

Um Índice de Diversidade Criado por Ramon Margalef para Medir a Velocidade de Funcionamento dos Ecossistemas

Rosana Mazzoni¹ & Ricardo Iglesias-Rios²

¹ Depto. de Ecologia, IBRAG, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier 524, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, 20559-900, Brasil – e.mail: mazzoni@uerj.br; ² Depto. de Ecologia, IB, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cx.P. 68020, Rio de Janeiro, RJ, 21940-540, Brasil

Introdução

Os índices de diversidade foram introduzidos na Ecologia de forma independente por MacArthur (1955) e Margalef (1956) e ambos utilizaram o índice de Shannon-Weaver (até hoje o mais utilizado na Ecologia) criado no contexto da teoria da informação. Nas últimas décadas assistimos ao aparecimento de um grande número de índices e uma excessiva preocupação com a questão numérica dos mesmos, com a conseqüente despreocupação com os mecanismos geradores da diversidade. No sentido de corrigir essa situação Margalef (1991) criou um índice de diversidade (K) cuja base conceitual é o fluxo de energia através dos ecossistemas e que permite ligação com a história do ecossistema, i.e., com a questão da sucessão ecológica. Neste contexto, os ecossistemas podem ser classificados em função do fluxo de energia necessário para manter uma certa quantidade de biomassa e o valor desse fluxo pode ser obtido pela relação P/B (produtividade primária líquida / biomassa). Os ecossistemas mais maduros (mais complexos), são mais lentos pois apresentam menores valores de P/B, enquanto ecossistemas mais simples, como os estágios iniciais de uma sucessão ecológica, são mais acelerados, pois apresentam altos valores da relação P/B (rápida renovação da biomassa) (Margalef 1963). Nos ecossistemas onde há muita disponibilidade de energia, a seleção natural favorece as espécies r estrategistas, resultando em baixos valores de diversidade por duas razões: (i) baixo de número de espécies e (ii) altos valores de dominância, i.e., valores elevados da relação N/S (número de indivíduos / número de espécies). Na natureza um bom exemplo de sistemas acelerados são os ecossistemas aquáticos eutrofizados. Por outro lado, os ecossistemas mais maduros se caracterizam por um tempo mais longo para a renovação da sua biomassa, com altos valores de diversidade, espécies de vida mais longa, com valores N/S relativamente baixos, onde prevalece a ação da seleção natural favorecendo os K estrategistas (Margalef 1956). Neste trabalho discutimos os resultados da aplicação dos índices H' (Shannon-Weaver) e K (Margalef) como descritores de comunidades de peixes de rio sob efeito de alterações ambientais decorrentes do represamento para geração de energia hidroelétrica.

Material e Métodos

A área de estudo compreende o trecho superior do rio Tocantins (13°37'42"S, 48°07'08"W e 14°38'36"S, 48°59'14"W) sob a influência da construção das barragens de Serra da Mesa (SM) e Cana Brava (CB). O desenho amostral foi concebido de maneira a refletir as alterações ambientais decorrentes do represamento do rio em um período de 6 anos. Os principais eventos de alteração são a transformação de ambientes lóticos em lênticos, a variação do nível d'água, a variação no aporte de nutrientes e a variação na qualidade da água. As diferentes localidades do estudo foram agrupadas de acordo com sua localização em relação à barragem de SM e CB, tendo-se, portanto, 4 localidades em duas grandes áreas amostrais: Área de Montante e Área de Jusante da barragem de SM (ressalta-se que a área de Jusante está a montante de CB). Em escala temporal as localidades de Montante se caracterizam como segue: (i) Fase Lótica (FL) que representa a situação original de rio e se estendeu por 16 meses; (ii) Fase Enchimento (FE - lêntica 1) apresentava incremento do aporte de nutrientes e se estendeu por 12 meses; (iii) Fase Operação 1 (FO1 - lêntica 2) determinada pelo início da operação da usina com amplas variações do nível d'água e redução do aporte de nutrientes, se estendeu por 22 meses; (iv) Fase Operação 2 (FO2 - lêntica 3) teve início 23 meses após o início da operação com amplas variações do nível d'água e se estendeu por 12 meses. As localidades de Jusante tiveram como principal característica as variações do nível d'água e se caracterizaram como segue: Fase Lótica 1 (FL1) que representa a situação original de rio e se estendeu por 16 meses; (ii) Fase Lótica 2 (FL2) caracterizada pela interrupção do fluxo d'água, desde montante, se estendeu por 22 meses; (iii) Fase Lótica 3 (FL3) se caracterizou pelo início da operação da usina e conseqüente aporte de água anóxica desde as localidades de montante; (iv) Fase Lêntica (FLe), se caracteriza pela influência da represa de CB, quando esse reservatório alcança a base da represa de SM. Como base nos dados de número de espécies e número de indivíduos por espécie, obtidos da pesca experimental padronizada foram calculados os índices de diversidade para cada área e Fase de estudo, de maneira a se obter o padrão temporal de comportamento da diversidade das comunidades. Os índices utilizados foram: (i) Índice de Shannon-Weaver (H') $H' = -\sum p_i \log p_i$, onde p_i = frequência relativa da espécie i e n = número máximo de espécies; (ii) Índice de Margalef (K) $K = \log S / \log N$, onde S = número de espécies e N = número total de indivíduos da amostra. Como informação

complementar aos resultados dos índices H' e K calculamos a relação N/S, onde N= número total de indivíduos e S= número de espécies. Essa relação é um indicativo da dominância de espécies que reflete as variações da quantidade de energia disponível no sistema e indica sobre a velocidade de funcionamento do mesmo (P/B).

Resultados e Conclusões

Para as localidades de Montante, os valores médios do índice de diversidade de Shannon-Weaner (H') foram: 2,86 (FL), 2,71 (FE), 2,51 (FO1) e 2,47 (FO2), não evidenciando padrão significativo (ANOVA; F = 2,78, p > 0,05) para a variação temporal desses valores. Esse fato sugere ausência de variação temporal da estrutura da comunidade em decorrência do represamento. Por outro lado, os valores médios do índice de diversidade de Margalef (K) foram: 0,67 (FL), 0,57 (FE), 0,58 (FO1) e 0,50 (FO2). Esses valores médios mostraram um padrão temporal com diferenças significativas (ANOVA; F = 42,25, P < 0,001) entre FL e FO2 e as demais Fases; FE e FO1, não se diferenciam entre elas. Ainda para as localidades de Montante, obtivemos que os valores médios de N/S foram 7,33 (FL), 19,16 (FE), 12,26 (FO1) e 28,12 (FO2); mostrando um padrão temporal com diferenças significativas (ANOVA; F = 42,25, P < 0,001) entre todas as Fases e ressaltando o padrão exibido pelo índice de Margalef (K). Para as localidades de Jusante, os valores médios do índice de diversidade de Shannon-Weaner (H') foram: 3,05 (FL1), 2,92 (FL2), 2,74 (FL3) e 2,63 (FL4), sem diferenças significativas entre todas as Fases de Estudo (ANOVA; F = 2,74, p > 0,05). Esse resultado sugere ausência de variação da estrutura da comunidade em decorrência do represamento. Por outro lado, os valores médios do índice de diversidade de Margalef (K) foram: 0,66 (FL1), 0,63 (FL2), 0,61 (FL3) e 0,52 (FL4). Esses valores médios mostraram um padrão temporal com diferenças significativas (ANOVA; F = 18,35, P < 0,001) entre todas as Fases. Ainda para as localidades de Jusante, obtivemos que os valores médios de N/S foram 7,86 (FL1), 9,96 (FL2), 13,31 (FL3) e 44,95 (FL4), evidenciando padrão temporal com diferenças significativas (ANOVA; F = 39,25, P < 0,001) entre todas as Fases e ressaltando o padrão exibido pelo índice de Margalef (K). Os eventos de alteração ambiental, decorrentes do represamento de rios, determinam uma questão importante sobre a manutenção da fauna associada e, no caso dos peixes, a questão central dessa discussão reside nos aspectos da história de vida das espécies que são pré-adaptadas às condições específicas da dinâmica hídrica (Mathews 1998). Há consenso de que a construção de represas em rios sejam seguidas de alteração na estrutura de suas comunidades, através da extinção local e/ou substituição de espécies. Neste caso não é rara a supremacia de espécies pré-adaptadas a ambientes lênticos em substituição às reofílicas. Considerando-se a situação cambiante que predomina na área de estudo pode-se inferir que as modificações ambientais, (processo de inundação, variação do nível d'água, aporte de nutrientes e alteração da qualidade da água) são eventos importantes que deveriam estar refletidos na estrutura das comunidades estudadas. Enquanto o H' de Shannon não evidencia diferença temporal para estrutura das comunidades o K de Margalef mostra essa diferença de forma marcante e objetiva. Além disso, as diferenças registradas para a relação N/S ressaltam os resultados de K, tanto em Montante como em Jusante, e sugerem tendência significativa de aceleração do funcionamento do sistema. Essa tendência não é detectada pelo H', mas sim pelo K. Nesse contexto, a redução do fluxo d'água como facilitador dos processos de sedimentação e disponibilizador de matéria prima para a fotossíntese, determina o aumento da produtividade primária e é a primeira resposta esperada na transformação do ambiente lótico em lêntico. No caso das comunidades estudadas, esse fenômeno é claramente evidenciado pelas diferenças significativas dos valores de K nos ambientes lótico e lêntico, e está refletindo o aumento do número de indivíduos da área de estudo, durante a fase lêntica, como resposta ao aumento da energia disponível no sistema. É importante ressaltar que essas alterações não são facilmente detectadas pelo uso dos índices de diversidade usualmente utilizados. Neste contexto, o índice de Margalef se mostra altamente sensível para os eventos de alteração das comunidades e, portanto, bom descritor de comunidades cambiantes. (Apoio: Furnas/ SEMESA BIORIO/UFRJ).

Referência Bibliográfica

- Margalef, R. (1956) Información y diversidad específica en las comunidades de organismos. *Invest. Pesq.*, 3: 99-106.
- Margalef, R. (1963) On certain unifying principles in ecology. *Am. Nat.*, 97: 357-374
- Margalef, R. (1991) *Teoría de los Sistemas Ecológicos*. Universitat de Barcelona Editora: Barcelona.
- Matthews, W. J. (1998) *Patterns in Freshwater Fish Ecology*. Chapman & Hall: New York.
- McArthur, R.H. (1955) Fluctuations of animal populations, and a measure of community stability. *Ecology*, 36: 533-36.