

Relação estoque-recrutamento para as piranhas *Serrasalmus marginatus* (Valenciennes, 1847) e *S. maculatus* (Kner, 1860) no rio Baía, alto rio Paraná

Patrícia Catelan Alexandre, Elaine Antoniassi Luiz, Pitágoras Augusto Piana, Luiz Carlos Gomes* e Angelo Antonio Agostinho

Departamento de Biologia/Nupélia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá - UEM, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. * Autor para correspondência. e-mail: lcgomes@nupelia.uem.br

RESUMO. Um dos problemas de maior relevância e complexidade na avaliação da biologia pesqueira é a relação entre estoque e recrutamento. O termo recrutamento é referido, neste estudo, como a abundância da primeira classe etária, na qual uma coorte pode efetivamente ser estimada, constituindo-se em um processo complexo, determinado por fatores dependentes e independentes da densidade. Normalmente a análise estoque-recrutamento é resultante da observação da relação entre os tamanhos do estoque reprodutor e o número de recrutas produzidos. Existem representações sugeridas para expressar essa relação, dentre as quais estão os modelos de Beverton e Holt, Ricker e Shepherd. Neste trabalho, esses modelos foram ajustados para as populações de *Serrasalmus marginatus* e *S. maculatus*, do rio Baía, por meio de procedimento não-linear. O objetivo foi determinar o melhor modelo para a relação estoque-recrutamento e os principais fatores envolvidos. A competição pareceu ser o fator limitante ao recrutamento, sendo os modelos de Shepherd (*S. marginatus*) e de Ricker (*S. maculatus*) os mais adequados.

Palavras chave: estoque-recrutamento, competição, *Serrasalmus marginatus*, *S. maculatus*.

ABSTRACT. Stock and recruitment relationship for *Serrasalmus marginatus* (Valenciennes, 1847) and *S. maculatus* (Kner, 1860) piranhas in Baía River, Upper Paraná River. The most important and, usually, the most difficult problem in fisheries sciences assessment is the relationship between stock and recruitment. The term 'recruitment' is referred in this study as the abundance of the earliest age at which a cohort can effectively be estimated. The process of recruitment is complex, and determined by density-dependent and density-independent factors. Usually, stock-recruitment is the empirical relationship between reproductive stock and the number of recruits produced. There are several suggestions to express the stock-recruitment relationship, and an example of such attempts is the models of Beverton and Holt, Ricker and Shepherd. These models were fitted by non-linear procedure to *Serrasalmus marginatus* and *S. maculatus* populations from the Baía River. The aim of the study was to determine the best model for stock-recruitment relationship and the main mechanism related to it for both species. Competition appeared to be the limiting factor for recruitment. Shepherd (*S. marginatus*) and Ricker (*S. maculatus*) were the models that presented the best fit.

Keywords: stock-recruitment, competition, *Serrasalmus marginatus*, *S. maculatus*.

Introdução

O recrutamento é de difícil quantificação e, geralmente, considerado subjetivamente ou desconsiderado em estudos pesqueiros (Miranda *et al.*, 2000; Rutherford, 2003). O entendimento da relação entre a abundância do estoque de adultos e o subsequente recrutamento (relação estoque-

recrutamento) é importante para a biologia e para o gerenciamento da pesca (Hilborn e Walters, 1992; Cushing, 1996; Myers, 2001). Além disso, estudos dessa relação têm importância ecológica, porque fornecem informações sobre os fatores limitantes à sobrevivência de uma espécie no início do ciclo de vida.

processo denso dependente predomina e b é o coeficiente denso dependente (Cushing, 1996).

Cada modelo representa mecanismos específicos, o que permitiu inferir sobre os fatores que possivelmente atuaram na substituição das espécies de piranhas no alto rio Paraná. Para seleção do melhor ajuste, foi utilizado o critério da menor soma dos quadrados dos resíduos (SSR). Vale ressaltar que esses modelos atendem às cinco propriedades básicas necessárias para representar a relação estoque-recrutamento (Ricker, 1975; Hilborn e Walters, 1992).

Resultados e discussão

Dentre os modelos ajustados, o de Beverton e Holt (1957) sugere que o recrutamento alcança uma assíntota em altas densidades do estoque reprodutor, sendo o *habitat* e a territorialidade os fatores limitantes ao recrutamento, porém foi o menos adequado para representar a relação entre recrutas e adultos para ambas as espécies.

O modelo de Shepherd apresentou melhor ajuste (menor SSR ; Figura 2) para a população de *S. marginatus* e foi descrito por King (1995) como mais versátil que os outros, para o qual o parâmetro a é a inclinação inicial na origem da curva e corresponde à medida de recrutamento máximo por unidade de estoque, sendo alcançado somente em baixas densidades de estoque quando a mortalidade densa dependente de pré-recruta é mínima (King, 1995).

Em altas densidades de estoque, o recrutamento se encontra abaixo desse limiar, devido aos efeitos de mortalidade denso dependentes atuarem mais intensamente. Tanto a predação quanto a competição podem explicar a relação entre estoque e recrutamento (Hixon *et al.*, 2002).

Para *S. maculatus*, o modelo de Ricker foi mais apropriado (menor SSR ; Figura 3), sugerindo que a competição por alimento, ou canibalismo, ou ambos foram limitantes ao recrutamento. A principal suposição biológica contida no modelo de Ricker é que a taxa de mortalidade dos ovos e dos juvenis é proporcional ao tamanho inicial da coorte, ou seja, a mortalidade é dependente da densidade do estoque (Ricker, 1975; Hilborn e Walters, 1992) e intensificada pelo processo de competição.

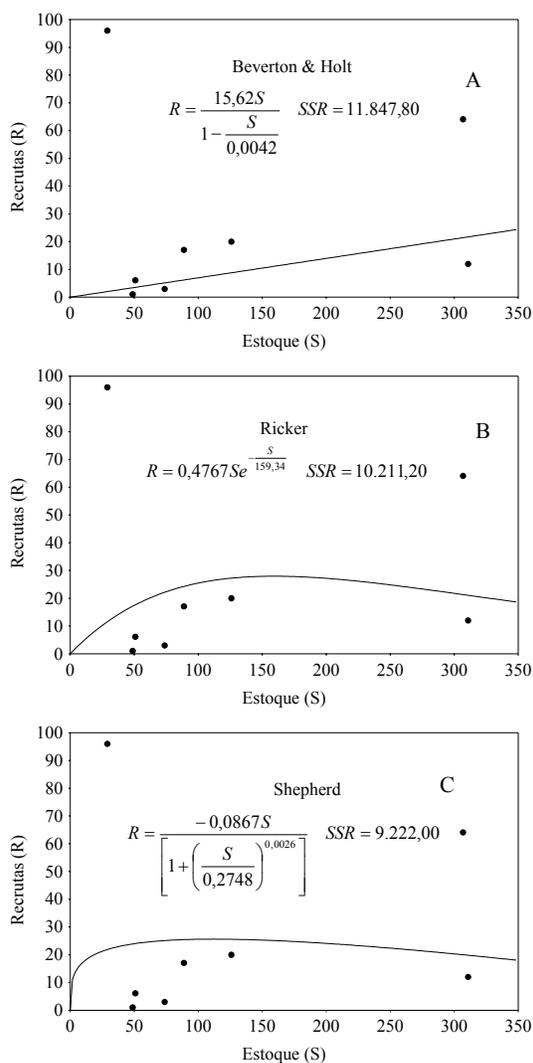


Figura 2. Ajustes dos modelos de estoque-recrutamento para a população de *S. marginatus* (A - Beverton e Holt, B - Ricker e C - Sheperd) no rio Baía, alto rio Paraná.

Analisando a abundância das espécies (Figura 4), *S. maculatus* manteve um amplo domínio sobre *S. marginatus* até 1988, posteriormente, mas constatou-se uma queda na abundância da espécie local e um crescimento da espécie invasora. A invasão da *S. marginatus* não só restringiu a abundância dos adultos e dos indivíduos em reprodução, mas também limitou o sucesso reprodutivo da *S. maculatus*, à medida que houve uma redução nos espaços disponíveis para a alimentação e para a reprodução (Agostinho e Julio Jr., 2002; Agostinho, 2003).

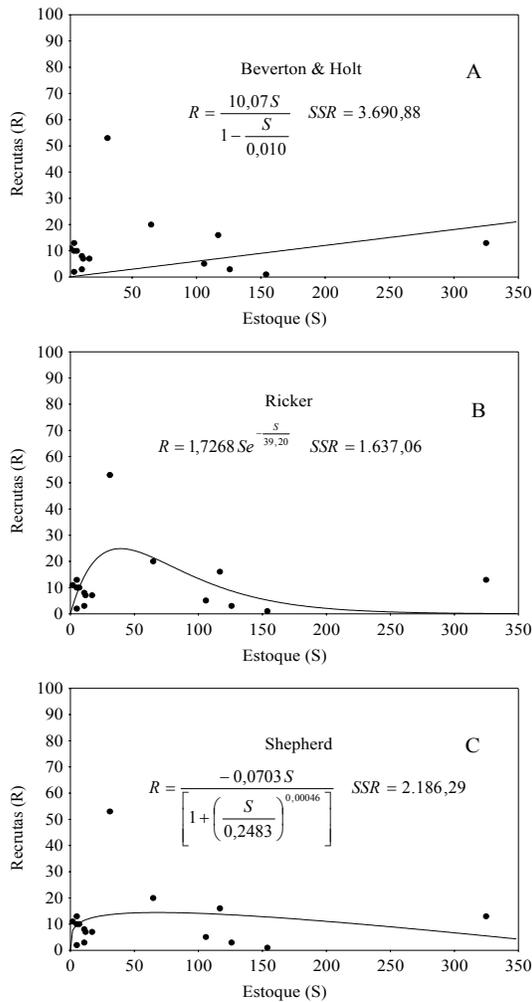


Figura 3. Ajustes dos modelos de estoque-recrutamento para a população de *S. maculatus* (A - Beverton e Holt, B - Ricker e C - Shepherd) no rio Baía, alto rio Paraná.

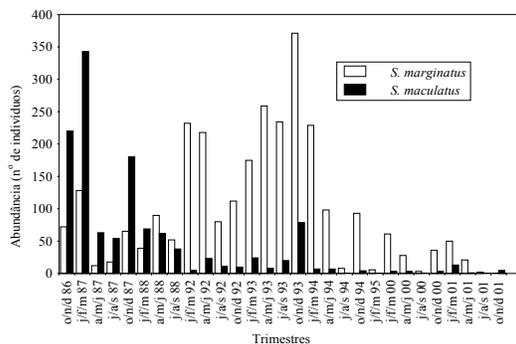


Figura 4. Abundância das espécies *Serrasalmus marginatus* e *Serrasalmus maculatus* no rio Baía nos diversos períodos estudados (códigos: o/n/d = outubro, novembro e dezembro; j/f/m = janeiro, fevereiro e março; a/m/j = abril, maio e junho; j/a/s = julho, agosto e setembro).

Apesar de modelos serem abstrações da natureza (Corkett, 2002), os utilizados neste estudo permitiram identificar a competição como um dos mecanismos determinantes para o recrutamento dessas espécies de piranhas. Outros fatores que podem ter influenciado são a capacidade de *S. marginatus* de adaptar-se aos ambientes lóticos, a facilidade de dispersão e de ocupação de novos ambientes (Agostinho e Júlio Jr., 2002) e as diferenças ontogenéticas na dieta, com forte sobreposição alimentar entre indivíduos de *S. marginatus* de porte maior e *S. maculatus* menor (Agostinho et al., 2003). Estas características possivelmente proporcionaram vantagens à *S. marginatus* sobre *S. maculatus*, durante o processo de ocupação do rio Paraná e devem ter favorecido seu recrutamento.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a Finep (que financiou os estudos de 1986 a 1988), a PADCT/Ciamb (que financiou os estudos de 1992 a 1995), a Peld (dados de 2000 e 2001) e ao Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura (Nupélia).

Referências

- AGOSTINHO, C.S. O impacto da invasão da piranha *Serrasalmus marginatus* sobre a população de *Serrasalmus spilopleura* no alto rio Paraná. 1997. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.
- AGOSTINHO, C.S. Reproductive aspects of piranhas *Serrasalmus spilopleura* and *Serrasalmus marginatus* into the Upper Paraná River, Brazil. *Braz. J. Biol.*, São Carlos, v. 63, no. 1, p. 1-6, 2003.
- AGOSTINHO, C.S.; JÚLIO JR., H.F. Observation of an invasion of the piranha *Serrasalmus marginatus* Valenciennes, 1847 (Osteichthyes, Serrasalminae) into the Upper Paraná River, Brazil. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 24, n. 2, p. 391-395, 2002.
- AGOSTINHO, C.S. et al. Patterns of food resource use by two congeneric species of piranhas (*Serrasalmus*) on the Upper Paraná River floodplain. *Braz. J. Biol.*, São Carlos, v. 63, n. 2, p. 177-182, 2003.
- BRITSKI, H.A. et al. *Peixes do pantanal*. Manual de identificação. Brasília: Embrapa-SBI; Corumbá: Embrapa-CPAP, 1999.
- CORKETT, C.J. Fish stock assessment as a non-falsifiable science: replacing an inductive and instrumental view with a critical rational one. *Fish. Res.*, Amsterdam, v. 56, p. 117-123, 2002.
- CUSHING, D.H. Towards a science of recruitment in fish populations. *Ecology Institute*, 1996.
- GULLAND, J.A. *Fish stock assessment: a manual of basic methods*. Edit. John Wiley e Sons. FAO/ Wiley Series on

- food and agriculture; A Wiley- Interscience publication, v. 1, p. 21-26; p. 117-130, 1983.
- HILBORN, R.; WALTERS, C.J. *Fisheries stock assessment*. Choice, dynamics & uncertainty. Chapman & Hall, Inc. p. 241- 296, 1992.
- HIXON, M.A. *et al.* Population regulation: historical context and contemporary challenges of open vs. closed systems. *Ecology*, New York, v. 83, n. 6, p. 1490-1508, 2002.
- JEGÚ, M.; dos SANTOS, G.M. Mise au point à propos de *Serrasalmus spilopleura* Kner, 1858 et réhabilitation de *S. maculatus* Kner, 1858 (Characidae : Serrasalminae). *Cybium*, v. 25, n. 2, p. 119-143, 2001.
- KING, M. *Fisheries Biology: assessment and management*. Oxford: Osney Mead, Fishing News Book. 341 p. 1995.
- MIRANDA, L.E. *et al.* Appraisal of the selective properties of gill nets and implications for yield and value of the fisheries at the Itaipu Reservoir, Brazil – Paraguay. *Fish. Res.*, Amsterdam, v. 45, p. 105-116, 2000.
- MYERS, R.A. When do environmental-recruitment correlations work? *Rev. Fish Biol. Fish.*, Dordrecht, v. 8, p. 285-305, 1998.
- MYERS, R.A. Stock and recruitment: generalizations about maximum reproductive rate, density dependence, and variability using meta-analytic approaches. *J. Mar. Sci.*, New Haven, v. 58, p. 937-951, 2001.
- RICKER, W.E. *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*. Ottawa: Bulletin of the fisheries research board of Canada, 1975.
- ROYCE, W.F. *Introduction to the practice of fishery science*. Revised Edition. New York: Academic Press, p. 241-247. 1996.
- RUTHERFORD, E.S. *et al.* Evaluation of the Shepherd and Cushing (1980) model of density-dependent survival: a case study using striped bass (*Morone saxatilis*) larvae in the Potomac River, Maryland, USA. *J. Mar. Sci.*, New Haven, v. 60, p. 1275–1287, 2003.
- VAZZOLER, A.E.A.M. *Biologia da reprodução de peixes Teleosteos: Teoria e Prática*. Maringá: Editora Eduem, 1996.

Received on February 10, 2004.

Accepted on August 04, 2004.