



Resenha

NETHERLANDS ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AGENCY.
Integrared Modelling of Global Environmental Change: an overview of IMAGE 2.4. Out 2006. Disponível em: < www.mnp.nl/en >. Acesso em: 15 abr 2007.

Um modelo integrado

Luiz Panhoca¹

Uma significativa mudança nas discussões das políticas de avaliação das mudanças ambientais teve lugar nos últimos anos. O que se apresenta, neste livro, é o estágio atual das mudanças ocorridas no modelo de avaliação ambiental utilizado, entre outros, pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC. O modelo denomina-se IMAGE - do inglês *Integrared Modelling of Global Environmental Change* - que se encontra na versão 2.4. A primeira versão desse modelo data do final dos anos 80 e a versão atual é o resultado de sugestões e contribuições de pesquisadores de todo o mundo.

O modelo considera que o desenvolvimento sustentado está diretamente relacionado ao desenvolvimento humano; e o sistema natural, à natureza em sua totalidade. O IMAGE 2.4 é a ferramenta utilizada pelo Millenium Ecosystem Assessment para investigar quais bens e serviços são oferecidos aos seres humanos pelos ecossistemas, tanto naturais quanto os administrados pelo homem. Esse modelo mensura, principalmente, como essa habilidade dos ecossistemas de proverem esses serviços é posta em risco pelas atividades humanas.

Este livro, que apresenta os dados e modelos utilizados pelo IMAGE 2.4, é ricamente ilustrado com exemplos, mapas, diagramas e aplicações. O IMAGE 2.4 assume, como principais direcionadores da

¹ Doutor em Contabilidade pela Universidade de São Paulo, professor da Universidade Presbiteriana Mackenzie e da Universidade de Taubaté.

sustentabilidade, a demografia, o desenvolvimento econômico, a produção e o consumo de energia, a demanda agrícola, o comércio e a produção. São apresentados, nesta obra, elementos importantes na modelagem biofísica da ocupação e do uso da terra, o ciclo global do carbono e do nitrogênio, a administração de nutrientes nos sistemas agrícolas e, finalmente, a variabilidade do clima (incluindo a interação com o uso de terra). Finalmente, apresentam-se a utilização dos dados e as informações geradas pelo modelo na elaboração e no estabelecimento de ferramentas exploratórias de políticas, incluindo avaliação global da biodiversidade terrestre e a mudança climática.

Segundo o autor, o modelo IMAGE 2.4 é a mais avançada ferramenta para avaliação da sustentabilidade disponível atualmente. O modelo IMAGE é a combinação de esforços de diversos pesquisadores nas mais variadas áreas do conhecimento e teve grande repercussão na mídia, devido à divulgação de seu relatório sobre mudanças climáticas no início de 2007.

Ainda assim, o esforço na combinação ferramentas é pouco utilizado, apesar de ser significativo para o desenvolvimento de modelos globais de avaliação da sustentabilidade. Por sua relevância, este livro é leitura obrigatória a todos aqueles que se interessam por planejamento e desenvolvimento humano local, continental ou global.

O primeiro capítulo, *The IMAGE model: History, current status and prospects*, de autoria de T. Kram e E. Stehfest, mostra as origens e o histórico do desenvolvimento do modelo. Esses autores argumentam que a crescente demanda para embasar os debates da sustentabilidade global e regional foi o principal desafio e o maior incentivo para se desenvolver arranjos de cooperação entre vários grupos de pesquisadores, o que se mostrou como um elemento indispensável para a construção do modelo. Essa cooperação, e os avanços que foram e estão sendo conseguidos, possibilitará a futura edição da versão 3.0 do modelo.

No segundo capítulo, intitulado *People in the pixel: Grid-based population dynamics using PHOENIX*, de autoria de H.B.M. Hilderink, é apresentado o algoritmo que é incorporado ao modelo IMAGE. O número de pessoas, bem como sua distribuição por diversas regiões, é importante fator que interfere no desenvolvimento sustentado e nas mudanças ambientais. O modelo considera os dados populacionais disponíveis em cada país e pondera esses dados considerando as tendências em cada região do planeta geradas por outros módulos do IMAGE. Para uma melhor aplicação dos resultados, um fator de atratividade é considerado. Isso permite a consideração da atratividade

e do deslocamento de pessoas variando no tempo e no espaço. Esse fator é utilizado também na simulação de taxas crescentes de urbanização em regiões já urbanizadas ou em regiões em formação urbanas do futuro. Neste capítulo, mostra-se a importância do estudo da demografia e das causas determinantes para descrever esse processo: fertilidade, mortalidade, fluxos migratórios e condições de suprimento de água, energia, alimentos e outros.

No capítulo intitulado *TIMER 2: Model description and application*, os autores D.P. Van Vuuren, B. Van Ruijven, M.M. Hoogwijk, M. Isaac e H.J.M. De Vries avaliam, passo a passo, e em um amplo contexto, o impacto de longo prazo dos sistemas de energia na mudança climática, na poluição atmosférica e no desenvolvimento sustentado. Ele é incorporado ao modelo IMAGE pelo sistema de suprimento de energia, pela queima de combustíveis fósseis, pela emissão de gases do efeito estufa, pelos poluentes atmosféricos, no uso de bioenergia e nos cenários de redução de poluentes. Fatores como a geração de energia por meio do hidrogênio e a utilização de energias renováveis foram introduzidas nesta versão do IMAGE. Esse módulo considera também o impacto das energias de transição nos países em desenvolvimento e os modelos físicos de demanda energética.

No capítulo 4, *Modelling agricultural trade and food production under different trade policies*, B. Eickhout, H. Van Meiji e A. Tabeau apresentam a integração do GTAP (*Global Agricultural Trade Model*) com as determinantes regionais da produção de alimentos, baseados nas preferências alimentares regionais, no regime de negócios na agroindústria e no preço dos alimentos. Essa integração permite uma avaliação das consequências econômicas e ambientais. O GTAP calcula o consumo e o comércio agrícola, considerando os preços regionais e locais, que resultam da função produção, explicitamente capital, trabalho, preço das terras, expansão agrícola para áreas menos férteis, ocupação geográfica e os impactos no meio ambiente. Essa integração permite uma avaliação das consequências econômicas, ambientais e de políticas específicas de comércio. O modelo considera uma liberalização do comércio de produtos da agroindústria, com o aumento da renda dos países, porém mostra uma crescente pressão ambiental em regiões como a América Latina e o Sul da África. No geral, a liberalização do comércio levará a uma grande expansão das terras aráveis e, como consequência, uma pressão nos ecossistemas.

No capítulo 5, *Modelling livestock-crop-land use interactions in global agricultural production systems*, A.F. Bouwman, K.W. Van Der Hoek e G. Van Drecht consideram o fator de gestão regional das

pastagens, representado pela densidade dos rebanhos. Entretanto, verifica-se, segundo os autores, grandes regiões áridas e semi-áridas que apresentam terras marginais com alta produtividade em pastagens. A versão IMAGE 2.4 inclui as considerações da produção pastoril e a integração de sistemas mistos que incorporam agricultura e produção de grãos na dieta dos rebanhos. Esses sistemas mistos de culturas e criação animal são seqüências de processos em que a produção de um é a entrada de outro. Os totais de alimentos necessários e sua composição são calculados separadamente no modelo, para cada um dos sistemas de produção. O IMAGE 2.4 permite a previsão, para uma determinada região, da necessidade de terras aráveis e pastagens para a produção das várias necessidades alimentares, bem como o cálculo da densidade animal, com base na variação da demanda e transformações nos processos de produção dos rebanhos.

No sexto capítulo, *HYDE 3: Current and historical population and land cover*, K. Klein Goldewijk e G. Van Drecht consideram o aumento populacional como responsável pela rápida expansão das áreas de culturas e de pastagem, principais responsáveis pela redução dos ecossistemas naturais e da biodiversidade. Essa versão do IMAGE 2.4 incorpora uma revisão histórica do uso da terra e uma alocação espacial em função do tempo e da atratividade de terras produtivas. Para a utilização do uso de terras cultiváveis, utiliza-se uma ponderação temporal entre a densidade populacional, a sustentabilidade das terras cultiváveis e a distribuição de água. Para a alocação de pastagens, utiliza-se a densidade populacional, o tipo de vegetação local. Utilizam-se dados históricos do uso da terra, a evolução da população, as mudanças na utilização do solo e as conseqüências para o ciclo do carbono e do nitrogênio no sistema terra.

No capítulo 7, *Simulating carbon exchange between the terrestrial biosphere and the atmosphere*, J.G. Van Minnen, B. Strenges e B. Eickhut mostram que o ciclo do carbono no modelo IMAGE tem evoluído. Ele incorpora os bolsões de emissão e os fluxos do carbono. O modelo também considera os mecanismos de retroalimentação nas alterações climáticas, na concentração de Dióxido e Carbono (CO₂) e na utilização do solo. A análise de sensibilidade do modelo mostra incertezas nas respostas das alterações da biosfera no clima e das alterações da utilização da terra no entendimento do ciclo global do carbono. O fator dominante, tanto em escala regional como global, é a reação da biosfera ao aumento da concentração do carbono. Uma vez que essas reações não são ainda totalmente conhecidas, mais pesquisas

são necessárias para se aumentar nosso entendimento do impacto do CO₂ nas condições e nas mudanças do ambiente. Resultados dos cenários mostram que, nas próximas décadas, a atmosfera continuará sendo o depósito das emissões de carbono, mesmo que se reduza a sua concentração. É incerta ainda a possibilidade de captura do CO₂ mesmo depois desse período. A principal dúvida com relação ao ciclo do carbono é sua relação com a fertilização.

No oitavo capítulo, *Modeling the fate of nutrients through the soil and hydrological system*, de A.F. Bouwman, A.H.W. Beusen, K.W. Van Der Hoek e G. Van Dreht, são considerados o crescimento populacional e o desenvolvimento econômico e tecnológico para o balanço dos nutrientes e para as reações das emissões de nitrogênio. Os cálculos mostram, especialmente, em ampla escala “além fronteiras”, os efeitos das emissões regionais no meio ambiente. O processo contabiliza as emissões humanas, o tratamento de esgoto, a relação nitrogênio – fósforo dos sistemas terrestres, emissões de amônia, a desnitrificação, o N₂O, e o NO do solo, os vazamentos de nitratos, o transporte e a retenção de nitrogênio nas águas superficiais e profundas. Na elaboração de cenários espaciais, foram desenvolvidas ferramentas para traduzir as características da região, ou informação específica de um país. Como resultado dessas possibilidades, opções das políticas de ação podem ser conseguidas pela alteração de coeficientes e efeitos da cadeia do nitrogênio.

No capítulo intitulado *Climate: Variability, predictability and interactions with land cover*, B. Strengers, M. Schaeffer e B. Eickhout mostram que, nesse tópico do modelo IMAGE, utiliza-se um algoritmo denominado ECBit. As limitações dos modelos de simulação do clima e o módulo de vegetação inibem o estudo de importantes interações não lineares entre a terra, a atmosfera e o oceano. Por essa razão, o modelo atmosfera/oceanos/criosfera (ECBit) foi incorporado ao modelo IMAGE. Esse modelo pode ser alimentado pelos resultados gerados pelo IMAGE, no que se refere às emissões de gases do efeito estufa e à ocupação do solo, nas formas unidirecional e interativa. São enfatizados, neste capítulo, as interações entre o sistema climático que ocasionam um comportamento não linear. Isto é, não existe uma relação de proporcionalidade entre a causa (média das mudanças do clima) e os efeitos (mudanças súbitas no THC, do inglês *Thermohaline circulation*). Mudanças súbitas e substanciais que ocorrem no leito dos oceanos, conhecidas principalmente no Atlântico Norte, podem afetar o clima da terra decorrente das correntes marítimas causadas pelo efeito térmico. Uma conclusão deste capítulo é que não apenas os efeitos dos

gases efeito estufa devem ser levados em consideração, mas também as alterações no uso da terra.

No penúltimo capítulo, *GLOBIO 3: Framework for the assessment of global terrestrial biodiversity*, R. Alkemade, M. Bakkenes, R. Bobbink, L. Miles, C. Nellemann, H. Simons e T. Tekelenburg desenvolveram a análise do passado, presente e futuro da biodiversidade. Este capítulo apresenta, de forma clara e sucinta, o relacionamento entre os fatores de pressão na biodiversidade. Em escalas regional, continental ou global são apresentados os impactos da pressão humana na biodiversidade e nos ecossistemas, sua importância relativa, as tendências e expectativas em termos de abundância de espécies (sob vários cenários futuros) e os efeitos decorrentes de possíveis opções de ação. Esse módulo é estatístico ao invés de dinâmico e é determinístico ao invés de estocástico. Ele é uma ferramenta operacional para determinação dos efeitos combinados dos principais fatores de pressões sobre a biodiversidade. Sua relação com o IMAGE permite a avaliação de medidas políticas e análise dos diferentes potenciais delas decorrentes.

O último capítulo, *FAIR: a model for analyzing environmental and cost implications of future commitment regimes*, de M.G.J. Den Elzen and P.L. Lucas, apresenta a forma como o modelo dá suporte às decisões políticas, na avaliação do meio-ambiente e no cálculo do custo das emissões de gases do efeito estufa (GHGs Greenhouse Gases). O modelo relaciona o clima em longo prazo e os objetivos globais de redução da pressão ecológica com as reduções regionais e a redução do custo.

Uma vez que a constituição do modelo é multidisciplinar e abrange políticas de gestão, é uma obra de referência, de consulta obrigatória a todo estudante e pesquisador de planejamento e desenvolvimento local, continental ou mundial. Além disso, o desmembramento do modelo permite a leitura por capítulo independente do entendimento global do livro.

Qualquer discussão realista sobre estratégias para se “virar o jogo” do cenário mundial da atualidade deve começar com o reconhecimento que a forma atual da globalização econômica foi conscientemente planejada e pode ser reformatada por meio de estratégias inovadoras. O mercado global, como é conhecido, é na verdade uma rede de máquinas programadas de acordo com o princípio fundamental que gerar dinheiro deve preceder direitos humanos, democracia, proteção ambiental ou qualquer outro valor. Entretanto, as mesmas estratégias de financiamento e fluxo da

informação poderiam incorporar outros valores, neles inseridos, como as questões ambientais.

Eco-estratégia, na acepção ampla da palavra, consiste em direcionar os fluxos de energia e da matéria para a finalidade humana. A eco-estratégia constitui um processo pelo qual nossos objetivos humanos são cuidadosamente entrelaçados com os padrões maiores e os fluxos do mundo natural. Os princípios das eco-estratégias refletem os princípios da organização evolutiva da natureza e que sustentam a teia da vida. Exercer a prática do planejamento industrial, neste contexto, requer uma mudança fundamental de atitude para com a natureza.

Pode-se mencionar que os problemas de planejamento regional estão associados à mudança climática, perda da biodiversidade, escassez de água e o ciclo do carbono e do nitrogênio, acelerando os desequilíbrios global, regionais e continentais. A solução desse problema exigirá uma compreensão abrangente do sistema de Terra. De acordo com o Millenium Ecosystem Assessment, nosso desafio é investigar quais bens e serviços são oferecidos aos seres humanos pelos ecossistemas natural e administrados e qual a habilidade desses ecossistemas de prover esses produtos e serviços.

Só a partir de um melhor entendimento do ambiente global e de como este responde a pressão sobre ele exercida, podem os planejadores elaborar projetos e os políticos tomar decisões pertinentes para uma interação mais equilibrada entre desenvolvimento humano e nossa sobrevivência como espécie na terra. A elaboração de propostas de desenvolvimento são, cada vez mais, desafiadoras na escolha daquelas que reduzam de forma local ou mesmo de forma ampla a ameaça ambiental. Essas escolhas envolvem uma mistura específica de conhecimento e ferramentas inovadoras que não são imediatamente óbvias.

O modelo do sistema IMAGE é uma ferramenta útil na investigação dos assuntos globais e suas causas, pois permite um amplo entendimento. Esse modelo é utilizado pelos principais organismos de avaliação mundialmente conhecidos. A versão do IMAGE apresentada aqui é o resultado de muitos anos de desenvolvimento no Instituto Nacional para Saúde Pública e Ambiental (RIVM- National Institute for Public Health and the Environmental). O projeto teve continuidade na Agência Holandesa de Avaliação Ambiental (MNP- Netherland Environmental Assessment Agency), agora separada do RIVM. A MNP é uma agência autônoma desde janeiro de 2006. A primeira versão do IMAGE foi chamada de Modelo Integrado à Avaliação do Efeito Estufa

(Integrated Model to Assessment the Greenhouse Effect), foi desenvolvida na década de 1980 e, desde então, atualizada em várias versões, culminando na última, a IMAGE 2.4.

A versão atual incorpora muitos dos componentes estruturais básicos de seus antecessores. O modelo considera a mudança da população e a macroeconomia como componentes fundamentais, estabelece indicadores físicos para o sistema de energia/indústria e o sistema de agricultura/utilização do solo para a avaliação de mudanças em cobertura de terra, clima e os ciclos do carbono e do nitrogênio. Além de mostrar as várias melhorias consideradas no modelo IMAGE 2.4, esta publicação ilustra como o IMAGE pode ser usado para alimentar ferramentas de política de desenvolvimento mais amplas. São mostrados exemplos de ferramentas que avaliam impactos na biodiversidade, sustentabilidade global, focalizando, inclusive, a vulnerabilidade e a segurança da cadeia alimentar e estratégias de redução das alterações climáticas.

A utilização do IMAGE no entendimento do ambiente global e nos problemas de sustentabilidade ilustra o contínuo desejo de aperfeiçoamento dessa ferramenta. Recentemente, os resultados desse modelo são fator chave em diversos estudos incluindo-se o IPCC, o *Special Report on Emissions Scenarios* (SRES), o *Third Global Environmental Outlook* (GEO-3), o *Millennium Ecosystem Assessment* (MA), o *Second Global Biodiversity Outlook*, e o *Global Nutrients from Watersheds*, projeto do comitê intergovernamental da UNESCO. Na Europa, o IMAGE tem sido utilizado pelo *Eururalis Study on Future Prospects for Agriculture and the Rural Areas of the EU-25 countries* e pelo *Greenhouse Gas Reduction Policy* (GRP). Na MNP, IMAGE é a principal ferramenta para a elaboração do *Sustainability Outlook*. Além desses, esse modelo é suporte para diversos projetos como o *Fourth Assessment Report* e o *Agricultural Report of the IPCC*, todos a serem publicados durante o ano de 2007.

Seguindo uma das recomendações da edição publicada em 2000, cada vez mais estão sendo procuradas melhorias de ampliações do modelo em cooperação com instituições de pesquisas e universidades dos Países Baixos e no estrangeiro. Hoje uma rede de colaboradores está dando forma ao modelo IMAGEM.

O entendimento do modelo permite a elaboração e a compreensão de diversos aspectos a serem considerados quando pensamos e discutimos o Desenvolvimento e o Planejamento Regional.

Este livro deve ser utilizado por aqueles que se dedicam ao estudo do planejamento regional, na formulação e discussão de planos de

desenvolvimento, e por funcionários do serviço público e privado que atuam na elaboração de cenários e na análise de projetos.

Esta obra apresenta especial interesse para estudantes e pesquisadores de Ciências Sociais Aplicadas. Pode ser utilizada tanto na graduação como na pós-graduação, pois apresenta linguagem simples, sendo também útil como modelo, do ponto de vista metodológico.