

Universidade Estadual de Campinas



Eduardo Moraes Arraut

Estrutura e contexto eto-ecológico do canto
da população brasileira de Baleia-jubarte
Megaptera novaeangliae, no ano 2000

Este exemplar corresponde à redação final
da tese defendida pelo(a) candidato (a)
Eduardo Moraes Arraut
e aprovada pela Comissão Julgadora.

Dissertação apresentada ao Instituto
de Biologia da Universidade Estadual
de Campinas para obtenção do título
de Mestre em Ecologia.

Prof. Dr. Jacques Vielliard

Orientador

Campinas 2002

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

NIDADE	DE
CHAMADA	T/UNICAMP
	2690
EX	
OMBO BC/	53491
ROC.	124/03
C	☐
D	☒
PREÇO	R\$11,00
DATA	30/04/03
Nº CPD	

CM00182582-6

BIBID. 290741

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA - UNICAMP**

A69e

Arraut, Eduardo Moraes

Estrutura e contexto eto-ecológico do canto da população brasileira de Baleia-jubarte *Megaptera novaeangliae*, no 2000/Eduardo Moraes Arraut. --
Campinas, SP: [s.n], 2002.

Orientador: Jacques Vielliard

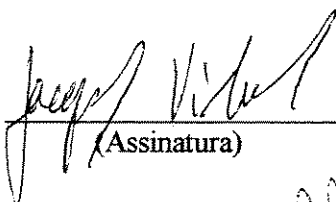
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas.
Instituto de Biologia

1.Baleia-jubarte. 2.Canto. 3. *Megaptera novaeangliae*. 4.Abrolhos.
5.Bioacústica. I.Vielliard, Jacques. II.Universidade Estadual de Campinas.
Instituto de Biologia. III.Título.

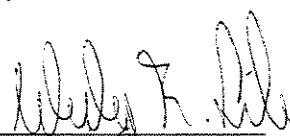
Data: 16/12/2002

BANCA EXAMINADORA

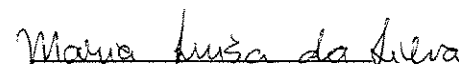
Prof. Dr. Jacques Vielliard (Orientador)


(Assinatura)

Prof. Dr. Wesley Rodrigues Silva


(Assinatura)

Profa. Dra. Maria Luisa da Silva


(Assinatura)

Prof. Dr. Luiz Octávio Marcondes Machado

(Assinatura)

97657800

Dedico este trabalho às três pessoas que mais amo neste mundo: meu pai Jose Luis, minha mãe Silvia e minha irmã Josi.

Dedico também aos meus queridos tios Carlos e Zilda.

Agradecimentos

Sou muito grato a muitas pessoas.

Agradeço aos meus pais por terem ensinado a mim e à minha irmã que a família é o que temos de mais valioso neste mundo. Eles são meus orientadores na vida. Agradeço à minha irmã por gostar de mim tão intensamente, por me tratar com tanto carinho e por seu esforço notório para me respeitar da mesma forma nos aspectos nos quais somos muito parecidos e muito diferentes. Nunca conseguirei escrever algo bonito e completo o suficiente que reflita o quão grato sou a estas três pessoas.

Agradeço ao Prof. Dr. Jacques Viellard pela orientação deste trabalho e por sua valiosa contribuição para a minha formação como pesquisador.

Agradeço ao CNPq pelo apoio.

Agradeço ao Instituto Baleia Jubarte (IBJ): Márcia Engel, Ana Freitas, Mía Morete, Cristiane Albuquerque, Roberto Fortes, Leonardo Wedekin e Roberta. Esta instituição me deu total apoio logístico, incluindo uma vaga a bordo da embarcação de pesquisa (com alimentação), deu-me acesso à base em terra e consegui as passagens de avião de ida e volta São Paulo/Mucuri. Agradeço ao IBJ também por ter viabilizado a ida do meu orientador a Caravelas. Um grande abraço ao Sergião, à Lu, ao Kid, à Vera e ao Kevin. A convivência com essas pessoas foi determinante para a minha vida como biólogo, meu amor pelo mar e pelas baleias.

Agradeço o apoio que me foi dado pela Pós-graduação em Ecologia da UNICAMP, pela Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, pela Society for Marine Mammalogy e pela FMB.

Agradeço ao Dr. Douglas H. Cato (que provavelmente nunca vai ler isto pois não fala uma palavra de português). Entrei em contato com ele pelo correio eletrônico lá pelo meio de 1999, e desde então ele vem acompanhando o progresso deste trabalho e me ajudando com seus valiosos conselhos e sua maneira atenciosa de tratar as pessoas.

Agradeço a Renata S. de Souza-Lima por ter cedido algumas das gravações que usei neste trabalho.

Agradeço à tripulação do Tomara: o mestre Bira (profissionalmente e como amigo), os marinheiros Lixinha, Paulo, Rocha e Wilson. Era sempre um destes marinheiros que ficava de 1 a 4 horas à deriva comigo num pequeno bote inflável, enquanto o mestre constantemente verificava (com o auxílio de um binóculo) se estava tudo bem. Foi a bordo deste pequeno bote inflável que tive alguns dos encontros com as baleias que mais marcaram minha memória.

Agradeço ao Arouca, um técnico do laboratório de bioacústica cujas qualificações são muito acima das normais para o trabalho. Ele esteve sempre à minha disposição nas muitas vezes que tive problemas com o equipamento.

Agradeço aos estagiários do IBJ Ana Rita, Luiza, Daniela e Juliano por terem me ajudado no trabalho de campo.

Agradeço à Telma, secretária do laboratório de bioacústica.

Agradeço aos funcionários do Departamento de Zoologia: Luis, Vilson, Suely, Leonor e Aderval.

Agradeço aos meus tios Carlos e Zilda que sempre foram muito carinhosos com minha irmã e comigo. Com sua enorme vivência e sua quase tão enorme coleção de revistas da National Geographic, o tio Carlos sempre me deu força para ir em busca dos meus sonhos de biólogo.

Agradeço à Ângela e ao George Kleiman por terem acolhido à minha irmã e a mim em sua casa durante os últimos dois anos e meio.

Agradeço aos meus grandes amigos Sancarlenses (alguns nascidos lá, outros em processo de naturalização): Bispo, Russo, Michel, Caio, Brucha, Gui, João, Gustavão, Beijo, Arturo e Thales. Agradeço muito pelo privilégio que é jogar o 'futebolzinho' de sábado à tarde com a galera.

Agradeço aos meus amigos de Campinas pela maravilhosa convivência durante os anos do meu mestrado (as festas maravilhosas): Tiago e Lu, Xaxá e Tati, Flávio e Keka, Araca, Márcia, Véio, Mit, Pit, Dani, Careca, Jiva, Gustavo, Horácio, Hipólito, Du Nakano, Humberto e Flavia, dentre outros.

Agradeço aos meus grandes amigos Caravelenses: Fábio, um bom amigo que me recebeu em sua casa durante toda a temporada de 2000; com quem mergulhei, viajei,

conversei e caí na noite em diversas ocasiões. Tenho muito que agradecer ao Edinho, ao Juninho, ao Denison, ao Mauro, à Aparecida, ao Bernardo, ao Marlon e ao Dó. Mesmo que essas pessoas nunca tenham estado diretamente vinculadas ao trabalho, a convivência com elas me ensinou o pouco que sei sobre o mar, influenciou a minha maneira de encarar a vida, de sentir as coisas, e mudou para sempre a imagem que tenho do meu país.

ÍNDICE

RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUÇÃO	
• Os cetáceos	1
○ Evolução	1
• A baleia jubarte	2
○ Migrações	3
○ Organização social e sistema reprodutivo	6
○ População	8
○ O canto	8
○ A teoria da seleção sexual e as possíveis funções do canto da baleia jubarte	10
• Comunicação	12
○ Comunicação sonora	13
○ O canto e o conceito de espécie	13
MATERIAIS E MÉTODOS	15
• Local de estudo	15
• O estudo da baleia jubarte	17
• Trabalho de campo	18
○ Dinâmica do trabalho de campo	19
○ Critérios adotados para a coleta dos dados	19
• Gravações	21
○ Análise das gravações	22
▪ Análise auditiva	22
▪ Análise espectral	23
• Estabelecimento dos tipos de notas	23
• Medição dos parâmetros das notas	23
• Terminologia	25

• Resumo das gravações	26
RESULTADOS	28
• Notas	28
• Frases	36
• Temas	40
• Canto (ou ciclo)	44
• Alguns resultados que merecem destaque	46
DISCUSSÃO	53
CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

FIGURAS E TABELAS

Figura 1 – Distribuição das populações de Baleia-jubarte conhecidas e as rotas de migração entre as áreas de reprodução e de alimentação.....	5
Figura 2 – Mapa do banco dos Abrolhos	16
Figura 3 – Exemplo da forma como foram medidos os parâmetros das notas	24
Figura 4 – Sonogramas do canto do ano 2000, com frases representativas dos cinco temas	29
Figura 5 – Dois exemplos de frases encontradas no tema 3	33
Figura 6 – Duração do intervalo da nota R	35
Figura 7 – Porcentagem que cada tema representa no canto de cada indivíduo	41 - 42
Figura 8 – Número médio de notas por tema, em cada cantor	43
Figura 9 - Número médio de notas emitidas em cada ciclo de canto, por indivíduo	45
Figura 10 - Ritmo de emissão de notas	47
Figura 11 – Proporção da terminação HM nas frases do tema 3	48
Figura 12 – Proporção das notas J nas frases do tema 3	49
Figura 13 – Exemplo das frases do tema 5	51
Figura 14 – Proporção de notas ‘elaboradas’ e ‘não elaboradas’ no tema 5 de cada indivíduo	52
 Tabela 1 - Resumo das gravações realizadas no ano 2000 e outras informações	 27
Tabela 2 – Análise quantitativa dos tipos de notas	30
Tabela 3 – Tipos de frases presentes no canto do ano 2000	37
Tabela 4 – Análise quantitativa dos tipos de frases	39

RESUMO

Pelo que sabemos, este é o primeiro estudo do canto da população brasileira de Baleia-jubarte *Megaptera novaeangliae* em sua área de reprodução. Realizamos gravações em equipamento digital (DAT) na região do banco dos Abrolhos, Bahia, de julho a novembro de 2000. Analisamos auditivamente e espectralmente 20 ciclos de canto, perfazendo um total de 5 horas de canto gravado em 10 ocasiões diferentes. O fim de uma seção de canto foi gravado em uma ocasião. Os tipos de notas foram classificados com base em seus parâmetros acústicos: duração, duração do intervalo entre cada nota, frequências mínimas e máximas. Medimos também o ritmo (número de notas por segundo) de emissão das notas do canto.

Identificamos 24 tipos de notas organizadas em 5 temas (cada tema contém um ou mais tipos de frases). Todos os temas são compartilhados por todos os indivíduos da nossa amostra. Diferentemente de todos os outros estudos que conhecemos, em nenhuma ocasião os cantores da nossa amostra omitiram algum tema ou reverteram a ordem de emissão dos temas no canto.

Em um dos temas encontramos tipos diferentes de frases cujas terminações são iguais, estando a diferença, portanto, na parte inicial da frase. Estudos anteriores sugeriram que se trata de um fenômeno mnemônico, análogo às rimas que usamos em nossa linguagem, cujo principal propósito seria facilitar o aprendizado da alteração do canto ao longo do tempo.

Às vezes a passagem de um tema para o seguinte ocorre de forma gradual. Isto se dá devido à ocorrência de frases de transição; frases formadas por notas de dois temas

adjacentes que são emitidas logo antes da passagem de um tema para o outro. Estas ocorrem na passagem entre dois temas dos cantos da nossa amostra.

Uma característica marcante do canto da Baleia-jubarte é sua alteração irregular ao longo do tempo, alteração esta que sempre ocorre durante a temporada reprodutiva. Em nosso estudo, observamos o aparecimento de um tipo de nota e o desaparecimento de um tipo de ‘terminação de frase’, estando ambos aparentemente relacionados ao progresso da temporada.

Uma outra característica conhecida é que todos os indivíduos de uma mesma população cantam igual. Em contraste, observamos uma variação individual na emissão de determinadas notas, todas concentradas em um mesmo tema. Acreditamos que esta variação esteja relacionada à capacidade que cada cantor tem de compor e/ou de aprender as modificações no canto ao longo do tempo. A partir da observação de que existe uma variação individual no canto desta espécie, fenômeno este até o presente momento não relatado em nenhum outro estudo sobre o qual temos conhecimento, apresentamos a idéia de que a capacidade de um cantor compor e/ou aprender as alterações do canto ao longo do tempo influencie, em última instância, sua aptidão.

ABSTRACT

To our knowledge, this is the first study of the song of the Brazilian population of Humpback Whale *Megaptera novaeangliae* in its breeding and calving ground. Digital recordings (DAT) were made at the Abrolhos Bank, Bahia, from July to November 2000. Aural and spectral analyses were carried out for approximately 20 song cycles, in a total of 5 hours of songs from 10 different recording events. The end of a song session was recorded once. Note types were classified using acoustical parameters, namely: duration, length of the intervals between them, minimum and maximum frequencies. The rhythm of note utterance was also measured.

We identified twenty-four note types, organized in 5 themes (each theme has one or more types of phrases). All themes are shared by all singers. In contrast to all other studies that we are aware of, in no occasion the singers in our sample omitted a particular theme or reversed the order in which they were sung.

In one of the themes we found different types of phrases that contain the same kind of ending. Previous studies have suggested that this is a mnemonic device, analogous to the rhymes we use in our language, being its main purpose to facilitate the learning of the song alteration through time.

Sometimes the passage from one theme to another occurs gradually. This is due to the occurrence of transitional phrases, in which notes of the two adjacent themes are emitted in the same phrases prior to the change of theme. These transitional phrases occur in the passage between two themes.

One of the well established characteristics of the song is its irregular alteration through time, which seems always to occur during the breeding season. In the songs we

have analyzed, we observed the appearance of a particular note type and the disappearance of a particular phrase ending, and both seem to be related to the progression of the breeding season.

Another characteristic is the fact that all individuals in a population tend to sing the same current version of the song. In contrast, we observed an individual variation in the performance of certain note types, which are all concentrated in the same theme. We believe that this variation is related to each singer's ability to compose and/or to learn the song alterations through time. From the observation that an individual variation in the song of the species exists, something to our knowledge not reported in any other study so far, we present the idea that a singer's ability to compose and/or learn the song alterations through time influences his fitness.

INTRODUÇÃO

Os cetáceos

A ordem Cetacea, cujo nome tem sua origem na palavra grega *Ketos* (baleia), é composta por organismos inteiramente aquáticos. São aproximadamente 80 espécies atuais, divididas em duas sub-ordens: os Odontoceti, grupo dos cetáceos com dentes que engloba os golfinhos, os botos, as pontoporias, a orca *Orcinus orca* e o cachalote *Physeter macrocephalus*, e os Mysticeti, conhecidos como as baleias verdadeiras (ou grandes baleias), dentre eles a Baleia-azul *Balaenoptera musculus*, Baleia-fin *B. physalus*, Baleia-minke *B. acutorostrata*, Baleia-franca *Eubalaena sp.* e a Baleia-jubarte *Megaptera novaeangliae*. A terceira sub-ordem, Archaeoceti, é conhecida apenas no registro fóssil (Berta & Sumich, 1999).

Evolução

Os mamíferos surgiram como um grupo de pequenos animais terrestres que viviam num mundo dominado pelos grandes répteis. Com a extinção em massa desses gigantescos animais no final do período Cretáceo (65 milhões de anos atrás), os mamíferos se depararam com uma situação ótima no aspecto evolutivo. Nesta época, apesar dos continentes e das placas tectônicas já se assemelharem consideravelmente ao que conhecemos hoje, a Índia ainda não tinha se chocado com a Ásia, a Austrália não havia se separado da Antártida e uma porção grande da África e da Eurásia encontrava-se submersa por um corpo d'água conhecido como o mar de Tethys. Este mar, que existiu durante a maioria do período Eoceno (de 55 a 34 milhões de anos atrás), estendia-se de leste a oeste, desde a Indonésia até a Espanha, cobrindo todo o Egito, o Paquistão e outras partes do Oriente Médio. Acredita-se que suas águas eram rasas, mornas e ricas em nutrientes, abrigando uma enorme quantidade de peixes, dentre outros seres vivos. Nele, aos poucos, os ancestrais dos cetáceos teriam iniciado a transição para o ambiente marinho (Wong, 2002).

De acordo com o registro fóssil, a transição provavelmente deu-se de forma gradual. Inicialmente, os ancestrais dos cetáceos teriam entrado na água em busca de alimento, porém ainda dependeriam da terra para se reproduzir. Gradualmente o ouvido externo destes predadores de hábito anfíbio teria perdido a funcionalidade, a mandíbula teria desenvolvido uma camada de gordura mais densa, propícia para a passagem do som, e teria sido formada uma

conexão direta entre a base da mandíbula e o ouvido interno. Num cenário hipotético, estes animais permaneceriam imóveis à beira d'água (semi-submersos) com a mandíbula encostada no fundo para perceber a vibração causada pela aproximação de potenciais presas, algo muito semelhante ao modo de vida dos jacarés e dos crocodilos. A transição para a vida completamente aquática teria implicado em novas e drásticas alterações do corpo (além da concretização definitiva das que já haviam sido iniciadas): aos poucos os ossos dos apêndices posteriores teriam se fundido, deixando apenas a articulação do ombro com a cintura escapular móvel, membranas que ligariam os dedos teriam se desenvolvido (primórdios das nadadeiras), as últimas vértebras da coluna se separado, possibilitando um movimento oscilatório da cauda essencial para a propulsão, a cintura pélvica diminuído até tornar-se vestigial, o corpo desenvolvido numa forma mais alongada, os pelos desaparecido, os órgãos reprodutores interiorizados e a abertura respiratória teria migrado para o topo da cabeça (Wong, 2002).

Apesar da grande incerteza quanto aos verdadeiros ancestrais dos cetáceos, atualmente acredita-se que eles estejam relacionados aos Artiodactyla, grupo que abriga os camelos, os hipopótamos, os porcos e os ruminantes. Dentre estes, análises comparativas do DNA extraído de várias espécies apontam os hipopótamos como os parentes vivos mais próximos - apesar de ainda não ter sido descoberto nenhum fóssil com as características necessárias para ser um ancestral comum entre os hipopótamos e os cetáceos. Por outro lado, o registro fóssil indica uma outra linha evolutiva cujos parentes mais próximos dos cetáceos seriam os Mesonychia, um grupo extinto de ungulados carnívoros terrestres de porte semelhante ao de um cachorro. Grande parte dos pesquisadores reconhece que a falta de informação é a principal causa das opiniões divergentes e por isso prefere aguardar a descoberta de novos fósseis para que possa ser dada continuidade à discussão (*op. cit.*).

A Baleia-jubarte

A Baleia-jubarte *Megaptera novaeangliae* pertence à sub-ordem Mysticeti, cujos membros são popularmente conhecidos como as grandes baleias. Como é comum aos membros desta sub-ordem, as fêmeas são maiores que os machos. Na Baleia-jubarte, fêmeas e machos atingem um tamanho médio de aproximadamente 13 e 12 metros (Mikhalev, 1997) e um peso máximo de 45 e 35 toneladas, respectivamente (Clapham, 1996). Sabe-se que são animais de vida longa, podendo, segundo dados obtidos a partir de animais mortos na época da caça, chegar

a 60 ou 70 anos de idade, mas valores concretos para a longevidade são desconhecidos. Segundo Clapham (1992), os jovens da população que visita o golfo do Maine (EUA) atingem a maturação sexual em torno dos cinco anos de idade, mas não se sabe o quanto isso pode variar entre as populações do mundo. As fêmeas usualmente têm filhos a cada dois ou três anos e eventualmente em anos consecutivos (Weinrich *et al.*, 1993). Provavelmente a principal limitação de se ter filhotes em anos seguidos seja o alto custo energético associado à atividade, já que o filhote nasce com aproximadamente 4 metros, 1,5 tonelada de peso e mama aproximadamente 100 litros de leite por dia, sendo que essa quantidade vai aumentando ao longo do primeiro ano de vida.

No hemisfério norte, a dieta da Baleia-jubarte é composta de pequenos peixes de hábito gregário, a exemplo de ‘Capelin’ *Mallotus villosus*, arenque *Clupea harengus*, cavala *Scomber scombrus* e ‘Sand Lance’ *Ammodytes*, e de crustáceos euphasídeos planctônicos, principalmente *Euphasia*, *Thysanoessa* e *Meganocyttiphanes*. Como todos os balaenopterídeos (ex. Baleia-azul, Baleia-fin e Baleia-minke), a Baleia-jubarte engole o alimento em eventos discretos, ao contrário, por exemplo, dos balaenídeos (ex. Baleia-franca), que nadam com a boca aberta e vão filtrando o alimento continuamente. A forma mais comum da Baleia-jubarte capturar o alimento, que até hoje só é conhecida nessa espécie, é através da formação de uma rede de bolhas. Neste comportamento, um animal mergulha até em baixo da mancha de plâncton e em seguida sobe em espiral ao redor da mancha soltando bolhas continuamente. Essa rede de bolhas faz com que as presas se concentrem e, em seguida, outras baleias mergulham e sobem pelo centro do círculo de bolhas com a boca inteiramente aberta. Ao chegar à superfície a baleia fecha a boca e expelle toda a água por entre as cerdas da barbatana, de forma que o alimento permanece junto à face interior da mesma. O animal então usa a língua para removê-lo e em seguida engole (Clapham, 1996).

Migrações

Uma Baleia-jubarte identificada na Antártica no dia 19 de abril de 1996 foi reavistada nas águas da Colômbia no dia 28 de agosto do mesmo ano. A distância percorrida, superior a 8300 km, representou a maior migração realizada por um mamífero que se tem notícia (Stone *et al.*, 1990). Com exceção da população de Baleia-jubarte que reside no *Mar de Omã*, todas as outras realizam migrações anuais das altas latitudes, onde se alimentam durante o verão, para as

baixas latitudes, onde, durante o inverno, ocorrem todos os eventos reprodutivos (Figura 1). Vemos que existe, portanto, uma segregação temporal entre as populações do hemisfério norte e sul (quando as baleias do hemisfério norte estiverem nas áreas de alimentação, as baleias do hemisfério sul estarão nas áreas de reprodução, e vice versa).

Dados obtidos a partir de anotações feitas na época da caça baleeira indicam que existe, na migração da Baleia-jubarte, uma segregação temporal entre as diferentes classes sexuais e de idade: as fêmeas lactantes estão dentre as primeiras a deixar os pólos no outono, seguidas pelos indivíduos imaturos, pelos machos sexualmente maduros, pelas fêmeas em descanso (que nem estão grávidas nem estão amamentando) e finalmente pelas fêmeas grávidas. No final do inverno, as fêmeas grávidas são as primeiras a iniciar a migração em direção aos pólos, e a ordem dos outros grupos segue ao inverso da migração para as áreas de reprodução (Clapham, 1996). Atualmente acredita-se que esta ordem de migração deve-se principalmente às necessidade alimentares dos indivíduos. Por exemplo, os indivíduos imaturos são geralmente menores que os adultos, e por isso podem deixar as áreas de alimentação mais cedo. Por sua vez, dentre os adultos, os machos tendem a ser menores que as fêmeas, as fêmeas em descanso necessitam de menos alimento que as grávidas, e assim por diante.

Realizar grandes migrações é uma característica não apenas da Baleia-jubarte, mas de todos os Mysticeti.

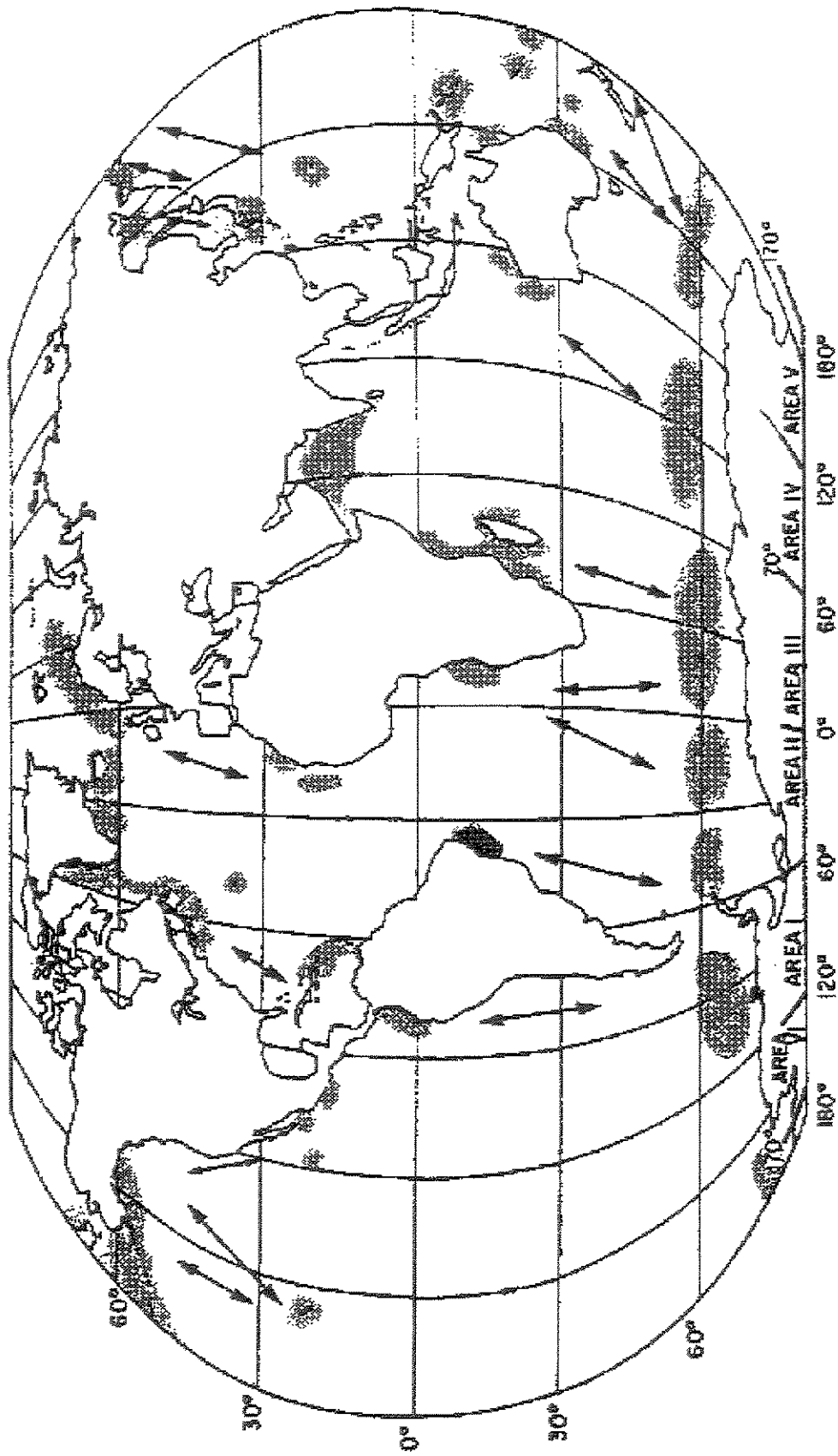


Figura 1 – Distribuição das populações de Baleia-jubarte conhecidas e as rotas de migração entre as áreas de reprodução e de alimentação (segundo IBJ).

Organização social e sistema reprodutivo

Na Baleia-jubarte, as associações são caracterizadas predominantemente pela formação de pequenos grupos instáveis (Clapham, 1993). Os únicos grupos freqüentes e estáveis são formados pelas fêmeas com seus filhotes. Esta relação tem início no nascimento e termina quando, após um ano juntos, eles retornam a uma área de reprodução e o filhote desmama.

Além da relação entre a fêmea e o seu filhote, existem duas outras situações nas quais grupos, nesse caso instáveis, são formados com freqüência, durante a pesca cooperativa no verão e durante a competição por uma parceira reprodutiva no inverno. Estes últimos são chamados de ‘grupos competitivos’. Nas populações da Terra Nova (sudeste do Canadá) e do golfo do Maine (nordeste dos EUA), ambas no oceano Atlântico norte ocidental, as associações para a pesca cooperativa tendem a durar apenas enquanto os indivíduos estão se alimentando. Nesses locais, as manchas de presa possuem um tamanho bastante variável e uma localização imprevisível. Supostamente isso desfavorece a formação de grupos estáveis, pois, se considerarmos que o indivíduo procura sempre otimizar seu balanço energético, a decisão de formar ou não um grupo, e por sua vez, de decidir qual o número ideal de indivíduos para compor tal grupo, está diretamente vinculada à disponibilidade do recurso em cada evento alimentar (Clapham, 1993; 1996). Estudando essas duas populações, Whitehead (1983) e Clapham (1993; 1996) concluíram que, aparentemente, o tamanho dos grupos formados estava relacionado ao tamanho das manchas de presa.

Os grupos competitivos são formados por uma fêmea, na posição do animal nuclear, e 2 ou mais machos. São caracterizados por comportamentos bastante energéticos como natação rápida, investidas de cabeça e batidas com as peitorais, e freqüentemente podem ser vistas manchas de sangue nas calosidades que os animais possuem na superfície ventral da boca. O macho que se encontra mais próximo da fêmea é chamado de ‘acompanhante principal’, enquanto os machos restantes são considerados ‘acompanhantes secundários’. A intenção dos acompanhantes secundários, que podem ou não estar agindo em grupo, é sempre a de expulsar o acompanhante principal. Por sua vez, o acompanhante principal luta pela exclusividade de acesso à fêmea, seja com a intenção de copular posteriormente ou para resguardá-la tempo suficiente após a cópula e assim garantir a paternidade. Pouco

tempo após a fertilização, o macho, que não ajuda a cuidar da prole, sai em busca de outras parceiras reprodutivas (Clapham, 1996).

Além de se engajarem em confrontos diretos na disputa por parceiras reprodutivas, acredita-se que os machos também cantam para atrair as fêmeas. No entanto, como será discutido em maior profundidade posteriormente, estudos mais recentes têm fortalecido uma outra possível função para o canto, a competição intra-sexual (Darling & Bérubé, 2001).

Nas áreas reprodutivas, quando não em meio a um grupo competitivo, as fêmeas sexualmente maduras permanecem quase sempre solitárias e existem indícios de que elas se evitam mutuamente (Clapham, 1996). Como foi dito anteriormente, nessas áreas os indivíduos não se alimentam e, ao menos para os adultos, não há qualquer tipo de ameaça por parte de potenciais predadores. Além disso, são os machos que disputam ativamente pelas fêmeas — o que não implica que elas não tenham poder de escolha. Portanto, não existe pressão para que as fêmeas mantenham-se próximas umas às outras, mas, pelo contrário, ao se evitarem mutuamente as fêmeas obrigam vários machos a disputar apenas uma, o que lhes garante sempre a possibilidade de que o parceiro reprodutivo seja o vencedor dos confrontos.

Segundo Clapham (*op. cit.*), os machos não apresentam comportamento territorial porque, tanto nas áreas de reprodução quanto nas de alimentação, os recursos, que são, respectivamente, as fêmeas e as manchas de presa, são de difícil defesa.

Apesar dos estudos a este respeito serem todavia escassos, principalmente devido à dificuldade metodológica para realizá-los, as relações de parentesco não parecem ser um fator importante para a formação dos grupos (Clapham, *op. cit.*) — obviamente excluindo aqui a relação entre a fêmea e seu filhote. Em um dos poucos estudos que trataram do assunto, Clapham (1993) realizou uma análise dos padrões de associações de 210 indivíduos que sabidamente possuíam algum parente (avó, mãe, filho(a), neto ou irmão(ã)) na população do golfo do Maine, ao longo de 12 anos. Dos 2690 pares que incluíam algum indivíduo desse sub-grupo, apenas doze consistiam de indivíduos sabidamente aparentados. Além disso, o número máximo de associações observadas entre dois indivíduos sabidamente aparentados foi quatro. A partir destes dados o autor conclui que o parentesco influencia muito pouco na organização social desta espécie.

População

Pesquisadores vêm estudando a Baleia-jubarte no oceano Atlântico norte ocidental há mais de três décadas e são fortes as evidências de que ocorre uma mistura de indivíduos entre as diferentes populações da região. Existem cinco áreas de alimentação conhecidas nesse oceano: Terra Nova e Labrador (Canadá), costa da Groelândia, Islândia e golfo do Maine (EUA). Os resultados obtidos apontam para uma fidelidade de retorno dos indivíduos às respectivas áreas de alimentação e os estudos no golfo do Maine sugerem que essa fidelidade é matrilinear (Clapham *et al.* 1993a). No entanto, estudando a população de ‘Samana Bay’, uma área de reprodução no Caribe, Clapham *et al.* (1993b) descobriram, dentro de um mesmo grupo competitivo, baleias provenientes de mais de uma área de alimentação. Os resultados obtidos foram semelhantes aos de Matilla *et al.* (1989) que estudaram a população de ‘Silver Bank’, uma outra área de reprodução no Caribe. De uma forma geral, esses dois estudos apresentaram evidências fortes de que ocorre uma mistura, nas áreas de reprodução, de indivíduos provenientes de várias áreas de alimentação. Isto acarreta numa constante troca genética entre as diferentes regiões e, portanto, provavelmente existe uma única população panmítica (metapopulação) no oceano Atlântico norte ocidental.

Existe ainda uma população de Baleia-jubarte que vale a pena ser mencionada por ser, provavelmente, a única no mundo a não realizar migrações latitudinais entre as altas e as baixas latitudes. Trata-se da população que reside no *Mar de Omã* (Mikhalev, 1997). No entanto, nada se sabe a respeito da organização social da mesma.

O canto

Na Baleia-jubarte, apenas os machos cantam, e, apesar de existirem alguns poucos relatos nas áreas de alimentação (Matilla *et al.*, 1987), eles o fazem predominantemente nas áreas de reprodução e ao longo das rotas de migração (Payne & McVay, 1971; Winn & Winn, 1978; Clapham & Matilla, 1990; Cato, 1991; Dawbin & Eyre, 1991; Mednis, 1991; Noad *et al.*, 2000). Um ciclo dura, em média, de 6 a 35 minutos, e pode ser repetido várias vezes sem intervalo – já foi observada uma ‘sessão de canto’ com 22 horas de duração (Winn & Winn, *op. cit.*).

O canto possui uma estrutura semelhante em todos os indivíduos de uma mesma população reprodutiva. A cada ano ele sofre alterações que consistem na perda de um pedaço mais antigo e na adição de notas novas à porção remanescente. O aprendizado destas novas notas é comum a todos os indivíduos de uma população (Winn & Winn, 1978; Cerchio *et al.*, 2001). Em outras palavras, animais de uma mesma população cantam igual, e a alteração na estrutura do canto também é comum a todos. Como cada população de Baleia-jubarte possui características únicas, é possível diferenciá-las, e o canto pode ser entendido como uma impressão digital da população. Indivíduos que trocam de uma zona reprodutiva para outra acabam aprendendo as notas características da nova população, e as incorporam a seu canto, de forma que o local de origem da alteração pode ser detectado (Helweg *et al.*, 1990; Dawbin & Eyre, 1991; Cato, 1991; Helweg *et al.*, 1998, Noad *et al.*, 2000).

Uma descoberta mais recente é a de que a alteração na estrutura do canto pode ser surpreendentemente rápida quando indivíduos de uma determinada população entram em contato com animais de canto diferente, provenientes de outra população. A observação deste fato é um dos frutos de um estudo de longo prazo que vem sendo realizado com as populações de Baleia-jubarte que visitam as costas leste e oeste da Austrália. Segundo Noad *et al.* (2000), os cantos das duas populações são usualmente bastante diferentes. Em 1996 gravações realizadas na costa leste indicaram a presença de dois cantores, dentro de uma amostra de 82, que cantavam muito diferente dos indivíduos restantes. Em 1997 o canto 'novo' tornou-se muito mais comum, estando presente em quase metade da população, e neste mesmo ano foram gravados alguns indivíduos com uma forma de canto considerada intermediária. No ano de 1998, apenas o 'novo' canto foi encontrado. Após fazer uma comparação, os autores perceberam que este canto 'novo' era quase idêntico ao da população que visita a costa oeste da Austrália. Este fato, aliado à descoberta de que nos anos seguintes os cantos das duas populações continuaram a evoluir de forma independente, tornou consistente a hipótese de que o 'novo' canto foi introduzido em decorrência da migração de um pequeno número de baleias da outra população (a da costa oeste). Segundo os autores, a reposição completa do canto de uma população em decorrência da introdução de um novo canto por uns poucos indivíduos provenientes de outra população não havia sido observada no reino animal.

A teoria da seleção sexual e as possíveis funções do canto da Baleia-jubarte

Charles Darwin (1871), sugeriu que alguns traços dos animais podiam conferir maior ou menor vantagem ao indivíduo na busca de um parceiro reprodutivo. Esses traços estariam, portanto, sujeitos à seleção, e Darwin cunhou o termo seleção sexual para se referir à força motriz evolutiva que os origina. A partir dessa idéia, foram distinguidas duas formas nas quais a seleção sexual pode operar: aumentando as chances de um indivíduo vencer um outro do mesmo sexo, sendo neste caso chamada de seleção intrasexual, ou, aumentando as chances de um indivíduo ser escolhido por um do sexo oposto, a chamada seleção intersexual. Estes dois tipos de seleção podem atuar conjuntamente ou podem exercer forças opostas na evolução (Halliday, 1998).

Existem fortes indícios de que o canto da Baleia-jubarte possui um papel importante nas interações entre machos de uma população. Os cantores estão quase sempre separados entre si por cerca de 10 km ou mais. Nenhuma fêmea conhecida foi jamais atraída por um cantor (Tyack, 1983; Mobley *et al.*, 1988; Darling & Berube, 2001) e, interações agressivas entre cantores e machos conhecidos são muito mais frequentes que interações de corte entre cantores e fêmeas - apesar de existirem muitos casos nos quais se desconhece o sexo do indivíduo com quem o cantor se associa (Tyack, 1981, 1983). Além disso, Tyack (1999) observou que o canto possui características acústicas consistentes com a hipótese da seleção intrasexual; ele sofre mudanças rápidas ao longo do tempo e ocorre uma convergência do canto de diferentes machos.

Por outro lado, existem motivos para acreditar que o canto da Baleia-jubarte possa servir para mais de um tipo de interação. Em primeiro lugar, devemos reconhecer nossas limitações metodológicas e, conseqüentemente, devemos olhar as conclusões de alguns estudos com senso bastante crítico. Mesmo sabendo que os experimentos com 'playback' detectaram que quase todas as baleias que interagem com os cantores eram machos, temos de ter em mente que um 'playback' não reproduz todas as características do canto produzido por uma baleia. Talvez por isso não houve resposta por parte das fêmeas. Outro fator a ser considerado é que interações agressivas entre machos são geralmente mais conspícuas que interações entre machos e fêmeas (Catchpole, 1982) e, como nas baleias

todas elas ocorrem sob a água, talvez os pesquisadores ainda não tenham adquirido percepção suficiente para interpretar certas nuances, ou apenas não conseguem vê-los.

Em segundo lugar, apesar de não existirem evidências diretas da utilização, pelas fêmeas, do canto para escolher os machos, não devemos desconsiderar as evidências indiretas disso. Algumas propriedades do canto estão de acordo com uma evolução cuja força motriz é a escolha das fêmeas. Segundo Halliday (1998), a seleção intersexual atua de forma a aumentar a complexidade e o custo energético do 'display'; ou seja, o grau de dificuldade tende a aumentar para que os machos que tiverem maior aptidão possam demonstrá-la. Na Baleia-jubarte, apesar do alto custo energético associado ao canto, custo esse especialmente agravado pelo fato dos indivíduos permanecerem 5 meses sem se alimentar, os cantores cantam continuamente ao longo de várias horas. Além disso, mesmo quando dois (ou mais) cantores podem ouvir o canto um do outro, não há sincronia entre eles. E, quando é executado um 'playback', não há resposta por parte de outros cantores. Ou seja, aparentemente não existe uma intenção de disputa sonora direta.

Estudando a população do Havai, Tyack (1981) observou que o período da temporada no qual o canto era mais curto e mais freqüente coincidia com o período de ovulação da maioria das fêmeas. Ou seja, os machos estavam gastando menos tempo cantando exatamente na época em que havia um maior número de fêmeas receptivas. Três anos depois, Baker & Herman (1984), estudando a mesma população, sugeriram que o canto pode estimular a ovulação das fêmeas (direta ou indiretamente), sincronizando assim o período fértil delas com o pico da atividade sexual dos machos. Podemos imaginar esta situação da seguinte forma: supondo que uma das intenções dos machos seja a de 'conquistar uma fêmea', seria esperado um maior investimento de tempo no canto justamente no momento no qual fosse mais difícil atingir o objetivo, e vice versa. Já o aumento da quantidade de cantores seria o resultado direto do aumento do número de machos na zona reprodutiva (lembrar que existe uma segregação temporal na migração entre as diferentes classes etárias e sexuais, o que faz com que a densidade de machos aumente nos primeiros dois meses da temporada, aproximadamente).

Comunicação

A vida depende da comunicação. Todos os seres vivos precisam relacionar-se para, em última instância, deixar descendentes. São conhecidos cinco meios através dos quais os organismos podem comunicar-se entre si: a visual, o som, as substâncias químicas, o tato e as ondas eletromagnéticas. Não obstante, ao longo de centenas de milhões de anos, mesmo restritos a essas cinco formas, os organismos desenvolveram uma infinidade de estruturas para produzir, captar e interpretar os sinais emitidos pelos co-específicos (Alcock, 1979).

Em geral as espécies usam mais de um meio para se comunicar, porém um ou dois veículos tendem a ser predominantes. Os organismos unicelulares interagem por meio de substâncias químicas, os insetos possuem tamanha diversidade de formas a ponto de usar provavelmente todas as combinações de sentidos possíveis (ortópteros usam muito o som, lepidópteros a visão e o ‘cheiro’, gerrídeos usam de vibrações que eles próprios produzem na superfície da água e alguns himenópteros possuem o corpo repleto de glândulas e receptores para compostos químicos), os felinos dependem do olfato e da visão, e os anfíbios, as aves e os primatas usam principalmente a visão e a audição.

Talvez devido à estreita relação da comunicação com a vida em si conseguimos, em muitos casos, identificar intuitivamente quando este fenômeno está ocorrendo. Por exemplo, quando ouvimos um pássaro vocalizando ao entardecer sabemos que ele está direcionando grande parte de sua energia a outros indivíduos da mesma espécie, seja o alvo uma fêmea, e então entendemos que ele busca uma parceira sexual, ou um macho, e ele pode estar estabelecendo relações territoriais.

Mesmo compreendendo a importância vital da comunicação, todavia não foi possível encontrar uma definição generalizada e satisfatória. Wilson (2000) define comunicação biológica como “toda ação de um organismo (ou célula) que altera a probabilidade de outro organismo (ou célula) executar um comportamento de um modo adaptativo para um dos dois ou ambos”. Já Wiley (1994), define comunicação como “qualquer alteração em um receptor produzida por um emissor por meio de um sinal. O sinal é qualquer padrão de matéria ou energia produzido por um indivíduo (emissor) e que altera alguma propriedade do outro (receptor) sem prover a energia necessária para produzir a resposta por completo”. Observamos que ocorreu uma tendência em direção a definições mais generalizadas, talvez porque com o passar do tempo temos aumentado nosso

conhecimento sobre a diversidade que existe na natureza e sobre as nossas próprias capacidades tecnológicas. Podemos notar que a definição de Wiley (*op. cit.*) não exclui fenômenos de natureza não biológica, como por exemplo, quando o piloto automático de um avião altera o rumo em resposta a um sinal enviado pela torre de comando.

Comunicação sonora

Muitos organismos usam o som como principal meio para realizar a troca de informação, e a variação na estrutura e no contexto comportamental no qual estes sons são emitidos é muito grande. Por exemplo, alguns sons são usados exclusivamente entre uma fêmea e seu(s) filhote(s), outros são emitidos como sinais de alarme contra predadores, desencadeando a fuga das aves que se encontram na área (às vezes pertencentes a espécies diferentes), enquanto outros são usados exclusivamente durante a alimentação cooperativa. Em todos estes casos, os emissores encontram-se próximos dos receptores e portanto não há uma pressão seletiva para que os sinais desenvolvam características únicas que viabilizem o reconhecimento específico inequívoco entre ambos.

O canto e o conceito de espécie

Todos os indivíduos precisam de um mecanismo inequívoco de reconhecimento dos co-específicos. Em alguns grupos, notoriamente nas aves e nos cetáceos, nas situações onde a visão não pode atuar, esse mecanismo é sonoro. Por definição, essa porção do repertório vocal que é única para cada espécie é conhecida como o canto (Vielliard, 1987). Como podemos ver, não se trata de uma definição romântica, assim como não há qualquer implicação quanto à estrutura sonora de um canto; ele pode ter um ritmo constante e ser formado por apenas uma nota sem qualquer modulação (como o canto de um grilo ou de um sapo), ou ele pode ser elaborado como o canto do Sabiá-laranjeira *Turdus rufiventris* (Silva, 1996, 2001) ou da Baleia-jubarte *Megaptera novaeangliae*.

O vínculo entre o canto e a espécie é tão estreito que o primeiro pode ser incluído dentre os quesitos que definem o segundo. O canto é o resultado de um balanço delicado entre os fatores abióticos e os bióticos que atuam sobre uma espécie. Imagine um pequeno pássaro em meio a milhares de outros indivíduos pertencentes a centenas de espécies de

pequeno e grande porte em uma floresta tropical. Além de vencer as barreiras físicas da distância e da fisionomia da floresta, - pois dependendo do comprimento de onda (λ) e do tamanho dos objetos, nesse caso folhas e troncos, o comportamento do som varia no ambiente - ele precisa cantar algo exclusivo, algo que os outros membros da espécie não hesitem em reconhecer. De fato, cada espécie de ave precisará de um canto que a identifique perfeitamente. Não é difícil imaginar que a infinidade de cantos de aves que existem no mundo foi um dos possíveis resultados dessa força seletiva.

Em um outro extremo, imaginemos uma Baleia-azul, uma espécie cujos indivíduos são solitários, cosmopolitas, migradores e cuja população sempre esteve restrita a um tamanho relativamente pequeno. Para um indivíduo, é importante ser capaz de perceber um co-específico a milhares de quilômetros de distância (por exemplo, do Atlântico sul ao Atlântico norte). Sabe-se que a absorção do som pela água (de fato, em qualquer meio) aumenta com o aumento da frequência (f), e a perda de energia é aproximadamente proporcional ao quadrado da distância (Richardson *et al.*, 1995). Isto implica que a quantidade de informação que chega ao receptor é menor que a quantidade enviada inicialmente pelo emissor. Além disso, o barulho de fundo do mar, resultado da combinação das ações dos ventos, movimentação das correntes e dos organismos marinhos, encontra-se principalmente abaixo dos 500Hz (Richardson *et al.*, 1995). Esta é exatamente a faixa mais adequada para a propagação a longas distâncias. Nessas condições, a redundância é uma solução para a transmissão de informação. Ou seja, a mesma unidade de informação sendo transmitida muitas vezes para que o receptor tenha mais chances de distingui-la a despeito do barulho de fundo. O canto da Baleia-azul consiste de notas de baixa frequência (limite inferior na faixa do infra-som - 12Hz), sem modulação, e que são repetidas continuamente ao longo de vários minutos. São, portanto, sons bastante limitados quanto à quantidade de informação que podem carregar devido à simplicidade na estrutura, porém são perfeitos para a transmissão a enormes distâncias.

Não obstante, uma vez que a função primordial do canto, o reconhecimento espécie-específico, é garantida, a evolução pode então atuar para que este possa também desempenhar outras funções. Por exemplo, Bradbury e Vehrencamp (1998) sugerem que um canto pode servir para atrair um parceiro reprodutivo e para estabelecer relações territoriais simultaneamente.

Material e Métodos

Local de estudo

O banco dos Abrolhos (17°S e 38°W), um alargamento da plataforma continental situado na região sul da Bahia, abriga, no período de inverno, uma população de Baleia-jubarte que utiliza a área para a reprodução (Fig. 2). Dois grandes recifes em barreira, o parcel dos Abrolhos, conhecido como o anel exterior, e o parcel das Paredes, o anel interior, estendem-se paralelos à costa. O arquipélago dos Abrolhos é composto por cinco pequenas ilhas próximas entre si e está localizado no lado continental do parcel dos Abrolhos. A água na região é morna, com uma temperatura média anual de 25,4 °C (Funatura/ Ibama, 1991), e rasa, com profundidades predominantes entre 15 e 25m. O banco dos Abrolhos é a única área conhecida no oceano Atlântico sul ocidental onde a Baleia-jubarte se reproduz. O tamanho da população que visita anualmente a região foi estimado em aproximadamente 1600 indivíduos (Kinas & Bethlem, 1998), apesar do número real ser provavelmente maior. A estimativa atual representa pouco mais de 13% da população de Baleia-jubarte do hemisfério sul que, segundo Klinowska (1991), é de 12.000 indivíduos.

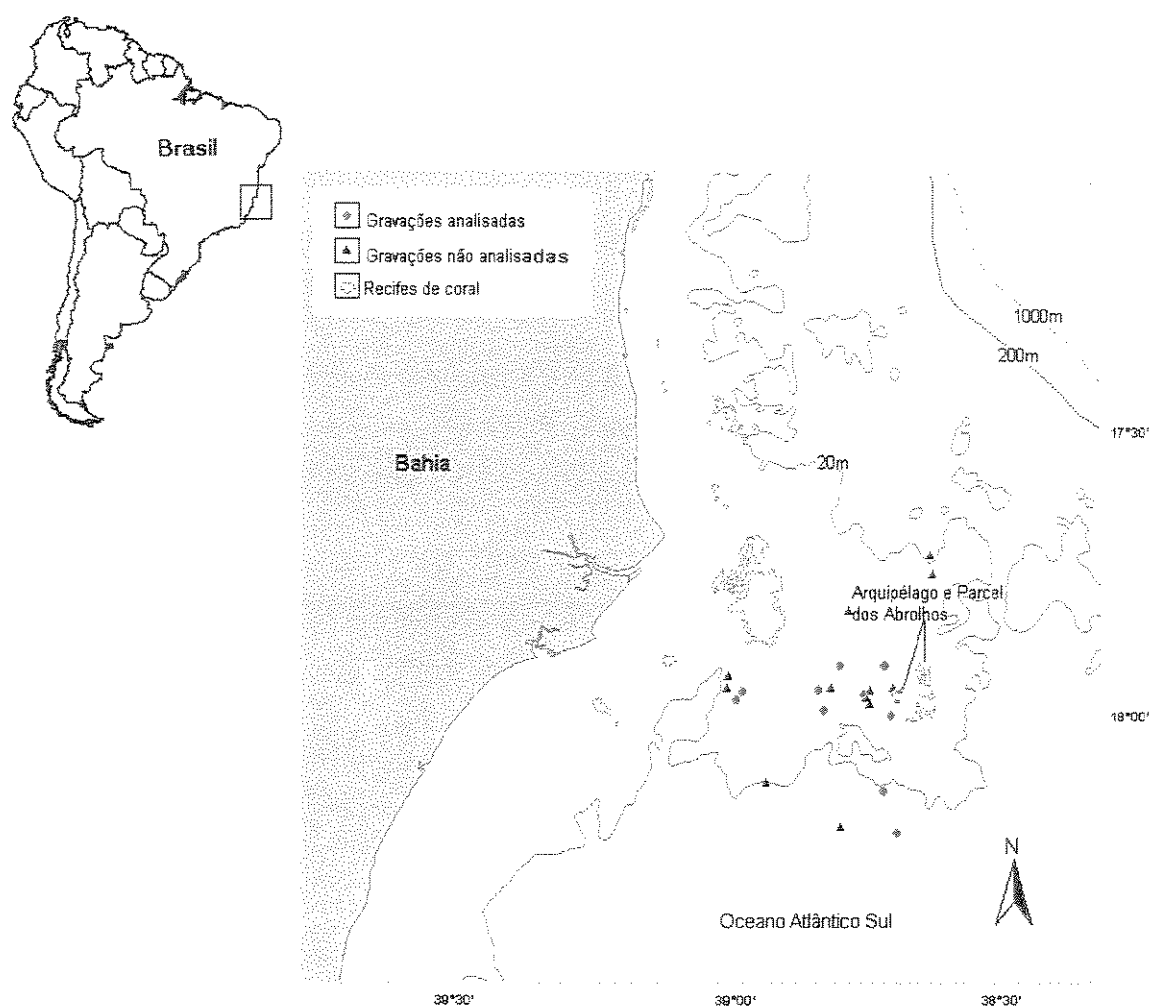


Figura 2 – Mapa da região do banco dos Abrolhos com os locais das gravações indicados. A denominação “gravações analisadas” refere-se às gravações que compõem este trabalho. As “gravações não analisadas” são as demais gravações cuja qualidade não permitiu que os parâmetros das notas fossem devidamente identificados.

O estudo da Baleia-jubarte

O enorme tamanho e, em decorrência disso, as enormes exigências energéticas e espaciais tem restringido praticamente todos os estudos ao campo. Com os animais vivos, são quatro os principais tipos de pesquisa:

a) Foto-identificação – O artigo de Katona e Whitehead (1981) apresentou o primeiro método de identificação individual da Jubarte na natureza. Eles descobriram que a superfície ventral da nadadeira caudal de cada indivíduo apresenta um padrão único de pigmentação, análogo à impressão digital nos seres humanos. A foto-identificação tem sido uma importante ferramenta para estudos demográficos, pois possibilita o estabelecimento das rotas de migração, da longevidade média, de uma idade aproximada de maturação sexual, da frequência de nascimento de filhotes e, conseqüentemente, de uma estimativa do sucesso reprodutivo das fêmeas, e dos padrões de associações entre os indivíduos.

b) DNA – O DNA é extraído a partir de células da epiderme. A amostra de pele é obtida por meio de um tiro com uma flecha de ponta cega (que remove aproximadamente 2 cm de pele + gordura) ou, menos freqüentemente, pela coleta de pedaços de pele que se desprendem do corpo e permanecem flutuando após algum comportamento energético (ex. salto, batidas de peitoral e/ou de caudal) do animal. Além de complementar alguns dados obtidos pela foto-identificação, a análise do DNA possibilita a sexagem dos indivíduos. A única outra forma de descobrir o sexo de uma baleia é observando a região genital, e as chances para tal são bastante raras no campo.

c) Observação comportamental não intrusiva – Pesquisadores realizam, com o auxílio de teodolitos e/ou de binóculos, observações comportamentais a partir de pontos em terra. Esse estudo permite, por exemplo, que se obtenha um panorama geral da distribuição dos indivíduos em uma determinada área ou que se acompanhe uma única baleia, incluindo suas interações com outras, ao longo de várias horas.

d) Bioacústica – O canto é o tema mais abordado pela grande maioria dos estudos de bioacústica da Baleia-jubarte, apesar de que vêm aumentando o número de estudos dos sons emitidos durante a alimentação cooperativa. O canto é importante para que possamos entender mais sobre o sistema reprodutivo e sobre o intercambio de machos entre as diferentes populações do mundo (Cerchio e Dahlheim, 2001).

No Brasil, o Instituto Baleia Jubarte (IBJ), uma ONG situada em Caravelas/ BA (cidade no continente mais próxima do Arquipélago dos Abrolhos), vem, desde 1986, desenvolvendo projetos de conservação e pesquisa da população brasileira de Baleia-jubarte. Até 1999, eram desenvolvidos os trabalhos de foto identificação, DNA e “Ponto Fixo”, mas, por falta de pessoal e de verba, o trabalho de bioacústica não acontecia. Segundo o Dr. Douglas H. Cato (com. pess.), chefe do “Grupo de Sonares e Ambientes Sub-aquáticos” (Divisão de Operações Marítimas, Organização de Ciência para Defesa e Tecnologia, Austrália), a população dos Abrolhos era uma das poucas em todo o mundo, e única no hemisfério sul, cujo canto não havia sido caracterizado.

Trabalho de campo

As gravações foram feitas no ano 2000, durante a estação reprodutiva da população brasileira de Baleia-jubarte que visita o banco dos Abrolhos, Bahia. No referido ano, fiquei em Caravelas do dia 29 de junho ao dia 21 de novembro, sendo que passei três semanas do mês de setembro, a convite do coordenador da nova base de pesquisas do Instituto Baleia Jubarte da Praia do Forte, tentando realizar gravações no litoral norte da Bahia. Participei de 15 cruzeiros de pesquisa nos Abrolhos (cada um com 4 dias de duração) e de 4 (com duração de 1 dia cada) na Praia do Forte, totalizando 64 dias embarcado em 147 dias de trabalho de campo.

As embarcações utilizadas para o trabalho foram uma traineira de quatorze metros, chamada Tomara, e um bote inflável. Salvo quando as condições meteorológicas ou algum outro problema de ordem técnica ocorreram, as gravações foram feitas do bote, pois este produz muito menos barulho (resultante da água batendo no casco) do que a traineira. Em todos os casos os motores de ambas as embarcações encontravam-se desligados durante as gravações. Dependendo do vento, da força do mar e do horário, o bote permanecia à deriva ou amarrado ao Tomara por um cabo.

A escolha da hora e do local das gravações variou bastante. A intensidade do vento, devido ao seu direto papel na produção do barulho de fundo e ao efeito que causa nas ondulações do mar, foi sempre um importante fator. Considerou-se também a localização visual de baleias pela equipe de observação a bordo do Tomara e/ou a do “Ponto Fixo”. No

entanto, o monitoramento (ver explicação desse procedimento na seção seguinte) foi realizado mesmo sem que fossem avistadas baleias, pois, em campo, comprovou-se que o canto pode ser ouvido mesmo quando não existem animais no campo visual dos observadores a bordo da embarcação.

A quantidade de dados coletados dependeu de fatores abióticos (principalmente o clima) e da disponibilidade de tempo da equipe de pesquisa, que também realizava foto-identificações e coletava biopsias.

Dinâmica do trabalho de campo

O trabalho de bioacústica inicia-se quando o barco pára, desliga o motor, e o hidrofone é posto na água. Segue-se então um monitoramento, e durante aproximadamente cinco minutos o pesquisador permanece concentrado na tentativa de identificar ou não a presença de canto na região. Enquanto isso, os outros membros da equipe, localizados no tijupá (ponte de observação) do barco, procuram por baleias no entorno (no Tomara, o campo visual de um pesquisador que estiver no tijupá é de aproximadamente duas milhas e meia [$\pm 4,6$ km], quando as condições meteorológicas são favoráveis).

Usaremos o termo ‘suspeito’ quando estivermos nos referindo a um grupo (que pode ter uma ou mais baleias) cujo comportamento indique a possível presença de um cantor (para uma explicação dos comportamentos indicativos de um grupo suspeito ver o terceiro parágrafo da seção ‘Gravações’).

Após o monitoramento, o trabalho prosseguia da seguinte forma:

Critérios adotados para a coleta dos dados

1. Canto bom para gravação

A intensidade de chegada do canto, medida indiretamente através da observação do ganho do gravador (volume de gravação), e a quantidade de grupos avistados pela equipe de observação eram importantes para estabelecer qual a metodologia a ser utilizada.

1.1. Canto forte e localização de grupo suspeito

O ganho era regulado para o mínimo necessário que permitia uma distinção clara entre o canto e o ruído ambiente, e a regulagem não era alterada até o próximo monitoramento. Feito isso, o hidrofone era recolhido e o motor do barco ligado para que nos aproximássemos da baleia suspeita de estar cantando. Quando a embarcação chegava a aproximadamente 400 metros do grupo de baleia(s) o motor era novamente desligado e o hidrofone posto na água para que fosse realizado um novo monitoramento. Caso a intensidade do canto tivesse aumentado, o que, já que a regulagem havia permanecido no mínimo audível, era facilmente observado, a equipe então passava a concentrar seus esforços naquele grupo de baleias. O hidrofone era novamente recolhido e a pessoa responsável pela gravação passava para o bote inflável na companhia de um tripulante, estando este último encarregado de movimentar o bote para longe do Tomara. O hidrofone era novamente posto na água e o procedimento de monitoramento realizado, desta vez buscando a melhor regulagem possível para a gravação. A regulagem era feita principalmente com base na maior intensidade do sinal recebido, para evitar que eventuais picos de intensidade sonora saturassem a gravação (o que prejudicaria a qualidade). Na prática, o volume ideal era de -12 a -15 dB. Uma vez que a gravação era iniciada a regulagem não era mais alterada, salvo em condições especiais, como por exemplo, quando o cantor se aproximava tanto que a intensidade do sinal aumentava demais, tornando necessária uma redução no ganho do gravador.

Durante a gravação o pesquisador a bordo do bote permanecia em contato com o resto da equipe pelo rádio. A idéia era certificar-nos de que o indivíduo que estava sendo gravado era o mesmo que estava sendo acompanhando visualmente e, após uma eventual confirmação, continuar o registro de todos os comportamentos do grupo. A confirmação era feita relacionando-se o comportamento observado (principalmente tempo de fundo, tempo de superfície e borrifos) com as alterações que ocorriam no canto. Por exemplo, a sincronia dos borrifos do animal com os silêncios que ocorrem nos intervalos entre as notas e a diminuição da intensidade de chegada do sinal quando o animal encontra-se na superfície são fortes indícios de identificação do cantor.

1.2. Sem perspectiva de identificação do cantor

Esta situação ocorria quando não havia baleias próximas, quando havia um grande número de grupos com comportamentos semelhantes, inviabilizando a escolha de qualquer um em particular, quando os grupos estavam muito longe do barco, dificultando assim a identificação do comportamento, ou, quando o final do dia estava próximo e em breve a luz não seria suficiente para o trabalho da equipe de observação.

Neste caso o canto era gravado mesmo sem a identificação do cantor.

2. Canto fraco demais ou ausente

Após o monitoramento, o hidrofone era recolhido e a rota de avistagem pré-estabelecida para o cruzeiro era retomada.

Gravações

O canto da Baleia-jubarte foi gravado em equipamento digital, um Sony TCD D-10 e um Sony TCD D-8, e um hidrofone omni-direcional montado no laboratório de bioacústica da UNICAMP. Quatro hidrofones da marca Edmund Scientific Co, modelo nº 41.759, foram conectados em série, usando um cano de PVC como suporte, de forma que cada um estava orientado a um ângulo de 90° com relação aos outros. A frequência de resposta de cada hidrofone é de 10 a 6000Hz $\pm$ 4dB, com $\pm$ 1dB entre 10 a 2000Hz.

É importante ressaltar que, para a caracterização da estrutura do canto, decidiu-se priorizar a qualidade das gravações, ao invés de priorizar-se a quantidade. Essa foi uma recomendação do Dr. Douglas H. Cato (com. pess), que ajudou em todas as etapas desse trabalho com conselhos e sugestões. No âmbito desta pesquisa, a boa qualidade implica num alto valor para a razão sinal/ruído, e conseqüente facilidade na distinção das notas, e num tempo de gravação suficientemente longo para registrar continuamente três ou mais ciclos de canto (geralmente em torno de uma hora e meia), o que permite estudar também possíveis variações intra-individuais. A maioria das gravações foi realizada a intervalos de um ou mais dias, às vezes de uma semana, e os locais foram escolhidos ao acaso ao largo de toda a área do banco dos Abrolhos. Isto aumentou a possibilidade de que as gravações

sejam de diferentes indivíduos. Em seis das dez ocasiões os cantores foram foto-identificados e em todos os casos descobrimos que eram indivíduos diferentes.

Os cantores foram observados em três comportamentos diferentes enquanto cantavam, sendo que em todos os casos os indivíduos permaneciam a maior parte do tempo submersos: a) ‘parados no fundo’, o cantor sempre subia para respirar no mesmo local. b) ‘vagando’, nadando vagarosamente pelo fundo sem um rumo aparente. c) em ‘exposição caudal’, um comportamento observado com bastante frequência nos Abrolhos (realizado não apenas por cantores, mas por fêmeas com filhotes e indivíduos solitários que não estão cantando) e que foi descrito por Morete *et al.* (2000).

Análise das gravações

Foram realizadas 24 gravações do canto da Baleia-jubarte. Nem todas tinham qualidade suficiente para serem analisadas, e os principais motivos foram os seguintes: uma razão sinal/ruído demasiado baixa, tornando impossível ouvir várias partes do canto; e, dois ou mais cantos com intensidades muito semelhantes, fazendo com que várias notas de ambos os indivíduos aparecessem sobrepostas nos sonogramas. Em outras palavras, para uma gravação ser adequada para a análise era necessário que quase todas as notas pudessem ser claramente distinguidas. Portanto, das 24 gravações, foi possível analisar auditivamente e espectralmente 10 delas, perfazendo um total de 5 horas e aproximadamente 20 ciclos de canto.

Análise auditiva

As fitas foram ouvidas e o instante em que cada nota foi ouvida foi anotado com uma precisão de segundos. Uma vez que o nosso DAT grava o tempo absoluto e a data da gravação em cada ponto da fita, o procedimento descrito acima fez com que cada nota fosse associada a um instante de tempo. Este método foi aplicado a todo o material coletado, o que ajudou a localizar as gravações adequadas para análise.

Análise espectral

Estabelecimento dos tipos de notas

Utilizamos o programa de análise de som Gram para verificar as gravações em ‘tempo real’. Usamos letras do alfabeto para classificar os tipos de notas de acordo com a ordem na qual elas ocorriam nas gravações. Ou seja, a primeira nota do canto foi chamada de A, a segunda de B, e assim por diante. Se, por exemplo, após uma sequência de quatro notas diferentes entre si, denominadas, respectivamente, ABCD, aparecia uma nota similar à segunda nota da sequência estabelecida, esta seria então chamada de B, e a sequência passaria a ser ABCDB. Este procedimento foi repetido duas vezes com todas as gravações, uma primeira vez para estabelecer os tipos de notas e uma segunda para verificar eventuais erros. Ao fim deste estágio da análise havia sido criado um catálogo contendo todas as notas do canto associadas a um instante no tempo e a uma letra de referência.

A única gravação que contém o final de uma sessão de canto foi analisada até este estágio (a determinação das notas do canto), apesar de sua baixa razão sinal/ruído ter impossibilitado a medição dos parâmetros das notas.

Medição dos parâmetros das notas

Utilizamos o programa Cool Edit Pro para medir os parâmetros das notas com uma resolução de 1024 ou 2048 bandas e uma escala de frequências de 0 - 2000Hz (esta escala foi aumentada para até 4000Hz sempre que era necessário verificar as frequências máximas de algumas notas, especialmente as do tema 4). Durante as medições mantivemos o tamanho da tela de forma a conter 10 segundos. Esta configuração resultou em uma precisão de 20ms para a escala de tempo e uma resolução de 20Hz (apesar de que os valores foram arredondados usando intervalos de 50Hz ou 100Hz sempre que os limites de frequência das notas não eram adequados para a precisão de 20Hz). Toda a informação foi computada em uma planilha do programa STATISTICA. Os tipos de notas foram determinados com base em seus parâmetros acústicos: duração da nota, duração do intervalo entre notas subsequentes, frequências mínima e máxima. Estes quatro parâmetros foram usados para medir um total de 4474 notas. A duração do intervalo foi estabelecida como sendo o espaço de tempo entre o final de uma nota e o início da nota seguinte, independentemente da sequência das notas. Os diferentes tipos de notas têm uma aparência

espectral bastante variada e, por exemplo, algumas delas parecem não ter um fim delimitado (elas desaparecem gradualmente) ou uma frequência máxima claramente definida. Portanto, os pontos exatos onde as medições de cada nota seriam realizadas foram estabelecidos de forma que pudessem ser consistentemente identificados (Fig. 3). Depois de terminado este procedimento, realizamos um histograma para cada parâmetro de cada nota. Este estágio da análise serviu para verificar se a classificação dos tipos de notas, que até então havia sido realizada auditivamente, estava certa. Em outras palavras, se o histograma da duração da nota A mostrasse uma curva uni-modal, a classificação estava correta. Se, por exemplo, o histograma mostrasse uma curva bi-modal, o que havia sido classificado auditivamente como sendo apenas um tipo de nota (A), eram de fato dois tipos diferentes.

Além dos parâmetros mencionados no parágrafo anterior, medimos também o ritmo (número de notas emitidas por segundo) de emissão das notas do canto; calculado através da seguinte fórmula: $1/\text{duração da nota} + \text{duração do intervalo}$.

Depois desta etapa ter sido completada foi possível buscar padrões na organização dos tipos de notas no canto de cada cantor.

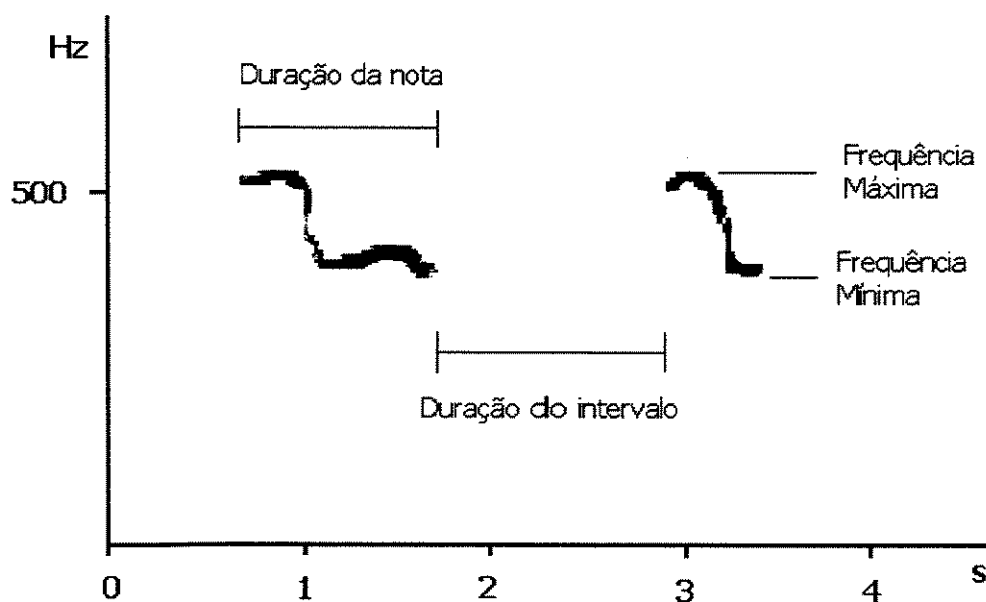


Figura 3 – Exemplo da forma como foram medidos os parâmetros das notas.

Terminologia

A estrutura do canto foi descrita usando a terminologia estabelecida por Payne e McVay (1971), que pode ser resumida da seguinte forma: a) As notas (unidades sonoras) são definidas como sons que podem ser ouvidos discretamente em tempo real. b) Uma sequência ordenada de notas é chamada de frase. c) A repetição contínua de frases semelhantes forma um tema. d) Um grupo de temas que são cantados continuamente em uma sequência ordenada sem que nenhum deles seja repetido antes que todos os diferentes temas sejam emitidos compõem um ciclo de canto. e) A repetição de vários ciclos de canto separados por intervalos inferiores a um minuto perfazem uma sessão de canto.

Alguns outros aspectos da nossa terminologia são os seguintes: chamamos as diferentes categorias de unidades sonoras de tipos de notas, equivalente ao termo *sound type* usado por Cato (1991). Uma nota é qualquer som que, quando tocado na velocidade normal, aparenta ser contínuo para os nossos ouvidos, equivalente aos termos *sound unit*, usado por Payne e McVay (1971), e *syllable*, usado por Winn e Winn (1978). Quando uma nota possui duas ou mais partes com características acústicas diferentes, cada uma delas é chamada de uma sub-unidade. Nós chamamos os segmentos nos quais uma determinada nota pode ser dividida sem qualquer alteração das escalas temporal ou de frequência de unidade sonora (por exemplo, algumas notas terminam com um pulso [a maioria dos autores usam o termo 'click'] claramente diferenciado do resto da nota). O termo características da nota é equivalente ao termo *note character*, definido por Cato (1991) como sendo: as características espectrais e temporais de um determinado tipo de nota.

Classificamos os temas com base na estrutura dos mesmos, de acordo com Payne e Payne (1985), da seguinte forma: a) Estáticos, cujas frases são praticamente idênticas em todas as repetições. b) Mutáveis, quando frases sucessivas são progressivamente alteradas até que outras emergem. c) Sem padrão, consistindo de um número variável de unidades (notas) sem uma organização clara (i.e. não podem ser subdivididos em frases).

De agora em diante vamos nos referir aos tipos de notas pelas respectivas letras maiúsculas e aos diferentes tipos de frases por letras minúsculas. Um espaço único será usado para distinguir entre a parte inicial e a parte terminal de cada frase.

Identificamos os cantores por números romanos. Os números foram atribuídos sequencialmente, de I a X, a partir do primeiro cantor gravado na temporada. Um número

menor indica, portanto, que o cantor foi gravado anteriormente a um cantor de número maior.

Contagem HM e J

Para encontrar a proporção que a terminação HM representa no tema 3 de cada indivíduo, contamos o total de terminações HM presentes e dividimos este valor pela soma do número de terminações HH, HI, II e HM (i.e. o número de terminações HM dividido pelo total de terminações no tema); e, para contar o número de notas J, dividimos o total de J pela soma das notas F, L e J (as três notas ocupam a mesma posição relativa nas frases [terceiras e quintas notas de cada frase]).

Agrupamento das notas elaboradas do tema 5

A idéia de separar as notas em ‘complexas’ e ‘não complexas’ baseou-se nas seguintes observações. Algumas notas possuem uma sub-unidade composta por uma rápida sucessão de pulsos de banda larga, que parecem contínuos aos nossos ouvidos quando tocados na velocidade de gravação, e uma sub-unidade final formada por um som harmônico. Este som harmônico é composto de um, dois ou três segmentos em forma de U (neste caso a letra U está sendo usada para ilustrar a forma da nota e portanto não representa o ‘tipo de nota’ U); ou, no caso da nota V, trata-se de um som harmônico que termina em com uma inclinação descendente acentuada. Nenhum outro tipo de nota presente no canto do ano 2000 possui duas ou mais sub-unidades com características tão diferentes entre si; portanto, estes formam os tipos de notas considerados mais elaborados.

Resumo das gravações

A tabela 1 é um resumo de todas as gravações realizadas na temporada de 2000.

As dez gravações que foram analisadas por completo (i.e. auditivamente e espectralmente) encontram-se em negrito.

Os cantores foram numerados em ordem cronológica.

Tabela 1 – Resumo das gravações realizadas no ano 2000 e outras informações acessórias.

1) Cruzeiro de pesquisa (ou baleada) no qual foi gravado o canto. 2) Número da ficha no IBJ no qual esta gravação encontra-se registrada.

3) Co = composição do grupo (1AD = 1 adulto; Par = 1♂ + 1♀); Ct = comportamento do grupo (EC = Exposição caudal; Vag = vagando pelo fundo).

Filafrecho	Cantor	Cruz ¹	Data	Ficha ²	Co/Qt ³	H. ini.	H. ter.	Duração (min)	Vento (vel., enrtos, e direção)	Gravado no	Latitude	Longitude	Obs.
1	I	2	13/7	-	-	15:23	17:18	115	SS	bote inf.	18 08 202	038 43 326	
2		3	22/7	-	-	11:40	13:10	90	8-10NE	Tomara	18 06 836	038 56 385	problemas com hidrofone
3b/1		3	21/7	70	1AD/EC	16:35	16:50	25	10SE	Tomara	17 56 821	038 42 244	problemas com D10
4		5	9/8	140	-	15:10	15:57	47	7-15L/NE	Tomara	17 45 290	038 37 629	Fim de canto
3b/2		6	16/8	-	-	11:09	12:01	52	4-5NW	bote inf.	17 578 79	038 449 03	
3a/2	II	6	17/8	181	-	17:32	18:01	29	8,4-11E/SE	bote inf.	17 55 082	038 48 257	
4/2		6	18/8	187	-	12:21	12:36	15	8-11N/NE	bote inf.	17 48 805	038 47 264	chuva e mar fortes
7		7	23/8	206	-	11:25	12:55	90	5,3-7NE	bote inf.	17 57 450	038 45 011	
8		7	24/8	218	-	11:17	12:05	48	7,9-9,9E/NE	Tomara	17 43 290	038 37 812	
4/3		7	25/8	229	9 ind.	10:26	10:56	30	3,6-4,1E	Tomara	18 11 612	038 48 193	sons sociais
10	III	9	8/9	228	dúpla	14:20	16:33	133	11,8-14,9 SE	bote inf.	17 55 115	038 42 888	
13(1)	IV	10	16/9	257	1AD/EC	08:57	10:10	70	8,9-12,1E/NE	bote inf.	17 58 030	038 44 996	"Caetano"
13(2)	V	10	16/9	260	Par	12:07	12:26	19	6-7,5E	Tomara	17 57 388	038 50 488	"Romau e Julieta"
15/1		11	20/9	264	-	12:00	12:13	13	8,2-9,4E	Tomara	17 56 081	039 00 607	
15/2		11	20/9	266	-	12:36	12:51	16	6,8-7,4E	Tomara	17 57 282	039 01 072	
15/3	VI	11	20/9	269	-	14:05	15:44	99	6,7-8,1E	Tomara	17 57 522	038 58 872	
17		12	29/9	303	-	15:42	16:42	67	8-11 SE	bote inf.	17 56 809	038 49 216	2 cantores
18	VII	12	30/9	305	1AD/EC	08:33	10:04	91	8-12 SE/E SE	bote inf.	17 59 832	038 42 478	"Vircius"
19/3	VIII	14	11/10	316	1AD/EC	16:56	18:26	90	9-13,7 NE	Tomara	17 58 412	039 00 042	
20		14	14/10	332	-	07:48	08:43	55	5,9-7,2E	bote inf.	17 58 659	038 45 014	
21	IX	16	26/10	361	1AD/Vag	13:19	14:24	65	13,5-15,4 NE	bote inf.	17 59 527	038 50 123	
22	X	17	31/1	373	1AD/EC	14:20	15:32	72	5,2-11 SE/8,2-11,9 NE	bote inf.	18 12 382	038 41 616	"Chico Burque"

RESULTADOS

A estrutura organizacional do canto da população brasileira de Baleia-jubarte foi descrita de acordo com os critérios apresentados no primeiro parágrafo do sub-título Terminologia, dentro da seção Material e Métodos.

Iniciamos os resultados apresentando um sonograma do canto completo e a tabela que contém todas as notas identificadas. Ainda dentro da análise das notas pertencentes a cada um dos cinco temas, destacamos alguns dados da tabela das notas e aproveitamos para dar uma idéia de como o canto é organizado. Seguimos com uma análise quantitativa das frases, dos temas e do ciclo completo de canto. Por fim, apresentamos uma análise de alguns aspectos do canto que acreditamos merecem destaque.

Notas

A estrutura das notas é apresentada e comentada em seguida, tema por tema.

O canto da população brasileira de Baleia-jubarte no ano 2000 é composto por 24 tipos de notas, organizadas em 5 temas (Fig. 4 e Tabela 2).

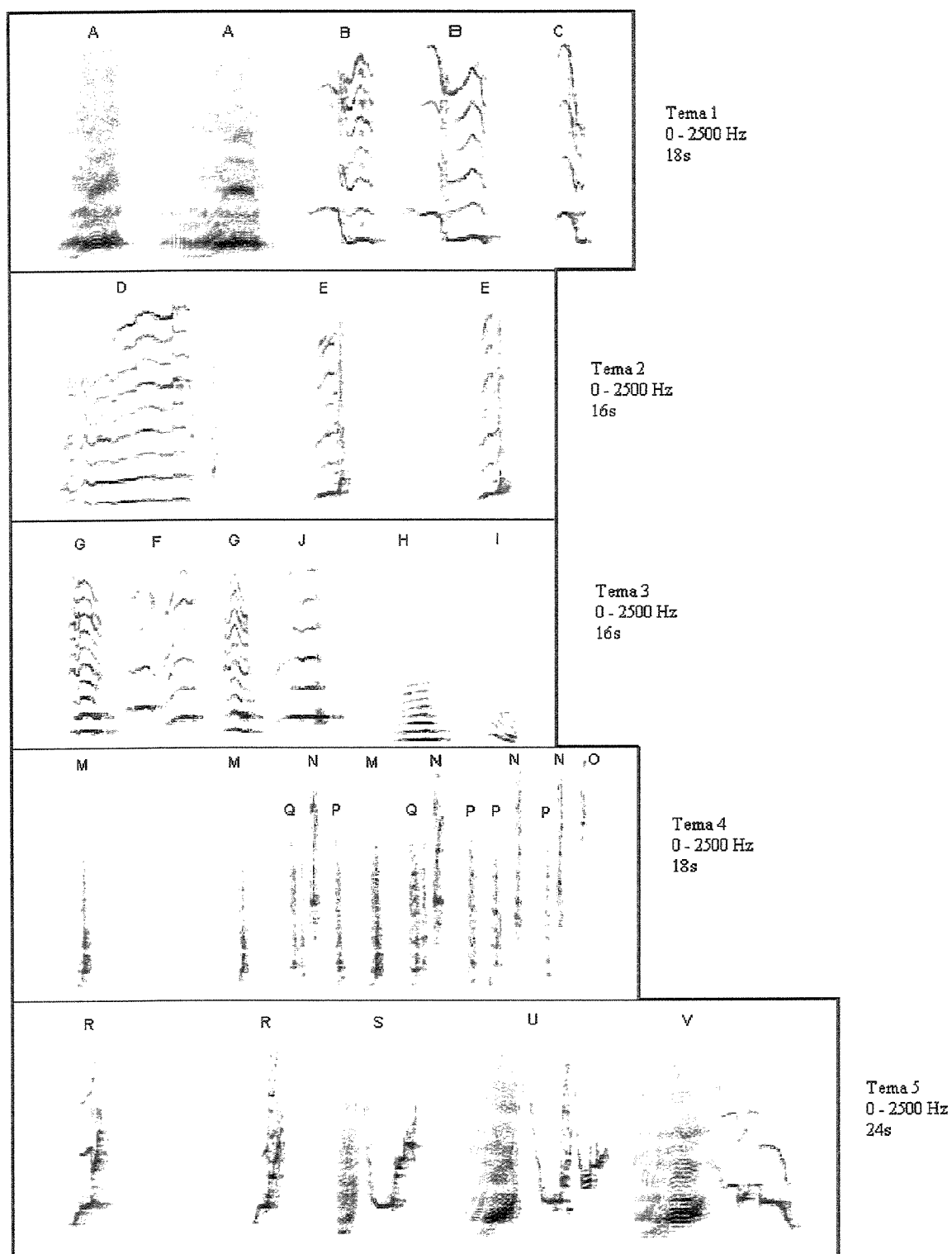


Figura 4 – Sonogramas do canto do ano 2000, com frases representativas dos cinco temas.

Tabela 2 – Análise quantitativa dos tipos de notas.

Temas	Tipos de Notas	n	Duração (ms) $\bar{x} \pm DP$	Intervalo (ms) $\bar{x} \pm DP$	Ritmo (Hz) $\bar{x} \pm DP$	Freq. Min. (Hz) $\bar{x} \pm DP$	Freq. Max. (Hz) $\bar{x} \pm DP$
1	A	211	2649 $\pm$ 730	2206 $\pm$ 1099	0,223 $\pm$ 0,061	216 $\pm$ 50	475 $\pm$ 108
	B	252	1897 $\pm$ 396	1876 $\pm$ 624	0,274 $\pm$ 0,050	326 $\pm$ 70	755 $\pm$ 124
	C	114	1163 $\pm$ 270	2084 $\pm$ 553	0,321 $\pm$ 0,067	345 $\pm$ 72	735 $\pm$ 104
2	D	51	4576 $\pm$ 735	3317 $\pm$ 421	0,128 $\pm$ 0,009	219 $\pm$ 51	348 $\pm$ 178
	E	137	965 $\pm$ 250	2838 $\pm$ 1113	0,290 $\pm$ 0,104	283 $\pm$ 50	661 $\pm$ 153
3	F	360	2227 $\pm$ 421	1668 $\pm$ 851	0,269 $\pm$ 0,0753	202 $\pm$ 49	453 $\pm$ 64
	G	563	1028 $\pm$ 402	1039 $\pm$ 417	0,509 $\pm$ 0,211	146 $\pm$ 30	220 $\pm$ 64
	H	311	897 $\pm$ 254	1791 $\pm$ 713	0,393 $\pm$ 0,091	72 $\pm$ 25	119 $\pm$ 30
	I	359	727 $\pm$ 162	2593 $\pm$ 808	0,335 $\pm$ 0,266	53 $\pm$ 30	129 $\pm$ 35
	J	243	2331 $\pm$ 575	1854 $\pm$ 884	0,254 $\pm$ 0,071	242 $\pm$ 57	367 $\pm$ 67
	K	295	754 $\pm$ 170	1007 $\pm$ 342	0,589 $\pm$ 0,094	122 $\pm$ 22	199 $\pm$ 30
	L	282	1684 $\pm$ 373	1603 $\pm$ 753	0,328 $\pm$ 0,096	173 $\pm$ 37	386 $\pm$ 68
4	M	349	369 $\pm$ 136	1907 $\pm$ 1390	0,660 $\pm$ 0,422	122 $\pm$ 54	443 $\pm$ 131
	N	179	324 $\pm$ 268	893 $\pm$ 889	1,323 $\pm$ 0,496	971 $\pm$ 282	1913 $\pm$ 707
	O	28	390 $\pm$ 293	1999 $\pm$ 1091	0,581 $\pm$ 0,435	1718 $\pm$ 667	2667 $\pm$ 532
	P	161	214 $\pm$ 84	642 $\pm$ 526	1,424 $\pm$ 0,549	187 $\pm$ 77	427 $\pm$ 236
	Q	96	500 $\pm$ 147	485 $\pm$ 630	1,298 $\pm$ 0,480	198 $\pm$ 85	369 $\pm$ 208
5	R	208	843 $\pm$ 265	2926 $\pm$ 1372	0,314 $\pm$ 0,137	366 $\pm$ 127	1796 $\pm$ 1089
	S	65	2437 $\pm$ 528	1408 $\pm$ 555	0,271 $\pm$ 0,059	568 $\pm$ 214	1459 $\pm$ 328
	T	27	3418 $\pm$ 466	1486 $\pm$ 695	0,213 $\pm$ 0,041	459 $\pm$ 156	1097 $\pm$ 514
	U	19	3976 $\pm$ 700	2611 $\pm$ 624	0,154 $\pm$ 0,021	406 $\pm$ 201	1885 $\pm$ 1418
	V	31	4204 $\pm$ 1441	1668 $\pm$ 843	0,187 $\pm$ 0,055	568 $\pm$ 582	783 $\pm$ 230
	W	120	788 $\pm$ 328	1795 $\pm$ 1344	0,516 $\pm$ 0,293	594 $\pm$ 126	1358 $\pm$ 902
	X	13	1771 $\pm$ 1453	2129 $\pm$ 802	0,413 $\pm$ 0,478	985 $\pm$ 715	2245 $\pm$ 373

Tema 1

As notas tipo A, B e C são as unidades fundamentais deste tema. Aparentemente a nota A é semelhante ao que Cato (1991) chamou de 'growl' (rosnar). O grande desvio padrão encontrado para a duração média do intervalo da nota tipo A ($2206 \pm 1099\text{ms}$) é decorrente da diferença no intervalo de tempo entre notas A sequenciais e entre notas A e B. Existe, geralmente, uma diferença sutil entre as duas notas A que constituem as frases; a segunda tem uma duração um pouco maior (ver Fig. 4).

A grande maioria das frases é formada pela seqüência AABBC. O cantor X foi o único a terminar consistentemente as frases com a nota B (frase AABBB), tendo omitido a nota C de suas frases na maioria das vezes.

Este é um tema com frases estáticas.

Tema 2

Este tema é composto por notas tipo D e E. A nota D tem a maior duração média ($4576 \pm 735\text{ ms}$). O alto valor encontrado para o desvio padrão da duração média do intervalo da nota E deve-se ao fato do intervalo de silêncio entre notas E subseqüentes ($2838 \pm 1113\text{ ms}$) ser consideravelmente maior que o intervalo entre notas E e D. Às vezes, ao final da nota D, ocorre uma unidade sonora de ataque rápido e curta duração, que chamamos de pulso.

As frases são predominantemente DEE. No tema 2 do primeiro ciclo do cantor V algumas notas F (frase DEFFE), cujo tipo é característico do tema 3, são emitidas. No segundo ciclo o tema 2 é cantado seguindo o padrão geral.

Este tema possui frases estáticas.

Na única gravação que registrou o término de uma sessão de canto o indivíduo pára de cantar neste tema.

Tema 3

As notas tipo F, G, H, I, J, K e L são as unidades fundamentais deste tema. A nota M aparece com freqüência na última (ou duas últimas) frase. Cada nota F é composta por

duas unidades sonoras. No entanto, classificamos estas duas unidades como sendo apenas um tipo de nota, pois ambas sempre aparecem juntas e, quando são ouvidas em ‘tempo real’ (i.e. na mesma velocidade na qual foram gravadas), o intervalo entre elas é imperceptível. As notas tipo H (72 ± 25 Hz e 119 ± 30 Hz) e I (53 ± 30 Hz e 129 ± 35 Hz) têm as frequências mínimas e máximas mais baixas dentre todos os tipos de notas. A principal diferença entre estes dois tipos é que a nota H tende a ter uma frequência constante (sem modulação), ao passo que a nota I constitui-se de uma frequência descendente. A nota tipo L sempre termina com um pulso de banda larga e, em algumas ocasiões, as notas tipo F, J e K terminam com um pulso.

O tema 3 apresenta a maior variedade no número de frases que o constituem e duas delas estão ilustradas na Figura 5. A mesma nota tende a ser repetida duas vezes na parte inicial de cada frase (sendo a primeira e a terceira ou a segunda e a quarta notas da frase). Portanto, apesar das frases serem geralmente formadas por seis notas elas podem ter três ou quatro e, menos frequentemente, cinco ou seis tipos de notas. Algumas seqüências, como por exemplo, GFGF HH, GJGJ II e KFKF HI (em todos os três casos a terminação pode ser HH, HI ou II), são mais comuns. Todas as frases terminam com duas notas de baixa frequência, que são H e/ou I. No entanto, aparentemente não há um padrão no aparecimento das terminações HH, HI ou II; em outras palavras, a terminação não pode ser prevista com base na parte inicial da frase.

Alguns cantores emitem frases que terminam em HM - geralmente as notas M ao final destas frases possuem uma frequência fundamental um pouco mais baixa que as notas M que aparecem no tema 4, apesar desta diferença não ter sido estatisticamente significativa. Dois tipos de frases têm esta terminação, são elas: G#G# HM (o símbolo # quer dizer, neste caso, que tanto a nota F quanto a L podem ocupar esta posição) e MLMLML HM (ver exemplo desta frase na Fig. 5). Como podemos observar na tabela 2, estas frases são formadas por notas de dois temas diferentes, a nota L é característica do tema 3 e a nota M do tema 4. Enquanto a frase G#G# HM pode aparecer em qualquer ponto do tema, a frase MLMLML HM só é cantada quando vai ocorrer a mudança do tema 3 para o 4. Nenhum indivíduo gravado após o dia 16 de setembro, aproximadamente o meio da temporada reprodutiva, emite o final HM, apesar de que todos continuam a emitir algumas notas M e L seqüencialmente, sempre antes da mudança do tema 3 para o 4.

Às vezes as frases são compostas por 8 ou, menos freqüentemente, por 10 notas. As duas ou as quatro notas a mais são uma repetição parcial do início da frase e a ordem de emissão das mesmas também é mantida. Por exemplo, ao invés da frase GFGF HI, a frase GFGFGF HI é cantada. Não há padrão aparente de repetição das frases com 8 ou 10 notas em nenhuma sessão de canto, nem tampouco há uma consistência quando comparamos gravações de indivíduos diferentes.

As notas tipo G e K, que ocupam posições relativas semelhantes nas frases (ambas sempre são a primeira e/ou a terceira nota da frase), apresentam uma certa permutabilidade. Ou seja, qualquer uma delas pode ser emitida no meio de uma seqüência de frases na qual apenas a outra estava sendo cantada. Isto também acontece com as notas tipo H e I e entre as notas tipo F, J e, menos freqüentemente, L. Apesar dos cantores cantarem vários tipos de frases, geralmente um certo tipo é repetido algumas vezes antes que outro apareça.

Este é um tema com frases mutáveis, apesar de ter sido observada uma pequena diferença, discutida mais à frente.

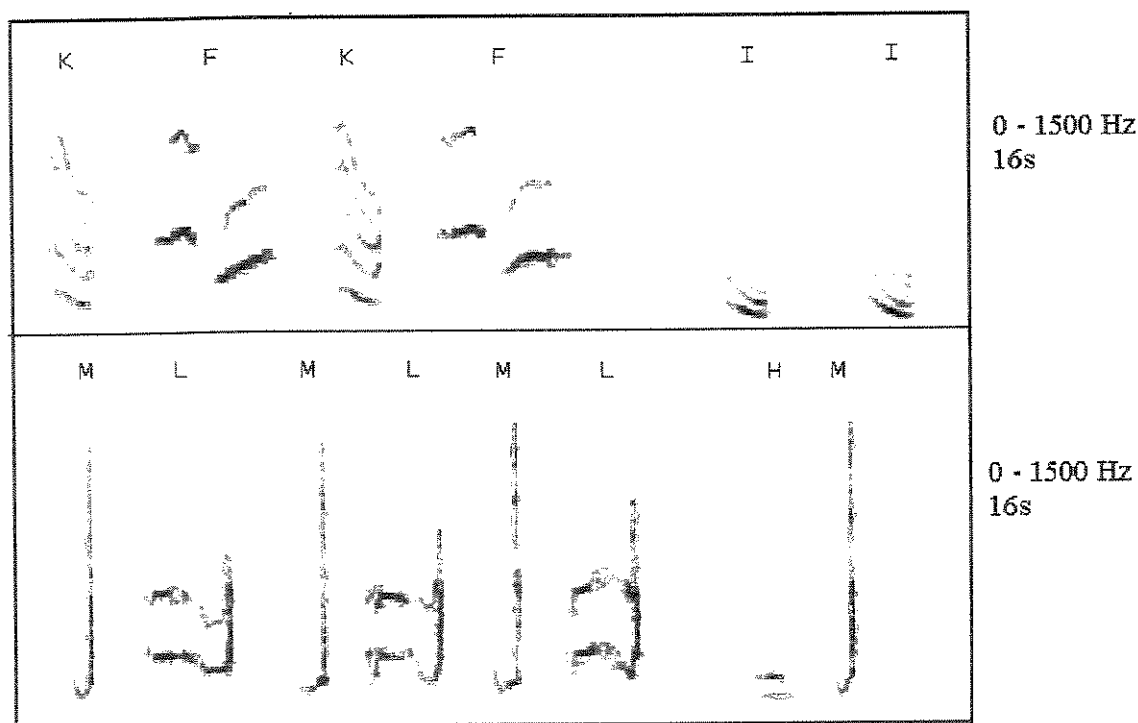


Figura 5 – dois exemplos de frases encontradas no tema 3.

Tema 4

As notas M, N, O, P e Q são as unidades fundamentais deste tema. Todas são pulsos de banda larga. A nota tipo Q é composta por duas sub-unidades que geralmente têm uma frequência fundamental levemente diferente. A nota P possui a menor duração média ($214 \pm 84\text{ms}$) e a nota O as mais altas frequências mínima e máxima ($1718 \pm 667\text{Hz}$; $2667 \pm 532\text{Hz}$). O grande desvio padrão encontrado para o intervalo da nota M ($1907 \pm 1390\text{ms}$) deve-se à discrepância dos intervalos entre notas M, entre notas M seguidas por notas Q ou P, e entre notas M ao final das frases.

Aparentemente não existem frases estruturadas neste tema, apesar de que alguns padrões puderam ser observados; por exemplo, sempre ocorrem duas notas M separadas por um intervalo de aproximadamente 4 segundos. A sequência QNP é bastante comum. Três sequências comuns são MM QNPN, MM QNPQPNO e MM PNQPNO; no entanto, várias outras ocorrem.

Consideramos a nota M como sendo pertencente ao tema 4 pois ela sempre ocorre ao longo de todo este tema, apesar de aparecer com certa frequência na última (ou duas últimas) frases do tema 3.

Este é um tema sem padrão aparente.

Tema 5

O tema 5 é composto pelas notas R, S, T, U, V, W e X. O alto valor do desvio padrão observado para a duração do intervalo da nota R ($2926 \pm 1372\text{ms}$) deve-se ao fato de que o intervalo entre notas R subsequentes é consideravelmente maior que entre notas R e S ou T (Fig.6) - esta diferença na duração do intervalo entre notas resulta também nos elevados valores do desvio padrão observados para os intervalos entre notas A subsequentes e entre A e B, entre notas E subsequentes e notas E e D, e entre notas M subsequentes e M e Q (ver Tabela 2).

As notas S, T e U são compostas por duas sub-unidades, sendo a primeira uma rápida sucessão de pulsos de banda larga, que parecem contínuos aos nossos ouvidos quando tocados na velocidade de gravação, e a segunda um som harmônico em forma de U, que pode ser repetido uma, duas ou três vezes (neste caso a letra U ilustra apenas a forma

espectral da nota e, portanto, não representa o ‘tipo de nota’ U). Já a nota V possui uma primeira sub-unidade igual à presente nas notas S, T e U, porém sua sub-unidade final consiste de um som harmônico que termina numa inclinação descendente acentuada. As notas tipo W e X são um som harmônico em forma de U (novamente a letra U indica apenas a forma espectral da nota, não o tipo de nota U), sendo a principal diferença entre elas o fato da nota X possuir frequências mais elevadas.

Todas as frases são constituídas por duas notas R separadas por aproximadamente 4 segundos na parte inicial e três ou mais das demais notas deste tema na parte final.

A nota V é sempre a última nota da última frase do tema 5 e, dada a natureza cíclica do canto, uma nota B (tema 1) sempre a sucede. Notar que a aparência espectral da segunda sub-unidade da nota V assemelha-se à nota B (ver Fig 4).

Este é um tema com frases mutáveis.

(ver a descrição dos critérios para estabelecer as notas elaboradas na seção Métodos).

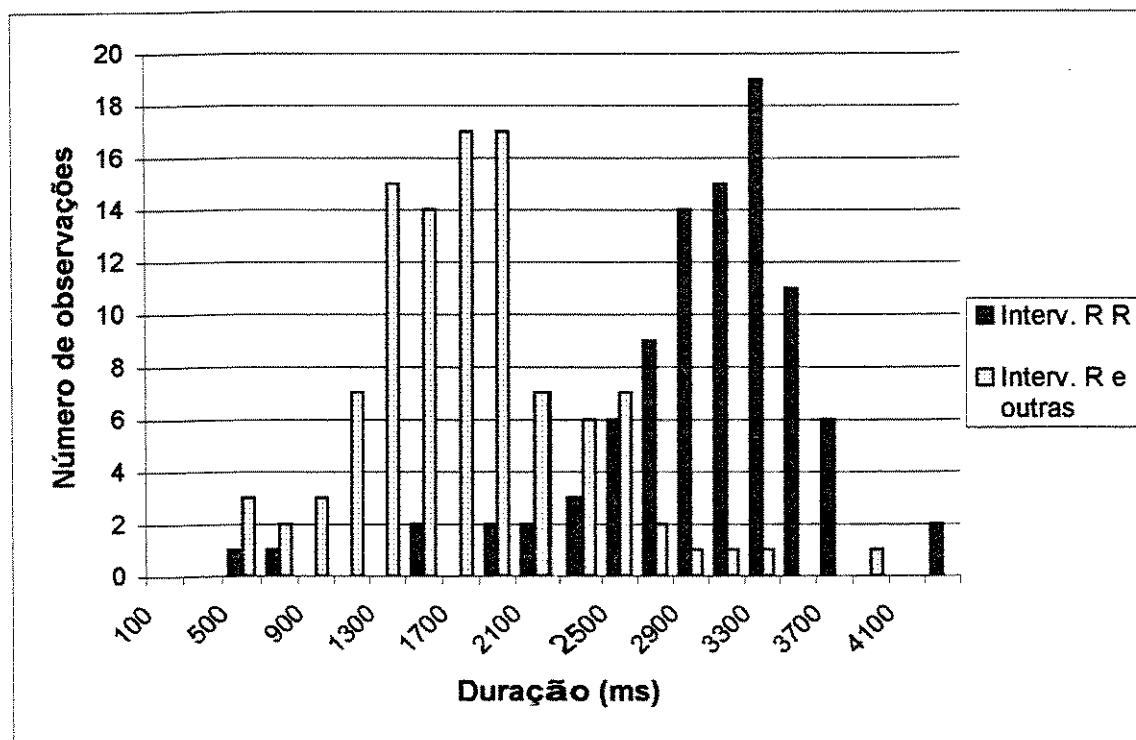


Figura 6 – Duração do intervalo da nota R.

FRASES

Como mencionado anteriormente, as frases constituem o nível organizacional seguinte às notas. Nesta seção dos resultados, apresentamos uma análise quantitativa das frases do canto.

Na tabela 3 estão representados todos os tipos de frases presentes em quatro dos cinco temas deste ano. O tema 4 não foi incluído nesta análise pois não é formado por frases, mas sim por seqüências de notas sem um padrão consistente de repetição (a estrutura deste tema foi discutida anteriormente).

Como mencionado na seção Material e Métodos, atribuímos uma letra minúscula para identificar cada tipo de frase (para diferenciar das letras maiúsculas atribuídas aos diferentes tipos de notas).

O Tema 3 possui o maior número de tipos de frases característicos (dez). As frases tipo i caracterizam-se por possuírem a primeira nota diferente da terceira e/ou a segunda diferente da quarta – por exemplo, GFKF HH, KFKJ HH ou GJKL HH; i.e. esta categoria permite uma variação bem maior do que as demais, pois engloba qualquer frase na qual a primeira nota é diferente da terceira e/ou a segunda da quarta. Não há nenhuma inferência quanto a uma menor ou maior importância das frases do tipo i, ou de qualquer outro tipo, apenas esta classificação demonstrou ser útil para visualizar o padrão de variação existente no canto.

Com exceção das frases tipo j, k e l, todos os outros tipos podem terminar em HH, HI ou II.

Todas as frases do tema 5 possuem uma parte inicial semelhante, composta por duas notas R. No entanto, existe uma variação nas partes terminais, dada pela presença ou ausência das notas elaboradas. Levando em conta esta variação, estabelecemos três tipos de frases: a) a frase tipo m é composta apenas por notas W e/ou X; b) a frase tipo n possui tanto as notas S, T, U e/ou V quanto as W e/ou X; c) as frases tipo o possuem apenas as notas S, T, U e/ou V (as mais elaboradas).

Tabela 3 — Tipos de frases presentes no canto do ano 2000. O símbolo # significa que, respeitando a estrutura das frases, qualquer nota pode ocupar esta posição.

Temas	Tipos de Frases	Frases
1	a	AABBC
2	b	DEE
3	c	GFGF HH (HI ou II)
	d	GJGJ HH (HI ou II)
	e	GLGL HH (HI ou II)
	f	KFKF HH (HI ou II)
	g	KJKJ HH (HI ou II)
	h	KLKL HH (HI ou II)
	i	#### HI (HI ou II)
	j	G # G # HM
	k	MLMLML HM
	l	# # # # HG
5	m	RR W e/ou X
	n	RR W, X + S, T, U e/ou V
	o	RR S, T, U e/ou V

Tomando como base os tipos de frases apresentados na tabela 3, contamos o número total de frases em cada tema de cada ciclo de canto analisado (Tabela 4).

A variação no número de ciclos de canto por cantor é consequência das diferentes durações das gravações e, portanto, não possui qualquer relação com a duração real da sessão de canto de cada indivíduo - todas as gravações foram iniciadas e finalizadas com o indivíduo cantando.

A tabela 4 está estruturada de forma que se pode seguir o número de vezes que cada tipo de frase foi emitida em cada ciclo e na seção de canto (i.e. tudo o que foi gravado de cada cantor). Para tal, deve-se seguir as linhas da tabela (no caso dos temas 3, considerar apenas o número total de frases, pois não há uma sequência rígida de emissão dos diferentes tipos de frases). Por exemplo: gravamos 4 ciclos de uma seção de canto do cantor I. No primeiro ciclo ele emite 6 frases no tema 1, 6 no tema 2, 8 no tema 3 e 9 no tema 5 (sendo que no tema 5 ele emite 4 tipo m, depois 2 tipo n e então 3 tipo o). No segundo ciclo (que tem início imediatamente após o término do primeiro), ele emite 6 frases no tema 1, 7 no tema 2, 4 no tema 3 e 6 no tema 5, quando então começa o terceiro ciclo, e assim por diante.

Podemos observar que a cada ciclo os cantores emitem um número diferente das frases de cada tema, e não há um padrão aparente nesta variação (para cada cantor, comparar os números dentro de uma mesma coluna).

Duas situações receberam destaque nesta tabela, ambas relacionadas à alteração do canto ao longo da temporada reprodutiva (esta alteração será discutida detalhadamente mais adiante): as frases que terminam em HM são emitidas apenas pelos primeiros cinco cantores da temporada; e, as frases que contêm a nota J não ocorrem no canto dos três primeiros cantores da temporada, porém são encontradas em todos os que foram gravados posteriormente.

Tabela 4 – Análise quantitativa dos tipos de frases.

1) Número de ciclos analisados de cada cantor. 2) Letras minúsculas do alfabeto que representam cada tipo de frase, conforme estabelecido na tabela 3. 3) Número de vezes que cada tipo de frase ocorreu em um determinado tema de cada ciclo de cada cantor.

Temas		1	2	3	Frases com J				Frases com final HM					5				
Cantores	ciclos	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	m	n	o	Total
I	1º	6 ³	6								7	1		8	4	2	3	9
	2º	6	7								3	1		4	4	1	1	6
	3º	3	10								3	2		5	3	2	1	6
	4º	12	6															
II	1º	9	2	1		6				1	2	1		11	2	6	2	10
	2º	5	2			2					1	3		6	2	5		7
	3º		2															
III	1º	4	2	5		2			1	11	1	1		21	1	1	2	4
	2º	4	2	5		3			1	15	1	1		26	2	2	2	6
	3º	3	2	14		3			2	8	2	1		30	4		1	5
IV	1º	5	2	1	1	4				4	1		4	15	2		5	7
	2º	8			8					1	1		1	11	3	1	2	6
V	1º	2	2	3	2					3	1			9	1	2	2	5
	2º	2	3	5	5	3				4		1		18	1	4	2	7
VI	1º	6	2		1		5		3	7				16	1	1	2	4
VII	1º	3	3	9	14		4			10				37	2		3	5
	2º	5	1	10	9					13				32	2		4	6
	3º	7	1	10	6		2			13				31	1		4	5
	4º	2	2	2	5					6				13	1		5	6
	5º	8	2															
VIII	1º	5	3	2	2				5	2				11	6		2	8
	2º	5	3	1	2		1			4				8	5			5
IX	1º	6	3	3	12		22	2	1	23				63	5	1	2	8
	2º	8																
X	1º	10	4	21			1	3	1	7				33	1	3	1	5

TEMAS

Após termos apresentado as características das notas e das frases, seguimos com uma análise quantitativa dos temas, que são o seguinte estágio da estrutura organizacional do canto. Vale lembrar que os cantores foram numerados em ordem cronológica.

A figura 7 ilustra a proporção que cada um dos 5 temas representa no total de notas do canto de cada indivíduo. O cálculo foi feito através da contagem do número médio de notas em cada tema por ciclo de canto. Não há nesta figura, portanto, qualquer menção quanto à duração de cada tema, pois esta dependeria também da duração de cada tipo de nota e da duração do intervalo (como vimos anteriormente, os parâmetros duração e duração do intervalo de cada nota variam bastante).

Apesar do tema 3 variar de 29% no indivíduo I a 71% no indivíduo IX, em todos os cantos este é o tema com o maior número de notas. Por outro lado, o Tema 2 apresenta o menor número de notas e, com exceção do indivíduo I, no qual o Tema 2 representa 15% do canto, este tema permanece numa faixa entre 1% e 6 % no canto dos demais cantores.

Na figura 8 apresentamos uma contagem do número médio de notas por tema no canto de cada um dos cantores. Dado que cada tema é constituído pelos mesmos tipos de notas, a relação entre as barras de cada histograma também dá uma idéia do tempo gasto por cada cantor em cada tema.

O tema 3 foi o que teve o maior número de notas no canto de todos os cantores durante toda esta temporada reprodutiva (notar que o número de notas é tão maior que precisamos usar uma escala diferente para o gráfico do tema 3).

O número de notas nos temas 3 e 4 tenderam a aumentar com o passar da temporada reprodutiva, enquanto o tema 2 diminui bruscamente do cantor I para o II, em seguida aumentando irregular e gradativamente até o final da temporada.

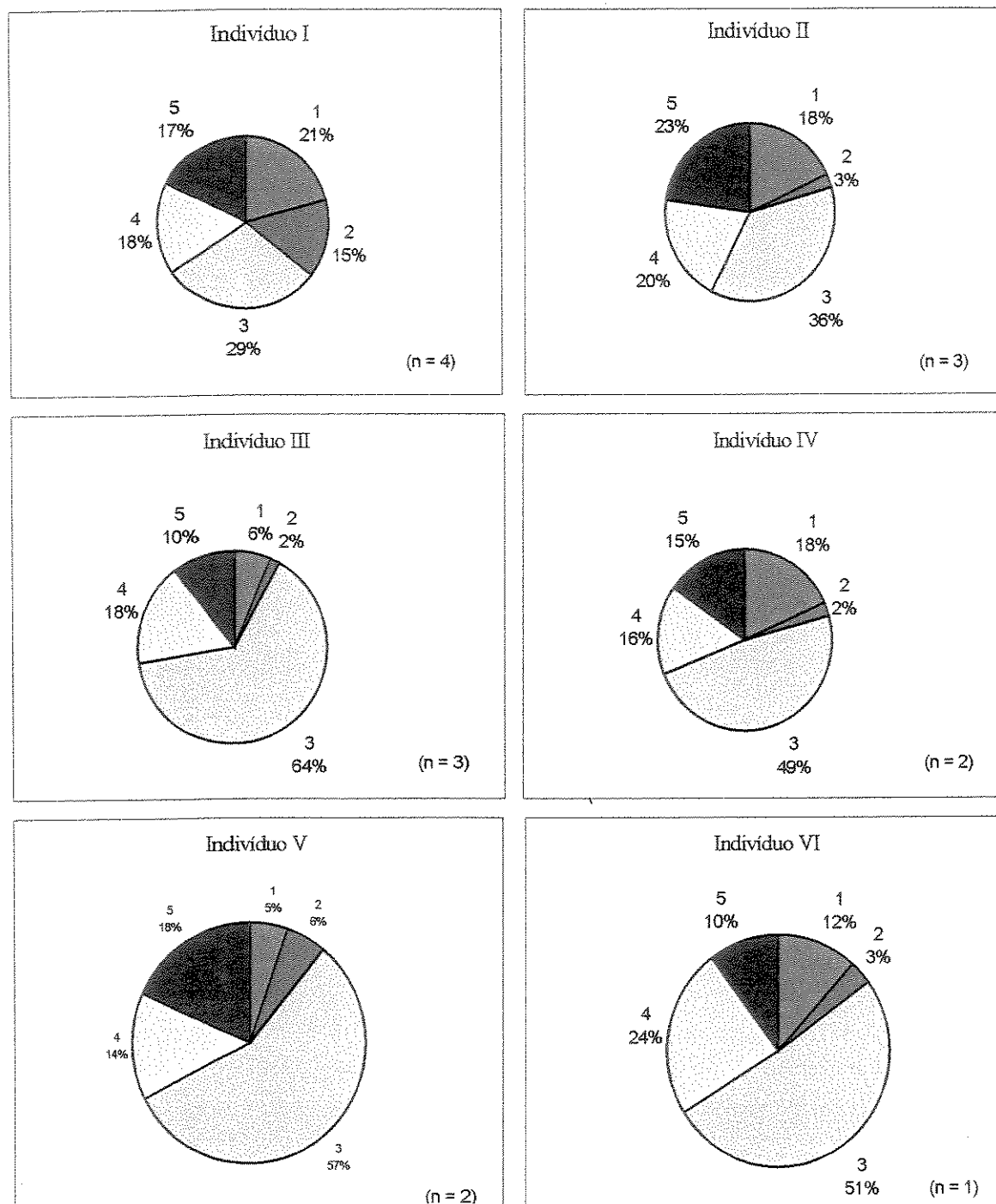


Figura 7 – Porcentagem que cada tema representa no canto de cada indivíduo.

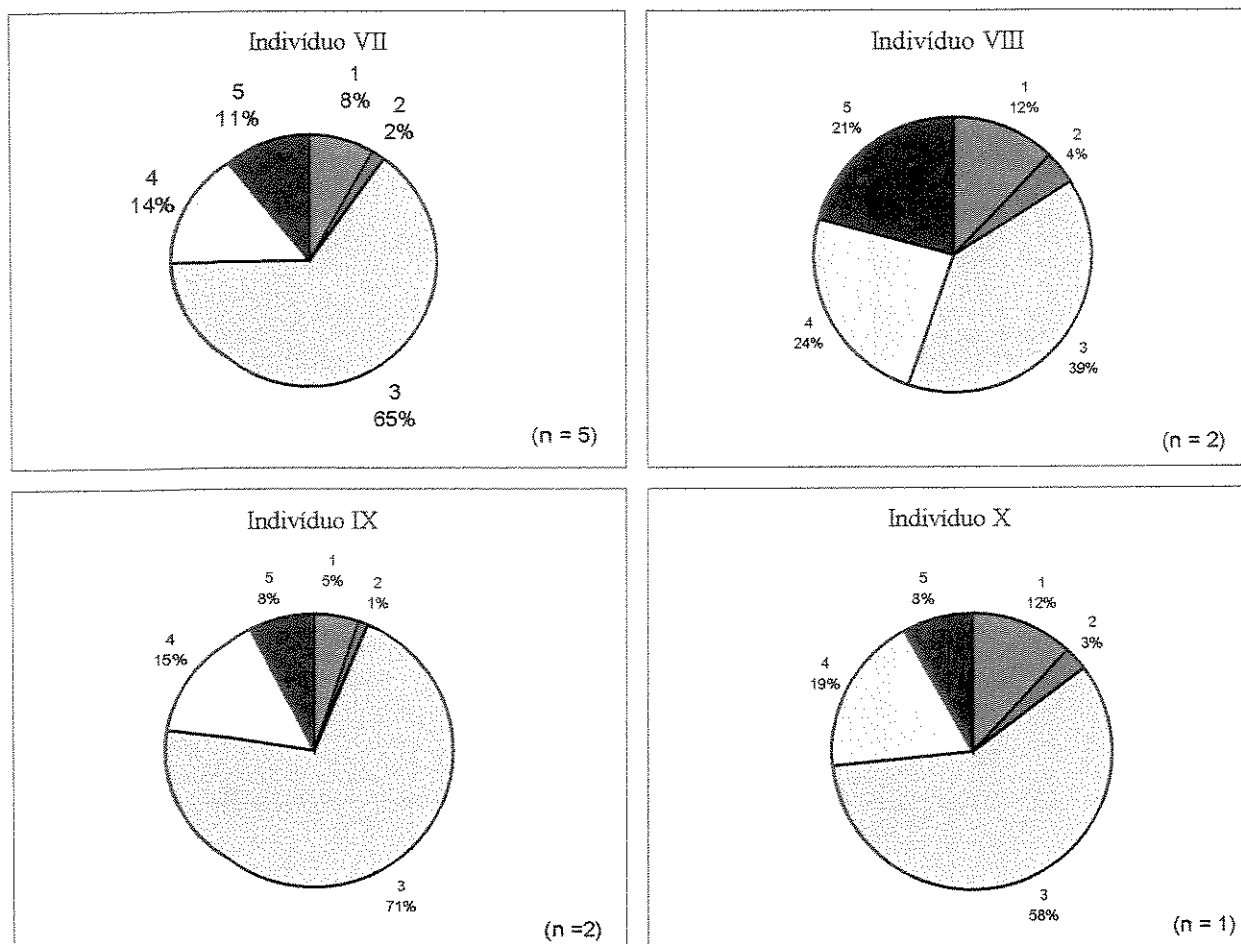


Figura 7 – Continuação.

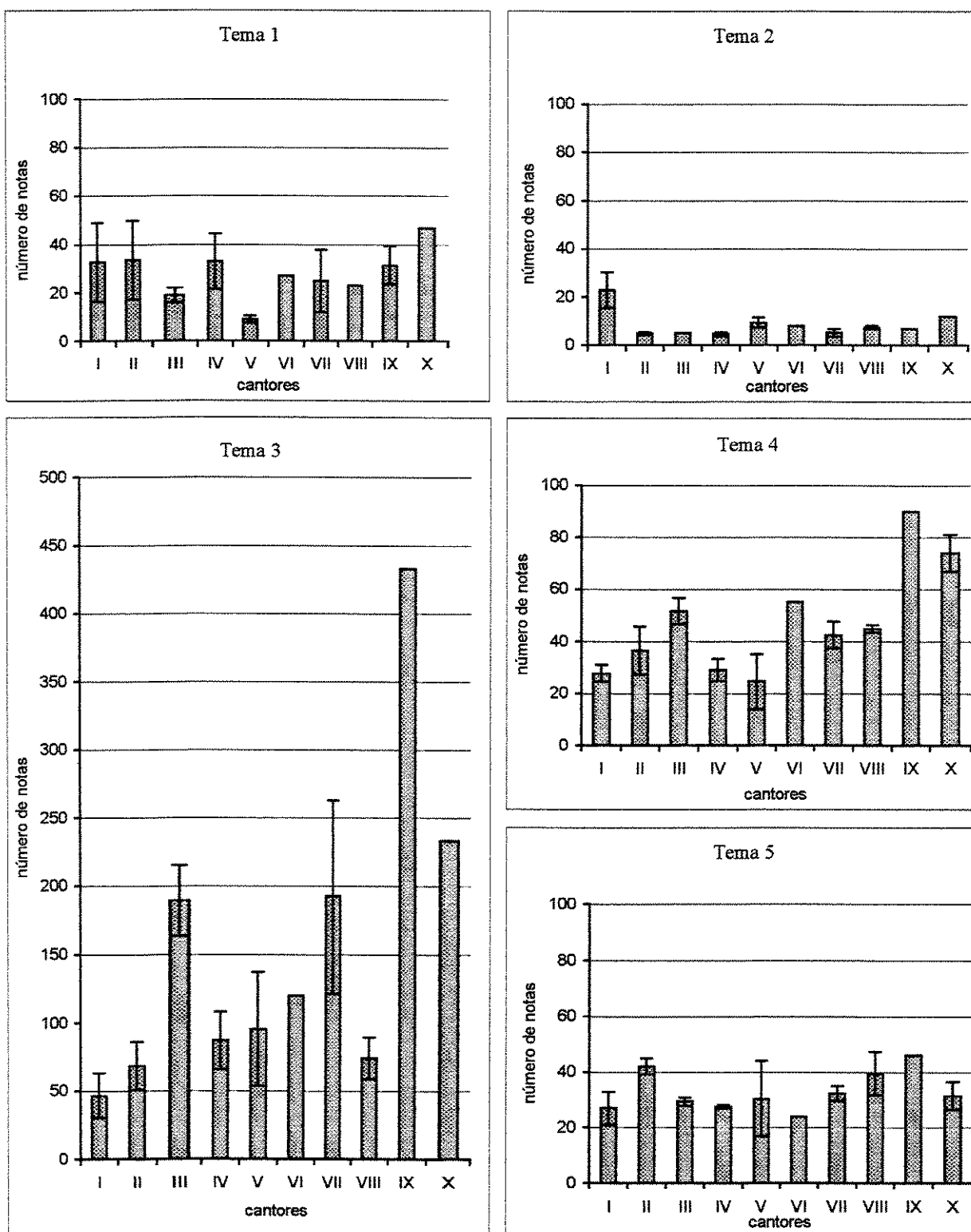


Figura 8 – Número médio de notas por tema, em cada cantor (o $\bar{n}$ para cada cantor é o número de ciclos analisados nos quais o tema do gráfico em questão está presente – ver tabela 4).

CANTO (ou ciclo)

Para a contagem do número de notas por ciclo de canto (Fig. 9), consideramos apenas ciclos completos (porém não importando em qual tema começam; i.e. um ciclo de canto pode começar no tema 1 e terminar no 5, começar no tema 3 e terminar no 2 [$3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 1 \rightarrow 2$]), para a contagem do número de notas.

O número médio de notas por ciclo de canto variou de aproximadamente cento e sessenta, no indivíduo I, a pouco mais de seiscentos, no indivíduo IX. Considerando toda a amostra, a média de notas por canto foi de $247,7 \pm 113,6$.

Aparentemente não houve relação entre a quantidade de notas no canto e o progresso da temporada reprodutiva.

A variação no número de repetições das frases em cada tema explica a variação intra-individual (representada pelas barras de desvio padrão) e a variação inter-individual no número total de notas (como foi visto anteriormente, todos os cantos possuem uma estrutura semelhante e a variação no tamanho do repertório foi apenas de 24 para, após o aparecimento da nota J, 25 notas).

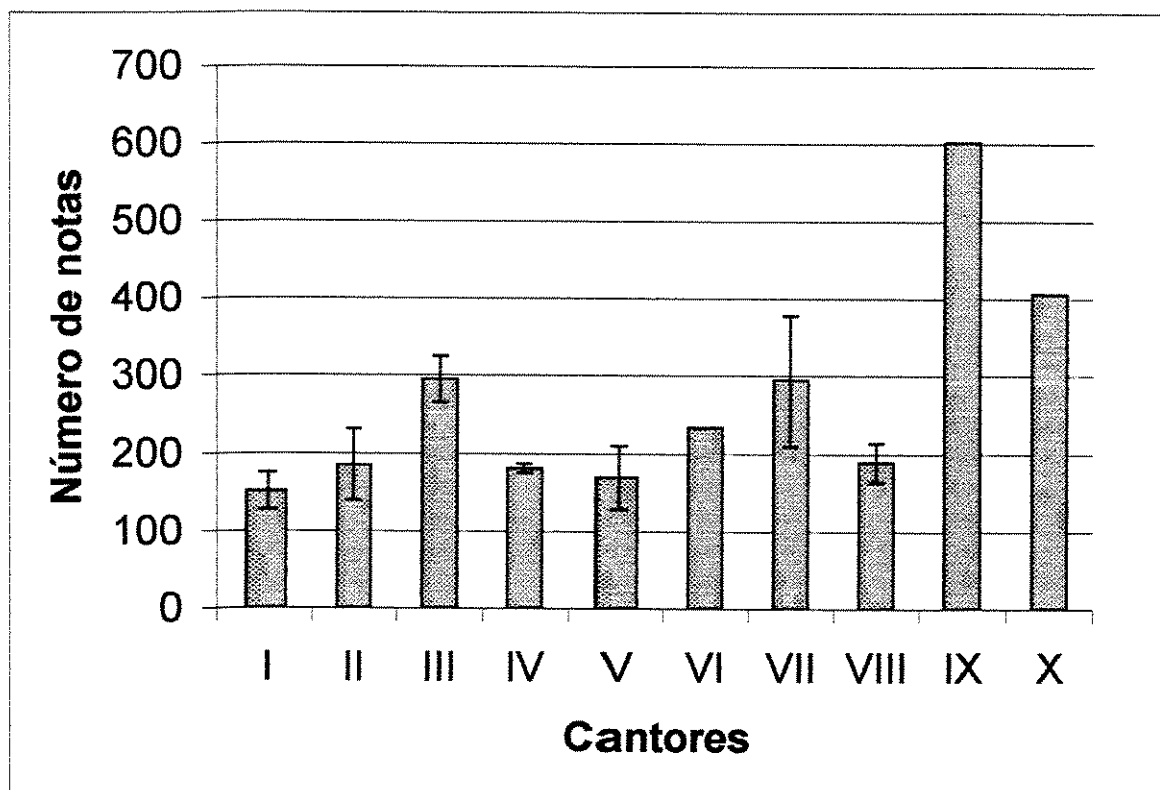


Figura 9 - Número médio de notas emitidas em cada ciclo de canto, por indivíduo. As barras sem o desvio padrão representam apenas um ciclo analisado (o n de cada cantor, que é o número de ciclos de canto usado para obter a média do número de notas por ciclo, é igual ao número de ciclos analisados na tabela 4).

Alguns resultados que merecem destaque

Todos os cantores ‘respeitaram’ a ordem dos temas

Não houve variação na sequência de emissão dos temas quando comparamos entre si as gravações de, provavelmente, diferentes indivíduos. Também não houve variação na sequência de emissão dos temas na sessão de canto de nenhum indivíduo.

Frases cantadas de forma diferente do padrão usual

No primeiro ciclo de canto do cantor V, algumas notas F, que são características do tema 3, são emitidas enquanto o tema 2 está sendo cantado (frase EFFED). Apesar de todos os tipos de notas que compõem o tema 2 estarem presentes, em nenhuma ocasião a frase EED, característica deste tema, é emitida. Este é o único caso no qual nenhuma frase de um tema é emitida conforme o padrão geral. No segundo ciclo de canto deste mesmo cantor todos os temas, incluindo o tema 2, são cantados de acordo com o padrão geral.

A frase MLMLML HM é emitida por quatro dos cinco primeiros cantores da temporada - a exceção é o cantor IV, gravado no dia 16 de setembro (veja esta frase na figura 5). Apesar dos cantores gravados posteriormente emitirem algumas notas M e L seqüencialmente, em nenhuma ocasião a frase completa aparece. Estes dois tipos de notas são emitidos seqüencialmente durante a transição do tema 3 para o 4.

Frases de transição

A passagem do tema 4 para o 5 é, geralmente, progressiva. Em outras palavras, as características acústicas das notas são alteradas de forma que cada vez mais elas assemelham-se às notas do tema seguinte, fazendo com que a impressão auditiva e espectral seja a de uma transição gradual de um tema para o outro.

Ritmo

O ritmo do canto permanece relativamente constante nos temas 1, 2, 3 e 5. No entanto, observamos uma aceleração na emissão de notas no tema 4 - notas são M, N, O, P e Q (Fig. 10).

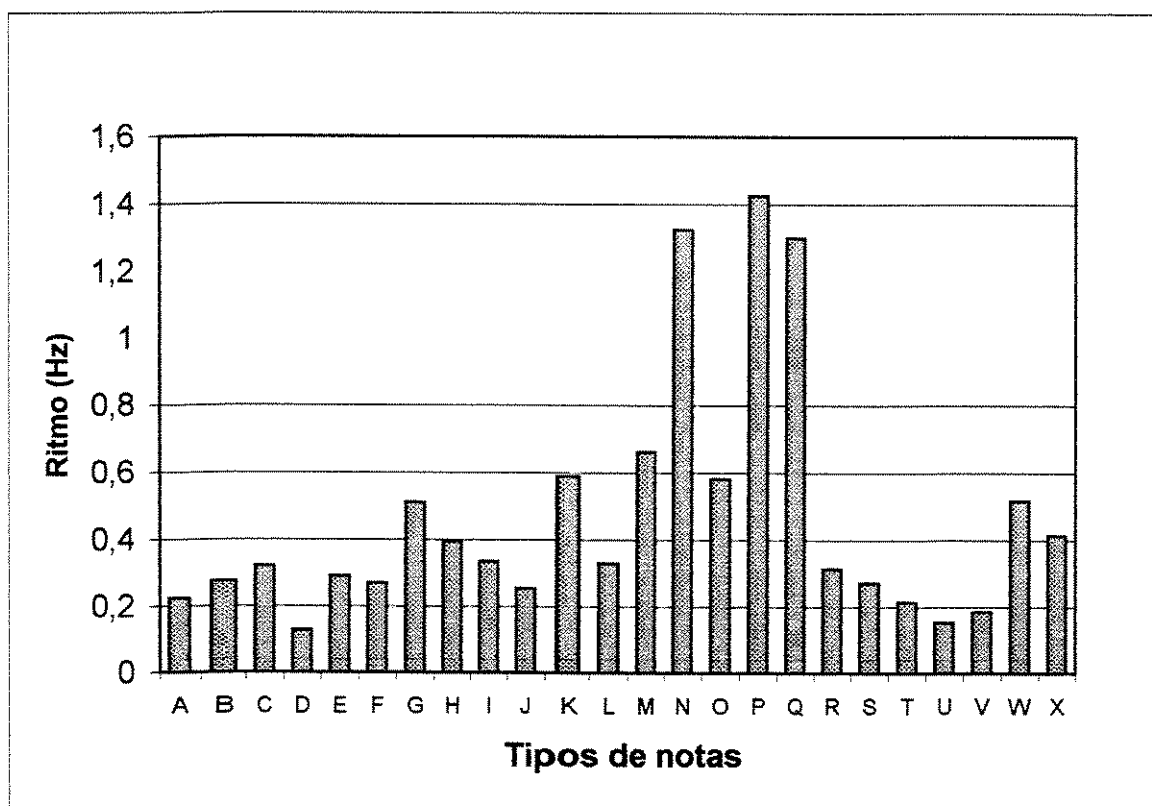


Figura 10 - Número de notas emitidas por segundo, ou ritmo, em Hertz (Hz). O n de cada nota é o mesmo que foi apresentado na tabela 2.

O desaparecimento da terminação HM

Todos os cantores gravados antes do dia 16 de setembro, aproximadamente o meio da temporada reprodutiva, emitem a terminação HM. O cantor I, gravado no dia 13 de julho, termina 100% das frases do tema 3 com HM. O cantor II termina 41,2%, enquanto os cantores III, IV e V terminam, respectivamente, 9,1%, 7,7% e 7,4% de suas frases com HM - todas as outras frases destes cantores terminam com HH, HI ou II. A terminação HM desaparece do canto a partir do cantor VII (Fig. 11).

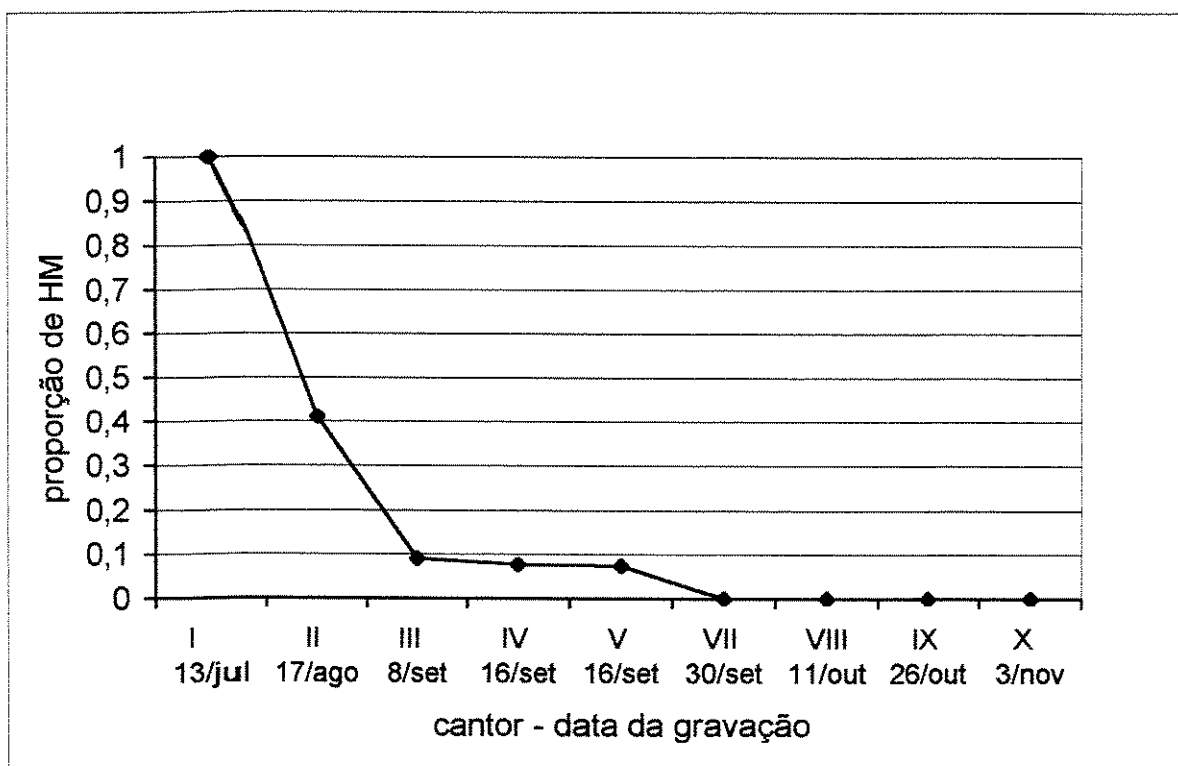


Figura 11 – Proporção da terminação HM nas frases do tema 3.

O aparecimento da nota J

A nota J surge pela primeira vez no canto do indivíduo IV, gravado no dia 16 de setembro. Todos os cantores gravados posteriormente emitem esta nota (Fig. 12).

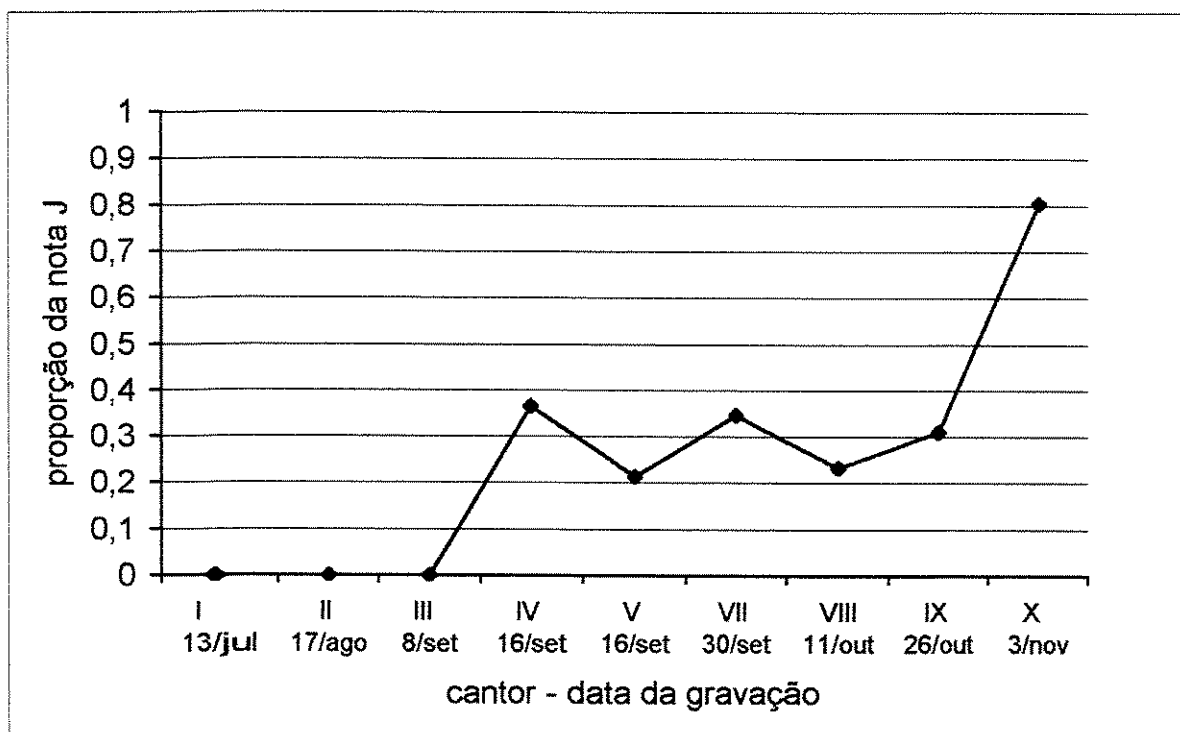


Figura 12 – Proporção das notas J nas frases do tema 3.

Variação inter-individual

Durante a parte inicial da nossa análise, observamos que os cantores emitiam algumas notas do tema 5 de forma diferente. Além disso, aparentemente estas diferenças não estavam relacionadas à alteração do canto ao longo da temporada reprodutiva; eram, portanto, variações inter-individuais.

Decidimos separar as frases do tema 5 em dois grupos, tomando como parâmetro a complexidade estrutural das notas presentes na segunda parte das frases, e fizemos uma análise quantitativa da distribuição destas notas no canto dos indivíduos. No primeiro grupo colocamos as notas X e W, estruturalmente mais simples, e no segundo as notas mais elaboradas S, T, U e V (veja o sonograma na Fig. 13). Contamos o número de notas pertencentes a cada um dos dois grupos por ciclo e fizemos um histograma com os valores obtidos (Fig. 14). Para esta classificação a nossa amostra foi demasiado pequena para que pudesse ser feita qualquer análise estatística. No entanto, apesar desta ser obviamente uma agregação artificial, ela nos pareceu útil para visualizar a variação existente no canto deste ano.

Nossa análise demonstrou que cada indivíduo emite uma proporção diferente das notas pertencentes a cada um dos dois grupos que estabelecemos. Por exemplo, no cantor I, as notas S, T e/ou U aparecem a uma proporção de 0,16 (e, portanto, as notas W e/ou X a 0,84); a maioria das suas frases são RR WW(X). Outros, como por exemplo, o IV, o III e o V emitem as notas S, T e/ou U a uma proporção de 0,29, 0,34 e 0,42, respectivamente. Já o cantor VII emite as notas S, T e U a uma proporção de aproximadamente 0,76; uma frase comum deste indivíduo é RR STU.

Em todos os cantos, o tema 5 é iniciado com a emissão de frases contendo as notas W e X e terminado em frases que contém predominantemente as notas tipo S, T e U. Em nenhuma ocasião esta ordem é revertida. Além disso, a transição é geralmente gradual, sendo as notas S, T e U formadas pela fusão da nota R com a nota W e/ou X (olhando para o sonograma do meio da figura 13, imagine uma fusão da segunda nota R com a W adjacente e compare isto com a nota S abaixo).

Esta variação foi observada em gravações de boa qualidade nas quais as notas são claramente audíveis e, portanto, não foi artefato de nenhum processo de degradação do som desde a sua emissão (cantor) até a fonte receptora (hidrofone).

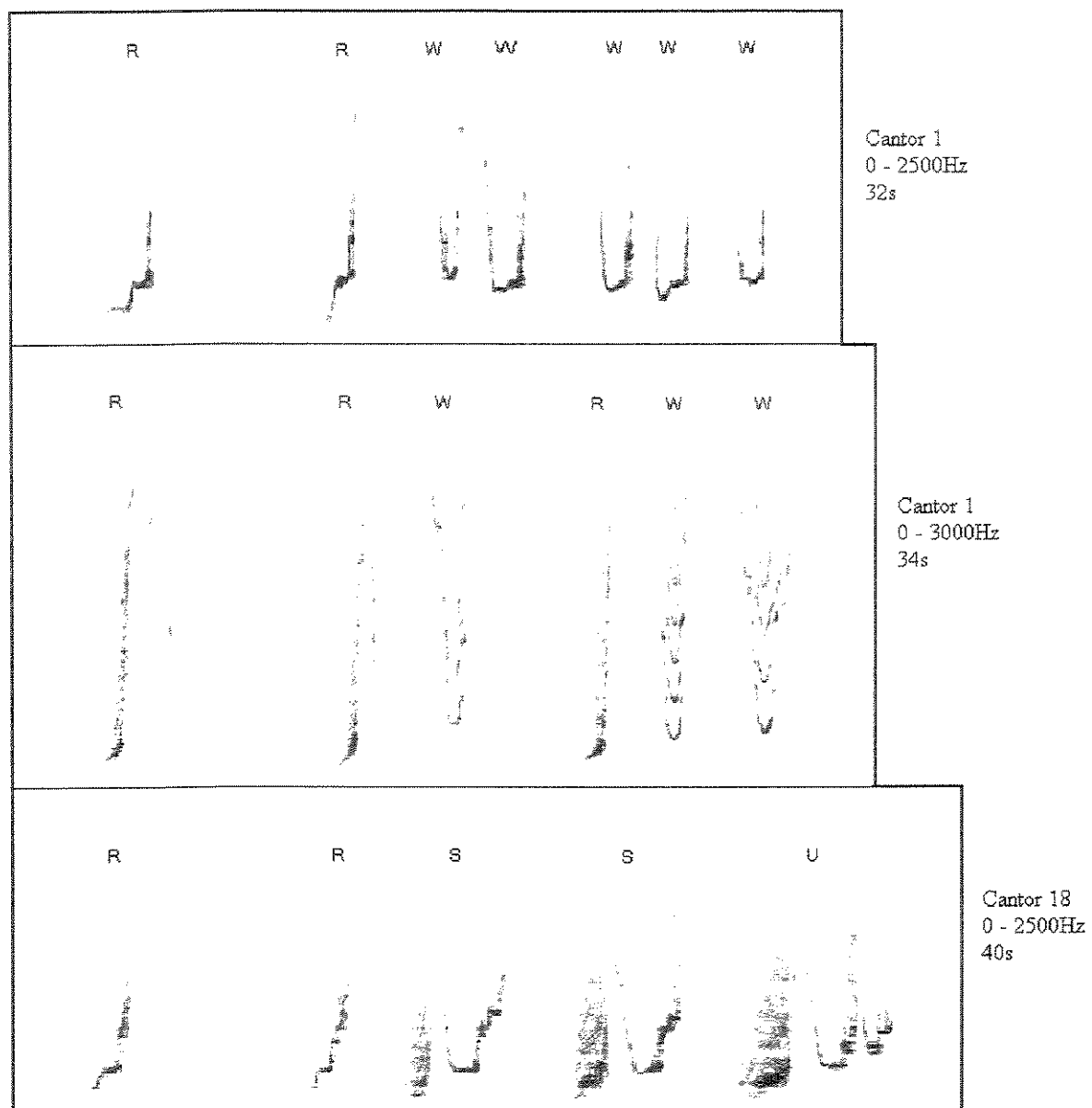


Figura 13 – Exemplo das frases do tema 5.

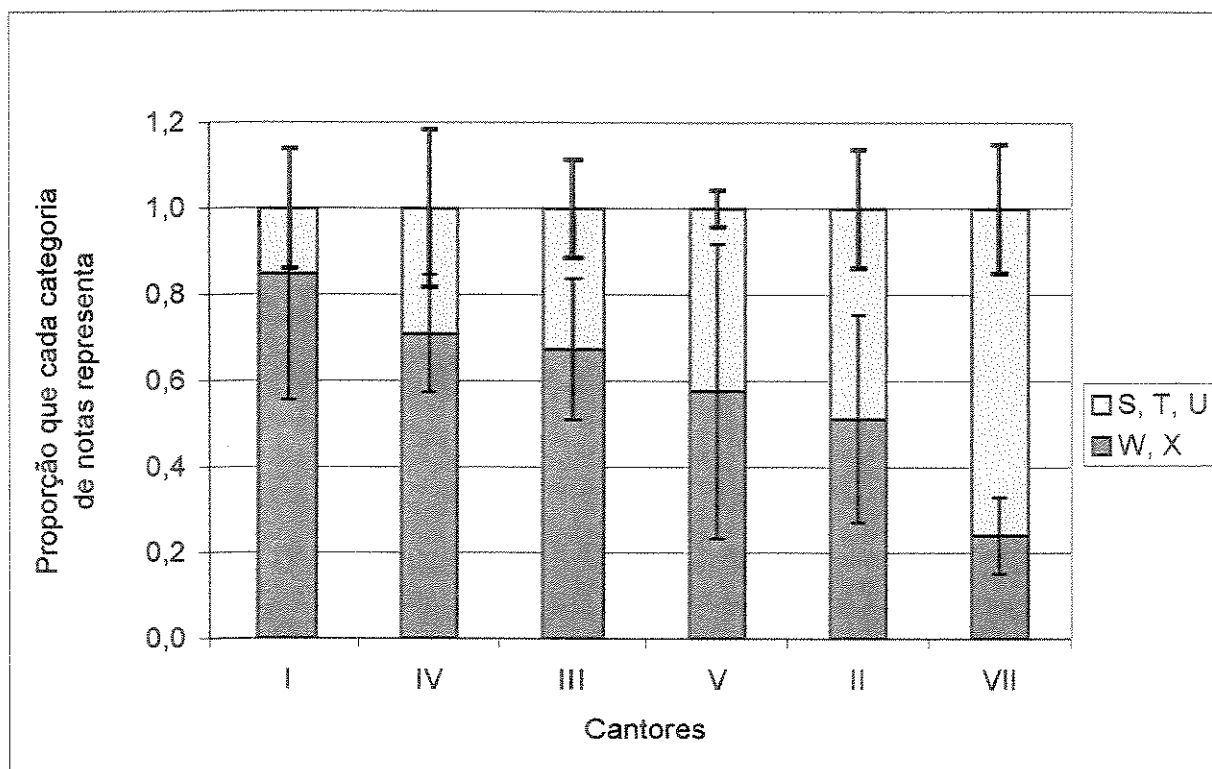


Figura 14 – Proporção de notas 'elaboradas' e 'não elaboradas' no tema 5 de cada indivíduo.

DISCUSSÃO

Tamanho do repertório da população brasileira

Nossa análise identificou um total de 24 tipos de notas no canto do ano 2000. Este valor é mais elevado que as 12 a 15 notas que Cato (1991) considerou típico para o canto das populações australianas. Apesar da possibilidade de que o número mais elevado de tipos de nota seja uma característica da população do oceano Atlântico sul ocidental, existem duas outras possíveis explicações: nós estabelecemos limites mais estreitos para a variação encontrada nas características das notas, o que resultou em um número maior de tipos de notas; ou, o ano 2000 não foi típico para a população brasileira.

Uniformidade na organização de todos os cantos analisados

Todos os cantos constituem-se dos mesmos 5 temas. Nenhum tema desapareceu de qualquer canto analisado e também não encontramos reversões na ordem na qual os temas são cantados. Esta uniformidade contrasta com o fato que, entre cantores de qualquer população que cantam o padrão regional, vários outros estudos da Baleia-jubarte encontraram algumas diferenças na estrutura do canto (ex: Winn & Winn, 1978; Payne & Payne, 1985; Chu & Harcourt, 1986; Helweg *et. al.*, 1990; Cato, 1991; Helweg *et. al.*, 1998; Cerchio *et al.*, 2001). No entanto, não podemos descartar a possibilidade de que este padrão seja peculiar à nossa amostra.

Variação intra e inter-individual na quantidade de notas

Não foi encontrado nenhum padrão que explique a variação na quantidade de notas ou de frases no canto dos indivíduos. Aparentemente ela não está relacionada ao progresso da temporada reprodutiva. Payne e Payne (1985), num estudo da alteração do canto ao longo de 19 anos, concluíram que os cantos de uma mesma população são semelhantes na estrutura das frases e dos temas, assim como na previsibilidade das seqüências, porém imprevisíveis quanto ao número de frases em qualquer tema, seja de diferentes indivíduos ou em uma mesma sessão de canto. A conclusão destes autores pode ser extrapolada para o presente estudo.

O ritmo e a idade do tema

O tema 4 possui a maior frequência de emissão de notas e, apesar de não sabermos as verdadeiras implicações da variação existente no ritmo de emissão dos temas de um mesmo canto, apresentamos a possibilidade, baseado nas conclusões tiradas por Payne e Payne (1985), de que este seja o tema mais novo do canto da população brasileira no ano 2000. Dentre os vários processos envolvidos na alteração do canto ao longo do tempo, Payne e Payne (*op. cit.*) observaram que o ritmo possui um importante papel. Segundo estes autores, à medida que um tema ‘envelhece’ o ritmo de emissão de suas notas tende a diminuir. Ou seja, os temas de anos posteriores tendem a ser cantados mais devagar do que os temas que surgiram mais recentemente. Ainda segundo estes autores, esta regra era tão confiável a ponto da observação do ritmo dos temas de um determinado canto da amostra deles ser suficiente para descobrir em que ano ele havia sido gravado. Caso esta afirmação seja uma característica do canto da Baleia-jubarte em todo o mundo, podemos esperar que o tema 4 seja o tema mais novo do canto da população brasileira no ano 2000. Talvez a melhor forma de verificar, ou refutar, esta hipótese, seja através de um acompanhamento do canto desta população nos anos subsequentes a este trabalho.

Permutabilidade das notas

Nós observamos uma certa permutabilidade entre notas que ocupam posições semelhantes nas frases do tema 3. As notas G e K, as notas F, J, e L, e as notas H e I apresentam esta permutabilidade. Esta situação é semelhante ao que Guinee e Payne (1988) chamaram de um tema com frases mutáveis, apesar de que aparentemente existem algumas pequenas diferenças, mencionadas a seguir. Varias combinações dos diferentes tipos de notas formam frases, ao contrário da baixa variabilidade nos tipos de frases apresentada nos sonogramas de Guinee e Payne (*op. cit.*), e, a alteração às vezes é revertida e o ponto onde esta reversão ocorre parece ser imprevisível, o que contrasta com a mudança progressiva e irreversível mostrada no artigo deles. Apesar de termos encontrado vários tipos de frases neste tema, exceção feita à terminação HM, discutida posteriormente, todas as frases terminam em HH, HI ou II. Isto é semelhante ao que Guinee e Payne (*op. cit.*) e Gray *et al.* (2001) chamaram de rima. Se desconsiderarmos as variações na classificação dos temas, uma possibilidade já levantada por Guinee e Payne (*op. cit.*), encontramos sub-frases em

rima no tema 3 do canto deste ano (apesar de não as chamarmos de sub-frases de múltiplos temas pois, de acordo com a nossa classificação, elas ocorrem todas no mesmo tema).

Frases de transição

Na passagem do tema 3 para o 4 observamos algumas frases de transição, equivalente ao que Payne e Payne (1985) chamaram de *transitional phrase*. Nestas frases, notas características de cada um dos temas adjacentes são emitidas de forma alternada formando uma frase que possui material de ambos os temas em questão.

Notas surgem a partir da modificação de outras

Alguns tipos de notas parecem originar-se a partir da modificação de outros tipos. Por exemplo, a formação da nota A inicia-se por um aumento gradual da duração e um achatamento da frequência da primeira sub-unidade das notas tipo S, T e/ou U (estas três notas iniciam-se da mesma forma), até que, após algumas emissões destas, a segunda sub-unidade desaparece e a nota A começa a ser emitida – neste ponto inicia-se o tema 1. Algumas notas do tema 4 também parecem transformar-se gradualmente em determinadas notas do tema 5, o que confere a impressão de uma transição gradual entre estes temas. Por exemplo, a nota M dá origem à R, a nota N à W e a nota O à X. Esta transformação de algumas notas originando outras foi observada por Winn e Winn (1978). Segundo estes autores, os ‘sons evoluem à medida que o canto prossegue e desta forma novos tipos de sons são formados’.

Alterações no canto com o progresso da temporada reprodutiva

Identificamos duas variações inter-individuais que parecem estar relacionadas com a progressão da temporada reprodutiva. São elas, o aparecimento da nota tipo J em todos os cantos gravados após o dia 16 de setembro e o desaparecimento da terminação HM depois do dia 30 de setembro. Vários autores já observaram que o canto muda ao longo do tempo (Winn & Winn, 1978; Payne & Payne, 1985; Mattila *et al.* 1987; Guinee & Payne, 1988; Cato, 1991, Dawbin & Eyre, 1991; Noad *et al.* 2000; Cerchio *et al.* 2001). Dado que provavelmente nenhum dos nossos cantores foi gravado em mais de uma ocasião, não podemos descartar a possibilidade de que as diferenças são resultantes de uma variação

individual. No entanto, este é um padrão forte nos nossos dados e por isso acreditamos ser possível que o canto da população brasileira no ano 2000 tenha sofrido pequenas alterações em sua estrutura, relacionadas à progressão da temporada reprodutiva.

Variação inter-individual nas habilidades de compor e aprender as alterações do canto e as possíveis implicações disto para a aptidão dos indivíduos.

Existe, nos cantos por nós analisados, uma variação na proporção de notas ‘elaboradas’ no tema 5 de cada indivíduo (Fig. 14). Com base em nossos resultados, sugerimos que o objetivo de todos os cantores era emitir estas notas ‘elaboradas’, porém que alguns conseguiram fazê-lo melhor que outros.

Habilidade para cantar

Parece-nos natural supor que diferentes cantores tenham diferentes habilidades para aprender as alterações na estrutura do canto e, conseqüentemente, o tempo necessário para incorporá-las deve variar individualmente. Assim sendo, os cantores que aprendem mais rápido as alterações cantam um canto mais novo mais cedo na temporada reprodutiva. Ao cantarem, eles estarão, portanto, enviando uma informação confiável a respeito de suas habilidades em aprender. Esta informação pode ser usada por outras baleias como parâmetro de decisão quanto a interagir ou não com o cantor.

Não é necessário que notas elaboradas surjam todo ano

Na idéia que apresentamos acima, não há qualquer inferência quanto a um grau mínimo de alteração do canto e obviamente não é necessário que notas elaboradas surjam anualmente. Casos nos quais a alteração do canto foi altamente irregular ao longo de alguns anos são conhecidos há tempos (Payne & Payne, 1985; Cato, 1991; Noad *et al*, 2000). O desafio de aprender parece variar bastante ano a ano.

Inovação e aprendizagem

Mundinger (1982), em sua revisão sobre as variações geográficas nas vocalizações aprendidas pelas aves, discutiu o nível de conhecimento sobre os dialetos regionais e as potenciais implicações da existência de tais dialetos. Segundo o autor, os dialetos não

podem estar sujeitos à seleção pois são propriedades dos grupos, e não do indivíduo. Mas, por outro lado, padrões silábicos (notas) adquiridos individualmente podem ter uma função social ou adaptativa para indivíduos específicos em sistemas de comunicação específicos. Ou seja, o autor apresenta a possibilidade de que variações individuais no canto podem influenciar no estabelecimento das relações entre os indivíduos de uma população. K. Payne, que há mais de 30 anos estuda o canto da Baleia-jubarte, em comunicação pessoal a Cerchio *et al.* (2001), sugeriu que os machos que “demonstram conformidade com a versão atualizada do canto e que apresentam inovações” podem ter uma vantagem adaptativa. É possível, portanto, que exista uma força motriz que induza os indivíduos a inventarem novas notas, que ‘obrigue’ os outros a, no mínimo, aprenderem estas alterações, e que a capacidade de acompanhar tais alterações possa ser um indício da aptidão de cada um deles.

Talvez um dos resultados mais surpreendentes sobre o canto da Baleia-jubarte, que parece estar em acordo com a suposição de K. Payne apresentada no parágrafo anterior, tenha sido o de Noad *et al.* (2000). Em 1996, os autores gravaram 82 seções de canto. Destas, 80 indivíduos cantavam o padrão geral da população da costa leste australiana. Porém, dois cantavam um canto novo, completamente diferente dos demais. Em 1997 a maioria dos indivíduos ainda cantava o canto velho, mas a frequência do novo havia aumentado bastante (para aproximadamente 30%), e três indivíduos cantavam um canto intermediário que continha temas tanto do velho quanto do novo. Em 1998, todos os indivíduos gravados cantavam o canto novo. Posteriormente os autores descobriram que o canto que eles vinham chamando de novo era quase idêntico ao que havia sido gravado na costa oeste australiana em 1996. Ou seja, a população da costa leste inteira (com aproximadamente 3900 indivíduos em 1999, segundo Paterson *et al.* (2001)) mudou seu canto completamente em menos de três anos, aparentemente em decorrência da imigração de uns poucos cantores provenientes da costa oeste australiana.

Mas que aspecto do canto pode ser usado por outros indivíduos para avaliar a habilidade do cantor?

Devido aos fenômenos de degradação da onda sonora, as variações sutis no timbre tendem a ser drasticamente reduzidas ou até mesmo perdidas com o aumento da distância -

já que os ouvintes (qualquer indivíduo que esteja escutando) geralmente encontram-se a distâncias bastante variadas dos cantores, o timbre não é um parâmetro adequado para comparação. Por outro lado, as notas podem ser ouvidas a distâncias bastante variáveis (respeitando os limites físicos da propagação), e por isso a habilidade dos machos em cantá-las pode ser prontamente averiguada. Desta forma, o canto poderia ser usado pelos ouvintes (tanto fêmeas quanto machos), para decidir quanto a interagir ou não com os cantores. Para as fêmeas esta decisão poderia envolver a escolha de um potencial parceiro reprodutivo. Para os machos o canto poderia mediar o primeiro estágio de uma disputa - talvez escalonada, sendo o segundo a aproximação do ouvinte ao cantor e o terceiro estágio uma natação lado a lado durante um curto período de tempo. Estes dois últimos comportamentos foram observados por Tyack (1981). Obviamente o primeiro estágio não pode ser observado, pois até os dias atuais não é possível decifrar os pensamentos de uma baleia!

Como o desempenho de um cantor em manter sua posição pode ser avaliado pelos ouvintes?

Em sua reflexão sobre as possíveis funções do canto, Tyack (1999) sugeriu que, uma vez que os cantores geralmente param de cantar quando uma outra baleia aproxima-se para interagir – e dependendo do resultado da interação, o cantor ou a outra baleia podem começar a cantar em um ponto próximo de onde ocorreu o encontro enquanto o outro indivíduo afasta-se do local em silêncio – as fêmeas podem monitorar tais interações ‘com pouco esforço e a uma distância confortável’ e usar esta informação para escolher um parceiro reprodutivo em potencial. Além disso, apesar de reconhecer a falta de informação a esse respeito, este mesmo autor sugere que as fêmeas, além de monitorar os resultados das interações, podem ‘apresentar preferência por determinados cantos’.

A questão da composição

O processo através do qual as alterações do canto são criadas é completamente desconhecido. Sabe-se que todos os cantores da população acabam por incorporar as alterações, mas não se sabe, por exemplo, se elas são inventadas por um único indivíduo, se por vários que incorporam um pouco das alterações uns dos outros até que um limiar seja

alcançado e a nova versão do canto comece a se espalhar, e/ou se são indivíduos diferentes que compõem em anos diferentes. Até hoje ninguém jamais pôde ter certeza de que estava gravando um compositor e não um indivíduo que estava imitando um canto que havia ouvido em outro momento.

No entanto, apesar de todas estas incertezas com relação aos compositores, sabemos que estes serão sempre os primeiros a apresentar um canto novo, e por isso terão uma vantagem adaptativa sobre os demais.

A função comportamental do canto e o desafio de aprender

Como mencionado anteriormente, vários estudos do canto da Baleia-jubarte enfatizaram o fato de que todos os machos de uma mesma população aprendem a versão atual do canto, enfatizando portanto o aspecto da uniformidade. Nós sugerimos que, na busca de um melhor entendimento da função comportamental, ao invés de concentrar a atenção exclusivamente na uniformidade entre os cantores, a habilidade de cada um em aprender as mudanças deve ser encarada como um aspecto crucial do processo de alteração do canto. Apesar deste certamente não ser o único mecanismo a influenciar as interações dos cantores com outras baleias, a capacidade de lidar melhor com o desafio do aprendizado pode ser um indício de aptidão.

CONCLUSÕES

- 1) A análise apresentada neste estudo demonstrou ser eficiente para desvendar o padrão geral do canto da Baleia-jubarte e acompanhar sua alteração ao longo do tempo, bem como para detectar certas variações individuais que possivelmente têm um papel importante na biologia da espécie.
- 2) Acreditamos que, nesta espécie, o canto possui a função de atrair as fêmeas e de delimitar territórios reprodutivos temporários entre os machos. Estes territórios não possuem qualquer tipo de recurso, pois, como foi explicado na introdução deste trabalho, não há alimento nas zonas de reprodução, as fêmeas evitam-se mutuamente, movem-se continuamente e se distribuem de forma irregular no espaço. Por isso, concordamos com o termo '*floating leek*' apresentado por Clapham (1996), o qual traduzimos (não ao pé da letra) para 'leque móvel', para descrever este aspecto do sistema reprodutivo da Baleia-jubarte (vale lembrar que, além de cantarem, os machos também brigam diretamente pelo acesso às fêmeas, formando os grupos competitivos). A única diferença entre o leque móvel e o conceito tradicional de leque é que no primeiro os machos se movimentam de forma imprevisível no espaço enquanto no segundo os territórios são imóveis enquanto a exibição está ocorrendo.
- 3) O estudo do canto permite monitorar o intercâmbio de machos cantores entre as diferentes populações do mundo (lembrar que todos os cantores são machos, mas não se sabe se todos os machos cantam).
- 4) Estudar o canto das baleias (a generalização é proposital), que são provavelmente os organismos marinhos que apresentam a maior sensibilidade ao som, além de interessante do ponto de vista estritamente científico, também possui um importante papel na conservação destes animais e do ambiente no qual vivem. Acreditamos que dois dos principais motivos são:

a) O apelo emocional que os cetáceos exercem sobre as pessoas torna estes animais importantes símbolos para a conservação não apenas deles, mas de todos os organismos marinhos.

b) O estudo dos sons produzidos pelos cetáceos é importante para a preservação da vida no mar.

Ao contrário do que a maioria das pessoas imagina (ou talvez a maioria nem pensa a respeito por ser algo um pouco distante da nossa realidade quotidiana), o ambiente aquático é, naturalmente, extremamente barulhento. Os principais componentes do barulho de fundo dos oceanos são o vento, a chuva, os animais marinhos e, mais recentemente, os sons produzidos por navios distantes, segundo um estudo feito por Cato e McCauley (2002) em águas australianas. De acordo com estes mesmos autores, uma vez que o som se propaga muito melhor na água que no ar, nos oceanos cada local tende a sofrer influências de fontes sonoras muito mais distantes do que regiões que se encontram no ambiente aéro-terrestre.

Como vimos anteriormente, os cetáceos são mamíferos marinhos que dependem do som em grande parte das suas atividades. Além disto, a banda de frequências que estes animais utilizam é bastante ampla (desde o infra-som até o ultra-som), e por isso os sons produzidos pelas nossas atividades entram em conflito direto com os sons que eles utilizam para se comunicar.

Dentro deste contexto, o homem vem continuamente aumentando sua contribuição para o barulho de fundo dos oceanos, como por exemplo, o aumento do tráfego de embarcações de carga, turismo e pesca, as prospecções sísmicas e os testes militares com explosivos. Infelizmente, temos muito pouco conhecimento das conseqüências de todas estas atividades antrópicas para a vida no mar. Por isso, o estudo dos sons produzidos pelos cetáceos é importante para tentarmos prever o impacto de nossas atividades sobre os organismos marinhos e, para que, a partir disto, possamos estabelecer regras coerentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alcock, J. 1979. *Animal Behaviour: An evolutionary approach*. Sunderland, Massachusetts. Sinauer Associates.
2. Baker, C. S. & Herman, L. M. 1984. Aggressive behavior between humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) wintering in Hawaiian waters. *Canadian Journal of Zoology* 62: 1922-1937.
3. Berta, A. & Sumich, J.L. 1999. *Marine mammals: evolutionary biology*. Academic Press. California. 494p.
4. Bradbury, J. W. & Vehrencamp, S. L. 1998. *Principles of Animal Communication*. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts.
5. Catchpole, C.K. 1982. The evolution of bird sounds in relation to mating and spacing behaviour. p 297-239. In: D.E. Kroodsma & E.H. Miller (Eds.) *Acoustic Communication in Birds, vol 1: Production, perception and design features of sounds*. Academic Press, New York, NY.
6. Cato, D. H. 1991. Songs of Humpback Whales: the Australian perspective. *Memoirs of the Queensland Museum*. p. 277-290.
7. Cato, D.H. & McCauley, R.D. 2002. Australian research in ambient sea noise. *Acoustics Australia* 30(1): 13-20.
8. Cerchio, S. & Dahlheim, M. Variation in feeding vocalizations of Humpback Whales *Megaptera novaeangliae* from southeast Alaska. *Bioacoustics*. 11: 227-295.
9. Cerchio, S., Jacobsen, J. K. & Norris, T. F. 2001. Temporal and geographical variation in songs of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*: synchronous change in Hawaiian and Mexican breeding assemblages. *Animal Behaviour* 62: 313-329.
10. Chu, K. & Harcourt, P. 1986. Behavioral correlations with aberrant patterns in humpback whale songs. *Behavioral Ecology Sociobiology* 19: 309-312.
11. Clapham, P. J. & Mattila, D. K. 1990. Humpback whale songs as indicators of migration routes. *Marine Mammal Science* 6: 155-160.
12. Clapham, P.J. 1992. The attainment of sexual maturity in humpback whales. *Canadian Journal of Zoology* 70: 1470-1472.

13. Clapham, P.J. 1993. Social organization of humpback whales on a North Atlantic feeding ground. *Symposium of the Zoological Society of London* 66: 131-145.
14. Clapham, P. J. 1996. The social and reproductive biology of humpback whales: an ecological perspective. *Mammal Review* 26: 27-49.
15. Clapham, P.J., Braff, L.S., Carlson, C.A., Christian, M.A., Mattila, D.K., Mayo, C.A., Murphy, M.A. & Pittman, S. 1993a. Seasonal occurrence and annual return of humpback whales in the southern Gulf of Maine. *Canadian Journal of Zoology* 71: 440-443.
16. Clapham, P.J., Matilla, D. K. & Palsboll, P. J. 1993b. High-latitude-area composition of humpback whale competitive groups in Samana Bay: further evidence for panmixis in the North Atlantic population. *Canadian Journal of Zoology* 71: 1065-1066.
17. Darling, J.D. & Bérubé, M. 2001. Interactions of singing humpback whales with other males (*Megaptera novaeangliae*). *Marine Mammal Science* 17(3): 570-584.
18. Darwin, C. 1871. *The descent of man and selection in relation to sex*. J. Murray, London.
19. Dawbin, W.H. & Eyre, E.J. 1991. Humpback whale songs along the coast of Western Australia and some comparison with East Coast songs. *Memoirs of the Queensland Museum*. p. 249-254.
20. Funatura/ Ibama. 1991. *Plano de Manejo do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos*. Brasília. 96p.
21. Gray, P. M., Krause, B., Atema, J., Payne, R., Krumhansl, C. & Baptista, L. 2001. The Music of Nature and the Nature of Music. *Science* 291 (5 Jan. 2001): 52-54.
22. Guinee, L. N. & Payne, K. B. 1988. Rhyme-like repetitions in songs of humpback whales. *Ethology* 79: 295-306.
23. Halliday, T.R. 1998. Sex and evolution. In: *Behaviour and Evolution* (Ed. P.J.B Slater & T.R. Halliday). Cambridge University Press. 348p.
24. Helweg, D. A., Herman, L. M., Yamamoto, S. Forestell, P. H. 1990. Comparison of songs of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) recorded in Japan, Hawaii and Mexico, during the winter of 1989. *Scientific Reports of Cetacean Research* 1: 1-20.
25. Helweg, D. A., Cato, D.H., Jenkins, P.F., Garrigue, C. & McCauley, R.D. 1998. Geographic variation in South Pacific Humpback Whale songs. *Behaviour* 135: 1-27.
26. Katona, S.K. & Whitehead, H.P. 1981. Identifying humpback whales using their natural markings. *Polar Record* 20: 439-444.

27. Ketten, D.R. 1997. Structure and function in whale ears. *Bioacoustics* 8 (1 & 2): 103-136.
28. Kinas, P. G. & Bethlem, C. B. P. 1998. Empirical Bayes abundance estimation of a closed population using mark-recapture data, with application to humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in Abrolhos, Brazil. *Reports of the International Whale Commission* 48: 447-450.
29. Klinowska, M. 1991. *Dolphins, porpoises and whales of the world. The IUCN Red Data Book*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, U. K.
30. Mattila, D. K., Guinee, L. N. & Mayo, C. A. 1987. Humpback whale songs on a North Atlantic feeding ground. *Journal of Mammalogy*. 68(4): 880-883.
31. Matilla, D. K., Clapham, P. J., Katona, S. K. & Stone, G. S. 1989. Population composition of humpback whales on Silver Bank. *Canadian Journal of Zoology* 67: 281-285.
32. Mednis, A. 1991. An acoustic analysis of the 1988 song of the Humpback Whale, *Megaptera novaeangliae*, off Eastern Australia. *Memoirs of the Queensland Museum*. p. 323-332.
33. Mikhalev, Y. A. 1997. Humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Arabian Sea. *Marine Ecology Progress Series* 149: 13-21.
34. Mobley, J. R., Herman, L. M. & Frankel, A. S. 1988. Responses of wintering humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to playback of recordings of winter and summer vocalizations and of synthetic sound. *Behavioral Ecology Sociobiology* 23: 211-223.
35. Morete, M. E., Freitas, A., Engel, M. H., Clapham, P. J. & Rosenbaum, H. C. 2000. A novel behavior observed in humpback whales on wintering grounds at Abrolhos Bank (Brazil) and the Comoros Archipelago (Southeastern Africa). *Abstract Book of the Humpback Whale Conference 2000*. Queensland Museum, Brisbane, Australia.
36. Mundinger, P. C. 1982. Microgeographic and macrogeographic variation in the acquired vocalizations of birds. In: *Acoustic Communication in Birds. Vol. 2* (Ed. by D. E. Kroodsma & E. H. Miller) p. 147-208. Academic Press. New York.
37. Noad, M.J., Cato, D.H., Bryden, M.M, Jenner, M-N & Jenner, C.S. 2000. Cultural revolution in whale songs. *Nature* 408: 537.
38. Paterson, R.A., Paterson, P. & Cato, D.H. 2001. Status of Humpback Whales, *Megaptera novaeangliae*, in east Australia at the end of the 20th century. *Memoirs of the Queensland Museum*. p. 579-586.

39. Payne, R.S. & McVay, S. 1971. Songs of Humpback Whales. *Science* 173 (3997): 585-597.
40. Payne, K.B. & Payne, R.S. 1985. Large scale changes over 19 years in songs of humpback whales in Bermuda. *Z. Tierpsychol.* 68: 89-114.
41. Richardson, W. J.; Jr. Greene, C. R.; Malme, C. I.; Thomson, D. H. 1995. *Marine Mammals and Noise*, Academic Press Inc., San Diego. 576p.
42. Silva, M.L. 1996. Descrição do repertório vocal do Sabiá-laranjeira *Turdus rufiventris* (Aves, Passeriformes, Turdinae). Tese de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Neurociências e Comportamento do Instituto de Psicologia, USP-SP.
43. Silva, M.L. 2001. Estrutura e organização de sinais de comunicação complexos: o caso do Sabiá-laranjeira *Turdus rufiventris* (Aves, Passeriformes, Turdinae). Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Neurociências e Comportamento do Instituto de Psicologia, USP-SP.
44. Stone, G.S., Flores-Gonzalez, L. & Katona, S. 1990. Whale migration record. *Nature London* 346: 705.
45. Tyack, P. 1981. Interactions between singing Hawaiian humpback whales and conspecifics nearby. *Behavioral Ecology Sociobiology*. 8: 105-116.
46. Tyack, P. 1983. Differential response of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, to playback of songs or social sounds. *Behavioral Ecology Sociobiology* 13: 49-55.
47. Tyack, P. 1999. Communication and Cognition. In: *Biology of Marine Mammals* (Ed. John E. Reynolds & S. A. Rommel). p. 287-323. Smithsonian Institution Press, Washington and London. p. 578.
48. Vielliard, J. M. E. 1987. Uso da Bioacústica na observação de aves. *II Encontro Nacional de Anilhadores de Aves*, Rio de Janeiro, p. 98-121.
49. Weinrich, M. T., Bove, J. & Mioller, N. 1993. Return and survival of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) calves born to a single female in three consecutive years. *Marine Mammal Science* 9: 325-328.
50. Whitehead, H. 1983. Structure and stability of humpback whale groups off Newfoundland. *Canadian Journal of Zoology* 69: 3005-3011.
51. Winn, H. E. & Winn, L. K. 1978. The song of the Humpback Whale *Megaptera novaeangliae* in the West Indies. *Marine Biology* 47: 97-114.

52. Wiley, R.H. 1994. Errors, Exaggeration, and Deception in Animal Communication. In: *Behavioral Mechanisms in Evolutionary Ecology*. (Ed. L. Real) University of Chicago Press.
53. Wilson, E.O. 2000. *Sociobiology: the new synthesis – 25th anniversary edition*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, and London, England.
54. Wong, K. 2002. The mammals that conquered the sea. *Scientific American*. Vol 286 (5): 52-61.