

# Aspectos acústicos do comportamento dos golfinhos (\*)

MANUEL EDUARDO DOS SANTOS (\*\*)

## INTRODUÇÃO

Os golfinhos são mamíferos adaptados à vida permanente no meio aquático. Os seus antepassados viviam no meio terrestre e, há cerca de 70 milhões de anos (ver Gaskin, 1982; Barnes, 1984), ter-se-á iniciado um processo evolutivo (progressivo) que conduziu ao aparecimento deste grupo diversificado de animais a que chamamos cetáceos, e que vão dos pequenos botos de 40 kg até aos gigantes rorquais de 100 toneladas. A adaptação completa dos seus antepassados a um ambiente aquático, que é em muitos aspectos hostil para os mamíferos terrestres, obrigou a uma vasta e profunda remodelação anatómica, fisiológica e comportamental. As necessidades respiratórias, térmicas,

osmóticas, reprodutivas e sociais daqueles antigos mamíferos constituíram o pano de fundo da acção simultaneamente destrutiva e criativa da selecção natural, que assim moldou organismos capazes de explorar os recursos de um meio aparentemente inacessível a este tipo de animais.

Um dos aspectos dessa necessária adaptação diz respeito à percepção, isto é, à recepção dos estímulos nesse novo meio, e também à comunicação, num sentido muito lato, quer dizer, à transmissão de informação entre indivíduos. Os canais perceptivos de que dispunham os ancestrais mamíferos terrestres e as possibilidades de sinalização válidas no meio aéreo não são directamente transponíveis para o ambiente aquático. Houve reajustamentos, atrofiamentos e apuramentos, sempre no sentido de uma adaptação às novas condições ambientais. Como é óbvio, nem todas as inovações chegaram aos nossos dias, e no actual estágio de especialização destes animais há mesmo poucos vestígios das fases evolutivas intermédias.

O objectivo deste artigo é apresentar uma recolha bibliográfica de alguns dados e hipóteses sobre estas adaptações, no caso particular dos golfinhos e em torno da questão complexa da sua comunicação acústica.

---

(\*) O texto agora publicado é de âmbito mais restrito do que a comunicação oral apresentada no Colóquio de Etologia. Este trabalho insere-se no Projecto «Acústica Submarina: Captação e Análise de Sinais Biológicos», financiado pela Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica (Projecto 87/446).

Agradeço a Miguel Lacerda o desenho da figura 2, e ao Dr. Giorgio Caporin, aos Eng.<sup>os</sup> H. Onofre Moreira e Rui Porteiro e ao Prof. J. L. Bento Coelho as críticas e sugestões.

(\*\*) Etólogo. Assistente no ISPA.

Será aqui útil uma breve incursão no domínio da Sistemática. Os Cetáceos dividem-se em dois grandes grupos, os Odontocetos (providos de dentes) e os Mysticetos (providos de «barbas» filtradoras). Os odontocetos distribuem-se por várias famílias, cujo número, no entanto, varia segundo os diversos sistemas de classificação destes animais. Entre essas famílias encontra-se aquela que possui unanimemente um maior número de espécies, a família Delphinidae. É entre os delfínidos que vamos encontrar as variadas formas de golfinhos, desde o pequeno golfinho-comum ou toninha (*Delphinus delphis*), vulgar nas nossas águas, até à orca (*Orcinus orca*), espécie voraz mas injustificadamente temida. O golfinho-roaz (*Tursiops truncatus*), um pouco mais robusto que o golfinho-comum, é uma espécie muito frequente em recintos de exibição (e também de investigação), sobretudo nos Estados Unidos. A maioria dos estudos sobre o modo de vida natural dos delfínidos debruçou-se sobre esta espécie predominantemente costeira, nomeadamente os trabalhos de abordagem sensorial e comportamental. Assim, quando se fala em descobertas acerca dos «golfinhos» deve ter-se em conta que grande parte das investigações se limitou aos golfinhos-roazes e em condições de cativeiro. Têm sido notadas diferenças significativas entre estes e outros golfinhos, e sobretudo entre os golfinhos e outros odontocetos aparentados, como os botos (Phocoenidae), os narvais e as belugas (Monodontidae).

Finalmente, note-se que as condições de cativeiro afectam substancialmente o comportamento destes animais, razão pela qual tem sido apontado como prioritário o estudo, numa perspectiva de longo prazo, das populações naturais de golfinhos.

O facto de existir na região do Sado uma população selvagem residente de, justamente, golfinhos-roazes possibilitou o lançamento de um tal projecto de estudo (ver dos Santos e Lacerda, 1987).

Os canais sensoriais de que os animais dispõem para receber estímulos do meio são variados, mas são diversas as possibilidades de cada canal em cada tipo de ambiente. Assim, a importância e as funções de um dado canal sensorial no antepassado terrestre não vão ser as mesmas no mamífero aquático. Por outro lado, um novo tipo de animal não sofre adaptações de um modo inteiramente livre. É condicionado pela sua anterior história evolutiva, que lhe impõe determinadas heranças estruturais marcantes.

De uma maneira geral, os animais podem utilizar os seguintes canais sensoriais: químico (olfacto e paladar), fótico (visão), mecânicos (tacto e audição), térmico, eléctrico e magnético. Evidentemente, varia imenso a utilização que cada tipo de espécie faz destes canais. Existem, por outro lado, diversos tipos de células receptoras, que funcionam como transdutoras, transformando os diferentes tipos de sinais em impulsos nervosos.

Se uma espécie dispõe de um dado canal sensorial, este poderá tornar-se também num canal de comunicação intra-específica, caso os animais dessa espécie estejam aptos a produzir sinais daquele tipo. Uma espécie poderá ainda usar sinais de comunicação (ou que originalmente eram de comunicação) com funções não-comunicativas (ver adiante, o exemplo da ecolocação).

O canal de comunicação mais antigo parece ser o químico (Wilson, 1968). É largamente utilizado tanto pelos animais terrestres como pelos aquáticos, e pode dizer-se que os mamíferos vieram aumentar a utilização deste canal no meio terrestre, sobretudo na sua vertente olfactiva. O meio aquático também é propício à difusão de substâncias dissolvidas, e muitos animais marinhos utilizam a via química como seu principal canal de comunicação, nomeadamente os de vida fixa. É um meio adequado

para a transmissão de sinais estereotipados e de duração relativamente longa, embora não cheguem a difundir-se a grandes distâncias.

Mas os antepassados dos cetáceos sofreram modificações drásticas no seu aparelho respiratório, tais como a migração das narinas para o topo da cabeça, e esse processo parece ter deixado os cetáceos completamente (ou quase completamente) anósmicos (ver Herman e Tavolga, 1980; Nachtigall, 1986). Apresentam, no entanto, sensibilidade gustativa, e poderão, por essa via, detectar substâncias dissolvidas na água. Substâncias excretadas poderão ser detectadas por outros animais, e é possível que sejam assim transmitidas informações relativas à espécie ou mesmo ao estado emocional do indivíduo que as emitiu (Caldwell e Caldwell, 1972a).

Os sinais *visuais* podem conter uma muito maior quantidade de informação que os sinais químicos. Podem ser constituídos por cores, formas, movimentos e orientações, com grandes possibilidades de arranjos, gradações e direcção dos sinais. No entanto, a distância a que os sinais são transmitidos, no meio aquático, está dependente da turbidez da água. Sem dúvida devido a essa limitação, alguns golfinhos fluviais apresentam um aparelho visual extremamente atrofiado, e também colorações monótonas no seu corpo. Os golfinhos oceânicos, por seu lado, parecem ter uma notável acuidade visual, tanto na água como no ar. Detectam facilmente movimentos e diferenças de brilho, mas parecem incapazes de perceber cores (Madsen e Herman, 1980). Muitas espécies apresentam colorações em diversas partes do corpo e em padrões contrastantes. A comunicação nos golfinhos inclui numerosos sinais visuais, como a postura sigmóide de corte nos machos, a exibição da zona genital, o sacudir da cabeça em contextos agonísticos, etc.

O uso do canal de comunicação *tactual*, quer no meio aéreo quer no meio aquático, está limitado a distâncias muito curtas,

embora se deva referir que os peixes dotados de linha lateral podem detectar perturbações na água a distâncias consideráveis. Nos cetáceos, a comunicação táctil depende apenas da sua desenvolvida sensibilidade cutânea, e estes animais apresentam numerosos padrões de comunicação e comportamento social baseados no contacto físico. Encontramos, por exemplo, em muitas espécies, o roçar de cabeças e de flancos em situações pré-copulatórias, contactos das barbatanas peitorais com os órgãos genitais e outras partes do corpo de outros animais, e mordeduras em diversas partes do corpo, fortes ou fracas dependendo se o contexto é agonístico ou lúdico-sexual. A estereotipia aparente de alguns comportamentos sugere a sua especialização com a função de sinais (Herman e Tavolga, 1980).

O canal *acústico* (produção de sons e audição) apresenta várias características vantajosas para a comunicação no meio aquático. Os sinais acústicos podem ser transmitidos a distâncias grandes, independentemente da turbidez da água e da hora do dia. Podem apresentar elevados conteúdos informativos devido à variabilidade possível nos seus formatos, sequências e modulações, e alguns deles podem mesmo ser direccionais. Os cetáceos estão evidentemente especializados na utilização deste canal, embora não devemos menosprezar as importantes funções dos outros canais sensoriais e de comunicação que foram referidos. Os golfinhos, em particular, produzem activamente sons com as funções de comunicação, exploração acústica do meio (ecolocalização) e ainda provavelmente com a função de debilitação das presas.

#### CAPACIDADES AUDITIVAS

As capacidades auditivas dos golfinhos são consideradas excelentes e apenas comparáveis às dos morcegos, que são, aliás, outros animais com boas razões ecológicas

para não dependerem da visão. Como eles, os golfinhos também emitem e captam sons de frequências muito acima dos limites perceptivos humanos (ver Sales e Pye, 1974). Testes comportamentais e psicofísicos realizados com várias espécies de golfinhos revelaram a sua capacidade de discriminar frequências acima dos 150 kHz, portanto largamente ultra-sónicas (os humanos têm um limite superior de audição da ordem dos 16 a 20 kHz). Igualmente impressionantes são as suas capacidades de discriminação de intensidades e de qualidades dos sons, a capacidade de detecção de sinais envolvidos em ruído, as capacidades de localização espacial de fontes de som e de discriminação de sinais no tempo (ver Popper, 1980).

São ainda controversas as teorias relativas aos processos e estruturas envolvidas na detecção e condução de sons até ao sistema nervoso central. O canal auditivo externo abre para o exterior por um minúsculo orifício localizado atrás do olho, e aparentemente os tecidos gordos que envolvem aquele canal desempenham uma função mais importante na condução de som do que o canal em si. Outras estruturas propícias à condução de som são o *melon* ou fronte (tecido gordo e esponjoso situado sobre o maxilar superior) e até a região na qual se inserem as barbatanas peitorais. Uma outra hipótese importante diz respeito ao *canal mandibular*. Trata-se de um canal existente no maxilar inferior, preenchido por gordura, e que conduz de uma pequena «janela acústica» na mandíbula até à bula timpânica (ver Norris, 1969; Popper, 1980; Nachtigall, 1986).

Apesar de não existir ainda uma identificação precisa das áreas auditivas no cérebro do golfinho, é provável que o extraordinário desenvolvimento do lobo temporal esteja relacionado com a sua especialização auditiva (Jansen e Jansen, 1969). Por outro lado, comparando os cérebros do morcego e do golfinho pode verificar-se que as estruturas corticais de suporte à audição excedem largamente a dimensão exigida para aquela

função. É então provável que essa massa cortical «excedentária» esteja relacionada com fenómenos sofisticados de processamento de informação auditiva (Herman, 1980).

#### TIPOS DE SONS PRODUZIDOS PELOS GOLFINHOS

Começemos por distinguir os sons produzidos *activamente* pelos golfinhos, daqueles que resultam da deslocação e actividades alimentares ou outras, e a que chamaremos *sons passivos*. Isto não significa, evidentemente, que esses sons não sejam detectados por outros indivíduos. Apenas os distinguimos por serem desprovidos de valor comunicativo, em sentido estrito.

Dos sons activos, uns são produzidos por estruturas sofisticadas associadas ao aparelho respiratório, constituindo eles próprios sinais acústicos variados e complexos (*sons vocais*), enquanto outros resultam dos contactos entre o corpo do animal e a superfície da água ou, por exemplo, do fechar dos maxilares (*sons não-vocais*). São usados na comunicação tanto os sons vocais como os não-vocais.

Os sons vocais podem ser divididos, de acordo com a sua estrutura e composição espectral, em *sons pulsáteis* e *sons contínuos*. Os sons contínuos («assobios») parecem desempenhar apenas funções comunicativas (embora nem todas as espécies os produzam). Diversos tipos de sons a que chamaremos *estalos* têm sido relacionados com situações de interacção social, mas outros sons pulsáteis são empregues com funções não-comunicativas, como os *trens de impulsos* de ecolocação ou *estalidos*.

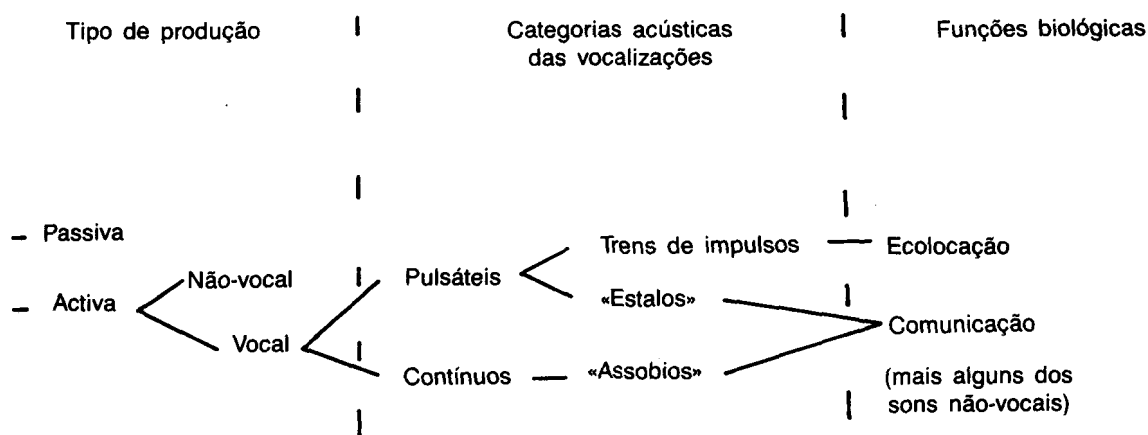
A classificação dos tipos de sons aqui delineada está também apresentada no esquema da fig. 1.

#### SONS NÃO-VOCAIS

Os sons não-vocais dos golfinhos que merecem aqui uma referência são os resultantes dos *saltos*, dos *golpes caudais* na

FIGURA 1

CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE SONS PRODUZIDOS PELOS GOLFINHOS.



superfície da água, do *bater dos maxilares*, da emissão de *bolhas* de ar pelo orifício respiratório e ainda das *expirações ruidosas*.

São comuns as imagens de grupos de golfinhos em rápida deslocação no mar através de saltos. Como estes animais necessitam de vir à superfície respirar e esse movimento acarreta custos na sua deslocação, foi calculado que quando entram em deslocação rápida é-lhes energeticamente favorável realizar as passagens junto à superfície através de saltos fora de água. Chama-se a este tipo de deslocação *porpoising* (ver Au e Weihs, 1980). No entanto, os golfinhos de diversas espécies saltam em variadíssimas circunstâncias, saindo e reentrando na água com o corpo em diferentes posições. Este comportamento tem lugar, por exemplo, em contextos de deslocação, de captura de presas, de acasalamento ou de jogo. Considerando ainda que o som de um golfinho a cair na água pode ser detectado, em circunstâncias favoráveis, a cerca de 500 m ou 3 km de distância, respectivamente dentro e fora de água, é de admitir que esse som possua valor comunicativo (Wursig e Wursig, 1980). Tem sido sugerido que os saltos mantêm o contacto acústico entre os animais de um grupo e entre grupos diferentes, podendo as suas

variações transmitir informação acerca da presença e das actividades dos animais ou acerca de factores ambientais, tais como a presença de cardumes. Através dos saltos os golfinhos poderão também influenciar a deslocação dos cardumes de modo a facilitar a captura de peixes, ao mesmo tempo que «recrutam» outros golfinhos para apoio às suas manobras de caça cooperativa (ver Saayman *et. al.*, 1973). Madsen e Herman (1980) sugerem que através dos saltos há também uma transmissão visual de informação e, em sequências de acasalamento, parece ser essa a função mais importante dos saltos ou elevações verticais à superfície (ver também Puente e Dewsbury, 1976; dos Santos e Harzen, 1987).

Tanto o golpe caudal na água como o bater de maxilares são geralmente interpretados como formas de ameaça, ou expressões de desagrado. O bater de maxilares só poderá ser percebido por um indivíduo relativamente próximo do animal que o produz (e ao qual podem seguir-se mordeduras reais ou outras agressões), mas o golpe caudal na água pode ser visto e ouvido à distância, e é frequentemente executado por um ou vários animais quando um barco se aproxima demasiado de um grupo. É de notar

aqui que um dos padrões de agressão real em várias espécies é justamente o golpe com a barbatana caudal.

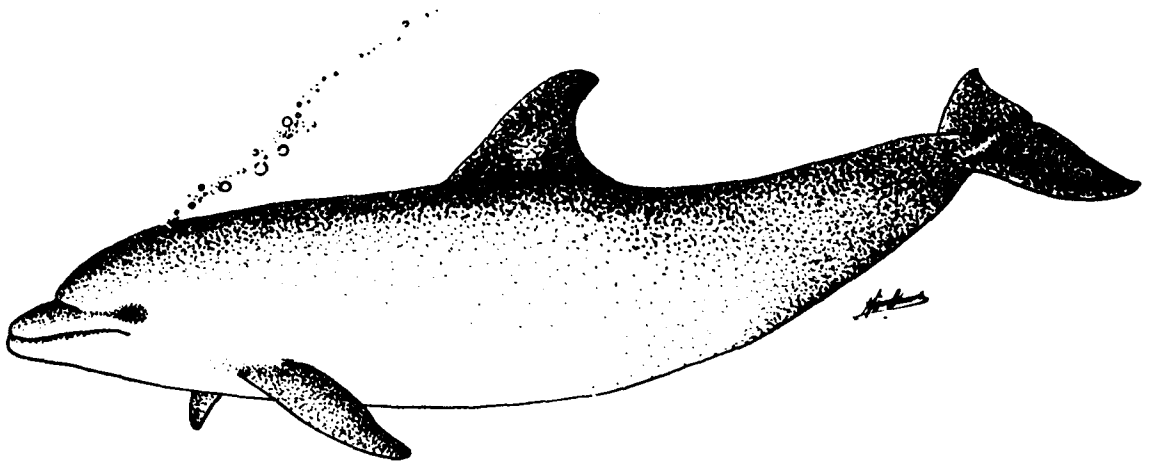
Um outro padrão de comportamento geralmente associado a desagrado ou «stress» é a expiração ruidosa ou *respiração explosiva*, bastante mais rápida e audível que a expiração normal (var Caldwell e Caldwell, 1972a).

Estes últimos autores referem também que os golfinhos podem emitir bolhas de ar a uma certa distância da superfície, por vezes associadas a um assobio (ver fig. 2), e que essas bolhas produzem um som «borbulhante». Esse som é interpretado como indicando «solicitação ou curiosidade».

FIGURA 2

**A emissão de bolhas de ar pelo orifício respiratório acompanha por vezes as vocalizações nos golfinhos, tanto no caso dos assobios como dos estalos.**

(Desenho de Miguel Lacerda, baseado numa foto de D. Caldwell)



#### A PRODUÇÃO DAS VOCALIZAÇÕES

Os cetáceos não possuem cordas vocais, e os seus complexos mecanismos de produção de sons ainda são tema de acesa polémica (Popper, 1980). Sendo esses mecanismos certamente muito diferentes daqueles utilizados pelos mamíferos terrestres, alguns autores (e. g. Caldwell e Caldwell, 1972b) preferem evitar o termo «vocalizações», usando o termo talvez mais vago de «fonações» para descrever os variados sons produzidos por estes animais.

Embora por vezes os animais soltem bolhas de ar associadas a vocalizações podem ser repetidamente produzidos sem «perda» de ar pelo emissor. Por outro lado, os golfinhos podem produzir diferentes tipos

de vocalizações simultaneamente, por exemplo trens de impulsos e assobios.

As regiões anatómicas fundamentalmente implicadas na produção das vocalizações são o complexo de *sacos* e *válvulas nasais*, e a própria *laringe*. Um mecanismo geral de produção de sons proposto consistiria na passagem muito rápida de ar comprimido entre os sacos nasais, de acordo com diferentes contracções e com as posições das válvulas, sem envolvimento do diafragma nem dos músculos intercostais (Norris, 1969; Evans, 1973; Popper, 1980).

Norris (1969) propôs ainda a ideia de que a fronte, com a sua estrutura gorda e esponjosa, tem a função de focalizar os sons emitidos quer na zona da laringe quer nos sacos nasais, apresentando evidência experimental

que apoia a sua hipótese. A fronte funcionaria assim como uma *lente acústica*.

### ECOLOCAÇÃO

Entre os sons pulsáteis emitidos pelos golfinhos e outros cetáceos encontram-se impulsos geralmente curtos e de banda larga, que se apresentam em séries mais ou menos longas (trens de impulsos ou «click trains»). Estes trens de impulsos dão a impressão subjectiva de uma porta a ranger numa dobradiça ferrugenta. A duração de cada estalido varia de espécie para espécie, sendo no golfinho-roaz inferior a 0.0001 segundos (Popper, 1980). Também varia de espécie para espécie a distribuição típica de energia pelas frequências, mas é muito vulgar que aquela invada profundamente a região ultrasónica. Algumas medições indicaram que os picos de energia destes impulsos curtos se poderiam situar na região entre os 120 e os 130 kHz (Au *et al.*, 1974, citados por Popper, 1980). Estudos recentes mostraram ainda que a variação dos picos de energia destas emissões está sob controlo voluntário dos animais (Moore e Pawlowski, 1987).

A ideia de que os golfinhos podem utilizar ultra-sons na sua orientação e exploração do meio (numa espécie de bio-sonar) começou a ganhar corpo nos Estados Unidos em meados deste século. Verificou-se que estes animais podiam, mesmo em águas muito turvas, evitar obstáculos (tais como redes para os capturar) *antes de lhes tocar*. Inúmeras experiências foram feitas desde então para testar as possibilidades deste processo, geralmente usando animais «vendados» com ventosas. Descobriram-se nos golfinhos extraordinárias capacidades de detecção de objectos e de discriminação de características como o tamanho, a densidade e a textura. As capacidades de processamento dos ecos recebidos não são menos impressionantes. De facto, é provável que num trem de impulsos em que, como vimos,

cada impulso pode durar menos de 0.0001 s, o eco de cada impulso possa ser processado pelo cérebro do animal antes da emissão do impulso seguinte! Assim, é rotineiro para estes golfinhos vendados distinguirem à distância pequenas esferas com diferenças mínimas de diâmetro, ou de igual diâmetro mas constituídas por materiais diferentes. Também encontram com facilidade pequenos comprimidos no fundo da sua piscina, e distinguem peixes do mesmo tamanho mas de espécies diferentes (Norris, 1969).

Quanto aos níveis de energia envolvidos nestes trens de impulsos, refira-se que Au *et al.* (1974) mediram a cerca de 70 m de distância do animal emissor níveis de pressão sonora (S.P.L.) de 80 dB. Corrigindo este valor em função da distância, aqueles autores estimaram que, à distância de 1 m, a pressão seria de cerca de 120 dB (re: 1  $\mu$ bar).

Supõe-se que os antepassados dos golfinhos levaram para o meio aquático vocalizações pulsáteis semelhantes às que encontramos hoje nos próprios mamíferos terrestres (rugidos, gemidos, ladrar, etc.). É provável que as emissões pulsáteis de que acabámos de falar tenham evoluído posteriormente com a função de explorar o novo meio, do qual seria difícil aos antepassados dos golfinhos obter informações só com os velhos canais (Caldwell e Caldwell, 1967). Este processo evolutivo teria sido, assim, independente daquele que levou à aquisição de ecolocação por parte dos morcegos.

### DEBILITAÇÃO DE PRESAS?

Faremos aqui referência à hipótese de Norris e Mohl (1983) de que os golfinhos podem debilitar peixes na sua proximidade usando certas emissões pulsáteis audíveis, por vezes associadas aos trens de impulsos de ecolocação.

Marten *et al.* (1987) encontraram esse tipo de impulsos na actividade predatória dos golfinhos-roazes e das orcas, podendo ser

produzidos singularmente ou em trens. Surgem frequentemente na sequência de trens de ecolocação em que o ritmo de repetição dos impulsos aumenta rapidamente (sons conhecidos como «trens de aproximação ao alvo»). Os *impulsos de predação*, cujo nível de pressão acústica ainda não foi medido, são no entanto mais longos que os impulsos de ecolocação e apresentam frequências muito mais baixas. Verifica-se que os impulsos de ecolocação não afectam os peixes, e ainda não foi testado experimentalmente o efeito dos impulsos de predação. Há um caso, no entanto, bastante sugestivo: sabe-se que a energia dos impulsos de predação da orca se concentra particularmente numa faixa de frequências que corresponde sensivelmente à faixa de maior sensibilidade acústica do arenque, uma das principais espécies-presa para a orca. Dir-se-ia que o espectro de energia destas emissões do predador se adapta ao audiograma da presa.

## SONS COM FUNÇÕES COMUNICATIVAS

### 1. *Os estalos*

Incluiremos na categoria de estalos um conjunto de emissões pulsáteis (também constituídas por trens de impulsos) mas cujas características se diferenciam dos impulsos de ecolocação. Os estalos («burst-pulses») têm sido descritos muitas vezes apenas com base em designações onomatopaicas, tais como «squawks», «squeaks», «blats», «moans», «yelps», «cracks» e «pops», sendo difícil encontrar tradução para algumas destas excepções e mesmo imaginar o seu aspecto acústico. Digamos que alguns destes sons poderão ser descritos como «estoiros», «roncos», «gritos» ou «gemidos», embora se deva fazer notar que estes termos podem arrastar uma carga significativa para os humanos provavelmente muito afastada da sua eventual significação para os golfinhos.

Por outro lado, se a caracterização física destas vocalizações não tem sido adequada, ainda mais insuficientes são as correlações entre os diversos tipos de estalos e os comportamentos dos golfinhos, sobretudo em contextos naturais. Muita atenção tem sido dada aos assobios, que trataremos seguidamente, talvez por serem mais fáceis de estudar e também porque a sua função parece ser exclusivamente comunicativa. Há, porém, vários odontocetos (mesmo entre os delfinídeos) que não assobiam (ver Herman e Tavolga, 1980). Os estalos, por seu lado, apresentam várias características que os tornam bons candidatos a sinais comunicativos: a sua variabilidade, a direcionalidade de alguns deles, a sua relativa facilidade de localização e também a sua elevada amplitude (Herman e Tavolga, 1980). Caldwell e Caldwell (1967) admitem que as distinções entre os estalos e os trens de impulsos de ecolocação não têm sido apresentadas com o necessário rigor do ponto de vista acústico. Até agora essas distinções têm-se baseado apenas no ritmo de repetição dos impulsos, mais lento e «controlado» no caso da ecolocação, e ainda na impressão de que os estalos são emitidos em «contextos emocionais».

Os estalos são emissões sonoras (i. e., na faixa de frequências audíveis pelos humanos), geralmente abaixo dos 16 kHz, apresentado até frequentemente picos de energia em frequências abaixo de 1 kHz.

Os «squawks» são um tipo de estalos comumente referido, sobretudo no golfinho-roaz, e tem sido associado a situações agonísticas ou lúdicas, envolvendo «excitação» dos animais. Caldwell e Caldwell (1967) descrevem a existência de um «chase-squawk», correlacionado com perseguições em contexto de jogo e distinguível de um «fight-squawk», que surgiria em contextos verdadeiramente agonísticos e antecedendo frequentemente o bater de maxilares e mesmo mordeduras reais. Referem ainda outros estalos como o «bark» (ladrar), correlacionado com situações de perigo; o «crack»,

correlacionado com situações de conflito motivacional; o «whimper», um som de aparência «infantil», correlacionado com comportamentos de submissão; ou ainda o «male sex yelp», um som que tem sido sempre detectado nos machos em contextos pré-copulatórios ou de cópula (inicialmente referido por Tavolga e Essapian, 1957, e depois também por Puente e Dewsbury, 1976).

Estes «male sex yelps» parecem ser característicos do indivíduo, e outros tipos de estalos poderão possuir também um valor de «assinatura», como chegou a ser sugerido em relação a um tipo de impulsos emitido pelos cachalotes, denominados «codas» (Watkins e Schevill, 1977). Note-se que as vocalizações-assinatura não são raras nos vertebrados sociais, sendo mesmo frequentes entre as aves (Brooks e Falls, 1975, citados por Herman e Tavolga, 1980). Os assobios são os grandes candidatos a vocalizações-assinatura por excelência entre os golfinhos, mas existem emissões conjuntas de assobios e estalos (que, como vimos, podem ser produzidos em simultâneo e independentemente) e essas vocalizações complexas ainda podem marcar mais a identidade do emissor. Um exemplo seria o denominado «whistle-squawk», «de protesto», também descrito pelo Caldwell nos golfinhos-roazes.

## 2. Os assobios

Os assobios dos golfinhos-roazes são sons puros («pure-tones») de banda estreita, de frequência contínua ou modulada, com a maior parte da energia abaixo dos 20 kHz (Lilly e Miller, 1961; Popper, 1980). Apresentam durações entre os 0.1 e os 3.6 segundos, podendo no entanto ser repetidos indefinidamente.

Já vimos que nem todos os odontocetos assobiam, tanto quanto se sabe. Há também uma certa relação, embora imperfeita, entre a existência de assobios nas várias espécies e o seu grau de gregaridade. Os grandes

«assobiadores» são os golfinhos que caçam cooperativamente, vivendo permanentemente em grupo; as espécies de vida mais solitária, ao que parece, não assobiam (Herman e Tavolga, 1980). Os assobios apresentam algumas características propícias para sinais de comunicação nos odontocetos sociais: as suas frequências relativamente baixas transmitem-se bem na água, embora sejam teoricamente menos localizáveis que os sons pulsáteis; podem também ser produzidos em simultâneo com os trens de impulsos e apresentam sobreposições mínimas de frequência com aquelas emissões de ecolocação.

A variabilidade de assobios emitidos pelos golfinhos não é tão grande como a dos estalos. Cada animal emite, de facto, um número aparentemente limitado de assobios, com grande predominância de um assobio particular. Esta verificação apresentada por Caldwell e Caldwell (1965) no golfinho-roaz em cativeiro foi depois estendida a outros delphinídeos (*Delphinus delphis*, Caldwell e Caldwell, 1968; *Lagenorhynchus obliquidens*, Caldwell e Caldwell, 1971; *Stenella plagiodon*, Caldwell et al., 1973). Estes «assobios-assinatura» são já reconhecíveis, embora numa forma incipiente, quando o animal tem apenas uns dias de vida (Caldwell e Caldwell, 1972) e variam muito pouco com os anos, mesmo em condições naturais. Nalguns casos, os assobios-assinatura das crias são bastantes parecidos com os das mães mas noutros são muito diferentes (Sayigh e Tyack, 1987).

Não tem sido possível estabelecer correlações entre tipos de assobios e contextos comportamentais. Lilly (1963) chegou a propôr a existência nos golfinhos-roazes de um assobio característico da espécie com a função de «distress-call», mas essa hipótese não tem recebido apoio empírico.

A variação encontrada nas emissões de assobios por parte de um mesmo animal reside sobretudo com a duração, intensidade e ritmo de repetição do seu assobio característico, o que tem permitido algumas cor-

relações com o contexto comportamental ou motivacional. Os assobios tendem a aumentar de ritmo e intensidade em situações de «stress» ou excitação, como no encontro de grupos, na preparação de manobras de caça ou em situações de perigo. Assim, Caldwell e Caldwell (1972a) postulam que a função dos assobios consiste na transmissão de informação acerca da identidade, localização e nível de excitação do emissor aos outros membros do seu grupo. Mesmo as vocalizações de alarme parecem mais ser variações do assobio característico do animal (emissão mais rápida e intensa, mantendo o perfil de frequências do assobio), por vezes envolto em estalos, e não um tipo de emissão comum a toda a espécie (Caldwell e Caldwell, 1967, 1972a; Ralston *et al.*, 1987). Em vez da «distress-call» generalizada, é mais apropriado falar-se em «assobios-assinatura perturbados». Um outro comportamento acústico notável nestes animais e associado a situações de perigo (ou, por exemplo, medo de um objecto recém-introduzido na piscina) é a cessação total de vocalizações, o chamado *silêncio defensivo* (Caldwell e Caldwell, 1967, 1972a). Este comportamento é evidentemente adaptativo na natureza, considerando que os seus potenciais predadores (e. g., as orcas) podem usar as vocalizações dos golfinhos para os detectar. Uma das dificuldades de gravar as vocalizações dos golfinhos na natureza reside justamente no facto de eles ficarem silenciosos à aproximação de embarcações. Herman e Tavolga (1980) consideram mesmo existir uma escala de respostas defensivas nestes animais, que corresponderiam a uma intensidade crescente de perigo: silêncio, agrupamento fuga, ataque (no caso de a fuga ser impossível) e, em último lugar, vocalizações de stress.

O estudo da variabilidade de tipos de assobios emitidos pelos golfinhos-roazes levou ainda às seguintes verificações: além do assobio característico predominante, cada animal pode produzir outro tipo de assobio estereotipado, o chamado «assobio secundá-

rio» (Caldwell e Caldwell, 1972a); quando dois animais estão juntos na mesma piscina, o assobio secundário de cada um é uma imitação do assobio característico do outro indivíduo (Tyack, 1986).

As capacidades mímicas vocais dos golfinhos-roazes são notáveis, tanto no que diz respeito a assobios característicos de outros indivíduos como relativamente a sons artificiais gerados electronicamente (Richards *et al.*, 1984; Reiss *et al.*, 1987). Estes autores conseguiram que os golfinhos associassem diferentes sons a diferentes objectos arbitrários, e os animais produziam as suas imitações do som adequado para solicitar cada objecto, mostrando igualmente uma excelente memória acústica e plasticidade prática na utilização desses sons arbitrários.

Tyack (1987) postula então que, mesmo em condições naturais, os golfinhos imitam o assobio de outros indivíduos do seu grupo com a função de estabelecer contacto com eles (chamamento) ou dar continuidade a uma determinada interacção. Ralston *et al.*, (1987) fazem também notar que dos assobios emitidos por animais em situação de stress, uma parte é constituída por imitações dos assobios característicos de outros golfinhos. As capacidades demonstradas na catalogação acústica de objectos arbitrários levam a supôr que esse processo possa ocorrer na natureza, relativamente aos outros indivíduos ou a outros referentes, sendo a partilha colectiva dos sons possível através de uma mímica vocal convergente (ver também Herman e Tavolga, 1980).

No entanto, a ideia sensacionalista de que os golfinhos possuiriam uma linguagem natural análoga à linguagem humana, ainda que tenha facilitado o financiamento de vários projectos de investigação, não recebeu confirmação empírica nem ajudou a esclarecer os seus esquemas comunicativos.

A variabilidade encontrada até hoje nos seus sinais comunicativos espontâneos, que nos sons pulsáteis quer nos assobios, quando tomada isoladamente, não constitui um

repertório significativamente mais elevado que o de muitos mamíferos terrestres, sendo comparável ao de primatas como o chimpanzé.

Por outro lado, mesmo a mais simples descodificação dos sistemas de sinalização dos golfinhos se tem revelado difícil, como já vimos. Vários dos sinais aparecem em contextos diversos, podendo talvez assumir significados diferentes. Existem grandes possibilidades de combinação de diferentes sinais acústicos (assobios e estalos), também associáveis a sinais visuais, tácteis e mesmo químicos. Aliás, também nos primatas tem sido realçada a importância dos «sinais compostos». Em todo o caso, há uma certa expectativa relativamente ao estudo do incremento de potencialidades comunicativas pelo uso de vários sistemas de sinalização combinados, sobretudo quando existem gradientes de variação (Herman e Tavolga, 1980).

#### MÉTODOS DE ESTUDO DAS VOCALIZAÇÕES

Os cetáceos vivem num meio ao qual só podemos ter acesso com equipamento especial. As suas vocalizações são produzidas através de mecanismos originais, que não partilham com os restantes mamíferos, e muitas delas são inaudíveis para os humanos. Portanto, se queremos captar o repertório completo de emissões de uma determinada espécie há que fazer primeiro uma escolha cuidadosa dos métodos de registo a utilizar.

Se várias das espécies de golfinhos são bastantes vocais, e emitem sinais de elevada energia, outras são mais silenciosas, emitindo com menos frequência ou com menos intensidade. Para além de registar o repertório de vocalizações, pretende-se estabelecer correlações entre cada tipo de vocalização e determinados parâmetros biológicos (como o sexo ou a faixa etária a que pertence

o emissor) e ainda os contextos comportamentais e motivacionais.

A identificação dos emissores é bastante problemática, mesmo numa piscina com poucos animais. No entanto, é evidente que as condições de cativeiro são mais propícias ao estudo inicial de uma espécie, uma vez que aí é mais fácil conhecer os animais individualmente e observar o seu comportamento ao mesmo tempo que se gravam as suas vocalizações. Além disso, é extremamente útil conhecer bem os tipos de vocalizações de uma espécie antes de iniciar trabalhos de campo, pois isso vai facilitar a escolha do equipamento, o reconhecimento dos sinais, etc. Mas os cetáceos (mesmo os pequenos odontocetos) são difíceis de manter em cativeiro. O facto de os golfinhos-roazes serem uma das poucas espécies que se adapta bem à vida no confinamento de uma piscina explica a já referida predominância de estudos feitos sobre esta espécie.

Os processos já utilizados para uma identificação segura dos emissores de um dado som, em condições de cativeiro, foram os seguintes: isolar um animal (Lilly e Miller, 1961); retirá-lo da água e gravar as suas vocalizações no meio aéreo, por exemplo sobre uma maca (Caldwell e Caldwell, 1965); prender ao seu corpo um aparelho telemétrico que emite luz quando o animal vocaliza (aparelho apelidado de «vocalight» e desenvolvido por Tyack, 1985).

Mas as condições de cativeiro estão longe de ser ideais para o estudo do comportamento e da comunicação nos golfinhos. A falta de estimulação natural, a artificialidade das estruturas sociais a que os animais são forçados nas piscinas e as próprias reverberações acústicas das paredes desta podem alterar os padrões temporais e a amplitude das vocalizações (ver Thomas *et al.*, 1986), bem como outros parâmetros do comportamento destes animais.

A alternativa é fazer gravações no meio natural dos cetáceos, o mar ou os rios. Os sons são transmitidos a uma distância sufi-

cientemente grande de modo a permitir que a sua gravação seja feita sem perturbar o comportamento natural dos animais. Porém, é necessário encontrá-los primeiro, e, por vezes, segui-los e esperar que vocalizem. Existem no meio aquático muitas fontes de ruído, que podem inviabilizar a análise das gravações, e o trabalho de campo está sempre dependente das condições atmosféricas. Além disso, é muito mais difícil estabelecer correlações entre os sons gravados e as variáveis biológicas e comportamentais. Em alguns estudos, no entanto, não se deseja ir tão longe. Como algumas vocalizações conhecidas são características da espécie, podem ser feitas gravações no mar apenas com o fim de inventariar as espécies que frequentam determinadas áreas ou, extrapolando a partir do número de vocalizações gravadas, contribuir para a estimação de efectivos populacionais dessas espécies.

O equipamento básico necessário para gravar vocalizações de cetáceos é constituído por um hidrofone e um gravador. Consoante o tipo de trabalho, existem variados sistemas alternativos de disposição destes materiais assim como diversas opções para alimentação do sistema e a amplificação dos sinais captados. Podem usar-se hidrofones simples manualmente operados, ou então hidrofones fixos (singularmente ou em rede), geralmente associados a um emissor que transmite os sinais captados para um receptor em terra ou a bordo de uma embarcação.

Utilizam-se geralmente gravadores de fitas magnéticas de alta fidelidade e com velocidades de gravação reguláveis, de modo a poder-se gravar sinais ultra-sónicos. Podem fazer-se gravações simultâneas em vários canais, devendo um deles ser reservado à narração de todas as circunstâncias julgadas relevantes. A gravação pode também ser «monitorada» através de um altifalante ou auscultadores.

Todas estas opções exigem um bom conhecimento prévio das vocalizações que se pretendem gravar, dos hábitos dos animais

e um cuidadoso aconselhamento acerca das características e limitações do equipamento. Não podemos esquecer que a validade das interpretações posteriores relacionadas com as vocalizações os animais vão depender, em primeiro lugar, da adequação da metodologia usada tanto na recolha como na análise dos sinais.

O ouvido humano, dentro dos seus limites, é um órgão extremamente sensível que consegue detectar «nuances» de qualidade sonora impossíveis de representar pelos instrumentos de que hoje dispomos. Mas é necessário, evidentemente, recorrer a aparelhagem que possibilite uma descrição mais objectiva e uma caracterização quantificável das vocalizações, além de representações gráficas permanentes, mesmo quando só estamos interessados em emissões audíveis.

As vocalizações podem ser basicamente descritas em termos de *durações* dos sinais (expressas em *s*, *ms* ou  $\mu s$ ), de *frequências* (*Hz* ou *kHz*) e de *amplitudes* (*dB* ou *V*).

Os instrumentos que nos fornecem representações gráficas das relações entre estas variáveis são os seguintes: o sonógrafo (que representa as variações de frequência no tempo), o analisador espectral (distribuição de energia pelas frequências) e o osciloscópio (variações de amplitude no tempo). Pode ver-se na fig. 3 a representação que cada um destes instrumentos faz de uma mesma vocalização.

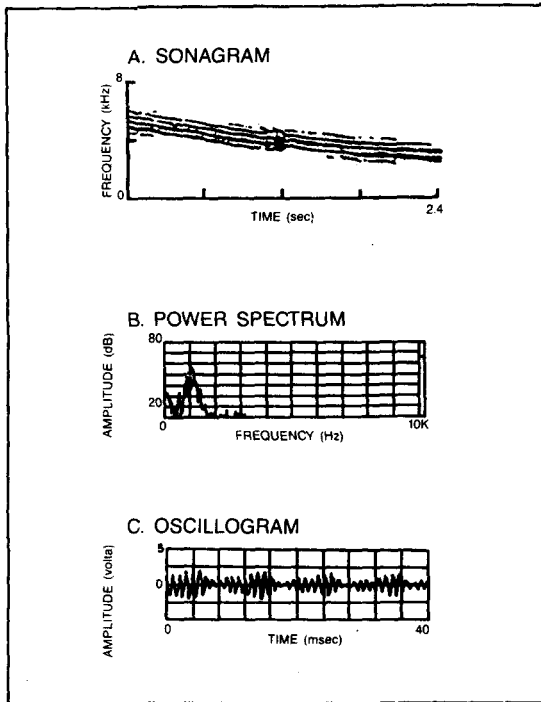
Também para o processo de análise se verifica que as opções de instrumentação são variadas, bem como as possibilidades e limitações de cada aparelho e de cada técnica em particular.

Assiste-se hoje neste domínio, como seria de esperar, à crescente utilização de instrumentos de processamento digital, tanto na gravação como sobretudo na análise dos sinais. Um exemplo de análise digital das vocalizações de um golfinho-roaz selvagem, gravadas ao largo do País de Gales, é o trabalho de Goodson *et al.* (1988).

FIGURA 3

Exemplos de representações gráficas da mesma vocalização. A — Sonograma; B — Espectro de amplitudes; C — Oscilograma

(Retirado de Thomas *et al.*, 1986)



Independentemente dos métodos e instrumentos usados na gravação e análise, a interpretação recai sobre o investigador, e neste processo ocorrem abundantes operações subjectivas, aliás sempre presentes em qualquer estudo do comportamento. Os sons seleccionados para análise são aqueles que inicialmente pareceram mais significativos ao investigador. E depois de concluída a análise e obtidas as representações gráficas, é necessário decidir, por exemplo, se dois determinados perfis de vocalização são semelhantes ou diferentes. A categorização dos assobios pelos seus perfis nos sonogramas depende inteiramente dos critérios de semelhança adoptados, o que tem tornado questionáveis algumas categorizações (Herman e Tavolga, 1980). Este é um exemplo dos problemas centrais que se colocam quando pretendemos proceder ao levantamento de

repertórios comunicativos, ou à comparação de vocalizações de animais diferentes, ou ainda ao estabelecimento de relações entre padrões de comportamento e determinados tipos de vocalizações. Trata-se de situações em que a inevitável subjectividade deve ser cuidadosamente torneada através de quantificação e tratamento estatístico, ou pelo menos pela confrontação de opiniões e critérios.

#### REFERÊNCIAS

- AU, D. & WEIHS, D. (1980). At high speeds dolphins save energy by leaping. *Nature London*, 284: 548-550.
- AU, W. W. L., FLOYD, R. W., PENNER, R. H. & MURCHINSON, A. E. (1974). Measurements of echolocation signals of the Atlantic bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus* Montagu, in open waters. *Journal of the Acoustical Society of America*, 56: 1280-1290.
- CALDWELL, D. K. & CALDWELL, M. C. (1972a). Senses and Communication. In: *Mammals of the Sea: Biology and Medicine* (S. H. Ridgway, Ed.), pp. 466-502. Springfield, Illinois: Thomas.
- CALDWELL, D. K. & CALDWELL, M. C. (1972b). *The World of the Bottlenosed Dolphin*. Philadelphia: Lippincott.
- CALDWELL, M. C. & CALDWELL, D. K. (1965). Individualized whistle contours in bottlenosed dolphins, *Tursiops truncatus*. *Nature*, 207: 434-435.
- CALDWELL, M. C. & CALDWELL, D. K. (1967). Intraspecific transfer of information via the pulsed sound in captive odontocete cetaceans. In: *Animal Sonar Systems*. Vol. II (R. G. Busnel, Ed.), pp. 879-936. Jouy-en-Josas, France: Laboratoire de Physiologie Acoustique.
- CALDWELL, M. C. & CALDWELL, D. K. (1968). Vocalizations of naive captive dolphins in small groups. *Science*, 159: 1121-1123.
- CALDWELL, M. C. & CALDWELL, D. K. (1971). Statistical evidence for individual signature whistles in Pacific white-sided dolphins, *Lagenorhynchus obliquiens*. *Cetology*, 3: 1-9.
- CALDWELL, M. C., CALDWELL, D. K. & MILLER, J. F. (1973). Statistical evidence for individual signature whistles in the spotted dolphin, *Stenella plagiodo*. *Cetology*, 16: 1-21.
- DOS SANTOS, M. E. & HARZEN, S. (1987). Some new mating behavior elements of free-ranging bottlenose dolphins. Comunicação apresentada à *Seventh Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*, December 1987, University of Miami.

- DOS SANTOS, M. E. & LACERDA, M. (1987). Preliminary observations of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the Sado estuary (Portugal). *Aquatic Mammals*, 13: 65-80.
- EVANS, W. E. (1973). Echolocation by marine delphinids and one species of freshwater dolphin. *Journal of the Acoustical Society of America*, 54: 191-199.
- GASKIN, D. E. (1982). *The Ecology of Whales and Dolphins*. London: Heineman.
- GOODSON, A. D., KLINOWSKA, M. & MORRIS, R. (1988). Interpreting the acoustic pulse emissions of a wild bottlenose dolphin. (*Tursiops truncatus*). *Aquatic Mammals*, 14: 7-12.
- HERMAN, L. M. (1980). Cognitive Characteristics of Dolphins. In: *Cetacean Behavior: Mechanisms and Functions* (L. M. Herman, Ed.), pp. 363-429. New York: Wiley-Interscience.
- HERMAN, L. M. & TAVOLGA, W. N. (1980). The Communication Systems of Cetaceans. In: *Cetacean Behavior: Mechanisms and Functions* (L. M. Herman, Ed.), pp. 149-209. New York: Wiley-Interscience.
- JANSEN, J. & JANSEN, J. K. S. (1969). The Nervous System of Cetacea. In: *The Biology of Marine Mammals* (H. T. Andersen, Ed.), pp. 176-252. New York: Academic.
- LILLY, J. C. (1963). Distress call of the bottlenosed dolphin: stimuli and evoked behavioral responses. *Science*, 139: 116-118.
- LILLY, J. C. & MILLER, A. M. (1961). Sounds emitted by the bottlenose dolphin. *Science*, 133: 1689-1693.
- MADSEN, J. C. & HERMAN, L. M. (1980). Social and Ecological Correlates of Cetacean Vision and Visual Appearance. In: *Cetacean Behavior: Mechanisms and Functions* (L. M. Herman, Ed.), pp. 101-147. New York: Wiley-Interscience.
- MARTEN, K., NORRIS, K. S. & MOORE, P. W. B. (1987). Loud impulse sounds in bottlenose dolphin and killer whale predation and social behavior. Comunicação apresentada à *Seventh Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*, December 1987, University of Miami.
- MOORE, P. W. B. & PAWLOWSKI, D. A. (1987). Voluntary control of peak frequency in echolocation emissions of dolphin (*Tursiops truncatus*). Comunicação apresentada à *Seventh Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*, December 1987, University of Miami.
- NACHTIGALL, P. E. (1986). Vision, Audition and Chemoreception in Dolphins and Other Marine Mammals. In: *Dolphin Cognition and Behavior: A Comparative Approach* (R. J. Schustermann, J. A. Thomas & F. G. Wood, Eds.), pp. 79-113. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- NORRIS, K. S. (1969). The Echolocation of Marine Mammals. In: *The Biology of Marine Mammals* (H. T. Andersen, Ed.), pp. 391-423. New York: Academic.
- NORRIS, K. S. & MOHL, B. (1983). Can odontocetes debilitate prey with sound?, *American Naturalist*, 122: 85-104.
- POPPER, A. N. (1980). Sound Emission and Detection by Delphinids. In: *Cetacean Behavior: Mechanisms and Functions* (L. M. Herman, Ed.), pp. 1-52. New York: Wiley-Interscience.
- PUENTE, A. E. & DEWSBURY, D. A. (1976). Courtship and copulatory behavior of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *Cetology*, 21: 1-9.
- RALSTON, J. V., WILLIAMS, H. N. & HERMAN, L. M. (1987). Vocalizations of stressed and unstressed Atlantic bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). Comunicação apresentada à *Seventh Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*, December 1987, University of Miami.
- REISS, D., SILVERMAN, B. & McCOWAN, B. (1987). Spontaneous production and vocal mimicry of computer generated whistles by bottlenose dolphins. Comunicação apresentada à *Seventh Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*, December 1987, University of Miami.
- RICHARD, D. G., WOLZ, J. P. & HERMAN, L. M. (1984). Vocal mimicry of computer-generated sounds and vocal labeling of objects by a bottlenose dolphin, (*Tursiops truncatus*). *Journal of Comparative Psychology*, 98: 10-28.
- SAAYMAN, G. S., TAYLER, C. K. & BOWER, D. (1973) — Diurnal activity cycles in captive and free-ranging Indian Ocean bottlenose dolphins, *Tursiops aduncus* Ehrenburg. *Behaviour*, 44: 212-223.
- SALES, G. & PYE, D. (1974). *Ultrasonic Communication by Animals*. London: Chapman and Hall.
- SAYIGH, L. S. & TYACK, P. L. (1987) — Development of signature whistles in wild bottlenose dolphins. Comunicação apresentada à *Seventh Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*, December 1987, University of Miami.
- TAVOLGA, M. C. & ESSAPIAN, F. S. (1957). The behavior of the bottlenosed dolphin (*Tursiops truncatus*: mating, pregnancy, parturition, and mother-infant behavior. *Zoologica*, 42: 11-31.
- THOMAS, J. A. FISHER, S. R. & AWBREY, F. A. (1986). Use of acoustic techniques in studying whale behavior. *Reports of the International Whaling Commission (Special Issue 8)*, pp. 121-138.
- TYACK, P. L. (1985). An optical telemetry device to identify which dolphin produces a sound. *Journal of the Acoustical Society of America*, 78: 1892-1895.

- TYACK, P. L. (1986). Whistle repertoires of two bottlenosed dolphins, *Tursiops truncatus*: mimicry signature whistles? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 18: 251-257.
- TYACK, P. L. (1987). Do untrained dolphins imitate signature whistles to call each other?. Comunicação apresentada à *Seventh Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*, December 1987, University of Miami.
- WATKINS, W. A. & SCHEVILL, W. E. (1977). Sperm whale codas. *Journal of the Acoustical Society of America*, 62: 1485-1490
- WILSON, E. O. (1968), Chemical Systems. In: *Animal Communication: Techniques and Results of Research* (T. A. Sebeok, Ed.), pp. 75-102. Bloomington: Indiana University Press.
- WURSIG, B. & WURSIG, M. (1980). Behavior and ecology of dusky porpoises, *Lagenorhynchus obliquidens*, in the South Atlantic. *Fisheries Bulletin*, 77: 871-890.

#### RESUMO

Este artigo pretende apresentar uma recolha bibliográfica de alguns dados e hipóteses relativos a adaptações sensoriais e comunicativas dos cetáceos, particularmente dos golfinhos.

São consideradas as suas *capacidades perceptivas* e as potencialidades dos *canais de comunicação* de que dispõem, sendo realçada a sua considerável especialização na utilização do canal acústico.

Depois de uma breve referência às suas capacidades auditivas concretas e às teorias explicativas da produção de *vocalizações* pelos golfinhos, sistematiza-se uma classificação dos sons por eles produzidos. São descritas características acústicas das vocalizações,

sendo também discutidas as suas possíveis funções e a sua combinação com outros tipos de sinais no decurso das interações sociais. Enquanto os trens de impulsos curtos ou *estalidos* são usados sobretudo na *ecolocalização*, os *estalos* e os *assobios*, bem como alguns *sons não-vocais*, assumem fundamentalmente *funções comunicativas*.

São ainda referidas questões metodológicas relacionadas com o estudo acústico das vocalizações dos cetáceos, sendo comparadas as vantagens e as desvantagens do trabalho no meio natural e em situações de cativeiro.

#### ABSTRACT

This paper presents a literature review of some data and hypotheses on perceptual and communicative adaptations of cetaceans, particularly of dolphins.

Their *perceptive capabilities* and the comparative possibilities of the *communication channels* available to them are discussed, and their considerable specialization in the use of the auditory channel is stressed.

After a brief review of their specific auditory capabilities and a reference to the theories of sound production by dolphins, a classification of their sounds is presented. Some acoustical characteristics of their vocalizations are described, and their possible functions and combination with other of signals used in social interactions are discussed. While *click trains* are mainly used in *echolocation*, *burst-pulses* and *whistles*, as well as some *non-vocal signals*, have a predominant *communicative function*.

A reference is also made to the methods used in the acoustical study of cetacean vocalizations, with a comparison of the pros and cons of recording in the wild or in captivity.