

ASPECTOS METODOLÓGICOS DA ANÁLISE NUMÉRICA APLICADA AO ZONEAMENTO ECONÔMICO-ECOLÓGICO DO PANTANAL MATO-GROSSENSE: ÊNFASE NO ECONÔMICO

Eduardo Alfonso Cadavid Garcia

1 - INTRODUÇÃO

A sociedade organizada vem manifestando crescente preocupação com os problemas do meio ambiente, em consequência da intensificação no uso de recursos e ambientes naturais incorporados ao processo produtivo com inapropriadas práticas de uso e manejo, do emprego de técnicas de produção e de manejo de produtos, input (fatores modernos) e recursos (fatores naturais) sem consultar as características (potencialidades, restrições e condições sócio-econômicas que viabilizariam o máximo sustentável) do meio ambiente, e dos acelerados processos de crescimento da população, urbanização e industrialização, entre outros desenvolvidos com descaso na prevenção e/ou tratamento das externalidades dessas intervenções, que se manifestam pela depleção de “estados” e pela degradação de condições necessárias ao suporte da vida.

As premissas de modelos convencionais de crescimento tem sido, em geral, fundadas em posturas reducionistas obtusas, que privilegiaram a geração de riqueza de forma concentrada e imediatista, com resultados outros, como o aprofundamento das desigualdades sócio-econômicas, o agravamento de disfunções e perturbações do meio ambiente e o realce de situações conflitivas nas relações sócio-econômico-ecológicas.

A função social do Estado de conservar o patrimônio natural para as presentes e futuras gerações, de preservar processos e sistemas de valor, porém instáveis, de restaurar ambientes degradados e o de prover as condições para a conservação e o manejo racional das espécies e ambientes, pautando as ações e estratégias conforme critérios endógenos de aptidão, potencialidade, restrições cenários prospectivos e outros do novo paradigma do desenvolvimento sustentável e distribuído, demandam um grande esforço transdisciplinar e multi-institucional, para a definição de planos autóctones, regionais, integrados em nível nacional e com suporte local. Este encontro pode ser considerado uma fase desse esforço.

A base central desse planos é o ecodesenvolvimento, sendo o zoneamento econômico-ecológico (ZEE) a primeira e importante ação estratégica para tais planos. Estas ações estratégicas, por sua vez, são viabilizadas e fortalecidas pelo sensoriamento remoto(SR).

O ZEE deve ser visto como um instrumento técnico-científico essencial à ordenação e zoneamento do território, proposto e executado para o resgate, valorização e conservação conscientes do patrimônio natural e sócio-econômico sendo auxiliado pelas técnicas de SR.

2 - PROBLEMA

O ambiente físico(o componente climático com seus atributos de chuva, temperatura...; o componente hidrológico, com seus atributos de vazão, cota...; o componente solo, com seus atributos edáfico, pedológicos..., etc.), biótico (flora e fauna com diversos atributos inerrelacionados) e sócioeconômico(complexos atributos), está sendo submetido a constante e crescente pressão antropogênica, com efeitos que se traduzem em alterações de propriedades, estruturas, funções, interrelações, sinergismos, etc. Tais alterações se refletem em decréscimo de potencialidades e acréscimos de restrições, com efeitos sociais perversos.

A caracterização deste “estado” mediante dados e informações atualizadas e abrangentes para regiões como o Pantanal e Amazonas, de difícil e oneroso acesso, porém acentuada diversidade espacial, dão novos contornos ao problema de caracterização ambiente.

3 - OBJETIVO

O objetivo específico é apresentar um modelo conceitual de apreço de técnicas de SR e relacioná-lo com as técnicas tradicionais, como condição para a motivação e incentivo ao financiamento e à intensificação do uso de técnicas de SR aplicadas na estruturação do território e no direcionamento de tal estruturação.

A valorização pelo apreço de técnicas de SR espera-se contribua para a Avaliação da Potencialidade de Dados Multisensores para Estudos de Áreas Alagáveis do Pantanal, propósito básico deste encontro.

Com a valorização de um meio que caracteriza de forma efetiva, eficiente e eficaz, e moderna o espaço, se estará valorizando o próprio território ao permitir um melhor controle, gestão e monitoramento do mesmo, bem como ao possibilitar delinear propostas consistentes de conservação fundadas em amostras mais eficientes e robustas (objetivo geral).

4 - METOLOGIA

Da primeira fase do ZEE, concernente à coleta de dados para estudos temáticos, posteriormente integrados, a partir de referências como o projeto RadamBrasil, sensoriamento remoto, dados censitários e cadastrais, levantamentos de campo, obtenção de informações de laboratórios e pesquisas bibliográficas, entre outras, se espera gerar uma base amostral necessária e suficiente para o estudo de zoneamento. A fase que segue de avaliação, estruturação, montagem e manutenção de sistemas de informações georeferenciadas complementa a parte dos materiais sobre a qual se define o modelo econômico.

A característica básica de um sistema de geoprocessamento é sua faculdade de armazenar (relações espaciais em projeções cartográficas e de análise numérica), integrar(algoritmos), recuperar (consulta on line, visualizar e desenhar) e analisar dados e informações (processamentos gráficos, de imagens numéricas etc.) de bases cartográficas, amostragens e de censos em ambiente computacional.

Quais são esses dados e informações geocodificáveis espaciais, temporais e físicas Levantamento de população (atributos de entes pela percepção da variedade na forma policromática), levantamentos de ambiente (atributos do contínuo no formato policromático) e levantamentos de relevo (atributos de localização, forma, tamanho e feições que, em geral, têm a visão monocromática) (Rodrigues, 1992 e Amaral, 1992, citados por Cadavid Garcia (em andamento). Estas medidas de dispositivos eletro-optico-mecânicas que registram as intensidades em determinado intervalo espectral, têm ampla utilização em áreas como a cartografia (estruturas de ocupação, produção, desmatamento...), geologia (prospecção de minerais), agricultura e florestal (vegetação com "assinaturas" espectrais discriminatórias, refletividade no infravermelho para anomalias - doenças, pragas, falta de água-, previsão de safras etc.), hidrologia (balanço hídrico, rede de drenagem, qualidade d'água, ...), climatologia meteorologia (movimentação de nuvens, umidade, temperatura, composição da atmosfera, evapotranspiração, ...), ambiente (poluição, desmatamento, queimadas, eutroficação), entre outras. Um aspecto que deve ser destacado é a imensa gama de possíveis e apropriados usos simultâneos dos mais diversos profissionais, possibilitando, com poucas ferramentas, a prática da interdisciplinaridade e a abordagem holística-sistêmica do ZEE.

A economia da informação do SR, parte da natureza qualitativa-quantitativa dessa informação e do modo de obtenção, e têm como referência as técnicas tradicionais de levantamento de dados (TT). Para tal propósito se utiliza a estrutura do método custo-benefício, ou uma simplificação do mesmo, baseado em excedentes econômicos derivados de variações de preço nas funções de demanda (beneficiário real e o potencial dessa informação) e oferta (INPE/Embrapa-CPAP). Pelo lado da demanda, os economistas identificam duas medidas de excedentes e duas medidas de compensação; pelo lado da oferta, uma estrutura de custos sensível/aliviada por componentes de menores riscos, oportunidade no fornecimento, etc., de imageamentos virtuais e em tempo real, fonte de informação real. Esta análise comparativa (SR vs TT) constitui a ferramenta

que gera critérios para a tomada de decisão. A síntese deste método pode ser apresentada mediante a seguinte expressão:

$$I_j = \frac{\sum_{t=1}^T B_j (1+i)^{-t}}{\sum_{t=1}^T C_j (1+i)^{-t}}; I_{SR, TT} = \frac{\sum_{t=1}^T B_{SR} (1+i)^{-t}}{\sum_{t=1}^T C_{TT} (1+i)^{-t}} \quad (1)$$

onde B_j é o benefício (satisfação do usuário manifesta pela disposição à pagar) da informação na técnica j , no t -ésimo período ($j=1/SR$ e $2/TT$), podendo ser definido como:

$$B_{ij} = \phi(X_{1j}, X_{2j}, X_{3j}, \dots, \mu_j) \quad (2)$$

tendo como argumentos a abrangência espaçotemporal (X_{1j}), os níveis de detalhe e precisão (X_{2j}) e, principalmente, o propósito, natureza de aplicação e vida útil (X_{3j}) da informação. Com a premissa de benefícios equivalentes, a equação (1) se reduz à forma do lado direito. C_{ij} é o custo em termos deflacionados da técnica j no t -ésimo período, definido pela função:

$$C_{ij} = \varphi(Y_{1j}, Y_{2j}, \dots, B_{ij}, \theta_{ij}) \quad (3)$$

tendo como argumentos o investimento para cada uma das estruturas em estudo (Y_{1j}) e os custos operacionais (Y_{2j}) respectivos; há outros custos imputáveis como a obsolescência da informação, risco, imprecisão, custos de acesso à região, oportunidade do fornecimento, etc; os termos μ_j e θ_{ij} são perturbações alatórias com pressupostos tais que permitem estimar as funções pelo método dos MQO; ϕ e φ são as formas funcionais correspondentes; I_j é a estimativa do índice de atratividade ($I_j > 1,0$) ou não ($I_j < 1,0$) da alternativa j ; se os benefícios forem considerados como equivalentes, a atratividade é dada por $I_{RS TT} < 1,0$; i é a taxa de desconto real dada pelo mercado; t é o período de tempo, em anos, em que se observam os fluxos de benefícios e custos.

As hipóteses são: $\phi' x_{j=1} >> \phi' x_{j=2} > 0$ e $\varphi' y_{j=1} << \varphi' y_{j=2} < 0$ e ϕ'' e φ'' existem, estabelecidas conforme o conhecimento técnico-científico das estruturas em análise. Na amostragem para estimar as relações (2) e (3) poderão utilizar-se diversas técnicas, uma delas é a Delphis. Os processos de simulação e estudo poderão auxiliar esta tarefa.

5 - DISCUSSÃO E RESULTADOS

O contraste das alternativas técnicas de SR vsTT para a obtenção de informações não significa exclusão e/ou independência. Elas poderão ser complementares e é com base nessa premissa que se orienta a definição de duas opções para análise. Os valores amostrais, simulados, utilizados para a apresentação de resultados se especificaram com base e numerais, consistentes com as informações encontradas em textos de sensoriamento remoto, sintetizadas a seguir para dar sequência lógica ao trabalho:

a) Técnicas de SR: Seja um sensor TM (Thematic Mapper), com 7 canais e suas respectivas faixas espectrais o que possibilita obter informações que vão do mapeamento de águas, diferenciações solo-vegetação do espectro 0,45 a 0,52 μm do canal 1, até os mapeamentos hidrotermais e de estresse térmico em plantas, na faixa 10,4 a 2,35 μm do canal 6 e 7, passando pelos canais 3 (0,63 a 0,69 μm) e 4 (0,76 e 0,90 μm) aplicados na diferenciação de espécies vegetais e levantamentos de biomassa, entre outros (Moraes, 1988). As características técnicas neste levantamento são: largura da faixa imageada, 185km; frequência de passagem dos sensores (MSS e TM) a bordo, para o caso da plataforma LANDSAT, em torno de 16 dias para um mesmo local; campo de visada instantâneo de 30 x 30m, exceto para o canal 6 que é de 120 x 120m; custo por imagem no formato papel US\$600 e custo de processamento e interpretação de US\$2,50/km²; expedições de campo para estabelecer, redefinir e esclarecer dúvidas quanto a informação imageada, suposta em torno de 20% das despesas com expedições necessária nas TT (estas últimas por serem específicas serão menos dispendiosas). Os custos da informação obtida pelas TT poderão variar consideravelmente em função de condições da região e época do ano, do nível de detalhamento da informação, e do número de atributos e componentes em estudo, da área abrangida, da infra-

estrutura da expedição, etc. Para o caso do Pantanal e sob circunstâncias favoráveis, uma expedição de três pesquisadores para o levantamento e ilustração de material de campo, em pesquisa de solo, vegetação e hidrologia, por exemplo, a um ritmo médio de 50 km/dia, um elemento amostral a cada 10 km², poderá representar uma despesa diária entre US\$500 e US\$750. Deste modo, uma área alvo de 1.000 km² (parte da cobertura de uma imagem) demandará um esforço de 20 dias e uma despesa total de US\$10.000 a US\$15.000. Para as fases posteriores à coleta da informação primária, tem-se custos que poderão entre 10 a 50% das despesas no levantamento primário. Dessa despesa, em torno de 20% deverá ser atribuída às técnicas de SR, conforme premissa acima colocada. Ao comparar esta estimativa de custo com a do SR, em torno de US\$5.100 a US\$6.100/cobertura acima de 1.000km², é possível observar ampla vantagem, com uma margem quase-lucro de 49 a 59% (1 - I_{RS TT}).

Clarke (1988) numa análise econômica comparativa entre as TT e as de imageamento do LANDSAT, estimou que o custo para levantamentos (expedição por terra) detalhados não era inferior aos US\$100/km², enquanto que nas técnicas de SR este custo era em torno de US\$0,01/km². Para o caso em estudo, não somente o custo difere amplamente, mas também o contraste SR vs TT evidencia diferenças no nível de detalhamento, na qualidade da informação, na oportunidade de fornecimento, nas possibilidades de um tratamento mais adequado e integrável a outras fontes, nas vantagens e facilidades de repetição do processo para o acompanhamento e/ou monitoramento sistemático etc. A evidência desta parte não será ilustrada em função de várias limitações. Entretanto, alguns destes fatores foram simulados na estrutura funcional de custos e benefícios, com notáveis efeitos sintetizados a partir das expressões (5) e (6). As melhores formas funcionais de e foram as potenciais; contudo, os níveis de significância de regressores e valores de determinação múltipla foram algo críticos.

$$\hat{B}_j = 0,255 + 0,779 \log(X_1) + 0,61 \log(X_2) \quad (5)$$

$$R^2=0,38 ; F=4,32; \quad (0,36) \quad (0,39)$$

$$\hat{C} = 3,03 + 0,537 \log Y_1 + 0,039 \log Y_2 + 0,048 B_j \quad (6)$$

$$R^2=0,41 ; F=2,98 \quad (0,10) \quad (0,85) \quad (0,41)$$

É de notar-se neste ajustamento que os próprios regressores são coeficientes de elasticidade benefício(demanda) e custo(produção), sendo que um aumento médio de 10% na área abrangida (X₁), estará associado a um aumento esperado no benefício de 7,8%. Esta possibilidade de expressivo aumento na área deve ser destacada em regiões como o Pantanal e Amazonas. A expressão (5) mostra ainda que um aumento de 10%, proposto na aplicação da informação (adequado ao SR) traz um benefício médio de 6,1% na informação. Já na função de custo, ao propor-se um aumento de benefício na informação de 10%, os custos experimentarão um aumento de apenas 0,5% o que é consistente com o SR. O custo resulta mais sensível com os montantes de aplicação em investimentos de infra-estrutura (Y₁) e menos com os custos operacionais (Y₂), com níveis de significância baixo. A análise torna-se particularmente interessante no aspecto normativo quando as mudanças das curvas sob as quais se derivam os ascendentes, são dadas pelas elasticidades. Com o declínio do preço, o cliente alvo poderá requerer um benefício maior (variação compensatória) ou ter um excedente compensatório; ainda poderá ser beneficiado por uma variação equivalente ou por um excedente equivalente. Uma consideração final se refere ao papel da taxa de desconto para a atualização dos fluxos de valor e custos de geração de informação, irrelevante em um componente do SR ao tratar-se de informação em tempo real. Pressupondo benefícios equivalentes das duas técnicas, a atratividade do SR se define pela relação favorável de custos com um índice I_{RS TT} de 0,41 a 0,51 visto como um "preço-sombra"(?).

6 - BIBLIOGRAFIA

CADAVID GARCIA, Eduardo A. - Zoneamento econômico-ecológico análise numérica (prelo)

CLARKE, Robin - The hand book of monitoring. Oxford Claredorf, 1986, p.16, 298p.

MORAES NOVO, Evelyn M. L. - Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. São José dos Campos. INPE, 1988, 351p.