

NOVA METODOLOGIA DE LEVANTAMENTO QUANTITATIVO DA AVIFAUNA  
E PRIMEIROS RESULTADOS NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO,  
BRASIL\*

JACQUES M. E. VIELLIARD\*\*

WESLEY R. SILVA\*\*

ABSTRACT

The avifauna of the Fazenda Rio Claro (22°48' S, 48°55' W) in Lençóis Paulista (São Paulo State, Brazil) was studied from August 1984 to August 1986 on a monthly basis (23 two-day visits). Two methodologies were used: extensive survey of the various natural and man-made habitats (about 15 hours of observation per visit), and quantitative survey through "unlimited distance point counts" (110 samples in all) in a native forest reserve.

In all, 272 bird species were recorded during the project, possibly the most ever recorded under similarly controlled conditions. Data were computed for the specific frequencies of occurrence (higher than 75% for 72 species, and lower than 25% for 85 species), as well as for occurrence in different habitats.

During the 110 "unlimited distance point counts", 111 species were recorded, permitting calculation of the specific "index of abundance per point" ("IPA"), as well as monthly and total values of species richness, similarity, global abundance, diversity and evenness. Graphic analysis shows

---

\* Palestra proferida por J. Vielliard no IV ENAV. Pesquisa realizada em colaboração com a Iuratex S.A. (Projeto DRAMIEC I) e com apoio da FUNCAMP (Convênio FMB 231-1) e do CNPq

\*\*UNICAMP, Depto. Zoologia, C.P. 6109, 13081 - Campinas, SP, Brasil

a simple annual alternation of the avifauna composition, between "summer" and "winter". The mean "IPA" per sample is 19,9, and per species varies from 1,25 to 0,009. The Shannon-Wiener index of diversity is 3,89, with an evenness of 0,83.

This survey gives the first reliable reference for the "Planalto paulista" avifauna, and the most complete for any neotropical bird community. It permits evaluation and monitoring of the structure of these communities, through a now well tested methodology. Detailed description of the methodology is given, aiming at its widespread use in the neotropics.

#### INTRODUÇÃO

A caracterização da estrutura das comunidades de aves é utilizada pelos ornitólogos para comparar as avifaunas de diferentes ecossistemas ou acompanhar as variações estacionais ou anuais de determinadas comunidades locais. Apesar de tentativas anteriores, foi somente a partir da década de 1950 que, com a aparição de binóculos e guias de campo baratos e eficientes, a observação direta das aves na natureza começou a se desenvolver na Europa e América do Norte, permitindo a realização de levantamentos quantitativos. Imediatamente surgiu a necessidade de padronizar esses censos e de tratar os resultados estatisticamente. Este objetivo interessava a outros naturalistas, formando-se então uma área ativa da ecologia quantitativa dos ecossistemas. Neste quadro, os levantamentos quantitativos de aves ocupam um lugar privilegiado por duas razões eminentemente práticas: as técnicas de observação de aves são tradicionalmente as mais eficientes na natureza e as espécies de aves são altamente diversificadas na sua ecologia. Assim,



os levantamentos quantitativos das comunidades de aves tornaram-se um instrumento indispensável de avaliação e monitoramento dos ecossistemas temperados (veja por exemplo RALPH & SCOTT, 1981).

Infelizmente, as condições de trabalho do ornitólogo de campo são outras nas regiões tropicais: mesmo com os mais recentes guias de campo, a identificação na natureza ainda não chegou ao nível de eficiência desejado e o comportamento das espécies, quando é conhecido, é muito mais variado que na região temperada. Assim, até agora todas as tentativas de levantamento quantitativo em região tropical deram resultados limitados. Todos os autores que realizaram, na América do Sul, levantamentos intensivos de comunidades locais de aves enfrentaram certas limitações no tratamento numérico dos dados. A simples riqueza específica não pode ser avaliada sem um grande número de amostras, por mais eficiente que seja o observador (veja VUILLEUMIER, 1978). A mera contagem dos indivíduos das diversas espécies ao longo de percursos mais ou menos padronizados somente permite comparações qualitativas entre avifaunas de áreas similares na mesma (WILLIS & ONIKI, 1981) ou em diferentes regiões biogeográficas (PEARSON, 1977), ou ainda sobre a repartição das aves entre os estratos da vegetação de uma localidade (PEARSON, 1971).

Finalmente, a captura por redes seguida de soltura, apesar de prestar-se a cálculos refinados, fornece uma imagem parcial da comunidade de aves e sua validade está no monitoramento a longo prazo das variações do ecossistema estudado (veja LOVEJOY et al., 1984). Na melhor das hipóteses, essa metodologia constitui apenas uma primeira avaliação da composição

de comunidades muito próximas, como numa sucessão altitudinal de ambientes (TERBORGH, 1977).

As técnicas de amostragem desenvolvidas na região temperada para o levantamento quantitativo da avifauna são de três tipos básicos. O método mais óbvio consiste em localizar todos os territórios das espécies presentes numa área determinada, chamada "quadrado". Desde o início do século, tais censos começaram a ser realizados, mas somente na década de 60 é que a padronização e avaliação crítica desta metodologia foram discutidas permitindo elaborar um protocolo de mapeamento eficiente e calcular com precisão a representatividade dos resultados. O método do quadrado é o único que chega a medir a densidade das espécies, mas seu uso é possível somente para essas espécies que se reproduzem de maneira sincronizada em territórios relativamente pequenos. Isto é o caso da maioria das aves de regiões temperadas, mas não nos trópicos onde o quadrado pode ser usado somente para medir a densidade de determinadas espécies com ciclo reprodutivo e organização espacial definidos.

Tão antigo quanto o método do quadrado, o do transecto ou percurso tardou em receber um tratamento estatístico satisfatório. O princípio é simples, consiste em contar todos os indivíduos das espécies encontradas no percurso de um caminho cortando a área amostrada, chamado "transecto". Todavia, mesmo admitindo que o transecto é representativo da área em estudo, a interpretação dos resultados é mais duvidosa do que muitos autores ainda pensam. O método do transecto fornece para cada espécie encontrada um índice de abundância que pode ser transformado teoricamente em densidade pela aplicação de um coeficiente específico de detectabilidade. A determinação deste



coeficiente requer a comparação com medidas obtidas pelo método do quadrado, mas os resultados brutos do método do transecto podem também ser comparados diretamente entre estações ou áreas. A grande vantagem do transecto sobre o quadrado é de amostrar de uma vez toda a comunidade de aves, portanto oferecendo uma possibilidade de definir a diversidade. Sendo a diversidade um parâmetro ecológico fundamental, o método do transecto atraiu bastante esforços, inclusive nos trópicos, mas o tratamento dos resultados deixou claro que margem de erro é importante. Entre as razões de erro recentemente avaliadas (veja RALPH & SCOTT, 1981) aparecem problemas delicados de amostragem e de comportamento das aves, que resultam do deslocamento do observador.

O terceiro método, de amostragem por pontos, foi desenvolvido muito mais tarde, mas não em resposta às dificuldades da interpretação do transecto: o objetivo era, de maneira bem pragmática, obter um índice de abundância onde o terreno, por ser heterogêneo, fragmentado ou dificilmente transitável, não se prestava à demarcação de transecto (BLONDEL et al., 1970). Por ser prático no campo e fornecer dados em áreas de qualquer tamanho e ao longo do ciclo biológico, este método foi logo bastante popular, mas o que chamou realmente a atenção sobre seu uso em ecologia de ecossistemas foi o desenvolvimento da teoria matemática deste tipo de amostragem, que se revelou relativamente simples ao mesmo tempo em que a interpretação matemática do levantamento por transecto pareceu bem menos segura (AFFRE, 1976). Assim, as vantagens da amostragem por pontos sobre a por transectos passaram a ser, além do uso mais fácil, sua flexibilidade no tempo e no espaço, sua representatividade, graças à possibilidade de sorteio dos pontos e sua confiabilidade,

graças à possibilidade de obter amostras em número suficiente.

Este potencial foi detectado pelo primeiro de nós, então em 1973, para iniciar um programa de pesquisa ecológica sobre a avifauna da caatinga. No termo da segunda missão, em 1975, foi elaborado e testado um método de levantamento por pontos de amostragem limitado à frequência de ocorrência (J. VIELLIARD, inédito: relatório à Academia Brasileira de Ciências), mas que não chegou a ser posto em operação. É que, no decorrer desta pesquisa, ficou claro que, mesmo num ambiente mais aberto e simples como a caatinga, a identificação das espécies de aves em condições naturais não era possível com a eficiência necessária e dependia muito do conhecimento das manifestações sonoras. Foi então dada prioridade à constituição de uma documentação de referência sobre as vocalizações das aves do Brasil, coleção que serviu de base para formar o Arquivo Sonoro Neotropical do Laboratório de Bioacústica, criado em 1978 na Unicamp.

Em 1984, a teoria da amostragem por pontos era estabelecida de maneira firme, deixando claro que o levantamento numérico é bem mais eficiente que o freqüencial, e que os resultados ganham em validade quanto maior o número de amostras e não seu tamanho.

#### ÁREA DE ESTUDO

O trabalho de campo foi desenvolvido na Fazenda Rio Claro, de propriedade da Duratex Florestal S.A., situada no município de Lençóis Paulista (22°48' S 48°55' W, Fig. 1), onde ocupa uma área de 16.528 ha. O cerrado (sensu lato) era a vegetação original predominante na fazenda, sendo derrubado qua-



se na sua totalidade para o plantio de eucalipto. Pequenas manchas de cerrado persistem ainda nas áreas limítrofes da fazenda ou ao longo das matas ciliares na transição com o eucaliptal, ambas com estrutura alterada, caracterizando um cerrado de fisionomia ora mais baixa ora mais aberta. As matas ciliares possuem largura e altura variável, algumas com vegetação bastante densa e contendo vários elementos do cerrado na sua bordadura externa. Em certos locais a mata ciliar é gradual ou abruptamente substituída por áreas inundáveis, com taboas e ciperáceas ou gramíneas e arbustos de porte variado. Onde os brejos são cortados por estradas, os represamentos formam pequenos lagos, com plantas aquáticas e flutuantes.

Os talhões de eucalipto formam a vegetação predominante, de aspecto geral bastante homogêneo. Diferenças no trato cultural, contudo, são responsáveis pela variação na altura total de cada talhão e pelo desenvolvimento de sub-bosque com plantas nativas, quase sempre de cerrado, no seu interior.

Uma considerável área de mata do planalto foi preservada na fazenda, circundada pelo eucaliptal e, em alguns trechos, pelo Rio Claro, cuja estrutura e fisionomia variam em função do relevo e das características edáficas. O sub-bosque é denso e nos estratos intermediários há muito cipós e lianas, sobressaindo no dossel árvores com 30 m, como cedros e perobas. A estacionalidade desta formação é bem definida, com boa parte das espécies perdendo as folhas na estação seca.

A sede da fazenda apresenta uma série de pequenos ambientes diversificados, tais como jardins e pomares com plantas nativas e exóticas, viveiros de mudas, pequenos pastos, tanques de piscicultura e um lago artificialmente represado. Áreas

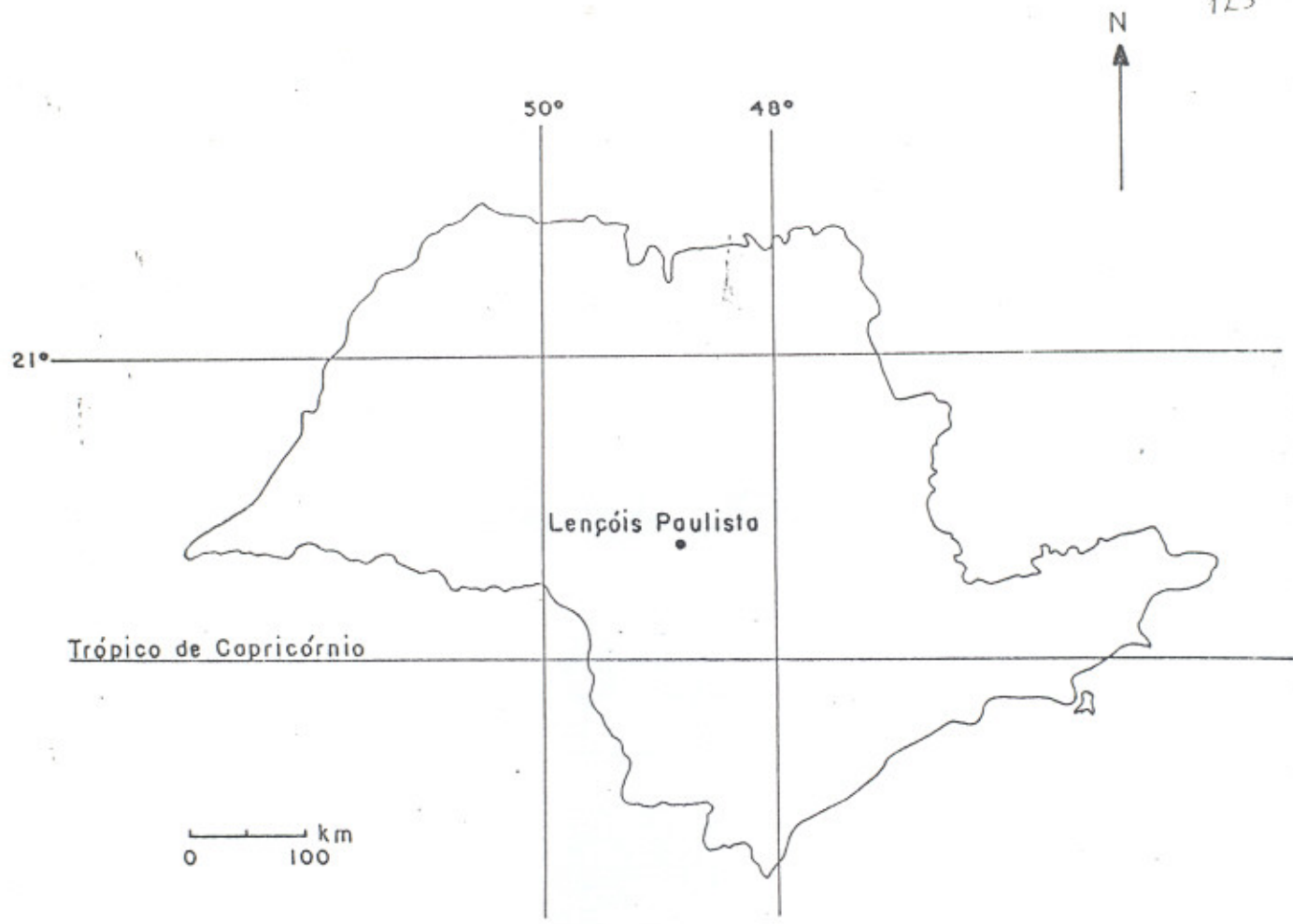


Fig. 1 - Localização do município de Lençóis Paulista no Estado de São Paulo.

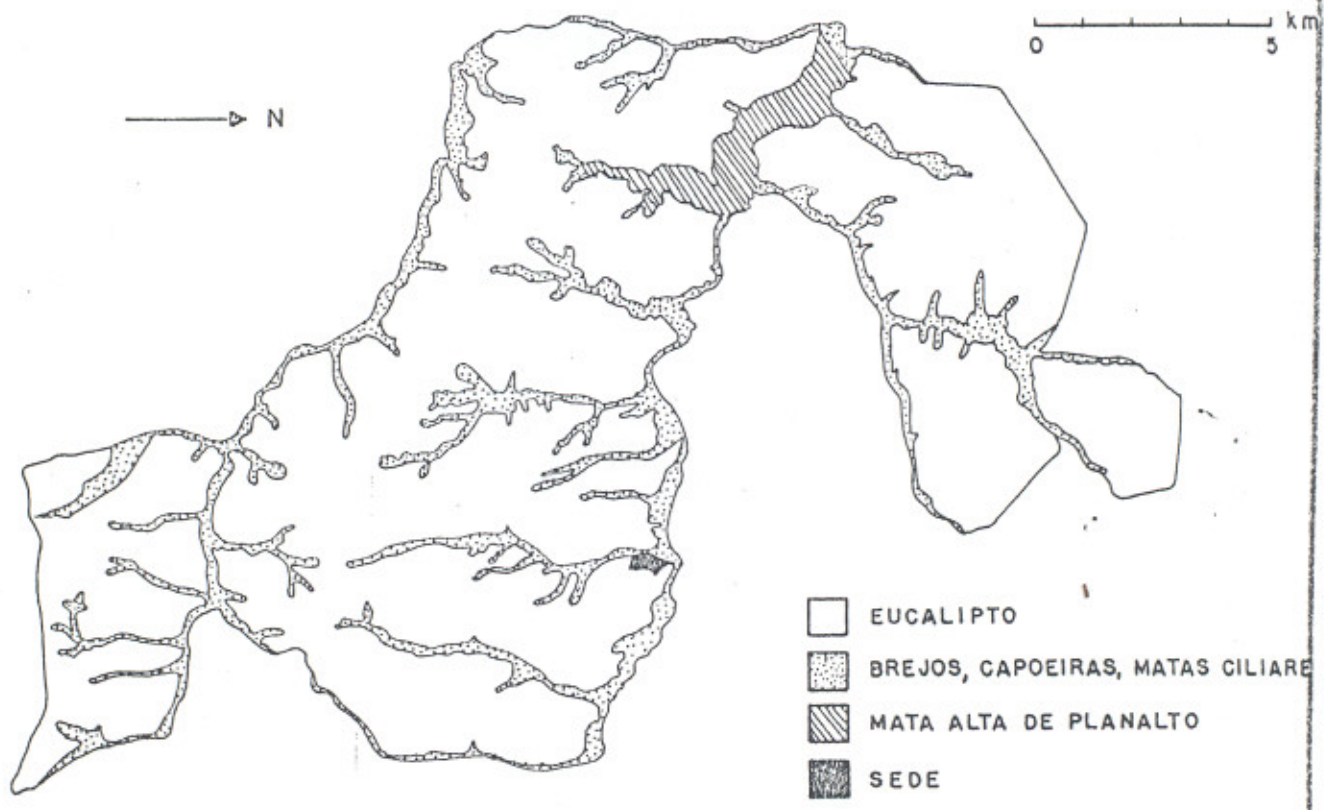


Fig. 2 - Distribuição dos tipos de vegetação encontrados na Fazenda Rio Claro, Lençóis Paulista, SP.



mais abertas, como pastagens e capineiras, são pouco representadas na fazenda, embora sejam freqüentes nos seus arredores.

O conjunto de tipos de vegetação encontrados na fazenda forma, portanto, um grande mosaico entre os talhões de eucaliptos, interligando habitats variados e reduzindo o efeito do isolamento das áreas de vegetação natural (Fig. 2).

O estudo da avifauna abrangeu praticamente todos os ambientes da fazenda, embora o levantamento quantitativo tenha se restringido à área de mata de planalto, denominada Reserva do Matão. Nas demais áreas, incluindo também a própria Reserva, foi realizado um levantamento exaustivo de caráter mais qualitativo. Para efeito prático, os habitats descritos acima foram classificados, a grosso modo, nas seguintes categorias: mata (M), mata de galeria (G), plantação (P), cerrado (C), brejo (B), jardim (J) e área aberta (A).

Tabela I - Datas de visita à área de estudo

MESES	1984	1985	1986
1	-	15 - 16	15 - 17
2	-	26 - 27	12 - 14
3	-	-	03 - 05
4	-	09 - 10	23 - 25
5	-	07 - 08	13 - 15
6	-	18 - 19	09 - 11
7	-	09 - 10	15 - 17
8	07 - 08	29 - 30	20 - 22
9	-	27 - 28	-
10	18 - 19	14 - 17	-
11	22 - 23	21 - 22	-
12	18 - 19	10 - 11	-

## MATERIAL E MÉTODOS

## 1) Levantamento exaustivo

Entre agosto de 1984 e agosto de 1986 foram realizadas 23 visitas à área de estudo (Tabela I). A cada visita, os diversos ambientes da fazenda foram explorados através de caminhadas intermitentes com início a partir do amanhecer e estendendo-se, às vezes, até a noite. Durante os percursos foram registrados a ocorrência das espécies de aves em diferentes habitats, o tipo de contato estabelecido (visual e/ou vocal), informações gerais sobre seu ciclo reprodutivo e/ou migratório e uma estimativa de sua abundância. Um modelo do protocolo de campo utilizado para o registro destes dados é apresentado na Fig. 3.

As manifestações sonoras de diversas espécies foram gravadas em fita magnética profissional de rolo, a uma velocidade de 19 cm/s, utilizando-se um gravador Nagra E e microfone Sennheiser MKH 816 T. A identificação das espécies foi feita por observação direta com auxílio de binóculos, por comparação das gravações obtidas no campo com as depositadas no Arquivo Sonoro Neotropical, do Laboratório de Bioacústica da UNICAMP ou, em alguns casos, por coleta da ave e exame da peça taxidermizada no Museu de Zoologia da USP.

Este tipo de levantamento difere do transecto por sua finalidade, que é de estabelecer a lista mais completa e segura possível da avifauna da área em estudo, e por suas normas de realização, que não são padronizadas. Assim, não calculamos índices de abundância das espécies através deste levantamento, mas estabelecemos a base de identificação das espécies,





seus ciclos biológicos e suas preferências ambientais. As frequências de ocorrência das diversas espécies ao longo das 23 visitas permitem calcular estimativas da riqueza específica, global ou por ambientes ou épocas.

Para calcular as frequências de ocorrência das espécies em cada tipo de habitat, foi considerado para cada espécie somente o número de visitas onde estava presente, sendo então a sua frequência de ocorrência em cada ambiente expressa como porcentagem da sua ocorrência na área. Assim, por exemplo, uma espécie que foi notada em 10 das 23 visitas tem sua frequência de ocorrência de 43%, mas, como em cada uma dessas 10 visitas foi encontrada em mata, sua frequência de ocorrência neste habitat é calculada em 100%. Isto quer dizer que, sempre que esta espécie foi encontrada sua presença foi assinalada em mata, e que, quando não era achada em mata, também não aparecia na área. Por outro lado, poderia estar presente numa mesma visita em vários habitats, somando frequências de ocorrência por habitat superiores a 100%. Por exemplo, aquela espécie que apareceu em 10 visitas e sempre em mata, foi notada também em duas dessas 10 visitas em plantações, tendo para este ambiente uma frequência de ocorrência de 20%, independente dos 100% em mata. Procuramos, com este valor, calcular o grau de ligação de cada espécie com os diversos habitats, e não medir a repartição entre os habitats, o que somente faria sentido com dados quantitativos.

Estas indicações qualitativas são destinadas a fornecer subsídios para a realização e a interpretação do levantamento quantitativo. Todavia, procuramos manter uma certa regularidade deste levantamento ao longo das visitas, evitando deixar um tipo de ambiente sem observação por mais de uma visita e repartindo as buscas de determinadas espécies mais problemáticas. Assim, consideramos a caracterização fenológica e ecológica das espê-



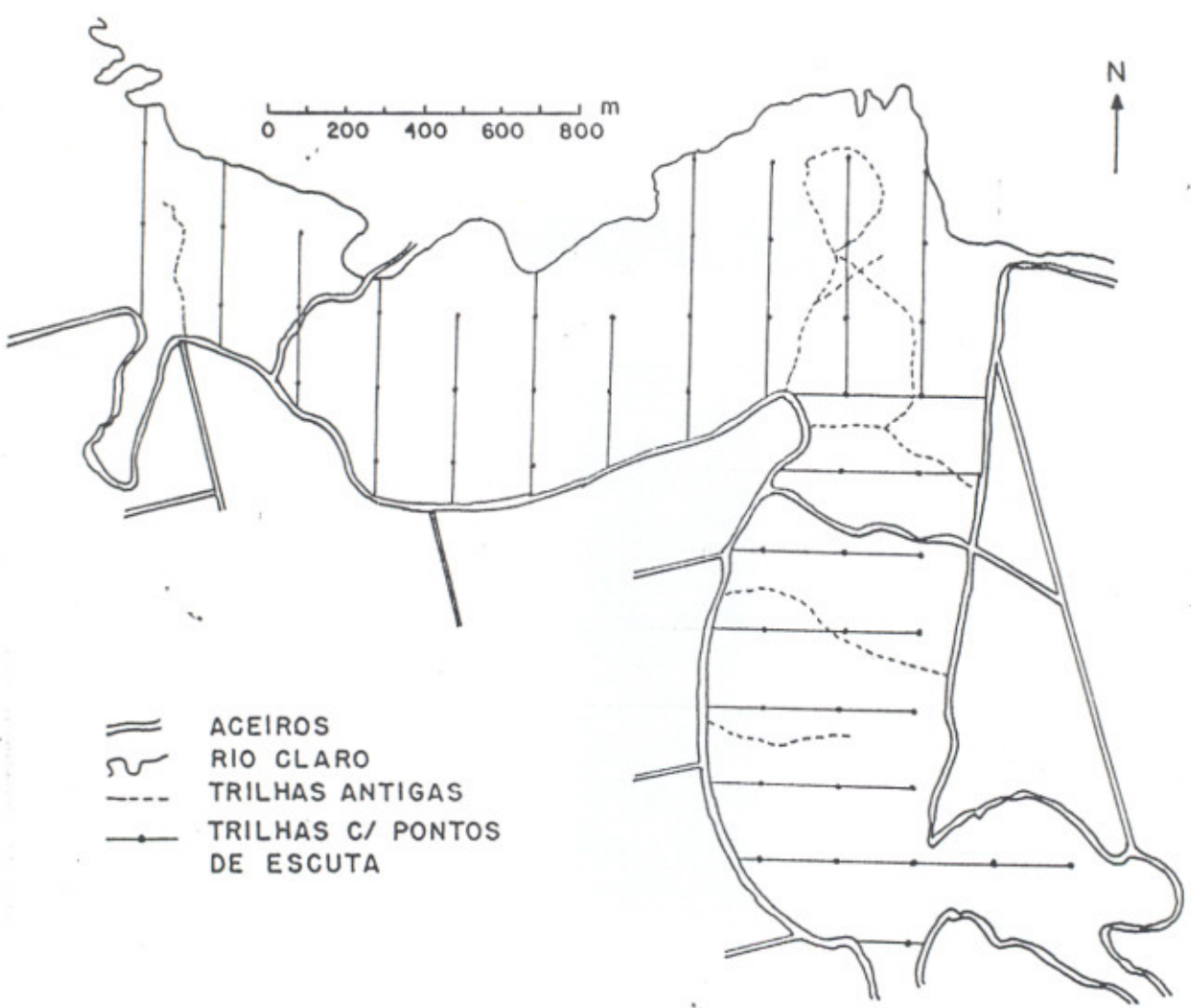
cies como sendo representativa e, para efeito de comparação com da dos bibliográficos, estimamos o esforço de observação, descontando o tempo dedicado às gravações e ao levantamento quantitativo, em 15 horas por visita, totalizando aproximadamente 350 h de observação.

## 2) Levantamento quantitativo

Para aplicação desta metodologia foram abertas trilhas na Rserva do Matão, ao longo das quais foram lançados pontos equidistantes em 200m (Fig. 4). Em cada visita (Tabela I, com exceção de agosto de 1984) eram amostrados, numa única manhã, cinco pontos escolhidos por sorteio, geralmente entre 6:00 e 10:30 h. As sessões de observação em cada ponto duravam 20 minutos, após o que o observador dirigia-se ao ponto seguinte, obedecendo a ordem de sorteio.

Antes do início de cada sessão eram anotadas algumas das condições ambientais predominantes no momento da amostragem, tais como vento, nebulosidade, chuva, temperatura e ruído de fundo. A seguir o observador passava a registrar as espécies de aves por ele ouvidas e vistas, tendo o cuidado de distinguir a localização dos contatos obtidos com diferentes indivíduos da mesma espécie, bem como de acompanhar os seus eventuais deslocamentos dentro do raio de detecção. Tal medida era necessária para evitar que contatos diferentes fossem atribuídos ao mesmo indivíduo e vice-versa. Com o objetivo de facilitar a operacionalidade desta técnica, a presença de um casal, uma família ou, em alguns casos, de um grupo de machos em comportamento de "lek" foi considerada como sendo um único contato. A dinâmica das sessões de observação pode ser exemplificada através do modelo protocolo de campo adotado para este fim (Fig. 5).

Posteriormente, os resultados de cada sessão eram transcritos para uma ficha codificada (Fig. 6), que era submetida ao tratamento por computador.



- ||| ACEIROS
- ~ RIO CLARO
- - - TRILHAS ANTIGAS
- TRILHAS C/ PONTOS DE ESCUTA

Fig. 4 - Localização das trilhas com os pontos de escuta na Reserva do Matão. São 52 pontos marcados numa malha geométrica de 200 m, descartando os pontos colocados a menos de 50 m da borda da mata.

l  
a  
o  
is  
o



FAZENDA RIO CLARO, LENÇÓIS PAULISTA (SP) - PROJETO DRAMIEC  
AMOSTRAGEM QUANTITATIVA DA AVIFAUNA

Observador: ( ) Jacques M.E. Vielliard ( ) Wesley R. Silva ( ) Mauro Mazzilli

Ponto:            Data:    /    /                            Hora:    h        min + 20 min

Vento:0-fraco-mod. Nebul:0-25-75-100%. Chuva:0-fina-mod.-neblina Ruído:fraco-forte Temp

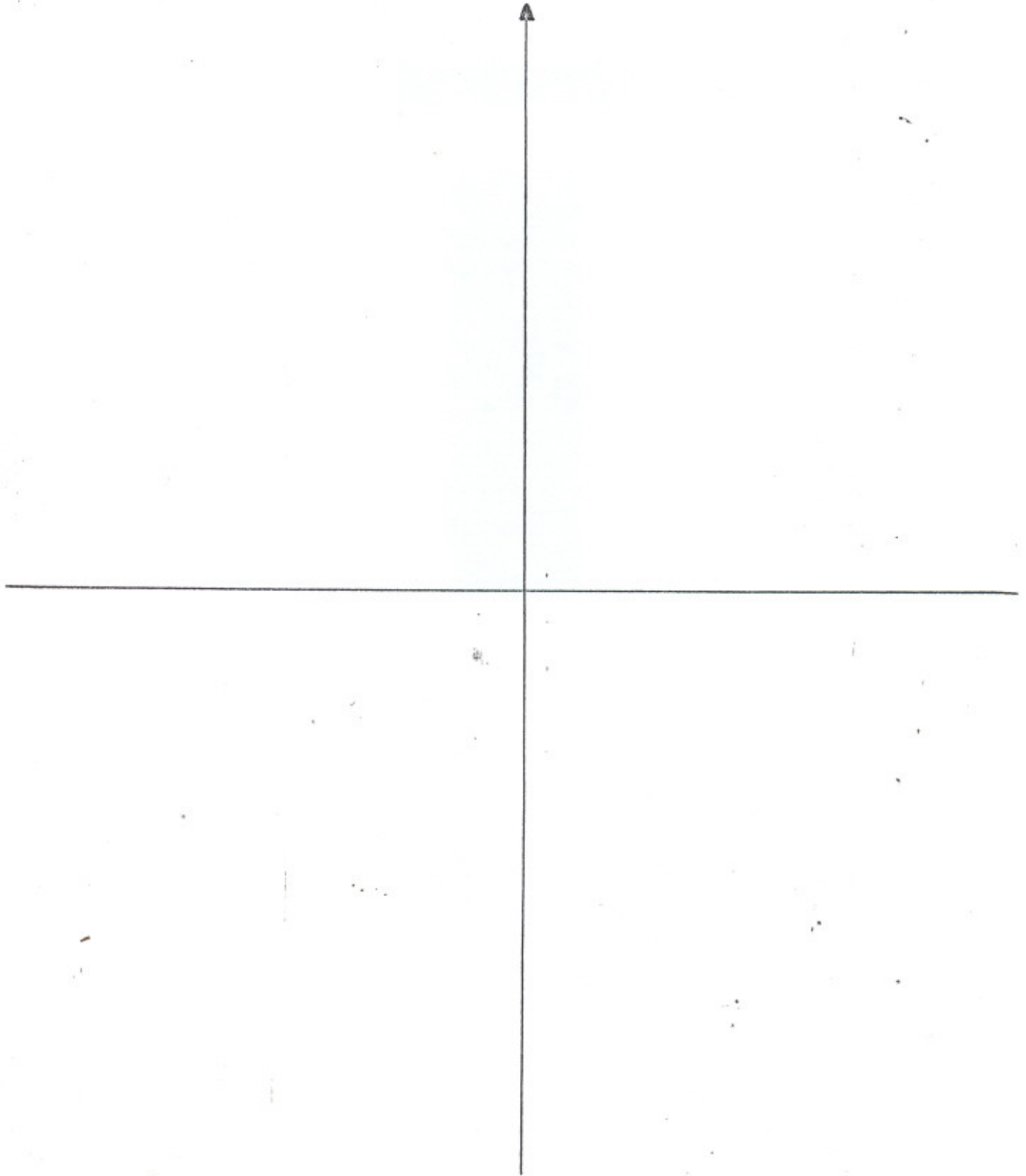


Fig. 5. Modelo de protocolo utilizado para a coleta de dados do levantamento quantitativo da avifauna da Reserva do Matão.





## RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 1) Levantamento exaustivo

## a) Número de espécies

Os dados acumulados no período (23 visitas até agosto de 1986 inclusive) perfazem 272 espécies. Este número de espécies parece ser excepcionalmente elevado. De fato, este resultado representa um recorde de riqueza específica, mas a comparação com os raros dados semelhantes deve ser ponderada em função da variedade dos ambientes e do tempo de observação em cada localidade. A riqueza avifaunística mais parecida com a nossa foi obtida na localidade mais próxima, a Fazenda Barreiro Rico em Anhembi (SP) onde WILLIS (1979) observou 202 espécies em 550 horas repartidas em visitas mensais de três dias, de março de 1975 até agosto de 1977. É verdade que aquele autor analisou a avifauna de mata, apesar da sua lista incluir algumas espécies que certamente não pertencem a este ambiente. Retirando do nosso total as espécies que nós não observamos em mata e que WILLIS (1979) não inclui na sua lista, chegamos a um valor aproximadamente igual para as duas áreas. No conjunto de ambientes da Fazenda Barreiro Rico, mais semelhante à diversidade ambiental correspondente ao nosso levantamento exaustivo, José Carlos R. de Magalhães (com. pes.) identificou mais de 300 espécies nos últimos 30 anos, incluindo aves hoje obviamente desaparecidas e outras de ocorrência acidental; nossa estimativa é que ambas as áreas têm atualmente uma riqueza específica básica de umas 280 espécies. Esses dados são surpreendentemente coerentes, apesar de diferenças na composição das espécies.

Outros dados do Interior de São Paulo, apesar de serem bem menos completos, indicam valores semelhantes quando corrigidos pelo tempo de observação, por exemplo: na Reserva Estadual do Morro do Diabo, em Teodoro Sampaio, 75 horas de observação permitiram levantar 185 espécies (WILLIS & ONIKI, 1981) que se comparam bem com o total de 201 espécies das nossas cinco primeiras visitas. Na Reserva Estadual de Gália os mesmos autores perfizeram 55 horas de observação totalizando 141 espécies (contra 190 num tempo equivalente do nosso levantamento) e em outras localidades, onde perfizeram entre 10 e 20 horas, os totais variam entre 110 (igual ao total da nossa primeira visita) e 61. Fica evidente que a riqueza específica atual da avifauna do interior do Estado de São Paulo é um valor bem definido e que sua redução em certas localidades corresponde a alterações ambientais. As Fazendas Rio Claro e Barreiro Rico representam hoje o referencial mais completo desta riqueza natural.

Ainda mais surpreendente é a comparação desses dados do Interior paulista com a avifauna de regiões consideradas as mais ricas em espécies no mundo: as matas tropicais da Serra do Mar e dos Andes. Para as primeiras temos de novo os levantamentos de WILLIS & ONIKI (1981) em seis localidades da região litoral do Estado de São Paulo, ou seja, da Mata Atlântica brasileira. O número de espécies mencionadas é sempre elevado, mas não ultrapassa os valores obtidos pelos mesmos autores nas localidades mais ricas do Interior de São Paulo e tampouco os dados do presente trabalho (Tabela II). Ainda neste caso, é necessário fazer a comparação com prudência, já que o número de horas de observação nos dois trabalhos não corresponde ao mesmo esforço de levantamento, além da representação diversa dos diferentes ambientes.



Para as matas tropicais de baixadas na região andina, temos quatro levantamentos comparáveis ao nosso (Tabela II). No Equador, VUILLEUMIER (1978), juntou observações obtidas em quatro localidades durante um total de 39 dias de observações intensivas, que estimamos equivalentes à 390 horas. Essas observações foram feitas em matas, mais incluem espécies dos ambientes próximos mais abertos, excluindo explicitamente as famílias de aves aquáticas. Aplicando a mesma restrição ao nosso total, temos ainda 244 espécies, resultado bem superior às 180 listadas nessas quatro localidades. Todavia, como no trabalho de WILLIS & ONIKI (1981), é difícil determinar a proporção de espécies que não pertencem estritamente à avifauna de mata. Por outro lado, a observação ornitológica no Equador exige muita experiência e VUILLEUMIER (1978) demonstrou que, dependendo de coletas para assegurar as identificações e desconhecendo as manifestações vocais, o número total de espécies foi obtido lentamente e poderia crescer ainda mais.

PEARSON (1977), teve a precaução de realizar seus levantamentos exclusivamente no interior de matas e com o apoio de um inventário intensivo da avifauna local, algo equivalente ao nosso levantamento exaustivo; na verdade, aquele autor realizou verdadeiros transectos que podem ser comparados ao nosso levantamento quantitativo. Examinando somente o número de espécies (Tabela II), constatamos uma grande semelhança entre a localidade do Equador e nosso total da Reserva do Matão, enquanto os valores obtidos no Peru e na Bolívia são sensivelmente inferiores. Além do mais, o esforço de observação de PEARSON foi bem maior que o nosso, que aliás, deveria ser reduzido em algo como no máximo 200 horas, quando são contabilizadas somente as observações na Reser-

va do Matão. Todavia, PEARSON (1977) atingiu o platô assintótico do número de espécies em 250 horas no Equador e em menos tempo no Peru e na Bolívia. De toda maneira, o número de espécies que identificamos na Reserva do Matão é bastante comparável ao resultado equivalente nas matas andinas.

b) Frequência de ocorrência global

A ocorrência é definida como a identificação de determinada espécie em determinada visita, independente da quantidade de manifestações. A frequência de ocorrência é então o número de visitas, expresso em porcentagem, em que cada espécie apareceu. Este valor permite dizer se uma espécie é constantemente ou mais ou menos regularmente encontrada. É até possível criar categorias fenológicas da presença das diversas espécies, tanto das permanentes como das ocasionais. Dispensamos, pelos menos por enquanto, o uso de tal terminologia, já que nosso objetivo é definir o ciclo biológico específico de maneira mais detalhada e que tal caracterização prévia seria arbitrária. Assim, cada espécie foi considerada pelo valor exato da sua frequência de ocorrência e, para efeito de tabulação, foram empregados intervalos matemáticos.

TABELA III. Levantamento exaustivo: número de espécies por classes de frequência de ocorrência

Habitat	Frequência de ocorrência em porcentagem					Total
	até 25	25-50	50-75	75-100	100	
Global	85	65	50	72	28	272
mata	38	33	23	66	44	160
mata de galeria	46	59	57	18	10	180
plantação	74	32	05	05	02	116
cerrado	71	22	08	07	07	108
brejo	41	20	04	25	18	90
jardim	31	24	11	29	11	95
área aberta	31	12	04	10	05	57



TABELA II. Riqueza específica de aves em região neotropical sob condições determinadas de observação.

Localidade	Autor	Tempo de observ. (h)	Habitats <sup>1</sup>		Nº esp. <sup>2</sup>	Nº equiv. <sup>3</sup>
			mata	outros		
São Paulo (interior)						
Barreiros Rico	J.C.R. Magalhães	(30 anos)	++	**	±300	272+
" "	Willis, 1979	550	++	(*)	202	±200
Santa Genebra	" "	444	++	(*)	146	160+
UNICAMP	" "	205	+	(*)	93	157+
Morro do Diabo	Willis & Oniki, 1981	75	++	*	185	201
Fazenda Paraíso	" "	55	++	*	141	190
Vassununga	" "	12	++	*	100	110
Assis	" "	10	+	*	62	100
Santa Bárbara	" "	17	+	*	110	120
Fazenda Campininha	" "	14	+	*	97	110
Serra do Japi	" "	21	+	*	61	130
São Paulo (mata atlântica)						
Campos do Jordão	" "	70	++	*	135	200
Boracéia	" "	51	++	*	132	180
Jacupiranga	" "	36	++	*	142	165
Carlos Botelho	" "	41	++	*	174	178
Sete Barras	" "	60	++	*	182	192
Ubatuba	" "	32	++	*	136	160
Matas andinas						
Equador	Vuilleumier, 1978	390	++	(*)	180	244-
" "	Pearson, 1977	714	++	0	169	164
Peru	" "	448	++	0	131	164
Bolívia	" "	208	++	0	124	157

<sup>1</sup> + pequena ou degradada; ++ extensa ou pouco degradada; \*\* bem representados; \* pouco representados; (\*) não considerados mas ainda representados; 0 excluídos.

<sup>2</sup> número de espécies identificadas em cada caso.

<sup>3</sup> número estimado no presente trabalho em condições de tempo e habitat equivalentes.

Examinando as freqüências de ocorrência global das 272 espécies computadas (Tabela III), podemos tirar as primeiras conclusões gerais sobre a estrutura da avifauna da Fazenda Rio Claro. Um terço (31,25%) das espécies foi encontrado no máximo em cinco visitas (85 espécies até 25%), deixando claro que esta avifauna é composta em boa parte por espécies raramente encontradas pelas seguintes razões: 1) possuem períodos curtos de aparição, como diversas aves migratórias; 2) possuem densidade muito baixa na área, como certas espécies de mata ou de cerrado; 3) são acidentais na região. Somente uma análise espécie por espécie permite chegar a este nível de discriminação, que é importante para determinar a composição avifaunística. As 32 espécies que foram encontradas numa única visita podem ser encaixadas nos dois primeiros casos, nenhuma delas sendo, obviamente, de ocorrência acidental. Isto indica que o número de espécies encontradas corresponde à ocorrência normal, tanto do ponto de vista biogeográfico como em relação aos habitats e aos períodos do ciclo biológico. Aliás, nestas 32 espécies encontram-se aves sabidamente sedentárias e estritamente ligadas a determinado ambiente, sendo sua baixíssima (uma visita representa 4,3%) freqüência de ocorrência resultante de sua extrema redução populacional.

As espécies constantemente encontradas (100% de freqüência de ocorrência) somam 10% (28) da avifauna, porcentagem que nos parece considerável apesar de não termos elementos de comparação em outros locais. Isto representa espécies residentes com densidade alta o suficiente para manter uma probabilidade de encontro acima da penúltima freqüência de ocorrência (95,7% no caso presente) e desde que sua localização ecológica ou seu comportamento de manifestação não reduzam esta probabilidade. Assim, na realidade, para definir a avifauna permanente e característica da



área é necessário incluir as espécies que, por essas duas últimas razões, apresentam freqüências de ocorrência inferiores. Por exemplo, o Nhambu-guaçu *Crypturellus obsoletus*, residente permanente e abundante, deixou de ser encontrado em duas visitas por apresentar um comportamento, mesmo vocal, extremamente discreto no período pós-nupcial (início do inverno) e sua freqüência de ocorrência foi somente 91%.

Mais de um quarto (72) das espécies tiveram uma freqüência de ocorrência superior a 75%. A este número, ao nosso ver já considerável, pode ser acrescida uma fração correspondente às espécies que, por serem visitantes de verão ou de inverno, não deixam de compor uma parte expressiva da avifauna num desses períodos, apesar de sua freqüência de ocorrência ser conseqüentemente reduzida. Por exemplo, o Gavião-sauveiro *Ictinia plumbea* teve uma freqüência de ocorrência de apenas 39%, mas é um elemento constante e abundante da avifauna de outubro a janeiro, inclusive, quando volta de migração para se reproduzir na área.

Assim, apesar de ser obtida facilmente, desde que o levantamento é bem definido, a freqüência de ocorrência não foi utilizada para tentar caracterizar as avifaunas tropicais. Sem dúvida, a primeira limitação de seu uso é que as unidades de visitas (15 horas no presente trabalho, mas a duração pode ser mais curta, especialmente se a área é menor, menos diversificada ou mais pobre em espécies) devem ser em número suficiente e numa distribuição temporal homogênea para ser representativa e estatisticamente confiável. Nossas 23 visitas cobrindo dois ciclos biológicos de maneira quase regular podem ser consideradas como um mínimo. A segunda dificuldade, evidenciada na discussão acima, consiste na interpretação que requer várias ponderações conforme a distribuição geográfica e ecológica e, sobretudo, confor

me o ciclo de atividade de cada espécie. Nosso levantamento exaustivo pretende justamente oferecer subsídios neste sentido e, além do mais, formar um banco de dados útil para interpretar as frequências de ocorrência obtidas em outros locais da região. Acreditamos que desta maneira, levantamentos mais simples, por frequências de ocorrência, poderiam futuramente ter um papel importante no monitoramento ecológico.

### c) Frequências de ocorrência por habitat

As frequências de ocorrência por habitat fornecem, para cada espécie, uma medição de sua repartição ecológica, dando um valor de 0 a 100 para sua ausência ou presença mais ou menos constante em cada tipo de habitat definido. Por exemplo, nas 19 visitas (83% de frequência de ocorrência global) em que foi notado, o Papagaio-verdadeiro *Amazona aestiva* apareceu 89% das vezes em mata, 42% em cerrado e 16% em mata de galeria: essas três porcentagens dão uma imagem bem clara do perfil ecológico da espécie, mesmo se tais valores devem ser ponderadas (no caso, a dependência do Papagaio-verdadeiro com o cerrado é subestimada por ter recebido este habitat um esforço de observação inferior à mata) e confrontados às informações complementares (a indicação anterior é confirmada pela observação de bandos de Papagaios-verdadeiros deslocando-se da mata para o cerrado à procura de alimento, particularmente no fim do verão).

Além da repartição ecológica específica, a tabulação dessas frequências de ocorrência por habitat permite avaliar a composição avifaunística de cada tipo considerado (Tabela III). Assim, das 272 espécies computadas aqui, o maior número (180) foi registrado em mata de galeria, mas isto deve-se ao fato de ser um



habitat de transição com cerrado e brejo, com poucas espécies mais estreitamente associadas. A mata, que totalizou 160 espécies tem, de longe, o maior número de espécies com altas frequências de ocorrência (66 espécies com mais de 75% das ocorrências em mata, das quais 44 com 100%), sendo seguida nesse aspecto, por jardim e brejo. Isto indica que esses ambientes sustentam uma rica avifauna própria, mesmo que o número de espécies exclusivas de cada habitat seja de fato bem inferior (das 44 espécies que ocorreram em mata sempre que presente, 27 foram notadas também pelo menos uma vez num outro ambiente, enquanto que das 17 registradas exclusivamente na mata, 11 apareceram somente uma vez na área). Ao contrário, as plantações com o total respeitável de 116 espécies observadas, tiveram apenas 10 espécies com frequências de ocorrência acima de 50%, sendo o habitat com o menor número de espécies nesta categoria, mas com o maior na faixa até 25%. A indicação neste caso é que o eucaliptal sustenta uma avifauna muito reduzida, mas recebe uma grande diversidade de espécies. As áreas abertas são o habitat que revelou o menor número de espécie, com uma alta proporção de espécies com baixas frequências de ocorrência. Como no caso do cerrado, este habitat é pouco representado na área estudada, e, além disso, foi visitado de maneira não constante. De toda maneira, os valores apresentados não caracterizam os ambientes definidos mas a área levantada. No presente caso, somente a mata tem uma representatividade deste ecossistema nativo, podendo-se considerar também os valores para a mata de galeria e plantação como localmente representativos.

#### d) Rendimento da metodologia

Reunimos nessas 23 visitas um total de 3019 "registros", isto é, o número de espécies identificadas por número de visitas, com uma média de 131,3 espécies por visita. Desses registros, 28%

foram unicamente auditivos e 25% unicamente visuais, deixando claro a importância de ambos os tipos de procura para a identificação das espécies presentes. Podemos avaliar o rendimento desses levantamentos exaustivos de diversas maneiras.

O número de espécies encontradas e identificadas em cada visita variou de 100 (em 06/85) a 165 (em 10/85, visita de três dias) ou 148 (visita normal, 12/85). A variação deste valor pode ser atribuída de um lado à evolução da nossa experiência e de outro lado à variação da avifauna que, por sua vez, pode depender de mudanças na sua riqueza específica ou no seu nível de atividade. Desses três fatores, o primeiro deveria mostrar uma variação inicial positiva, seguida de uma estabilização do rendimento dos observadores: de fato, as duas primeiras visitas produziram valores nitidamente inferiores à média, mas a terceira alcançou um total similar aos melhores resultados posteriores. Para nós, ficou claro que três visitas foram suficientes para conhecer a área e as espécies de aves de maneira eficiente para desenvolver trabalhos com bom rendimento. Na realidade, o baixo rendimento das duas primeiras visitas deve-se ao fato de que uma boa parte do tempo não foi utilizado na procura de espécies, mas na busca de locais favoráveis de observação e na comprovação das identificações; esta porcentagem reduziu-se ulteriormente. Concluímos, portanto, que três visitas de dois dias são suficientes para iniciar uma pesquisa eficiente sobre uma comunidade de alta riqueza específica.

Apesar disto, o rendimento das nossas visitas aumentou no segundo ano: média do número de espécies por visitas = 125,3 (08/84 - 08/85) ou 127,8 (11/84 - 08/85) contra 137,1 (09/85 - 08/86), ou 134,8 (11/85 - 08/86), sugerindo que o rendimento dos levantamentos ainda progrediu ligeiramente após a segunda visita. Este



fato é natural tratando-se de uma área e uma avifauna diversificadas. É patente que cada visita forneceu informações novas que contribuíram para otimizar o rendimento da visita seguinte, mas este maior conhecimento não pôde ser totalmente explorado a cada visita e assim o rendimento parece ter-se estabilizado desde o fim do primeiro ano do levantamento exaustivo.

Deve-se também examinar a possibilidade de flutuações na avifauna. Essas flutuações formam os dois fatores responsáveis pelas variações de rendimento que são independentes do observador, mas representam causas bem distintas: diferenças do nível de atividade ou mudanças da riqueza específica. Analisando o rendimento das visitas, após correção pelo fator de eficiência do observador, seria evidentemente da maior importância poder atribuir as eventuais variações do rendimento à composição da avifauna. O ideal seria introduzir a devida correção pelo fator de nível de atividade. Como a atividade das aves varia com o ciclo biológico de cada espécie, a probabilidade de detecção das espécies presentes vai variar com as estações, além de variar com as condições climáticas das visitas, que vão determinar, principalmente em função do vento, da pluviosidade e da temperatura, o grau geral de atividade da avifauna.

Assim é necessário um grande número de visitas para calcular correlações, estação por estação, entre as condições climáticas e o número de espécies detectadas em cada visita, mas algumas considerações já são possíveis com os dados atuais. A figura 07 sugere, uma variação cíclica anual do número total de espécies por visita, com um rendimento maior na primavera e menor no fim do verão e no inverno, mas isto corresponde, pelo menos em parte, à variações na composição da avifauna pelo movimento das aves migratórias. Esta mesma figura mostra também importantes

137'

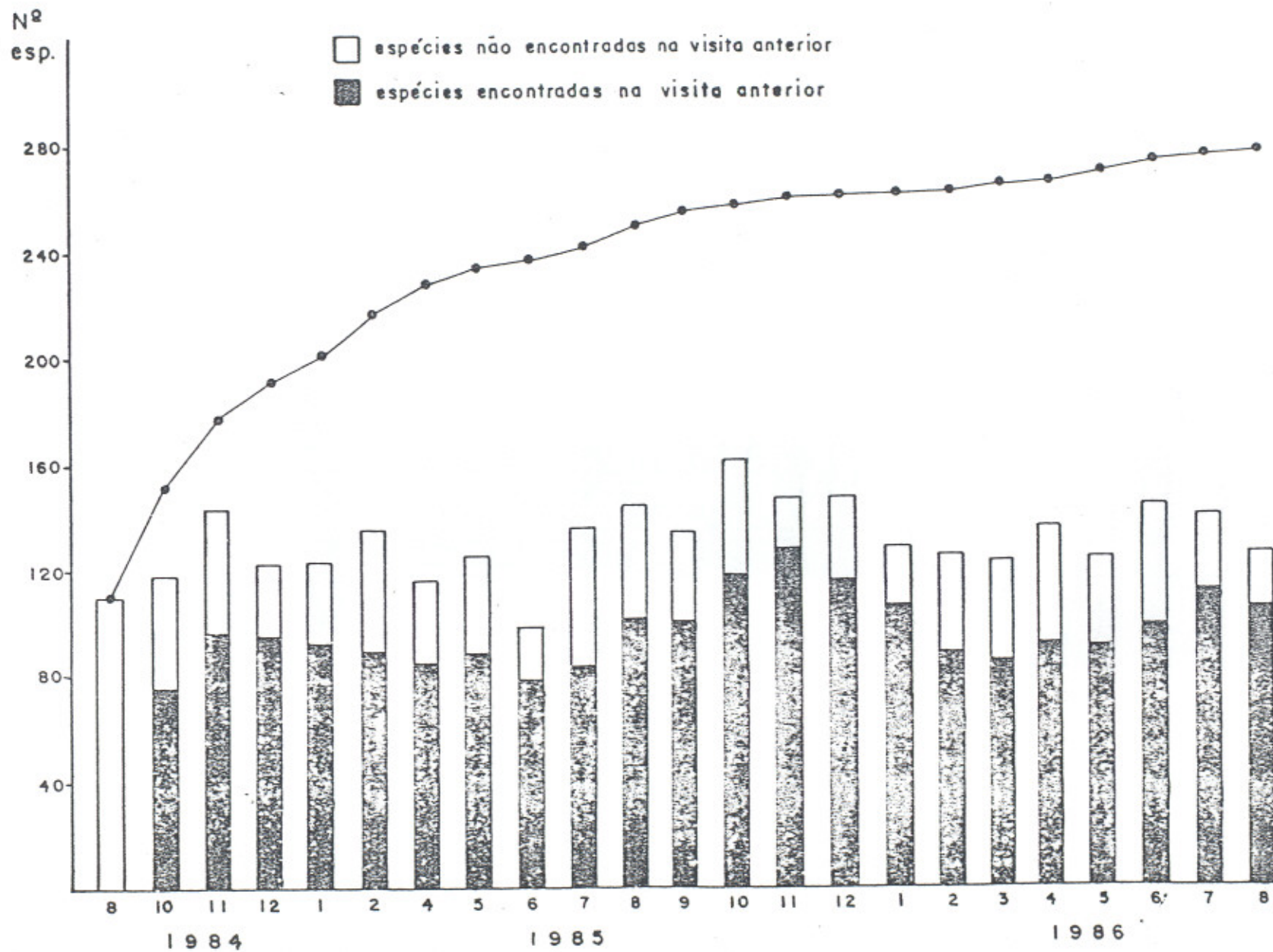


Fig. 7 - Variação anual do número de espécies encontrados por visita no levantamento exaustivo e curva cumulativa do número de espécies identificadas.



flutuações entre visitas consecutivas. Essas flutuações são em parte ligadas de maneira direta às condições climáticas. Por exemplo, entre junho e julho de 1987, com uma composição tipicamente invernal da avifauna, registramos 100 espécies na visita de junho, com forte friagem e baixa atividade das aves, contra 137 na visita de julho, com tempo bastante quente e intensa atividade das aves.

Tendo ponderado assim, mesmo que de maneira ainda subjetiva, o número de espécies identificadas por visita, podemos avaliar esses dados em termos da evolução da avifauna. Temos claramente dois níveis de riqueza específica, um estival em torno de 140 espécies detectadas por visita e um invernal com aproximadamente 120 espécies por visita. O interessante é que as transições são bruscas e antecipam as épocas correspondentes do ciclo biológico: o nível estival de rendimento aparece já em julho ou mesmo em junho (em 1986) e baixa a partir de dezembro (em 1984) ou janeiro. Este fato aparece devido mais às variações do grau de manifestação das espécies do que às mudanças de composição da avifauna: assim, em julho ou já em junho se o tempo é favorável, muitas espécies começam a cantar para formar seus territórios e pares, aumentando nitidamente o rendimento, enquanto os cuidados aos filhotes e, depois, a muda, a partir de dezembro, tornam a maioria das espécies muito discreta.

Para medir realmente as variações da composição temos então que avaliar o grau qualitativo de semelhança específica nos resultados entre as visitas. Os presentes dados não permitem calcular um índice quantitativo de similitude, que será examinado graças ao levantamento quantitativo, mas poderiam ser tratados pelo coeficiente de Jaccard. Por enquanto, fizemos uma simples avaliação gráfica, marcando no histograma da figura 07

o número de espécies identificadas numa dada visita que já foram encontradas na visita anterior. As flutuações desses valores aparecem mais regulares e progressivas, definindo níveis bastante estáveis de riqueza específica: entre 80 e 90 espécies são sempre encontradas de uma visita para a seguinte, este número aumentando entre agosto e janeiro que corresponde à avifauna nidificante (máximo 120 espécies). A definição das estações com composição e atividade caracterizadas é importante tanto para a interpretação dos resultados, quanto a programação dos levantamentos. Um dos objetivos do método é justamente definir essas estações e, graças ao ritmo mensal e bastante regular das visitas, temos já uma visão bem definida desta fenologia.

A última pergunta que podemos formular em vista desses dados de rendimento das visitas, é saber se a composição da avifauna sofreu modificações a longo prazo. Esta pergunta fundamental, que representa a resposta final procurada pelas técnicas de monitoramento ecológico, somente pode ser examinada à luz de dados também a longo prazo e que sejam independentes de outros fatores. Os presentes resultados cobrem somente dois anos e suas correções pelos fatores de experiência do observador, de variação climática e de diferenças estacionais são ainda não quantificadas. Apesar dessas limitações, a comparação dos resultados de um ano para outro não deixa de ser desde já instrutiva. Vimos anteriormente que o rendimento médio variou pouco entre o primeiro e o segundo ano de levantamento (125,3 para 137,1 ou + 9,4%), ainda menos considerando períodos mais equivalentes (127,8 para 134,8 ou + 5,5%).

## 2) Levantamento quantitativo

### a) Número de amostras e contatos

Nosso levantamento quantitativo é baseado numa amostragem por pontos. Esses pontos são definidos de maneira a dar



uma representação estatisticamente válida da área estudada, mesmo que ela seja heterogênea. Não há dúvida que a Reserva do Matão possui uma composição florística altamente heterogênea, mas assumimos, com boa confiança, que a repartição geométrica dos 52 pontos pré-fixados cobre bem esta heterogeneidade. A representatividade do levantamento é assegurada pela grande quantidade de pontos e pela escolha aleatória.

A cada visita mensal, conseguimos realizar amostras, perfazendo um total de 110 amostras. Isto corresponde a 22 visitas, sendo que a primeira (08/84) foi dedicada ao reconhecimento da área e das condições de trabalho. As amostras das visitas até agosto de 1985 foram realizadas com o objetivo de testar a metodologia e com a escolha dos pontos dependendo da abertura das trilhas. Mesmo assim, consideramos os resultados plenamente satisfatórios e representativos, e os incorporamos, até provar sua incompatibilidade, aos resultados do segundo ano. Em termos de tratamento estatístico, certas correções são necessárias para as visitas de 10/84 e 10/85 quando foram realizadas respectivamente quatro e seis amostras em lugar de cinco.

Durante essas 110 amostras registramos 2194 contatos, com uma média de 19,9, contatos por amostra. Cada contato numa amostra corresponde à ocupação de um território ou presença de um indivíduo ou grupo no raio de detecção da espécie no ponto e de acordo com seu coeficiente específico de detecção. O número de contatos por amostra é a somatória dos Índices Pontuais de Abundância - IPA das espécies no ponto, representando então o IPA global da avifauna. Este valor variou, tomando a média de cada visita, entre 12,6 e 26,7, ou seja, uma variação de 112%. Tal variação parece importante, mas deve indicar o ciclo de abundância e atividade da avifauna considerada, já que, usando

as médias das visitas, reduzimos as flutuações devidas ao horário, as características particulares dos pontos e as variações aleatórias de observação.

Apesar disto, não há dúvida de que as condições climáticas podem alterar de maneira considerável o grau de manifestações das espécies, explicando as alterações bruscas no ciclo de variação deste IPA global. A figura 08 evidencia um ciclo anual de variação entre verão e inverno, com valores acima da média de setembro a janeiro e abaixo de fevereiro a julho. Mesmo assim os valores mostram variações irregulares, certamente em relação com as alterações climáticas, tanto as excepcionalmente favoráveis, como em 05/85, ou relativamente desfavoráveis como em 12/84 ou 11/85. Neste ciclo evidenciamos uma passagem brusca em fevereiro do nível de abundância e atividade de verão para o de inverno, enquanto a passagem de inverno para verão, em julho e agosto, é bem mais irregular e parece ligada às condições climáticas.

#### b) Número de espécies

Com 111 espécies registradas no decorrer das 110 amostras temos uma riqueza específica sem equivalente conhecida e muitas vezes superior ao número de espécies obtido em condições similares nas regiões temperadas.

Por visita com cinco amostras (ou corrigidas para este tempo de 100 min.), o número de espécies variou de 26 a 50 com uma média de 37,4. O coeficiente de variação é de 92%, similar à variação do IPA global. De fato, a figura 09 mostra uma grande similitude com a figura anterior, em particular o mesmo ciclo verão-inverno. Especialmente instrutiva a a comparação desses dois gráficos no detalhe das flutuações concomitantes: o número excepcionalmente alto de contatos em 07/86 não foi acom-



Nº CONT. / AMOSTRA (=  $\Sigma$  IPA)

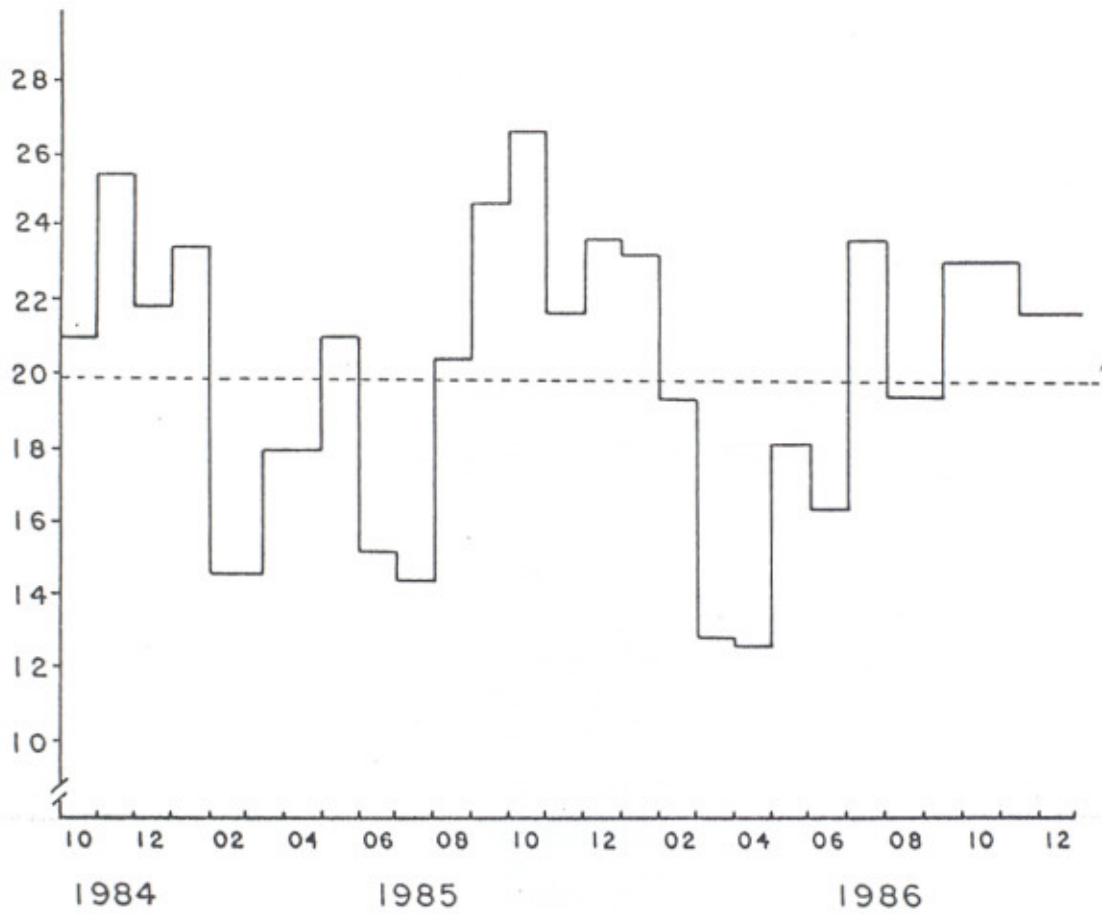


Fig. 8 - Variação anual do número de contatos por amostrá (ou somatória do Índice Pontual de Abundância) com a média (traços), calculada até 08/86.

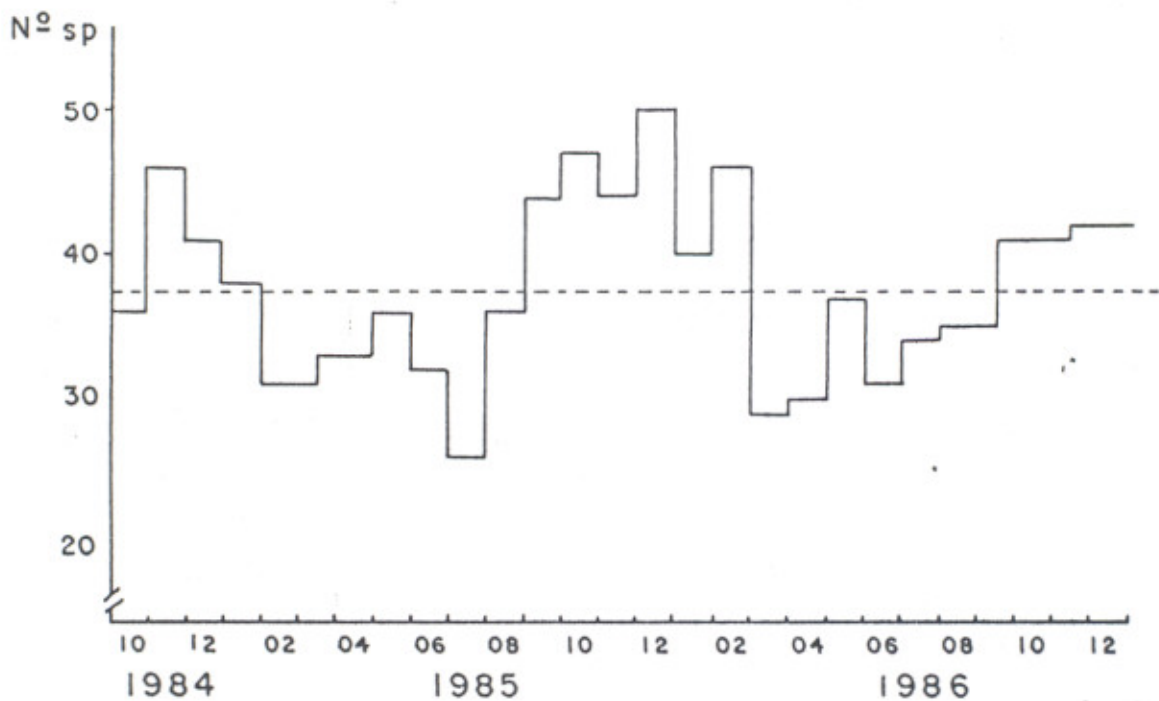


Fig. 9 - Variação anual do número de espécies por conjunto mensal de cinco amostras com a média (traços) calculada até 08/86.

panhado de aumento do número de espécies, mostrando tratar-se de atividade elevada das aves e não de modificação da riqueza específica. Também a redução do número de espécies em 12/84 e 11/85 foi menos brusca de que a do número de contatos, que é mais afetado pela redução de atividade das aves, sem que a riqueza específica seja alterada.

Assim, o simples número global de espécies e de contatos obtidos em cinco amostras, isto é, uma manhã de observação, fornece já um meio fácil de monitoramento da avifauna num ecossistema, graças à boa representatividade e alta eficiência do método. As visitas mensais dos dois anos do projeto foram suficientes para estabelecer o ciclo biológico e determinar as épocas a serem consideradas para uma avaliação da evolução a médio prazo da comunidade. Por causa das flutuações devidas às condições climáticas e também a fim de reunir um número suficiente de amostras para um tratamento estatístico confiável, não seria seguro reduzir as visitas em uma por período, mas com três visitas no verão, como caracterizado aqui, e três no inverno, pode-se esperar um monitoramento eficiente.

### c) Índice de similaridade

Os dados obtidos nas amostras permitem calcular o índice de similaridade  $I = 100 - \sum |P_1 - P_2|^2$  entre duas amostras ou conjuntos de amostras. Fizemos este cálculo para os conjuntos de amostras de cada visita, no intuito de avaliar o grau de similaridade da avifauna entre visitas consecutivas e verificar eventualmente uma periodicidade nas suas variações.

Este índice, onde  $|P_1 - P_2|$  é o valor absoluto da diferença da proporção que cada espécie representa nos conjuntos 1 e 2, toma em consideração não somente as ausências de espécies



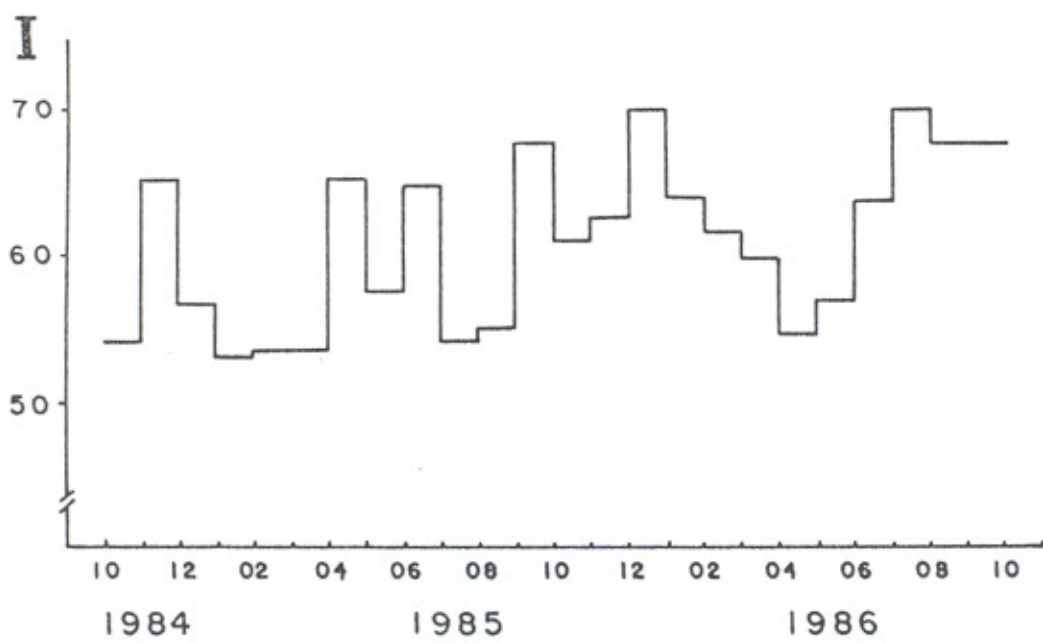


Fig. 10 - Variação anual do Índice de Similaridade I (veja texto) entre visitas consecutivas.

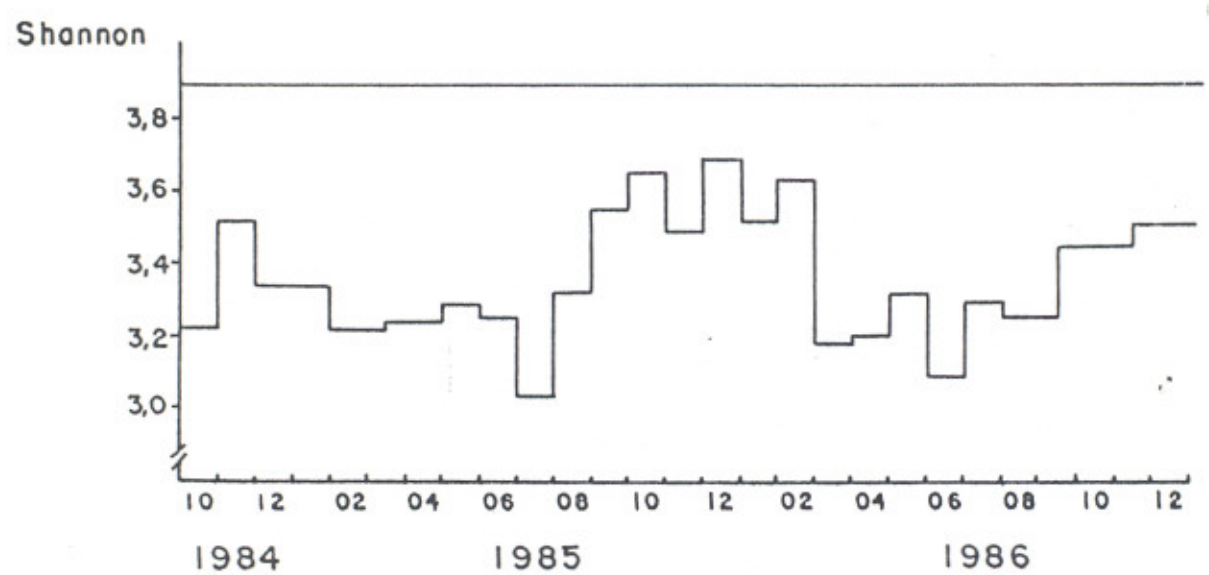


Fig. 11 - Índice de Diversidade de Shannon (veja texto) global (traço) e por visita (histograma).

entre os dois conjuntos, mas também suas variações de abundância, sendo assim mais fiel que a comparação do número de espécies ou do IPA global. O índice é maior quando a comunidade é mais estável, e menor quando ela se modifica.

No período de estudo, o índice de similaridade variou entre 53,2 e 70,0, com um coeficiente de variação então bem menor que os do número de espécies ou do IPA global: 32% contra, respectivamente, 92 e 112%. Todavia, as variações foram bastante bruscas durante o ciclo (Fig. 10) e mais delicadas de interpretar, já que ocorrem de maneira diferente das de riqueza e abundância. Assim, o ciclo de variação do índice de similaridade seria idealmente um ciclo duplo do ciclo biológico: a similaridade sendo mais alta durante cada estação biológica e mais baixa na transição entre essas estações. De fato, os valores maiores correspondem geralmente aos períodos dentro das estações, anteriormente caracterizadas, e os menores nas passagens entre essas estações, mas o ciclo não aparece claramente devido às flutuações ligadas às condições climáticas anormais já mencionadas. Apesar desta imprecisão, o índice de similaridade fornece um meio complementar para avaliar a composição da avifauna e suas variações.

#### d) Índice Pontual de Abundância - IPA

O IPA é um valor específico dos componentes da comunidade estudada, no caso das diferentes aves da área amostrada. Assim, o conjunto de 110 amostras obtidas na Reserva do Matão forneceu 2194 contatos distribuídos entre as 111 espécies registradas durante este levantamento quantitativo. Para cada uma dessas espécies foi obtido um número de contatos que, dividido pelo número de amostras, representa o IPA desta espécie no local e período de estudo. Então o IPA é o número médio de contatos de de



terminada espécie por ponto de amostra e indica a abundância desta espécie em função de seu coeficiente de detecção. Este coeficiente é indeterminado e depende do comportamento da espécie, mas ele representa uma constante específica que pode ser calculada por comparação com a metodologia dos quadrados. Enquanto este coeficiente não for calculado, o IPA específico é um valor relativo que permite comparações somente entre medidas da mesma espécie (em locais e/ou períodos diferentes) ou de conjuntos equivalente de espécies (a rigor entre duas comunidades semelhantes).

O IPA por espécie variou de 1,25 (137 contatos), para a de maior registro, até 0,009 (um contato), para as de menor registro. Não é necessário entrar nos detalhes específicos desses valores para obter um perfil da estrutura da comunidade estudada: a simples ordenação dos valores desses IPA específicos por ordem decrescente fornece uma curva bem expressiva desta estrutura. A figura 12 mostra claramente que a avifauna da Reserva do Matão é composta por um pequeno número de espécies de abundância relativamente muito alta e um número extremamente elevado de espécies de abundância muito baixa. Entre esses dois extremos, existe um número razoável de espécies com abundância média. Tal avaliação visual é subjetiva, mas pode ser facilmente medida pela proporção que cada classe de IPA representa na comunidade estudada. Com os presentes dados e simplesmente a título de exemplo, calculamos que as cinco espécies com IPA superior à 1,0 representam 29,0% dos contatos ou ainda que as doze espécies mais abundantes totalizam 50,0% dos contatos. Por outro lado, as 54 espécies menos abundantes somam apenas 5,2% dos contatos e, para totalizar 23,7% dos contatos é necessário juntar as 84 espécies mais raras. O fato então evidenciado por nossa metodologia de levantamento quantitativo é de um forte contraste nos valores específicos do

IPA. Esta imagem é certamente acentuada pelo coeficiente de detecção relativamente alto de algumas das espécies com maior IPA e relativamente baixo de certas das espécies com menor IPA. Isto corresponde bem às observações: entre as poucas espécies de maior presença estão aves com canto de longo alcance ou com atividade sonora bastante constante; ao contrário várias das espécies de registro mais raro tem atividades particularmente discretas. Ainda outro fato que tende a aumentar o número de espécies com menor IPA, é a aparição no ambiente amostrado de espécies que vivem nos habitats periféricos; todavia este fenômeno é bem mais reduzido no levantamento quantitativo, onde as bordas são evitadas, que no exaustivo, onde aliás foi registrado um número global de espécies bem maior (160 contra 111), sendo esta diferença devido principalmente à tais ocorrências acidentais.

#### e) Diversidade e eqüidistribuição

A medição da diversidade dum das comunidades mais representativas do ecossistema em estudo, com a avifauna de mata no presente trabalho, fornece um meio muito potente de caracterizar e monitorar a qualidade ambiental de determinada área.

A diversidade de um conjunto, aqui uma comunidade de aves, depende do número de seus componentes, aqui de espécies (riqueza específica), e da proporção numérica de cada um (porcentagem do número de contatos) neste conjunto. O cálculo do índice de diversidade é a somatória do produto  $P \times k^P$  em valor absoluto, onde  $P$  é a proporção em % de cada componente e  $K$  o fator de distribuição teórica dos componentes do conjunto. Assim sendo, o índice de diversidade  $H$  ou de Shannon será obtido pela fórmula:  $H = - \sum P \log_e P$  para as  $n$  espécies da comunidade. Como na realidade é conhecida somente uma estimativa de  $P$ , aqui a porcentagem do número de contatos por espécie, o cálculo refere-se à  $H'$



145'

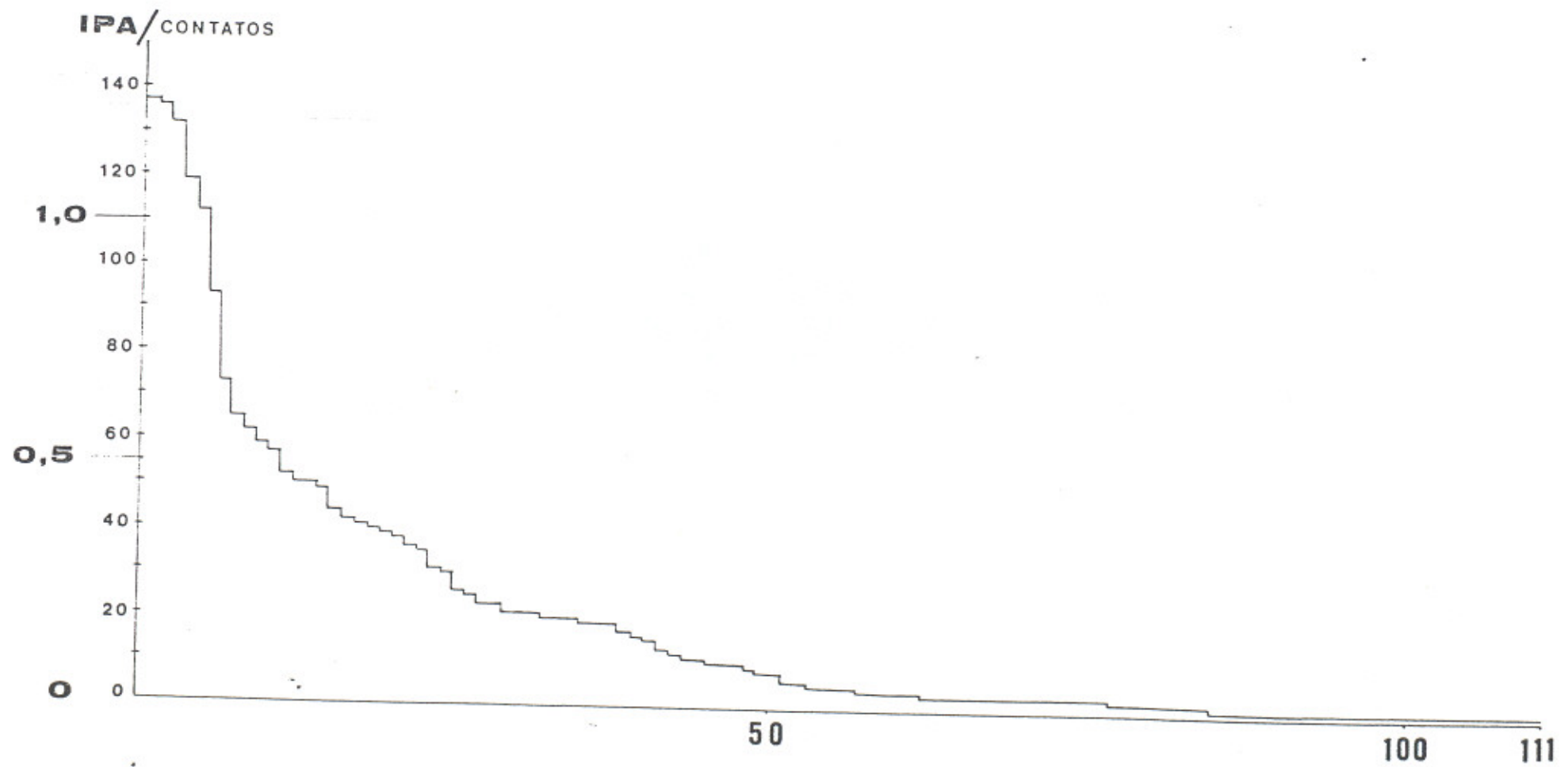


FIG. 12 - CURVA CUMULATIVA DO NÚMERO DE ESPÉCIES POR ORDEM DECRESCENTE DE ABUNDÂNCIA.

Nº SP.

que representa a melhor estimativa disponível de  $H$  e que assimilaremos à  $H$  no presente caso com a ressalva de que o número de contatos por espécie não é rigorosamente proporcional à sua densidade; discutindo o IPA, deixamos claro que a proporção de algumas das espécies mais abundantes é superestimada e de algumas das menos abundantes é subestimada. Este fato é inerente às técnicas de amostragem que fornecem índices relativos de abundância, mas, apesar de ser dificilmente apreciável, ele não diminui o valor das comparações entre comunidades. Aliás, uma comparação das três metodologias básicas de levantamento mostrou (EDWARDS et al. in. RALPH & SCOTT, 1981) que a amostragem por pontos fornece um valor de  $H'$  maior, ou seja, uma melhor estimativa de  $H$ , que as técnicas de transecto e de quadrado. Se teoricamente o método do quadrado é capaz de fornecer o valor real de  $H$ , na prática isto é irrealizável e a maior eficiência na detecção das espécies menos abundantes fica com a amostragem por pontos.

Já que o índice de diversidade depende em parte do número de espécies é interessante subtrair este fator para avaliar a repartição numérica das espécies. Isto é feito simplesmente comparando  $H'$  com o valor  $H_{\max}$  que corresponde à diversidade ideal caso as espécies fossem repartidas numericamente conforme o fator  $k$ , no caso  $\log_e$ . Assim  $H_{\max}$  é calculado aqui por  $H_{\max} = \log_e n$ , onde  $n$  é o número de espécies. A relação  $\frac{H'}{H_{\max}} = E$  dá o índice de equidistribuição  $E$  que será tanto diferente de 1 quanto a repartição numérica das espécies difere da relação logarítmica natural. Este índice pretende medir então o equilíbrio ecológico da comunidade observada. Geralmente ele gira em torno de 0,8, indicando uma deficiência relativa de certas classes de abundância em comparação com os valores teóricos. O exame da curva de tipo logística (Fig. 12), permite identificar os elementos desproporcionais.



Uma dificuldade de avaliação do índice de diversidade vem de que os dados de comparação publicados na literatura científica são comumente, e ao nosso ver erroneamente, calculados com um fator  $k = \log_2$ . Às vezes o autor nem precisa o fator usado, invalidando os cálculos apresentados. O uso do logaritmo de base 2 fornece valores 44% mais altos ( $\log_2 = 1,44 \log_e$ ). Evidentemente no cálculo do índice de equidistribuição esta diferença é anulada, mas não são todos os autores que publicam este índice ou os dados permitindo seu cálculo. Nessas condições, a interpretação dos índices H e E é limitada por enquanto pela falta de dados de comparação, ainda mais tratando-se da avifauna tropical onde o presente trabalho revela-se realmente pioneiro.

O índice de diversidade de Shannon calculado sobre o total das 110 amostras é de 3,89. Este valor é necessariamente inferior quando calculado sobre um sub-conjunto de amostras e variou, para o sub-conjunto de amostras de cada visita entre 3,04 e 3,70 (Fig. 11), evidenciando um ciclo estacional com uma diversidade, mais baixa no inverno e mais alta no verão, que varia de maneira muito coerente com a riqueza específica (Fig. 09):

Este valor de quase 4 (ou 5,61 se for usado o  $\log_2$ ) é o mais alto que encontramos na literatura. Uma diversidade entre 1 e 2 caracteriza a avifauna das florestas temperadas; valores em torno de 3 foram obtidos em diversos ambientes tropicais usando técnicas de amostragens parciais. O valor obtido aqui pode ser considerado como a norma para ambientes florestais neotropicais quando amostrados por uma metodologia globalmente eficiente. Trata-se da primeira medida para a avifauna tropical que seja comparável aos dados das regiões temperadas: que o índice de diversidade seja aqui aproximadamente o dobro dos valores sobre a avifauna de mata temperada é coerente com a diferença de riqueza específica.

O índice de eqüidistribuição sugere também uma boa coerência dos resultados obtidos aqui. O valor calculado para o total de 110 amostras (111 espécies) é de 0,83, dentro da norma obtida nas matas temperadas. Nos sub-conjuntos de amostras de cada visita, este índice apresenta um valor alto e constante, entre 0,90 e 0,95. Este fato explica a forte correlação nas variações anuais observadas entre a riqueza específica (Fig. 09) e a diversidade (Fig. 11) que evidenciamos anteriormente. Isto indica também que a distribuição numérica das espécies durante uma visita é extremamente uniforme. Que este índice seja sensivelmente inferior para o conjunto total de amostras poderia ser devido ao fato das espécies mais raras variarem entre as visitas, perfazendo um número cumulativo alto que aumenta consideravelmente o valor de  $H_{max}$ . Aliás o exame da figura 12 pode ser interpretada como indicando um número excessivo de espécies com baixa abundância.

Na verdade não é o número de espécies que é alto demais, já que ele corresponde à alta riqueza específica das comunidades de aves florestais neotropicais. Esta alta riqueza específica é natural e já foi evidenciada pelo levantamento exaustivo. Podemos deduzir desses dados que a Reserva do Matão abriga uma avifauna bem representativa em termos do número de espécies.

Então, a deficiência observada no índice de eqüidistribuição deve ser procurada no déficit de abundância de uma parte das espécies e/ou no excesso de abundância de outras. Realmente a curva logística observada (Fig. 12) mostra duas inflexões irregulares: a primeira é uma caída brusca da abundância entre a quarta e oitava espécies mais abundantes, a segunda é um achatamento extremo da curva após a sexagésima espécie. Isto quer dizer que para ajustar esta curva, seria preciso aumentar a abun-



dância relativa das espécies intermediárias. Pensamos ter identificado aqui um fenômeno ligado ao isolamento dos ecossistemas: a Reserva do Matão encontra-se ilhada no meio de outros ambientes que tem pouca comunicação com este habitat florestal nativo. Assim sendo, a tendência das espécies de abundância média seria ou de se rarefazer ou de se expandir: as espécies em expansão vão ocupar cada vez mais espaço à medida que as outras diminuem em abundância. Ao longo do tempo, as espécies com populações reduzidas sofrerão extinção e a riqueza específica diminuirá. Este processo de extinção representa um risco e é irreversível se o habitat é isolado. A Reserva do Matão já tinha perdido certamente algumas espécies, particularmente frugívoras especializadas, antes do nosso levantamento. No momento esta área encontra-se numa fase delicada, mas ainda não crítica, desta evolução: a riqueza específica é preservada e a dominância das espécies em expansão é pequena, mas a metade das espécies encontra-se no processo de rarefação onde perturbações ambientais mínimas podem produzir sua eliminação da área.

#### CÓNCLUSÕES

A técnica de amostragem por pontos da avifauna de mata fornece um perfil global preciso da estrutura ecológica da área estudada. A riqueza específica, tanto de reserva de mata nativa quanto do conjunto de habitats circunvizinhos, estabelece uma norma representativa dos ambientes florestais neotropicais. São os valores mais altos conhecidos por enquanto. A diversidade mostrou também o índice mais elevado obtido até hoje. Sua análise evidenciou uma equidistribuição em conformidade com os valores observados em outras áreas naturais. Com respeito à biologia das espécies, os levantamentos evidenciaram um ciclo

biológico com alternância de duas estações: verão e inverno.

Os resultados permitem acompanhar através de diversos parâmetros as variações quantitativas da comunidade de aves. O tratamento dos levantamentos pode ser praticamente instantâneo, permitindo uma comparação imediata com os dados anteriores. Isto representa uma capacidade sem equivalente de motiramento; este potencial é reforçado na prática por basear-se em cálculos diversos (números globais e por amostras de espécies, índices pontuais de abundância cumulativos e médios, índices de similaridade, freqüências de ocorrência), além dos valores fundamentais de riqueza específica, diversidade e eqüidistribuição.

Tendo um valor essencialmente comparativo tal análise ganha muito em ser mantida com regularidade, a freqüência de amostragem podendo ser reduzida após ter formado uma base de referência, no presente caso já suficiente após dois ciclos de levantamentos mensais.

O elemento de comparação mais necessário são levantamentos semelhantes que forneçam valores comparáveis para outras áreas. Nossa esperança é de que, com a divulgação do presente trabalho, que serviu de teste, outros pesquisadores procurem analisar a avifauna de outras áreas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFFRE, G. Quelques réflexions sur les méthodes de dénombrement d'oiseaux par sondages (IKA et IPA): une approche théorique du problème. Alauda 44: 387-409, 1976.
- BLONDEL, J.; C. FERRY & B. PROCHOT. La méthode des indices ponctuels d'abondance (I.P.A.) ou des relevés d'avifaune par "stations d'écoute". Alauda 38: 55-71, 1970.



- LOVEJOY, T. E.; J. M. RANKIN, R. O.; BIERREGAARD, Jr., K. S. BROWN, Jr., L. H. EMMONS & M. VAND DER VOORT. Ecosystem decay of Amazon Forest remnants; in Nitecki, M. H. (ed.). Extinctions, 295-325. University of Chicago Press, Chicago, 1984.
- PEARSON, D. L. Vertical stratification of birds in a tropical dry forest. Condor 73: 40-55, 1971.
- . A pantropical comparison of bird community structure on six lowland forest sites. Condor 79: 232-244, 1977.
- RALPH, C. J. & SCOTT, J. M. (edits.). Estimating Numbers of Terrestrial Birds. Studies in Avian Biology 6, 630 p, 1981.
- SCHAUENSEE, P. MEYER de. A Guide to the Birds of South America. In: The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Philadelphia. xiv + 470 p, 1970.
- TERBORGH, J. Bird species diversity on an Andean elevational gradient. Ecology 58: 1007-1019, 1977.
- VUILLEUMIER, F. Remarques sur l'échantillonnage d'une riche avifaune de l'ouest de l'Ecuador. O.R.F.O. 48: 21-36, 1978.
- WILLIS, E. O. The composition of avian communities in remanent woodlots in Southern Brazil. Pap. Avul. Zool. 33 (1): 1-25, 1979.
- & Y. ONIKI. Levantamento preliminar de aves em treze áreas do Estado de São Paulo. Rev. Brasil. Biol. 41: 121-135, 1981.