

Modelando a Variação da Biomassa do Fitoplâncton no Estuário da Lagoa dos Patos através da Simulação Baseada em Multiagentes

Diego de Abreu Porcellis¹, Diana Adamatti¹, Paulo Abreu²

¹Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional – Universidade Federal do Rio Grande (PPGMC/FURG)

²Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica (PPGOB/FURG)

diegoporcellis@furg.br, dianaada@gmail.com, docpca@furg.br

Abstract. *This paper presents a study on the phytoplankton biomass variation in the estuary of the Patos Lagoon (ELP) and it aims to create a model that demonstrates the phytoplankton variability in the ELP and highlights the importance of water retention time in the phytoplankton biomass accumulation. To create this model, we have applied the Multi-Agent-Based Simulation using the NetLogo tool.*

Resumo. *Este artigo apresenta um estudo sobre variação de Biomassa de Fitoplâncton no Estuário da Lagoa dos Patos (ELP) e tem como objetivo criar um modelo que demonstre a variação de fitoplâncton no ELP e evidencie a importância do tempo de retenção da água no acúmulo de biomassa de fitoplâncton. Para a criação desse modelo, foi utilizada Simulação Baseada em Agentes e a implementação foi realizada na ferramenta NetLogo.*

1. Introdução

Estuários são ambientes de transição entre águas vindas do continente, água doce, e águas oriundas do mar, neste caso a água salgada [Pritchard, 1967]. O grande aporte de nutrientes e condições estressantes devido à variabilidade da salinidade faz com que poucas espécies consigam colonizar estes ecossistemas. Entretanto, as espécies que sobrevivem nos estuários encontram condições ótimas para se reproduzir o que leva a elevados índices de produção e acúmulo de biomassa, resultando em grandes pescarias. A Lagoa dos Patos, no extremo Sul do Brasil, tem ao sul a sua ligação com o mar através de um canal de aproximadamente 800m de largura. A região do estuário tem uma área total de 900 km², e é um ambiente raso, onde 75% desta área tem 2 m, ou menos, de profundidade [Seeliger e Odebrecht 1997].

Devido a sua ligação estreita com o mar e a proximidade de um ponto anfidrômico, as marés nesta região são de pequena amplitude (em média 40 cm), e seu efeito é mais restrito a boca do estuário [Abreu et al 2010]. Devido a estas características a hidrologia do ELP é basicamente controlada pela direção e intensidade dos ventos e também pelos níveis de chuva e evaporação.

Devido à grande diversidade de dados e fenômenos envolvidos nesse ambiente, torna-se difícil e custoso obter dados conclusivos que permitam determinar os principais fatores controladores da variação de biomassa do fitoplâncton. A coleta de água de forma intensiva no tempo e no espaço, além das análises laboratoriais dos diversos parâmetros tornam o monitoramento do fitoplâncton neste ambiente. Por estes motivos objetivou-se neste estudo conhecer os principais fatores controladores da variação de biomassa de fitoplâncton neste ambiente, através da modelagem computacional, utilizando a técnica de Simulação Baseada em Multiagente.

A Simulação Baseada em Multiagentes tem sido muito utilizada atualmente devido ao aumento do poder computacional, a simulação baseada nesta técnica caracteriza-se pela interação de agentes em um ambiente. Através dela, existe a possibilidade de observar agentes individuais interagindo entre si e com o ambiente e assim ter um melhor entendimento do sistema como um todo.

Este artigo divide-se em seção 2, onde são discutidos os conceitos de fitoplâncton e produtor primário; na seção 3 são apresentadas os materiais e os métodos que serão utilizados na criação do modelo; a seção 4 é feita uma discussão sobre o modelo proposto e alguns resultados preliminares e por fim na seção 5 são feitas as considerações finais.

2. Fitoplâncton / Produtor Primário

O plâncton que tem sua nomenclatura derivada da palavra grega *plágchton*, que significa errante. Esta é uma designação aplicada a todos os organismos marinhos que tem locomoção limitada com relação a corrente e acaba por ficar a deriva no ambiente. O Plâncton pode ser dividido em zooplâncton, que se refere aos pequenos animais e fitoplâncton, que designa todos os organismos planctônicos clorofilados [Lalli e Timothy 1997].

O fitoplâncton é o principal produtor primário do ambiente marinho. Os produtores primários são responsáveis por transformar substâncias inorgânicas em matéria orgânica através da fotossíntese. Esse processo é de vital importância para a cadeia alimentar dos ambientes aquáticos, pois o fitoplâncton fornece a matéria e energia que sustenta o crescimento de peixes, crustáceos e moluscos nos ecossistemas marinhos [Lalli e Timothy 1997].

O crescimento rápido de uma determinada espécie de fitoplâncton é chamado de *bloom* de fitoplâncton. Estudos em estuários, como [Howarth et al. 2000; Jassby 2008], tem o foco de conhecer os fatores que controlam os acúmulos de biomassa de fitoplâncton. Estes trabalhos mostraram a importância da luz, nutrientes e predação para a produção do fitoplâncton. Além desses, o tempo de transporte, conhecido também como tempo de retenção ou de circulação, é, em alguns estudos, considerado o principal fator de influência na variabilidade de biomassa de fitoplâncton, considerando os estudos de longo e curto prazo [Abreu et al 2010; Howarth et al. 2000].

No entanto, Lucas et al (2009) menciona que o tempo de transporte tem pouca influência na variabilidade de fitoplâncton, e que o que realmente afeta essa variabilidade são as taxas de duplicação e de perda de fitoplâncton. Já Abreu et al (2010), em um estudo de longo e curto prazo desenvolvido no estuário da Lagoa dos

Patos evidencia a importância do tempo de retenção na variabilidade de fitoplâncton neste ambiente.

Desta forma, para investigar e esclarecer a influência do tempo de transporte na variabilidade de fitoplâncton no ELP é necessário um estudo com grande quantidade de dados e amostras. Porém, o custo, tanto em termos de tempo quanto em termos financeiros, acaba se tornando alto. Devido a isso, foi proposto que seja criado um modelo computacional que simule esse ambiente e que possa realizar previsões precisas quanto ao acúmulo de biomassa de fitoplâncton de modo que seja possível alterar condições iniciais e obter resultados precisos e rápidos.

3. Materiais e Métodos

A técnica computacional utilizada para realizar a modelagem computacional deste ambiente será os Sistemas Multiagentes (SMA), que é uma linha de pesquisa da Inteligência Artificial Distribuída (IAD) e é proposta com a finalidade de estudar o comportamento de agentes autônomos e sua evolução em um ambiente [Werlang, 2013]. Esta metodologia foi escolhida, pois, através dela, pode-se observar um ambiente natural que tenha comportamento inteligente, como o ambiente do estuário, e criar um modelo condizente com a sua estrutura [Johnson, 2001]. Os ganhos obtidos com essa técnica são:

- Facilidade na criação do modelo;
- Facilidade na modelagem de fenômenos emergentes;
- Rapidez na obtenção dos dados em relação aos estudos já realizados.

O SMA tem como objetivo estudar o comportamento de agentes autônomos que trabalham em conjunto cooperando ou competindo em um determinado ambiente [Werlang, 2013]. Por autônomos entende-se agentes independentes da existência de outros agentes, mas que podem sofrer influências em seu comportamento ou estado devido a outros agentes [Hubner, 2003].

O modelo criado será utilizado para previsão de cenários futuros e estudo destes cenários, além disso, podem ser inseridos cenários diversos para buscar um cenário otimizado para o sistema. É importante salientar, que já existe um estudo com esta finalidade sendo desempenhado no Instituto de Oceanografia da FURG, neste estudo são utilizadas técnicas da estatística para obtenção dos resultados do acúmulo de biomassa de fitoplâncton, esse estudo servirá como base para esse trabalho e também, para a validação dos resultados do modelo proposto.

3.1 NetLogo

A ferramenta que será utilizada na criação do modelo de crescimento das algas é o NetLogo (figura 1). Esta ferramenta possui uma linguagem de programação e um ambiente de desenvolvimento multiagente. O NetLogo é indicado para simulações de fenômenos naturais e sociais e suas principais vantagens são códigos simples e legíveis e uma interface intuitiva [Wilensky, 2013].

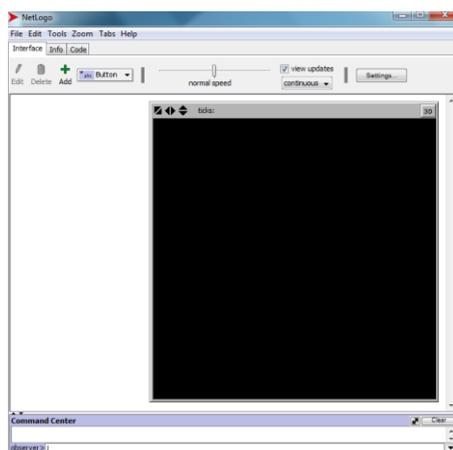


Figura 1. Interface do NetLogo

Existem três abas principais no NetLogo (Figura 1): *Interface*, *Info* e *Code*. A aba responsável pela criação da parte gráfica é a *Interface*. Nessa aba pode-se criar todo o ambiente de simulação. Neste ambiente podem ser inseridos os itens: Botões; Sliders (para definir valores de parâmetros); Monitores (para monitorar o conteúdo de determinados parâmetros); Plots (gráficos); entre outros.

A aba *Info* é utilizada para documentar o modelo criado, com informações sobre funções, parâmetros, modo de utilização e outras informações pertinentes ao modelo criado.

E por fim existe a aba *Code* (Figura 2) que é o local destinado a criação do código de funcionamento do modelo. O código criado determina o comportamento de cada agente e como ele se comunica com o ambiente e com outros agentes.

```
File Edit Tools Zoom Tabs Help
Interface Info Code
Find... Check Procedures Indent automatically
breed [lobos lobo]
breed [ovelhas ovelha]
lobos-own [ovelhas-in-cone]

to setup
  ca
  ask patches [set pcolor green
    if Grama [
      if (pxcor > 0) and (pycor > 0) [ set pcolor lime ]
    ]
  ]

  ask n-of presa patches [
    sprout 1 [
      ask ovelhas [set shape "sheep"]
      set breed ovelhas
      set size 4
      rt random 360
      fd random 5
      set color red
    ]
  ]
]
```

Figura 2. Exemplos de codificação no NetLogo.

4. Modelo Proposto

Em modelos preliminares já realizados foi possível verificar a importância do tempo de retenção no acúmulo de biomassa de fitoplâncton. Num primeiro modelo (Figura 3) é possível escolher o número de algas iniciais, o tempo de duplicação dos fitoplânctons

(tempo em dias que demora para uma alga transformar-se em 2) e o tempo de retenção (tempo em dias que a abertura do estuário fica bloqueada devido à ação do vento) destes no estuário. Neste primeiro modelo não foram consideradas as perdas naturais, pois estas perdas são irrelevantes neste estuário [Abreu, Carstensen e Odebrecht no prelo]. O funcionamento desse modelo simula a ação do vento sobre o estuário gerando um tempo de retenção, assim que o vento para de agir as algas são escoadas para o mar.

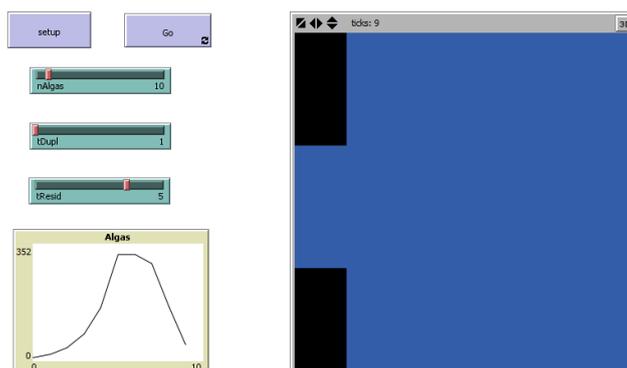


Figura 3. Modelo com tempo de duplicação e tempo de retenção.

Na sequência, foi criado um modelo (Figura 4) que pudesse ser mais geral e pronto para ser utilizado em outros ambientes. Neste novo modelo foram utilizadas como dados de entrada o número inicial de algas, a taxa de duplicação (velocidade de duplicação das algas), a taxa e perda (aqui é considerado as perdas naturais), a taxa de retirada (velocidade de saída de algas do estuário) e o número de dias de simulação. Os resultados deste segundo modelo ainda estão em análise.

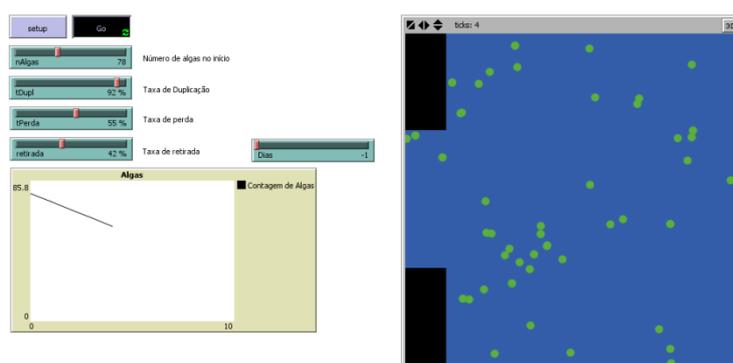


Figura 4. Modelo com tempo de duplicação e tempo de retenção.

5. Considerações finais

Espera-se através da realização deste trabalho, obter um modelo consistente com resultados encontrados em pesquisas *in loco*. O modelo será validado através dos dados obtidos durante os últimos anos no ELP. O modelo gerado também deve ser abstrato ao

ponto de em poucas alterações realizarem simulações de ambientes diversos a ELP, sendo assim adaptável a qualquer ambiente aquático.

6. Agradecimentos

Agradeço a CAPES pela bolsa de mestrado CAPES-DS, que me possibilitou dedicação exclusiva a meu estudo.

Referências

- Lalli, Carol, e Timothy R. Parsons. (1997). *Biological Oceanography: An Introduction: An Introduction*. Butterworth-Heinemann.
- Anacleto, Elisângela Inácia; Gomes, Eliana Traversim. (2009). Relações tróficas no plâncton em um ambiente estuarino tropical: Lagoa dos Patos (RS), Brasil. *Saúde & Ambiente em revista*, v. 1, n. 2.
- Lucas, Lisa V., Janet K. Thompson, e Larry R. Brown. (2009). "Why are diverse relationships observed between phytoplankton biomass and transport time." *Limnology and Oceanography* 54.1 381-390.
- Abreu, Paulo C., et al. (2010) "Short-and long-term chlorophyll a variability in the shallow microtidal Patos Lagoon estuary, southern Brazil." *Estuaries and Coasts* 33.2 554-569.
- Abreu, Paulo C., Carstensen, Jacob., Odebrecht, Clarisse. (no prelo) Retention time as controlling factor of short-term phytoplankton blooms in a shallow microtidal subtropical estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- Hübner, Jomi Fred. (2003) Um modelo de reorganização de sistemas multiagentes. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Werlang, Pablo Santos. (2013) Simulação da curva de crescimento do *Mycobacterium tuberculosis* utilizando sistemas multiagentes, Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande/FURG.
- Johnson, Steven, (2001) "Emergence: The Connected Lives of Ants, Brains, Cities, and Software." New York: Touchstone.
- Wilensky, Uri. (2007) "NetLogo 5.0.4 User Manual." Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, Illinois, USA.
- Seeliger, Ulrich, Clarisse Odebrecht. (1997) Introduction and overview In. Seeliger, Ulrich, Clarisse Odebrecht, e Jorge Pablo Castello, eds. *Subtropical convergence environments: the coast and sea in the southwestern Atlantic*. New York: Springer.
- Howarth, R. W., D. P. Swaney, T. J. Butler, e R. Marino. (2000). Climatic control on eutrophication of the Hudson River Estuary. *Ecosystems* 3: 210–215.
- Jassby, A. D. (2008). Phytoplankton in the Upper San Francisco Estuary: Recent biomass trends, their causes and their trophic significance. *San Francisco Estuary Watershed Sci.* 6: (issue 1, February, article 2) 1–24. Available online at <http://repositories.cdlib.org/cgi/viewcontent.cgi?article51103&context5jmie/sfew>.