

Introdução à Modelação Dinâmica de Sistemas Ecológicos

RESUMO Os modelos matemáticos têm sido tradicionalmente utilizados como método de investigação em vários ramos da ciência, especialmente na química e na física, com o objectivo de sintetizar o conhecimento existente ou de investigar fenómenos que ocorrem num dado sistema e para cálculo quantitativo e preditivo. Nos anos recentes, a análise de sistemas estimulou o desenvolvimento de modelos matemáticos em limnologia e ciências afins, devido ao crescente interesse por abordagens ecológicas mais quantitativas, e à necessidade urgente de uma gestão ambiental adequada, incluindo a capacidade preditiva da evolução de cada ecossistema face a alterações projectadas. Tal desenvolvimento deveu-se em grande parte ao acesso a computadores cada vez mais rápidos e a preços mais reduzidos, e ao desenvolvimento de linguagens de programação mais acessíveis.

Jaime Aníbal
Área Eng. Alimentar
EST/UALg

1. Breve história da modelação ecológica

Segundo Jorgensen (1994, 1995) e Jorgensen e Bendricchio (2001), a história da modelação ecológica pode ser dividida em cinco gerações de modelos. Os modelos pioneiros desenvolvidos nos anos 20 simulavam o balanço de oxigénio em rios (modelo de Streeter-Phelps), e as relações entre predadores e presas (modelo de Lotka-Volterra). A segunda geração de modelos surge nas décadas de 50 e 60, focando a dinâmica de populações, e simulação de processos mais complexos em rios. Nos anos 70, iniciou-se a utilização generalizada de modelos ecológicos em gestão ambiental, tendo surgido os primeiros modelos de eutrofização, especialmente aplicados a rios. Os modelos deste tipo podem ser designados de terceira geração. Até um certo ponto, foi a revolução na tecnologia computacional que permitiu o aparecimento desta geração de modelos. De qualquer forma, tornou-se claro por volta de meados dos anos 70, que as limitações do potencial da modelação, como instrumento de conhecimento e gestão ambiental, não eram os computadores, nem a matemática, mas a reduzida disponibilidade de dados experimentais e o conhecimento incipiente sobre os ecossistemas e seus processos ecológicos. Paralelamente a esta tomada de consciência, os ecólogos começaram a abordar os

problemas ecológicos numa forma mais quantitativa, possivelmente devido à necessidade de formular regras de gestão ambiental. Os modelos do período decorrente entre meados dos anos 70 e meados de 80, podem ser designados por modelos de quarta geração. Estes são caracterizados por estarem alicerçados em relativamente bons conhecimentos ecológicos, o que permitiu a validação do prognóstico de alguns deles. Contudo, começou a tornar-se evidente a rigidez da estrutura dos modelos, relativamente à flexibilidade característica dos ecossistemas. Esta constatação levantou alguma crítica relativamente à capacidade preditiva, à validação e à pertinência dos modelos ecológicos em geral. Na última década do século XX, uma nova geração de modelos começou a tomar forma. A exploração de conceitos termodinâmicos aplicados às mudanças estruturais dos ecossistemas, as técnicas orientadas para os objectos, os autómatos celulares, as redes neuronais artificiais e as abordagens espaciais, são algumas das tónicas principais deste mais recente período da modelação ecológica.

2. Objectivos da modelação

A modelação pode ter geralmente dois objectivos: obter um modelo descritivo; ou obter um modelo preditivo. Um modelo descritivo pretende apenas

comprovar que os valores das variáveis amostradas podem ser relacionados de uma forma causal e matemática, e que as relações matemáticas estabelecidas podem originar valores simulados, semelhantes aos amostrados. Um modelo preditivo tem por objectivo, além de descrever correctamente o sistema, produzir resultados que possam descrever as condições futuras de um sistema, baseando a sua simulação em informação actual (Jorgensen & Bendoricchio, 2001).

3. Aplicações da modelação

Actualmente, a facilidade informática com que se podem criar modelos matemáticos, faz com que a sua aplicação aos diversos ecossistemas seja uma prática comum, a qual está muito enraizada no estudo das zonas costeiras. Nestas zonas, o tipo de modelos produzidos para simular os processos estudados são geralmente dinâmicos e determinísticos. Este tipo de modelação tem a vantagem de simular a variação temporal dos processos estudados, sendo esta variação baseada no pressuposto que a resposta futura do sistema é determinada pelo conhecimento do seu estado presente e das suas futuras entradas (Gillman & Hails, 1997). Os modelos dinâmicos determinísticos são baseados em vastas bases de dados, constituídas essencialmente por séries temporais, e requerem um conhecimento detalhado do caso de estudo. Simulam as tendências e sazonalidades do sistema, controladas por múltiplos factores limitantes, e calculam os valores diários da biomassa de diferentes grupos funcionais (Recknagel *et al.*, 1997). Expressões matemáticas descrevem os processos ou interacções entre as variáveis e a cinética dos nutrientes e a dinâmica de populações, em maior ou menor detalhe (Ahlgren *et al.*, 1988; Niemi, 1986).

De uma forma intuitiva, a modelação dinâmica pode ser entendida como a tentativa de se fazer um filme a partir de vários fotogramas. Quando se recolhem amostras, os resultados obtidos após processamento constituem imagens pontuais do que estava a ocorrer no sistema aquando do momento da amostragem. A tentativa de modelar os valores obtidos a partir dessas amostras, mais não é do que tentar inferir o que aconteceu entre amostragens. Ou seja, é criar uma série de valores simulados que traduzam aquilo que se crê estar a acontecer no sistema, a uma escala temporal mais pequena do aquela usada na amostragem (HPS, 1997).

4. Considerações finais

Em resumo, os modelos dinâmicos atingiram um estado de desenvolvimento em que podem ser considerados como ferramentas bem sucedidas para a descrição e compreensão dos sistemas ecológicos, bem como para a previsão e avaliação de diferentes estratégias de gestão de habitats.

5. Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao Dr. Eduardo Esteves pelas críticas ao manuscrito inicial, as quais muito beneficiaram o presente artigo.

6. Referências

- **Ahlgren, I.; Frisk, T. & L. Kamp-Nielsen** (1988). Empirical and theoretical models of phosphorous loading, retention and concentration vs. lake trophic state. *Hydrobiologia* 170: 285-303.
- **Gillman, M & R. Hails** (1997). An introduction to ecological modelling – putting practice into theory. Blackwell Science, London, 202 pp.
- **HPS** (1997). STELLA: an introduction to systems thinking. High Performance Systems, Inc., Hanover.
- **Jorgensen, S. E.** (1994). Fundamentals of ecological modelling. Elsevier, Amsterdam, 628 pp.
- **Jorgensen, S. E.** (1995). State of the art of ecological modelling in limnology. *Ecological Modelling* 78: 101-115.
- **Jorgensen, S. E. & G. Bendoricchio** (2001). Fundamentals of ecological modelling. Elsevier, Amsterdam, 530 pp.
- **Niemi, J.** (1986). Mathematical modeling of phytoplankton biomass. *Publication Water Research Institut Natural Board Water Finland* 69: 16-22.
- **Recknagel, F.; French, M.; Harkonen, P. & K.-I. Yabunaka** (1997). Artificial neural network approach for modelling and prediction of algal blooms. *Ecological Modelling* 96: 11-28.

EUROAÇO

MATERIAIS PARA
CONTRUÇÃO CIVIL
PAVIMENTOS
FERRAMENTAS
EQUIPAMENTOS
MOVIMENTOS
MÓDULOS
GRANIZAÇÕES
ESTRECHURAS
ETC...

Av. da Engenharia, 8077-807, 8077-807 B - Apt. 3057 - 8130-901 Almondega
918 420 420 A Fax 208 395 500