

IMPLEMENTAÇÃO DE MODELO MATEMÁTICO APLICADO A GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS EM AMBIENTE COMPUTACIONAL

João Tristão de Barros, Eric Zettermann Dias de Azevedo

INTRODUÇÃO

Os modelos matemáticos para a gestão de recursos naturais representam a dinâmica das espécies exploradas, simulando uma variedade de cenários (CLARK, 2007). Entretanto, focar apenas na biologia pode negligenciar impactos socioeconômicos, enquanto priorizar exclusivamente fatores econômicos pode comprometer a sustentabilidade da espécie (ANDERSON; 1998). Assim, é fundamental integrar aspectos ecológicos e socioeconômicos. Modelos matemáticos bioeconômicos simulam estratégias de manejo, avaliam impactos e podem apoiar decisões que promovam a sustentabilidade do sistema (HARYANTO; 2025). Nesse contexto, os modelos bioeconômicos se destacam como ferramentas valiosas para enfrentar os desafios complexos da gestão de recursos naturais (KNOWLER, 2002). Neste trabalho, revisamos a literatura selecionamos um modelo bioeconômico aplicado a exploração de recursos naturais. Implementamos o modelo em linguagem R e fizemos simulações com dados hipotéticos para gerar resultados que destaquem o potencial do modelo como ferramenta de apoio às decisões de manejo e à sustentabilidade do sistema.

DESENVOLVIMENTO

A revisão bibliográfica foi realizada na base Science Direct, nos últimos 6 anos, utilizando a palavra-chave “*Bioeconomics Models*”. A triagem considerou praticidade do modelo, simplicidade das equações e variáveis utilizadas. Para o modelo escolhido combinamos três estágios crescentes de disponibilidade de Biomassa em relação a capacidade de suporte (K): (B1) escassez de recursos (20% de K); (B2) intermediário (50% de K); e (B3) alta disponibilidade (80% de K), com três estágios crescentes de intensidade de esforço de pesca: (E1) esforço fraco; (E2) esforço moderado; e (E3) esforço forte, resultando em nove diferentes cenários. Nessas simulações analisamos a evolução da biomassa do recurso explorado e dos lucros em um horizonte de tempo de 30 anos.

RESULTADOS

Dos 80 artigos analisados, 32 passaram nos critérios de triagem. Os modelos são em sua maioria aplicados a pesca abordando a exploração de uma ou mais espécies. O modelo escolhido foi o Gordon-Shaefer que em um sistema pesqueiro relaciona a dinâmica populacional (X) da espécie utilizando o modelo logístico (eq. I) e calcula os lucros (Π) com base na captura (H), preço (p), esforço de pesca (e), custo (c) (eq. II). A captura (H) depende da eficiência da extração (q), do esforço e da biomassa disponível (Eq. III). O tempo t é dado em anos.

$$(I) \ X_t = r \cdot X_{t-1} \left(1 - \frac{X_{t-1}}{K}\right); (II) \ \Pi_t = H_t \cdot p - e \cdot c; (III) \ H_t = q \cdot e \cdot X_t.$$

Ao analisar a biomassa nos cenários (Figura 1a) percebemos que o esforço de pesca tem mais força na dinâmica da espécie explorada do que a biomassa inicial. Todos os cenários com esforço forte (B3) levaram a espécie a extinção. Quando o esforço é baixo (E1) a espécie consegue atingir sua capacidade de suporte (K) independente de sua biomassa inicial. Analisando os lucros em cada cenário (Figura 1b) percebe-se que em todos os cenários com esforço forte (E3) o lucro ficou negativo antes da metade do horizonte de 30 anos, apesar de começar com valores mais altos em relação aos outros cenários. Os cenários com esforço moderado (E2) e esforço fraco (E1) tiveram lucros positivos em todo o horizonte, sendo que o primeiro obteve valores mais altos em todos os cenários.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do modelo bioeconômico mostrou que existe um balanço entre conservação do estoque e performance econômica da pesca. Esforços equilibrados mantêm a sustentabilidade e retornos consistentes, enquanto excessos podem levar ao colapso do estoque e perdas econômicas. Em um contexto de manejo, o modelo pode ser utilizado para explorar diferentes estratégias de manejo afim de buscar o cenário mais sustentável considerando a espécie explorada e os benefícios socioeconômicos da pesca. Outros fatores podem ser incorporados no modelo como o número de empregos gerados pela pesca e a renda *per capita* gerada. Os resultados reforçam, portanto, a importância dos modelos bioeconômicos para que se construam abordagens integradas apoiando decisões que conciliem conservação da biodiversidade e bem-estar socioeconômico da comunidade pesqueira.

Palavras-chave: modelos bioeconômicos; sistemas socioecológicos; exploração sustentável.

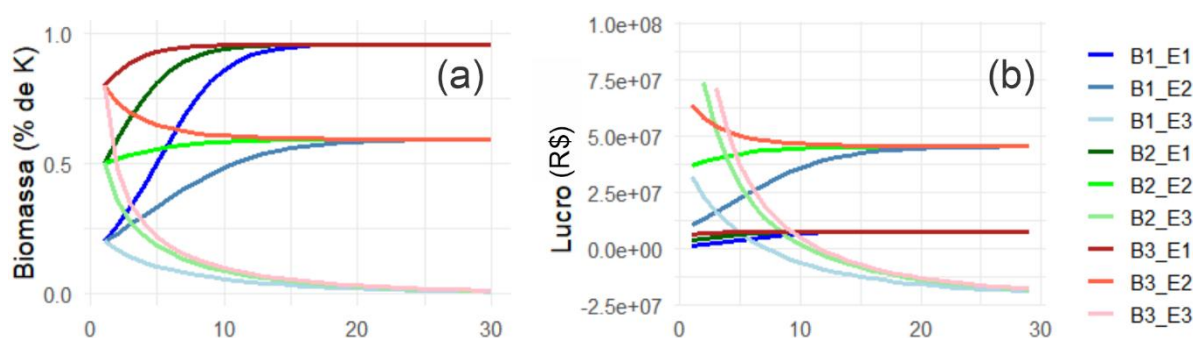


Figura 1. Evolução da biomassa (a) e dos lucros (b) nos diferentes cenários ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, L. G.; SEIJO, J. C. Bioeconomic models of fisheries management. FAO Fisheries Technical Paper, v. 212, p. 1-212, 1998.

CLARK, C. The Worldwide Crisis in Fisheries: Economic Models and Human Behavior. Cambridge University Press, Cambridge, 263p., 2007.

HARYANTO, T. et al. Balancing economic returns and conservation: A bioeconomic assessment of *Sardinella lemuru* fisheries management in Muncar, Banyuwangi, Indonesia. Social Sciences & Humanities Open, v. 11, p. 101277, 13 jan. 2025.

KNOWLER, D. A review of selected bioeconomic models with environmental quality effects. *Environmental and Resource Economics*, v. 22, n. 1, p. 51-81, 2002. DOI: 10.1023/A:1021151809501.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: João Tristão de Barros

MODALIDADE DE BOLSA: PROIP/UDESC (IP)

VIGÊNCIA: 01/09/2024 a 31/08/2025 – Total: 12 meses

ORIENTADOR(A): Eric Zettermann Dias de Azevedo

CENTRO DE ENSINO: CERES

DEPARTAMENTO: Departamento de engenharia de pesca e ciências biológicas CERES

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Ciências Biológicas)

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Modelagem matemática de sistemas socioecológicos

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: PVES55-2024