

UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA ENSINO NA ÁREA DE MODELAGEM ECOLÓGICA DE COMUNIDADES AQUÁTICAS

Leonardo Facini Fernandes, Juan Martín Bravo, Juan Carlos Ticona, Lúcia Helena Ribeiro Rodrigues y David da Motta Marques

Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

E-mail: leonardo.facini@gmail.com, jumarbra@iph.ufrgs.br, juancarlos.ticonag@gmail.com, lucia.rodrigues@ufrgs.br, dmm@iph.ufrgs.br

Introdução

O desenvolvimento de ferramentas educacionais permite a difusão do conhecimento e facilita o entendimento de princípios ou fenômenos complexos. Na área de ecologia de comunidades aquáticas, os processos biológicos de grupos de organismos e suas interações na comunidade aquática são conceitos apresentados em diferentes disciplinas de cursos das engenharias (e.g. Civil, Ambiental, Recursos Hídricos), Ecologia, Agronomia, Zootecnia. A modelagem matemática em ecologia utiliza diferentes abordagens, entretanto os modelos de simulação que descrevem organismos individuais ou, em geral, "agentes", se tornaram uma ferramenta amplamente utilizada (DeAngelis e Mooij, 2005; Grimm, 1999; Grimm e Railsback, 2005; van Winkle et al., 1993).

Os modelos baseados em indivíduos (MBIs) são mais adequados para lidar com a variabilidade individual que é tão importante nestas comunidades (van Nes et al., 2003). No entanto, a utilização de MBIs na modelagem de comunidades aquáticas pode resultar inviável pelo excessivo esforço computacional para representar o grande número de indivíduos (Hellweger, 2008). Alternativamente existem os modelos baseados em super-indivíduos (MBSI) que avaliam os efeitos de grupos ou classes de organismos sobre a dinâmica populacional. A unidade básica do MBSI é um super-indivíduo, entendido como uma classe de organismos similares de acordo com um ou vários critérios ecológicos. A abordagem de super-indivíduos é uma ferramenta poderosa quando se trata de reduzir a carga computacional de executar MBIs complexos, mantendo uma alta precisão (Scheffer et al., 1995).

Nesse trabalho é apresentado um MBSI e um conjunto de aplicações para demonstrar a capacidade de explorar conceitos de dinâmica de comunidades aquáticas em forma didática para alunos de graduação.

Objetivo

Analisar a utilidade de uma ferramenta computacional para auxílio à compreensão dos conceitos ou fenômenos representados em sala de aula em disciplinas de graduação.

O modelo EcoAula-IPH

O modelo EcoAula-IPH (Fernandes et al., submetido) foi desenvolvido no software livre NetLogo, específico para o desenvolvimento de simulações baseadas em agentes de fenômenos naturais e sociais.

Cinco grupos em comunidades aquáticas foram representados como super-indivíduos: fitoplâncton, zooplâncton e peixes zooplancívoros, onívoros e piscívoros. O programa utiliza como dados de entrada séries temporais de cinco variáveis: oxigênio dissolvido, temperatura, radiação solar, nitrogênio e fósforo e simula a evolução das concentrações de cada grupo em um tanque retangular estanque. Enquanto o fitoplâncton e o zooplâncton foram simulados com uma representação de autómatos celulares em uma rede de 100 células quadradas, os grupos de peixes foram representados por super-indivíduos cujos movimentos são definidos por gradientes de índices de adequabilidade de habitat calculados em cada intervalo de tempo para as células vizinhas à localização atual do agente. A estimativa da taxa de crescimento ou decaimento das biomassas é baseada na equação de Lotka-Volterra modificada para lidar com múltiplos organismos.

O EcoAula-IPH apresenta uma interface gráfica amigável (Figura 1) onde o usuário pode ajustar diversos parâmetros da simulação, e.g., o número de super-indivíduos existentes associados a peixes, a biomassa inicial de cada um deles, biomassa inicial de fitoplâncton e zooplâncton, a percepção dos peixes para diversos fatores que influenciam a tomada de decisão enquanto locomoção. Os resultados são apresentados em animações da movimentação dos grupos de peixes e em gráficos de evolução temporal de concentrações.

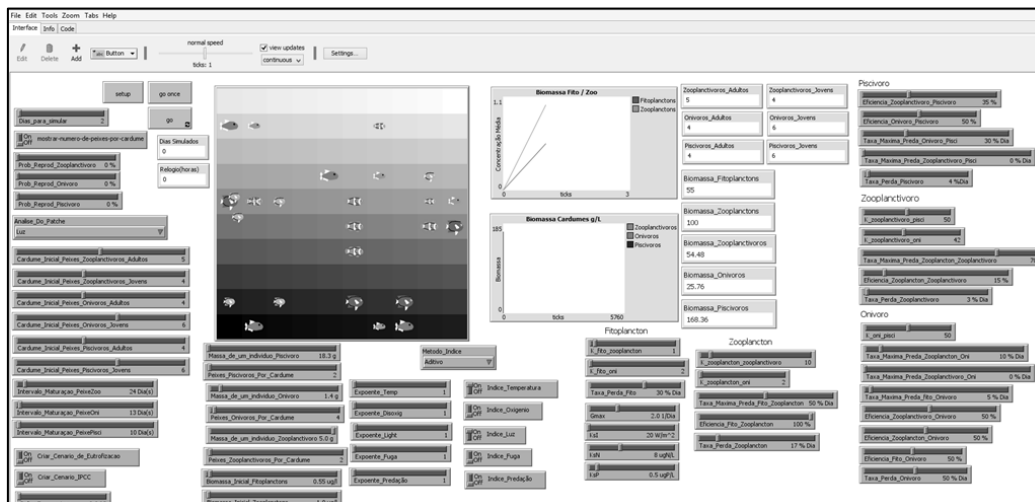


Figura 1.- Interface do modelo EcoAula-IPH.

Aplicações do modelo EcoAula-IPH

Duas aplicações do modelo EcoAula-IPH são apresentadas nesse resumo estendido em função da limitação de espaço.

Em ambas aplicações foi considerado um intervalo de tempo de 15 segundos. A primeira aplicação considerou verificar a movimentação de peixes na coluna líquida em uma situação de estratificação térmica, onde na superfície (epilímnio) a água apresenta temperatura maior que na região do fundo (hipolímnio). Para a simulação, a temperatura da água variou de 18°C (células no fundo) até 22,5°C (células na superfície) se mantendo constante em cada célula ao longo do período. A resposta funcional dos peixes considerou apenas a temperatura da água com base na curva apresentada na Figura 2, que define a temperatura de 20°C como a situação ideal.

A segunda aplicação considerou verificar o aumento de biomassa fitoplanctônica com o aumento da temperatura da água. Nesse sentido foi feita uma simulação considerando temperatura atual de 20°C ao longo de um período de dois dias sem considerar predação. Na sequência cinco simulações foram feitas aumentando o valor da temperatura atual em 0,5; 1; 1,5; 3 e 5°C mantendo os restantes parâmetros igual à simulação do período atual, no período de tempo de dois dias.

Resultados

A Figura 2 mostra o resultado da movimentação dos peixes considerando na resposta funcional apenas a temperatura da água. Os peixes direcionam-se para a parte central do sistema no decorrer do tempo, onde encontram valores de temperatura de água mais propícios para sua subsistência e desenvolvimento, conforme a curva de resposta funcional.

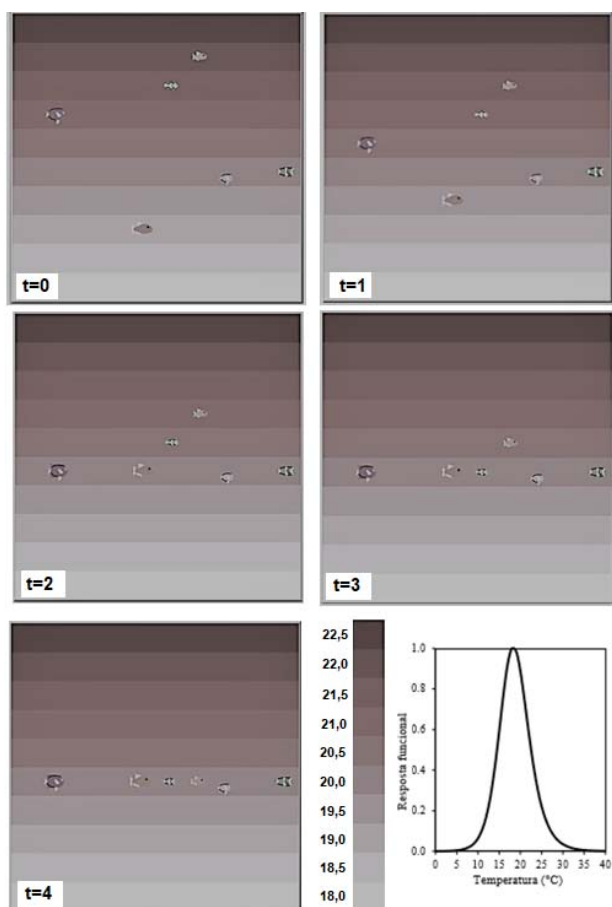


Figura 2.- Resultados da movimentação de peixes considerando apenas o campo de temperatura e a curva de resposta funcional indicada.

Por sua vez, a Figura 3 mostra a evolução da biomassa fitoplanctônica no sistema ao longo de dois dias de simulação considerando valores de temperatura da água crescente e sem considerar a predação. Para o valor de temperatura atual, a biomassa fitoplanctônica praticamente duplica ao longo de dois dias na ausência de predação. Conforme se observa na Figura 3, valores crescentes de temperatura da água levaram a maiores aumentos da produção fitoplanctônica na ausência de predação, podendo praticamente triplicar o valor de biomassa inicial para a parametrização utilizada nesta aplicação.

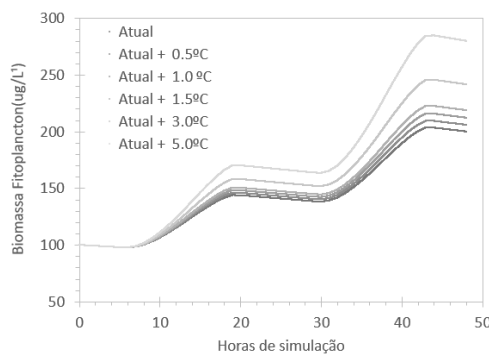


Figura 3.- Evolução da biomassa fitoplanctônica para diferentes temperatura da água e sem predação.

Conclusões

Foi possível representar com a modelagem baseada em agentes os principais processos do ecossistema aquático, através de uma ferramenta que se mostra didática, de uso público, e fácil de utilizar, com grande potencial de ser utilizada em salas de aula em disciplinas da área de recursos hídricos e ecologia.

As aplicações testadas demonstraram a correta representação dos processos modelados em todos os casos avaliados.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece à UFRGS pela bolsa de iniciação científica concedida. Agradecemos ainda ao CNPq pelo apoio ao projeto de pesquisa no qual este trabalho se insere.

Referencias bibliográficas

- DeAngelis, D.L., Mooij, W.M. (2005). "Individual-Based Modeling of Ecological and Evolutionary Processes". *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, Vol. 36:1, pp. 147-168.
- Fernandes, L.F, Bravo, J.M., Ticona, J.C.; Rodrigues, L.R; Marques, D.M (submetido-2018). "Avaliação visual e numérica da interação entre grupos de indivíduos na modelagem ecológica de comunidades aquáticas". *Engenharia Sanitária e Ambiental*.
- Grimm V., Railsback S.F. (2005). *Individual-based Modeling and Ecology*. Princeton: Princeton University Press.
- Grimm, V. (1999). "Ten years of individual-based modelling in ecology: What have we learned, and what could we learn in the future?". *Ecological Modelling*, Vol. 115, pp. 129-148.
- Hellweger, F.L. (2008). "Spatially explicit individual-based modeling using a fixed super-individual density". *Computers & Geosciences*, Vol. 34, pp. 144-152.
- Scheffer, M., Baveco, J.M., DeAngelis, D.L., Rose, K.A., van Nes, E.H. (1995). "Super-individuals a simple solution for modelling large populations on an individual basis". *Ecological Modelling*, Vol. 80, pp. 161-170.
- Van Nes, E.H., Scheffer, M., van den Berg, M.S., Coops, H. (2003). "Charisma: a spatial explicit simulation model of submerged macrophytes". *Ecological Modelling*, Vol.159, pp. 103-116.
- Van Winkle, W., Rose, K.A., Chambers, R.C. (1993). "Individual-based approach to fish population dynamics: an overview". *Transactions of American Fisheries Society*, Vol. 122, pp. 397-403.