

Papéis Avulsos de Zoologia

MUSEU DE ZOOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ISSN 0031-1049

PAPÉIS AVULSOS ZOOL., S. PAULO, 36(23): 279-285

18. V. 1987

DIVERSIDADE DE ANUROS DURANTE O TURNO DE VOCALIZAÇÕES, EM COMUNIDADE NEOTROPICAL

ADÃO J. CARDOSO*
JOSÉ EDUARDO MARTINS**

ABSTRACT

The activity of vocalizations in a neotropical anuran community was analysed during a diel cycle. A new index (Er) was developed, relating diversity to the richness of species, that permits identification and prevision of moments when the vocalization activity is more intense in the community and, consequently, greater objectivity in ethological studies pending species diversity and density of active individuals.

INTRODUÇÃO

A união dos pares de um casal durante a atividade reprodutiva dos anfíbios anuros se processa através de um complexo sistema de comunicação sonora, que evoluiu desde há muito tempo, influenciado por diversas características ambientais, dentre as quais o ambiente sonoro no local em que a comunicação ocorre é de grande importância. Como a maioria dos anuros se congrega em certos locais com feições convenientes para a sua reprodução, o sucesso reprodutivo dos indivíduos depende de que os sons por eles emitidos, se sobressaíam em um ambiente sonoro bastante diversificado. Duas estratégias distintas foram demonstradas como forma de ocupação eficiente do ambiente sonoro: i. emissão de sons com diferentes propriedades físicas ou em diferentes ritmos (Ficken & Ficken, 1974; Littlejohn, 1977; Duellman & Pyles, 1983); ii. vocalizar em ritmos alternados com outros indivíduos próximos, tanto conspecíficos (Wells & Greer, 1981; Schwartz & Wells, 1983) como heteroespecíficos (Schwartz & Wells, 1984). Em qualquer destas duas estratégias é fundamental o número de indivíduos e o número de espécies vocalizando simultaneamente em determinado local.

A diversidade de anuros neotropicais é pouco estudada (Blair, 1973; Duellman & Trueb, 1985) assim como a relação entre a diversidade de espécies ativas e as estratégias desenvolvidas para aumentar a eficiência da comunicação sonora durante a atividade reprodutiva destes animais é desconhecida, daí o nosso interesse em propor um índice de diversidade adaptado à dinâmica

(*) Departamento de Zoologia, I.B., Universidade Estadual de Campinas C.P. 6109 - CEP 13081 Campinas, SP.

(**) Pontifícia Universidade Católica, Rua Boaventura do Amaral, 354 - CEP 13100 Campinas, SP.

de vocalizações em uma comunidade de anuros, o qual possa contribuir para a compreensão de adaptações que levam à otimização de comunicação sonora entre os anfíbios anuros.

MATERIAL E MÉTODOS

Contagens de indivíduos vocalizando foram realizadas entre 17h30 de 29 de novembro de 1981 e 0h30 do dia seguinte, a intervalos regulares de 30 minutos, em um brejo na face Sudeste do Morro do Ferro (21°48' S; 46°35' W), município de Poços de Caldas, Estado de Minas Gerais.

A diversidade de espécies nos diferentes horários foi determinada através de dois métodos. Um deles é o índice de Equidade $E = \frac{H}{H_{max}}$, correspondente ao J' de Pielou (1969) que é bem conhecido na literatura e derivado da fórmula de Shannon-Wiener:

$H = -\sum_{i=1}^s p_i (\log_2 p_i)$. O outro método, aqui proposto, também é uma variante da fórmula de Shannon-Wiener, relacionando-a ao número de espécies ativas no período estudado; trata-se da Equidade Relativa (E_r), índice que foi calculado para cada horário, segundo a fórmula:

$$E_r = \frac{-\sum_{i=1}^{N_e} p_i \log_2 p_i}{\log_2 N}, \text{ com } p_i > 0 \quad i = 1, 2, \dots, N_e \text{ e } \begin{matrix} N > 0 \\ N \neq 1 \end{matrix}$$

onde: E_r = Equidade Relativa

p_i = proporção de indivíduos da espécie i entre o total de indivíduos vocalizando

N_e = número de espécies vocalizando

N = max N_e (considerado todo o turno de vocalizações).

RESULTADOS

A utilização do tempo durante a atividade de vocalização apresentou alguns padrões básicos:

- i. atividade desde o final da tarde até o meio do turno de atividades da comunidade;
- ii. atividade desde o ocaso até o final do turno de vocalizações da comunidade;
- iii. atividade de curta duração, durante e logo após o ocaso.

O início do turno de atividade de vocalização ocorreu em diferentes horários, sendo que os hílideos o iniciaram durante o ocaso e os leptodactilídeos bem antes (Tab. 1). O maior número de espécies em atividade simultânea ($N_e = 13$) ocorreu às 19h30, ao passo que o número máximo de indivíduos ativos ($N_i = 80$) ocorreu às 20h00. Essa diferença de horário em que estes dois índices de máxima ocorreram, é devida a ajustes populacionais no horário de suas atividades de vocalização: nesta época do ano, as populações de *Hyla hayi* e *Hyla minuta* restringiram suas atividades a um curto período de tempo, durante e logo após o ocaso (Cardoso, 1986).

Tabela 1. Número de indivíduos vocalizando em diferentes horários, em 29 de novembro de 1981. Na linha dos horários, o número 1 corresponde à amostragem de 17h30 e cada número subsequente acrescenta meia hora ao horário de amostragem anterior.

Sequência de horários durante o turno de vocalizações															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CENTROLENIDAE															
<i>Centrolenella</i> sp.	0	0	0	0	2	2	2	4	6	6	6	6	5	3	3
HYLIDAE															
<i>Hyla albopunctata</i>	0	0	0	3	6	8	8	7	6	6	5	3	3	2	0
<i>Hyla caldarum</i>	0	0	0	4	9	14	15	12	10	5	1	0	0	0	0
<i>Hyla hayi</i>	0	0	2	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hyla minuta</i>	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hyla perviridis</i>	0	0	0	4	12	12	13	13	13	12	11	11	10	9	8
<i>Hyla polytaenia</i>	0	0	0	0	3	4	3	4	3	4	3	2	2	0	0
LEPTODACTYLIDAE															
<i>Adenomera bokermanni</i>	4	4	3	5	5	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eleutherodactylus juipoca</i>	3	3	4	3	3	2	2	2	1	2	1	0	0	0	0
<i>Odontophrynus americanus</i>	0	2	2	8	8	8	6	4	5	2	0	0	0	0	0
<i>Physalaemus cuvieri</i>	0	0	5	13	18	18	19	17	17	16	11	6	2	2	1
<i>Pseudopaludicola saltica</i>	3	4	4	6	6	6	4	3	4	4	3	2	2	0	0
MICROHYLIDAE															
<i>Elachistocleis ovale</i>	0	0	0	2	2	3	3	3	2	2	1	1	1	0	0
total N ₁	10	13	20	56	79	80	77	70	67	59	42	31	25	19	12
total N _c	3	4	6	11	13	11	11	11	10	10	9	7	7	4	3

O turno de vocalizações da comunidade se estendeu por cerca de oito horas, desde o final da tarde até as primeiras horas do dia seguinte, com densidade variável ao longo deste período. A diversidade de espécies em atividade apresentou variações nos diferentes momentos, o que está relacionado à concentração da atividade de vocalização em horário bem definido (desde logo após o ocaso até cerca de 22h00) e ao fato de que o uso do espaço sonoro por determinado indivíduo, pode implicar em restrições à atividade de outro. O pico de atividade ocorreu por volta de 20h00, correspondendo ao momento em que havia maior número de indivíduos com vocalizações em antifonia, o que foi observado entre machos de *Hyla perviridis*, *Odontophrynus americanus* e *Physalaemus cuvieri*.

Os índices de diversidade obtidos durante a atividade de vocalizações, estão indicados na figura 1. O modelo obtido através da função de Shannon-Wiener se ajusta a uma função de 1.º grau decrescente, segundo modelo do tipo $\hat{Y} = a + bx$. Ajustando os dados, obtivemos a seguinte resolução: $\hat{E} = 0,893368 - 0,0116371 t$, com R^2 (coeficiente de determinação) de 0,7939.

O modelo com os dados da Equidade Relativa (E_r), determinados segundo método proposto no presente estudo, se ajusta a uma função do 2.º grau do tipo $\hat{Y} = a + bx + cx^2$. Ajustados os dados, obtivemos a seguinte resolução: $\hat{E}_r = 0,8677906 + 0,0094444 t - 0,0096422 t^2$, com R^2 (coeficiente de determinação) de 0,9973. Este modelo ajustado para a curva de E_r corresponde a uma "parábola com concavidade para baixo".

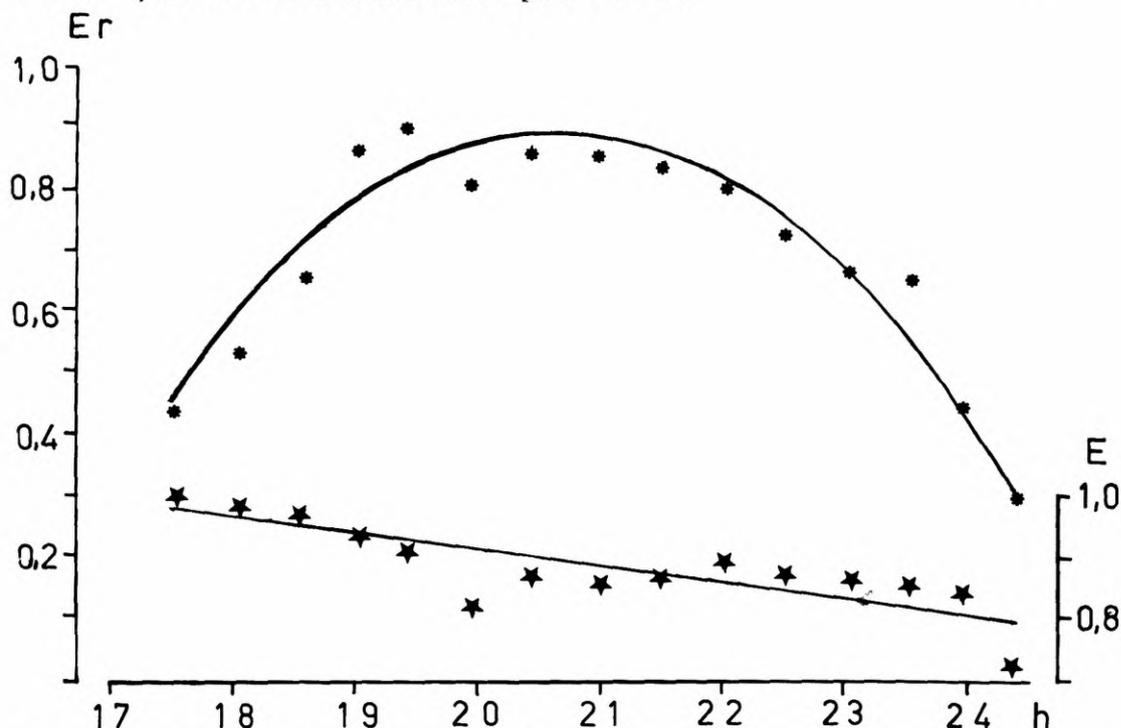


Figura 1. Equidade ($E = \star$) e Equidade Relativa ($E_r = *$) de anuros vocalizando, em diferentes horários de 29 de novembro de 1981, no Morro do Ferro, município de Poços de Caldas (MG).

DISCUSSÃO

A atividade de vocalização dos anuros concentrada em horário bem definido, é condicionada por determinantes fisiológicos relacionados ao seu modo de vida. Devido à necessidade do meio aquático para sobrevivência das larvas,

o acasalamento na maioria das espécies de anuros tende a ocorrer em épocas restritas do ano, o que determina certa sazonalidade reprodutiva, condicionada principalmente pelas chuvas e pela temperatura.

Dentro deste período em que os fatores climáticos são favoráveis à reprodução, condicionantes fisiológicos, provavelmente ligados à proteção contra dessecação por insolação direta, restringem o período de atividade de vocalização dos anuros aos momentos de pouca ou nenhuma luminosidade natural, originando um ritmo diário nesta atividade.

Uma questão aparentemente paradoxal é que em oposição a esta tendência clara de restrição ao tempo de atividade, o sucesso reprodutivo está influenciado pela habilidade com que os indivíduos da comunidade fazem seus sinais sonoros se destacarem entre os diversos sinais que emergem na comunidade (Schwartz & Wells, 1983). Neste contexto uma questão permanece sem resposta convincente: porque os anuros estudados apresentam uma atividade cíclica com um máximo deles em horário bem definido e não aproveitam a segunda metade da noite para atividade de vocalização? Evitar dispêndio excessivo de energia parece importante, porém a atividade alimentar e a diminuição da temperatura poderiam influenciar no encerramento das vocalizações.

Os dados analisados neste trabalho indicam a existência de organização temporal, ajustada tanto por mecanismos comportamentais (como estabelecimento de antifonia entre indivíduos de algumas espécies) como fisiológicos (atividade de vocalização em horários, diferentes). Os mecanismos comportamentais parecem dependentes da densidade populacional, uma vez que foram observados somente entre espécies que apresentavam maior número de indivíduos ativos, ao passo que os mecanismos fisiológicos parecem adaptados a um componente filogenético, uma vez que os leptodactilídeos, em geral, iniciaram o turno de vocalizações antes que os hilídeos. Esta organização temporal entre espécies que se comunicam através de sons, tem sido referida em termos de ritmos sazonais, diurnos ou momentâneos (Ficken & Ficken, 1974).

Apesar da grande diversidade de fatores que influenciam a atividade de vocalizações (Schlotz, 1973) foram reconhecidos certos padrões por Duellman & Pyles (1983), em relação a propriedades físicas de vocalizações em três regiões tropicais. Estas tendências comuns de partição sonora em faixa de frequência diferenciada têm sido demonstradas em diversas outras comunidades, o que pode estar relacionado com a existência de um aparelho anatômico para emissões sonoras relativamente simples e pouco diversificadas entre os anuros. No entanto, uma limitação séria desta interpretação é o desconhecimento da relação entre a riqueza e a diversidade de espécies com as vocalizações nas comunidades. Como muitas destas características comportamentais são dependentes da diversidade e do número de indivíduos em atividade, acreditamos que a avaliação da diversidade relacionada à riqueza de espécies, possa contribuir melhor para o entendimento da evolução dos sistemas de comunicação sonora entre os anfíbios.

Neste sentido o índice de Equidade Relativa (E_r) é importante por identificar o momento em que ocorre maior diversificação de espécies vocalizando no dia. A ciclicidade verificada no ritmo das vocalizações dos anuros, não fica bem caracterizada se considerarmos apenas um índice qualquer de diversidade de espécies em diferentes momentos, porém, é possível caracterizá-la se relacionarmos a diversidade com a riqueza de espécies constatada no dia, através do índice E_r .

O comportamento da curva de E_r em diferentes horários pode ser influenciado por diversos fatores. Fatores abióticos, tais como pluviosidade, tempera-

tura e luminosidade são conhecidos desde há muito como de importância na atividade reprodutiva dos anuros (Salthe & Mecham, 1974) e, mais recentemente, se tem demonstrado influência da vegetação (Wells & Schwartz, 1982), de predadores (Tuttle & Ryan, 1981), do coro de espécies (Schwartz & Wells, 1983) e do barulho natural do ambiente (Dubois & Martens, 1984) no comportamento reprodutivo e na seleção de sinais favoráveis para a comunicação. A existência de deslocamento de caracteres das vocalizações de anuros (Blair, 1974) é outra evidência da participação do ambiente no comportamento reprodutivo e na evolução das vocalizações nas comunidades.

O conhecimento de outros dados são ainda necessários para o entendimento das diversas tendências adaptativas, que aumentam a eficiência da comunicação sonora entre os anuros, dentre os quais consideramos:

i. o comportamento da curva de Er em diferentes épocas do ano; a existência de espécies que vocalizam no mesmo dia, mas sem sobrepor seus horários de atividade, tende a alterar intensamente a forma da curva de Er, uma vez que representa aumento de riqueza com pouca alteração da diversidade;

ii. além do número de indivíduos, a participação relativa da espécie pode ser influenciada pela intensidade, pela duração e pelo número de notas que a espécie emite em dada unidade de tempo;

iii. o comportamento de "não cantar" não significa ausência de sucesso reprodutivo. Estratégia de ficar quieto enquanto outros cantam, fôra prevista por Whitney & Krebs (1975) e reconhecida em diversas espécies após a demonstração do sucesso de comportamento satélite, por Perril *et al.* (1978).

CONCLUSÃO

O índice de Equidade Relativa (Er) associa a diversidade à riqueza de espécies e é apropriado para reconhecimento do momento em que ocorre maior atividade de vocalização em comunidades de anuros. Este reconhecimento permite maior objetividade no estudo de certos hábitos comportamentais relacionados à organização social dos anuros durante congregação para reprodução, que são mais intensos justamente durante o período de maior atividade dos indivíduos.

AGRADECIMENTOS

A Célio F. B. Haddad e Gilda V. Andrade, do curso de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Estadual de Campinas, pela participação nas atividades de campo; aos Drs. Woodruff Whitman Benson e Ivan Sazima, pela leitura do texto e sugestões.

REFERÊNCIAS

- Blair, W. F., 1973. Major problems in anuran evolution, pp. 1-8, *In* J. L. Vial (ed.) *Evolutionary Biology of the anurans*, Univ. Missouri Press, Columbia.
- Blair, W. F., 1974. Character displacement in frogs. *Amer. Zool.*, 14: 1119-1125.
- Cardoso, A. J., 1986. Utilização de recursos para reprodução em comunidade de anuros no sudeste do Brasil. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, 216 pp.
- Dubois, A. & J. Materns, 1984. A case of possible vocal convergence between frogs and a bird in Himalayan torrents. *J. Orn.*, 125(4):455-463.
- Duellman, W. E. & R. A. Pyles, 1983. Acoustic resource partitioning in anuran communities. *Copeia*, 1983(3):639-649.

- Duellman, W. E. & L. Trueb, 1985. *Biology of the Amphibia*. McGraw-Hill Book Co., XVII + 670 pp.
- Ficken, R. W. & M. S. Ficken, 1974. Temporal pattern shifts to avoid acoustic interference in singing birds. *Science*, 183:762-763.
- Littlejohn, M. J., 1977. Long range acoustic communication in anurans: an integrated and evolutionary approach, pp. 263-294, *In* D. H. Taylor & S. I. Guttman (eds.) *The Reproductive Biology of Amphibia*. Plenum Publishing Corp., New York.
- Perril, S. A.; H. C. Gerhardt & R. Daniel, 1978. Sexual parasitism in the green tree frog (*Hyla cinerea*). *Science*, 200:1179-1180.
- Pielou, E. C., 1969. *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley-Interscience, New York.
- Salthe, S. M. & J. S. Mecham, 1974. Reproductive and courtship patterns, pp. 309-521, *In* B. Lofts (org.) *Physiology of the Amphibia*, vol. 2, Academic Press, New York.
- Schiøtz, A., 1973. Evolution of anuran mating calls: ecological aspects, pp. 311-319, *In* J. L. Vial (ed.) *Evolutionary Biology of the Anurans*. Univ. Missouri Press, Columbia.
- Schwartz, J. J. & K. D. Wells, 1983. The influence of background noise on the behavior of a neotropical treefrog, *Hyla ebraccata*. *Herpetologica*, 39(2):121-129.
- Schwartz, J. J. & K. D. Wells, 1984. Interspecific acoustic interactions on the neotropical treefrog, *Hyla ebraccata*. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 14:211-224.
- Tuttle, M. D. & M. J. Ryan, 1981. Bat predation and the evolution of frog vocalizations in the neotropics. *Science*, 214:677-678.
- Wells, K. D. & B. J. Greer, 1981. Vocal response to conspecific call in a neotropical hylid frog, *Hyla ebraccata*. *Copeia*, 1981(3):615-624.
- Wells, K. D. & J. J. Schwartz, 1982. The effect of vegetation on the propagation of calls in the neotropical frog *Centrolenella fleischmanni*. *Herpetologica*, 38(4):449-455.
- Whitney, C. L. & J. R. Krebs, 1975. Mate selection in Pacific treefrog. *Nature*, 255:325-326.

