópica.

2.1 ESTRUTURAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA DIGITAL: EFETIVAÇÃO DO MODELO

Através de negociações, conseguiu-se uma base digital cedida pela concessionária de água SABESP, iniciando-se um extenso trabalho de importação e georreferenciamento de dois de seus níveis no Spring¹: nível “quadras” e “curvas de nível”.

O nível “quadras” é utilizado como referencial base para o melhor reconhecimento de pontos conhecidos (coordenadas), tanto no momento do georreferenciamento, quanto na análise, delineando os limites de uma ação antrópica mais contundente através do desenho da estrutura urbana como um todo (carta 1).

Já as isolinhas (curvas de nível), são usadas como pontos amostrais do relevo para a análise da estrutura geomorfológica da área de estudo (hipsometria, declividade, perfis, etc) (carta 2). Foram geradas, a partir das amostras (isolinhas) diversas consultas a fim de melhor definir o relevo da área em questão, são elas: níveis de cinza (carta3), sombreamento (carta4), modelo 3D (bloco diagrama), carta hipsométrica (carta5) e carta de declividade (carta6).

As consultas revelaram um relevo acidentado com cotas variando aproximadamente de 370 a 485 m.

Quanto a projeção, baseado na escala e no tamanho da área de estudo, optou-se pela Universal Transverse Mercator (UTM), com o Datum SAD 69 (Datum Sul Americano de 1969)—coord. Lat. 19° 45' 41. 34”s/Long. 48° 6' 07.08” o/Azimute de Uberaba—271° 30' 04.05”.

Objetivando o maior nível de precisão possível, a rede de drenagem foi digitalizada com base no cruzamento da imagem Landsat de 1999 (cc 345); dos níveis quadras e isolinhas (Spring); de 4 cartas em escala aproximada de 1: 5 000; e da planta geral da cidade em escala 1 15 000 (Departamento de Geoprocessamento da Prefeitura Municipal de Presidente Prudente). Foram consultadas também, fotos aéreas na escala 1: 25 000, do ano de 1995 (Carta 7).

No que se refere a abordagem da ação antrópica, a melhor solução, veio com a inserção da imagem multiespectral do satélite Landsat ETM⁺ 7 de 18/10/99 – órbita ponto 222-075, obtida junto ao Departamento de Cartografia da Unesp de Presidente Prudente, nas bandas 345.

Submeteu-se a imagem Landsat aos seguintes processos digitais de tratamento: Realce; Segmentação e Classificação.

Segundo o grau de generalização requerido (limiar), foram obtidas 18 classes, posteriormente agrupadas em 13, as quais foram: cobertura vegetal níveis de 2 a 10, solo nú, cobertura edificada densa, cobertura edificada esparsa e corpos d' água.

A divisão das classes baseou-se na alteração dos níveis de vegetação e do gradativo aumento da presença da ocupação humana na área de estudo.

Dentro do contexto traçado pela classificação da imagem Landsat, estabeleceu-se um limiar mínimo, representado pelas edificações (casas, ruas, avenidas, estradas, prédios, etc.), e um limiar máximo, representado pela maior cobertura vegetal presente (carta 9).

O alagamento em particular, inserido como parâmetro na proposta de análise deste trabalho, enquanto exemplo de desequilíbrio na interação ação antrópica x meio ambiente, expressa de maneira ímpar os diferentes estágios da ocupação urbana. Dessa maneira, com base na indexação realizada por Marques¹ em notícias do Jornal “O Imparcial”, referente a

¹ Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – desenvolvido e disponibilizado pelo INPE

¹ MARQUES, A. A. Silva. (Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP – Campus de Presidente Prudente) Comunicação pessoal, 1999.

eventos climáticos impactantes, foram selecionados dentre os registros as ocorrências de alagamentos na área de estudo, no período de 1969 a 1996, tendo sido identificadas 21 áreas de alagamentos recorrentes neste período (carta 10).

Para inserção do clima em nosso modelo foram utilizados os dados mensais de precipitação diária do período de 1969 a 1997, registrados pela Estação Meteorológica - Unesp de Presidente Prudente.

Considerou-se, o total de precipitação diária em mm e o total de episódios potencialmente adversos em mm. O critério para definição do episódio com precipitação potencialmente impactante, baseia-se na quantidade de mm em relação ao tempo de sua ocorrência, onde foram considerados episódios de 30 mm ou mais, em até 48 horas.

3 CONTEXTUALIZAÇÃO E ANÁLISE

O modelo elaborado permitiu o cruzamento conjunto dos diversos elementos do sistema, que atuam na configuração do espaço urbano, produto da interação das variáveis físicas do meio e da ação antrópica.

O quadro conceitual busca sintetizar os elementos, suas variáveis e atributos, eleitos para a análise.

FIGURA 1 QUADRO CONCEITUAL RESUMO

ELEMENTO	VARIÁVEL	ATRIBUTOS	HIERARQUIA (peso) ²	TEMPO ³ (ano)
Processo antrópica	Uso do solo	Cobertura Edificada Densa	5	1999-2000*
		Cobertura Edificada Esparsa	5	1999-2000*
		Expansão da estrutura urbana	4	1972-2000
Estrutura física	Vegetação	Níveis de cobertura	4	1999-2000*
Estrutura física	Rede de drenagem	Localização	3	1995-2000
		Área de Influência	3	1995-2000
Estrutura física	Microbacia	Área drenagem	3	1995
Estrutura relevo	Altimetria	Hipsometria	4	1995-2000*
		Declividade	3	1995-2000*
Processo clima	Precipitação	Precip. Diária maior ou igual 30 mm	2	1969-1997
Processo impactos	Alagamentos	Localização	5	1972-1998
		Data	5	e 2001

A análise baseia-se na discretização e classificação de áreas de maior à menor equilíbrio, considerando a interação dos elementos geográficos (pois relativizam a presença humana e meio ambiente), selecionados no tempo e no espaço.

Através da carta de pontos de impacto (carta 10) pode-se observar que as primeiras ocorrências registradas são espacialmente pontuais, de extensão reduzida e ocorrem no

² A hierarquia expressa o peso de cada variável no processo de geração de impactos (alagamentos). Indo de 0 a 5.

³ *O primeiro ano é relativo a data de geração dos dados pela fonte, e o segundo ano trata-se da elaboração, homogeneização e geração da consulta.

primeiro núcleo urbano densamente ocupado, na porção oeste a partir do espigão divisor, predominantemente nas vertentes dos Córregos do Bacarin e do Veado.

Segue-se o mesmo padrão espacial de ocorrência até o ano de 1996, sendo que a partir deste ano, com a equivocada canalização do Parque do Povo, têm-se um aumento significativo do número de eventos e da sua área de extensão, prevalecendo a contigüidade espacial dos locais de ocorrência, formando uma zona contínua e recorrente (1996, 1997 e 2001) de alagamentos, a qual corresponde a uma área de drenagem com predominância de Cobertura Edificada Densa (carta 9).

Neste contexto, insere-se em nossa análise uma nova variável, a de cunho sócio-institucional. Difícil de ser mensurada, porém, subjacente a todo o processo antropogênico no meio urbano, a qual expressa-se através da intermediação da relação sociedade/natureza por instituições administrativas e órgãos gestores.

Baseado na abordagem realizada, considera-se 3 elementos em ordem decrescente de hierarquia como os principais responsáveis dentro do sistema pelas ocorrências de alagamento, são eles: o processo sócio-institucional, a ação antrópica (uso do solo) e as precipitações potencialmente impactantes. Isso não exclui os demais elementos, apenas os hierarquiza como forma de priorizar ações de intervenção.

Considerando-se novamente o ritmo e a tendência de ocupação urbana constatado, em Presidente Prudente (carta 11), assim como a sua conformação hipsométrica (carta 5) e a relação topológica de contigüidade com áreas vizinhas, principalmente a montante, destaca-se a área compreendida a partir da confluência dos Córregos Colônia Mineira e Veado seguindo no sentido da jusante passando pelo conjunto de bairros a oeste (Pq Cedral, Jardim Sabará, Cecap, etc), como prioritária no sentido de diretrizes mais adequadas que direcionem o uso do solo desse fundo de vale.

As vertentes da rede drenagem ao norte, compreendendo o Córrego da Colônia Mineira (Jardim Maracanã, Jardim América, Jardim Barcelona) e o fundo de vale do S. Mateus (Pq. S. Mateus, Pq. S. Lucas), apresentam extensas áreas pouco ocupadas, ainda com presença de vegetação de nível 5 e 6, significando a possibilidade de uma ação preventiva no que tange a densidade de edificações desta área. Sabendo-se de sua relação direta com o fundo de vale acima citado, no que se refere ao fluxo de escoamento da água pluvial.

4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DO CONCEITO DE SISTEMAS E GEOPROCESSAMENTO NA ABORDAGEM DO MEIO URBANO DE PRESIDENTE PRUDENTE

Esse trabalho desde o início propôs-se a realizar um resgate teórico metodológico no que se refere à análise espacial e seus desdobramentos técnico/científicos, assim como de fato aplicá-los. Dessa maneira cada capítulo constituiu-se em parte da própria análise e de seus resultados, não se restringindo apenas as suas considerações finais. Esse devir entre metodologia e técnica aplicada deu-se durante todo o tempo, através de uma constante reavaliação de parâmetros e elementos.

Sendo assim, considerando-se as premissas iniciais e suas transformações quando de sua efetiva aplicação, chegou-se a um modelo de sistema meio urbano para a cidade de Presidente Prudente, expresso no esquema da figura 2, o qual expõe os conceitos de hierarquia (elemento, variável e atributo), processo, equilíbrio dinâmico, além da relação estrutura/processos, sendo todos esses componentes móveis, ou seja, podem variar de hierarquia ou até mesmo passar de estrutura a processo e vice-versa de acordo com a escala têmporo/espacial empreendida na análise. Sendo que tais mudanças, assim como a própria

modelagem do sistema, obedecem a uma compreensão do universo real, num eterno exercício de leitura (universo real)/reflexão (modelagem)/aplicação (análise).

Cabe reiterar que o modelo elaborado é resultado do aprimoramento epistemológico de estruturas básicas de modelos conceituais em análise espacial, atualmente presentes principalmente em Sistemas de Informações Geográficas, e que o mesmo expressa-se como ferramenta através dele. Sendo que só a utilização de um SIG nos dá uma melhor perspectiva da relação espacial dos elementos da área de estudo, assim como de sua dinâmica temporal através de consultas ao conjunto de dados considerados em nosso modelo. Visto que a qualquer momento pode-se incluir ou suprimir elementos, variáveis ou atributos do sistema. Ultrapassando, assim, uma simples perspectiva estático/temática, e estabelecendo uma consulta dinâmica em constante avaliação, num sistema que pode ser atualizado e ampliado.

No entanto, deve-se enfatizar que os resultados da aplicação prática desse trabalho, delimitando áreas de alagamento no presente, assim como estabelecendo uma prognose de futuras áreas e propostas de prevenção baseado no processo de surgimento das mesmas, deve-se muito mais a capacidade analítica de lidar com os dados sob a ótica do modelo empregado (abordagem sistêmica), do que propriamente ao equipamento, seja software ou hardware utilizado, demonstrando que é possível realizar propostas de intervenção de maneira racional e de baixo custo, mesmo num ambiente tão complexo quanto o urbano.

REFERÊNCIAS

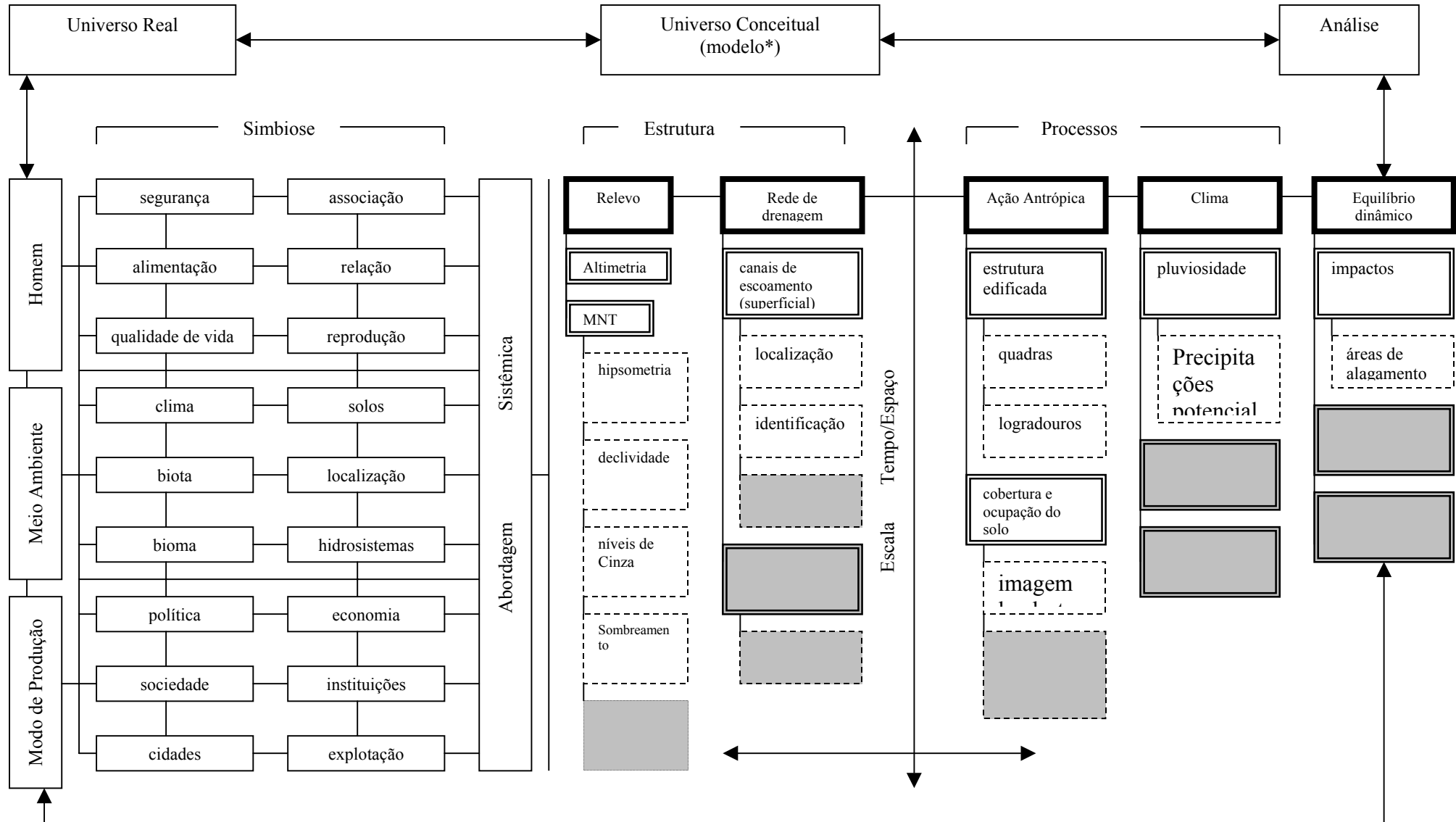
- BERTALANFY, L. Von. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973. 351p.
- BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de ciências da terra**, 13. São Paulo: IGEOG/USP, 1972. 27p.
- BERTRAND, Georges. A geografia física: de um paradigma perdido a um paradigma reencontrado? In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7., 1997, Curitiba. **Anais...Paraná: Universidade Federal do Paraná**, 1997. p. 3-5.
- CHORLEY, Richard J., HAGGETT, Peter. **Modelos integrados em geografia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1974. 221p.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. Complexidade e auto-organização aplicadas em estudos sobre paisagens morfológicas fluviais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7., 1997, Curitiba. **Anais...Paraná: Universidade Federal do Paraná**, 1997. p. 9-19.
- CHURCHMAN, C. W. **Introdução à teoria geral dos sistemas**. 2.ed. Rio de Janeiro: Vozes, 1972. 309p.
- GREGORY, K. J. **A natureza da geografia física**. São Paulo: Bertrand Brasil, 1992. 367p.
- MONTEIRO, Carlos A.F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEO/USP, 1976, 181 p., (Série Teses e Monografias, n.25)
- PASSOS, Messias M. dos. **Biogeografia e paisagem**. Presidente Prudente: FCT-UNESP/UEM, 1998. 278 p.
- PENTEADO, Margarida M. **Fundamentos de geomorfologia**. 3.ed. São Paulo: IBGE, 1980. 185p.
- RIBEIRO DE MELO, Dirce. Geossistemas: sistemas territoriais naturais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7., 1997, Curitiba. **Anais...Paraná: Universidade Federal do Paraná**, 1997. p. 43.
- SANT'ANNA NETO, João Lima. O ensino de geografia no limiar do século XXI: Avaliação e Perspectivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7., 1997, Curitiba. **Anais...Paraná: Universidade Federal do Paraná**, 1997. p. 157-163.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. Métodos em questão, 16. São Paulo: IGEOG/USP, 1977. 49p.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1995. 97p.

WISLER, Chester O., BRATER, Ernest F. **Hidrologia**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1964. 484 p.

FIGURA 2 - MODELO DE SISTEMA MEIO URBANO



*O SIG é utilizado como base e ferramenta de aplicação do modelo proposto

elemento
 variável
 Atributo/representação
 Exemplos de ampliação do sistema

