

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: COMPARAÇÃO ENTRE A COLUNA VERTEBRAL DA ORCA (*ORCINUS ORCA*) E DO CAVALO (*EQUUS CABALLUS*)

Luiz Carlos Fabio Junior<sup>1</sup>  
Missae Dora Uemura<sup>2\*</sup>

**Resumo** - A coluna vertebral é constituída por conjuntos de vértebras conectadas por disco-intervertebrais, que se articulam pela articulação sinovial presente nos processos articulares. Devido a orca (*Orcinus orca*) e o cavalo (*Equus caballus*) habitarem ambientes diferentes, a formula vertebral difere numérica e morfológicamente. O objetivo desse trabalho consistiu em identificar diferenças morfológicas e características adaptativas nas colunas vertebrais de *Orcinus orca* e *Equus caballus*. A pesquisa foi realizada através de levantamento bibliográfico, descrevendo características como a quantidade, formato e características morfofuncionais adaptativas das vértebras de cada espécie. Foram consideradas referências bibliográficas que descreviam a evolução de cada espécie e artigos científicos relacionados à coluna vertebral de mamíferos aquáticos. Levantou-se que ambas espécies devem ter evoluído a partir de um único modelo de coluna vertebral ancestral, através de pressões ambientais seletivas diferenciais. A quantidade numérica de cada segmento que forma a coluna também mostrou diferenças entre *O. orca* e *E. caballus*, sendo que a fusão das cervicais de Atlas a C3 e o fusionamento de C4 a C7 foram as mais notáveis. A fórmula vertebral da *Orcinus orca* [C7, T11-13, L10-12, Ca20-24 = 50-54] e *Equus caballus* [C7, T18, L6, S5, Ca15-21 = 51-57] claramente corroboram a hipótese de origem a partir do modelo único.

**Palavras-chave:** Anatomia; Cetáceos; Evolução; Ungulados; Vértebras.

## LITERATURE REVIEW: COMPARISON BETWEEN THE VERTEBRAL COLUMN OF THE ORCA (*ORCINUS ORCA*) AND THE HORSE (*EQUUS CABALLUS*)

**Abstract** - The spine is composed of a set of vertebrae, connected by intervertebral discs. It is articulated through synovial joints present in the articular processes. Because the orca (*Orcinus orca*) and the horse (*Equus*

*caballus*) evolved in different habitats, their vertebral formula differs numerically and morphologically. This study aimed to identify and compare morphological differences and adaptive features of the vertebral column of *Orcinus orca* and *Equus caballus*. Data was collected through a literature review on number of vertebrae, vertebral shape and morphofunctional adaptive characters for each subject species and related aquatic mammals. According to the literature, both species must have evolved from a single vertebral column morphological model under differential selective environmental pressures. The number of vertebrae per column segment also differs between *O. orca* and *E. caballus*, notably because of cervical vertebrae fusion from Atlas to C3 and C4 to C7. Comparing the vertebral formula of *Orcinus orca* C7, T11-13, L10-12, Ca20-24 = 50-54, and *Equus caballus* C7, T18, L6, S5, Ca15-21 = 51-57, clearly corroborates the single model hypothesis.

**Key-word:** Anatomy; Cetacean; Evolution; Ungulates; Vertebrae.

## 1. INTRODUÇÃO

A Orca, *Orcinus orca* é um mamífero da ordem dos Cetáceos. Orcas são cosmopolitas, tendo sua distribuição geográfica em quase todos os mares e oceanos do mundo, ocorrendo desde as latitudes polares até as regiões equatoriais, tanto em águas costeiras quanto em oceânicas (LodI, Hetzel2012).

“Orcas vivem em grupos sociais estáveis, chamados Pods”, esses Pods podem conter diversos indivíduos (Brault,Caswell 1993). Possuem como características morfológicas externas a coloração do dorso predominantemente preto e o ventre branco, o branco se prolonga da mandíbula até a região anal, e a evidente mancha branca logo acima dos olhos. A nadadeira dorsal é alta e longa, podendo nos machos atingir 1.8m de altura, sendo triangular e tendo sua face posterior reta, nas fêmeas a dorsal pode chegar a 90 cm e curvada para trás, característica também vista em juvenis (Monteiro Filho 2013). *Orcinus orca* é o maior membro da família *Delphinidae*. Os adultos variam em comprimento de 5 a 9 m (Heyning, Dahlheim 1988).

Segundo Barnes et al. 1985 os cetáceos, ordem que agrupa as baleias e os golfinhos, estão relacionados aos ungulados, como equinos e os ruminantes. Já Di Benedetto et al. (2010) afirma que, atualmente, a teoria mais aceita é a de

que cetáceos evoluíram a partir de um grupo de mamíferos ungulados terrestres há cerca de 45-50 milhões de anos.

Com base nessas afirmações, em um dado momento da história, cetáceos e equinos foram uma única espécie compartilhando da mesma coluna vertebral.

Esse estudo pesquisa teve como intuito comparar a coluna vertebral da *Orcinus orca* com a do *Equus caballus* e, por meio dessa comparação, entender os mecanismos de adaptações evolutivas da coluna vertebral dos cetáceos para o meio de vida aquático.

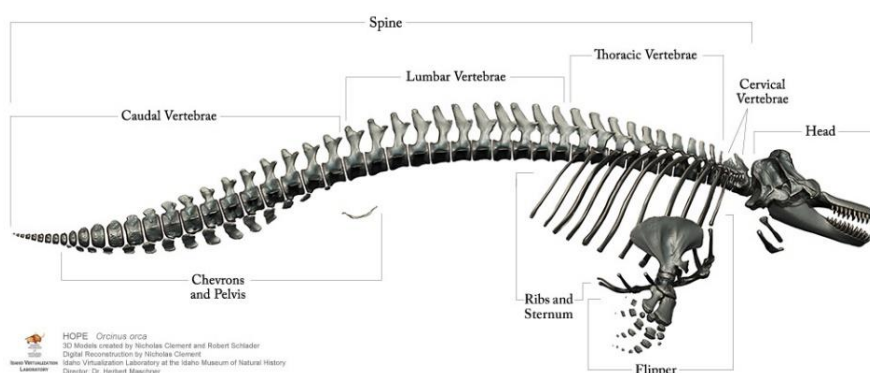
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizada pesquisa bibliográfica através de livros, artigos, dissertações e teses em bibliotecas virtuais, centro de pesquisa. A investigação ocorreu por meio de documentos, com o objetivo de descrever e comparar os costumes, comportamentos, diferenças e outras características, tanto da realidade presente, como do passado.

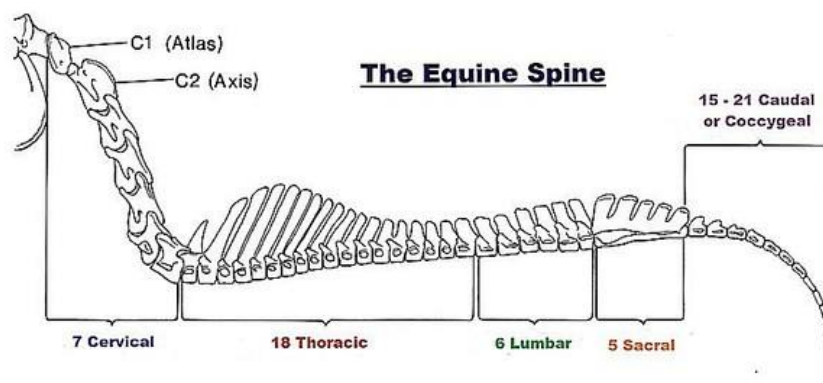
Foi realizado a comparação entre a anatomia da coluna vertebral da orca com a coluna vertebral do cavalo descrevendo a morfologia das vértebras e analisando suas adaptações ao meio ambiente aquático. Para as vértebras da coluna vertebral da orca foi usado o ORCA BONE ATLAS um atlas disponibilizado na internet pelo PTMSC (Port Townsend Marine Science Center) com *scans* em 360º graus em formato de pdf do esqueleto detalhado de uma orca que veio a óbito em um encalhe em 2002, nos Estados Unidos da América, no estado de Washington, sendo ela apelidada de HOPE (Esperança), e a digitalização de seus ossos feita pelo Laboratório de Virtualização de Idaho no Museu Idaho de História Natural. Disponível no link: <http://ptmsc.org/boneatlas/index.html#oba>.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

*Orcinus orca* tem a formula vertebral de C7, T11-13, L10-12, Ca20-24 = 50-54 (Buchholtz, Schur 2004) conforme demonstrado na figura 1. No entanto, o Cavalo (*Equus ferus*) tem a formula vertebral de C7, T18, L6, S5, Ca15-21 = 51-57 (Getty1986) (Figura 2).



**Figura 1** - Esqueleto *Orcinus orca* demonstrando a formula vertebral. Fonte: Orca Bone Atlas.



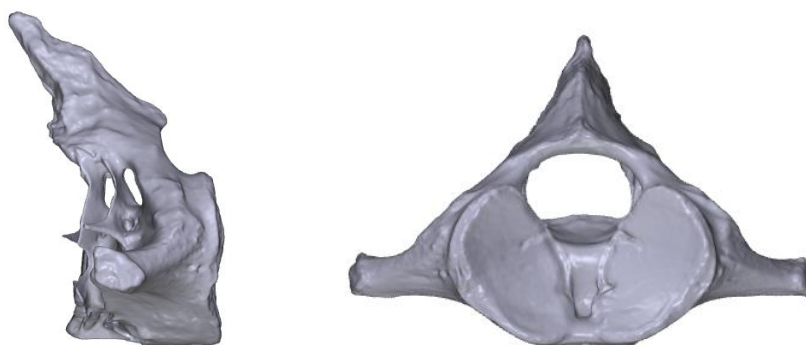
**Figura 2** - Coluna Vertebral Equina demonstrando a formula vertebral. Fonte: Equine Physical Therapist 2016.

As principais características morfológicas na comparação da anatomia da coluna vertebral da orca se iniciam nas vértebras cervicais, que tem seu número fixo de sete vértebras cervicais (Bittercourt1983). Já o cavalo também possui sete vértebras cervicais (Getty 1986)

Os cetáceos possuem encurtamento do pescoço (vértebras cervicais), a qual é uma característica dos cetáceos para adaptação a vida aquática. Esse encurtamento das vértebras do pescoço permitiu uma melhor hidrodinâmica e diminuiu a rotação da cabeça evitando o deslocamento do pescoço durante mergulhos rápidos (Di Benedetto et al. 2010).

A redução das vértebras cervicais do pescoço, também, foi descrita por Bittencourt (1983). Em sua análise do esqueleto da *Orcinus orca* o exemplar analisado por ele tinha as quatro primeiras cervicais fusionadas, enquanto um segundo exemplar foi descrito por ele tendo as três primeiras vértebras cervicais fusionadas. Já Buchholtz e Schur (2004) descrevem em seu estudo um exemplar de *Orcinus orca* analisado em seu estudo, que este possuía as sete vértebras cervicais fusionadas.

Bittercourt (1983) descreve, em sua análise ao esqueleto de *Orcinus orca*, dois tipos de diferenciação da espécie através de sua coluna vertebral. O SCB com as quatro primeiras vértebras cervicais fusionadas e o AST com as três primeiras vértebras fusionadas (Figura 3).



**Figura 3** - Vértebra Cervical, C1, C2, C3 fusionadas da *Orcinus orca*, vista lateral e frontal. Fonte: Print Screen de PDF do Orca Bone Atlas, 2016.

Quanto às vértebras torácicas a orca conta com 11-13 vértebras torácicas (Buchholtz, Schur 2004). Ao contrário do cavalo que conta com 18 vértebras (Getty1986).

As vértebras torácicas e lombares “apresentam considerável percentagem de cartilagem entre os discos epifisários (ou intervertebrais), maximizando a

flexibilidade da coluna vertebral para os movimentos natatórios” (Di Benedetto et al. 2010).

Vértebras Lombares e Caudais sofreram grande reformulação durante a evolução dos cetáceos. Essa reformulação foi mais importante para as vértebras lombares, pois as mesmas tiveram a adição das vértebras “homólogas” que seriam correspondentes as vértebras sacrais de mamíferos terrestres (Buchholtz, Schur 2004). Assim um aumento expressivo, do número de vértebras, foi verificado comparando os números de vértebras da orca com mamíferos terrestres como o equino. Essa grande diferença foi notada pela primeira vez em equinos, que possuem seis lombares, e a orca analisada por Bittercourt (1983) possuía 10 vértebras lombares.

Vértebras Lombares e Caudais geram os movimentos que impulsionam a natação dos cetáceos (Buchholtz, Schur 2004). As vértebras caudais são marcadas pela presença dos ossos chamados Chevron.

Chevrons são ossos intervertebrais ventrais na região caudal. Por definição, cada um deles está associado com a vértebra cranial a ele (Dierauf, Gulland 2001). Chevrons tem forma de “Y” e são importantes para a proteção de vasos sanguíneos e possuem inserções musculares que auxiliam para elevação dos lobos da cauda (Di Benedetto et al. 2010)

Os cetáceos são caracterizados pela ausência dos membros pélvicos, mas são agraciados com grandes estruturas caudais chamadas Flukes (Dierauf, Gulland 2001). Flukes incluem todas as vértebras caudais posteriores em que a largura do corpo exceda a altura (Buchholtz 2007). As vértebras Flukes são responsáveis pela propulsão da cauda (Buchholtz, Schur 2004).

A maioria dos membros da família *Delphinidae* apresenta uma região de processos espinhosos inclinadas anteriormente, apresentando um ponto de convergência na série de vértebras caudais chamado Syncliny (Buchholtz, Schur 2004). Ainda, Buchholtz e Schur (2004) descrevem o Syncliny como passo fundamental na evolução locomotora *Delphinidae*. Porém os gêneros *Orcinus* e

*Pseudorca* não possuem Syncliny, reforçando a análise desse estudo que não encontrou Syncliny na coluna vertebral da orca.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo da teoria que cetáceos evoluíram de ungulados terrestres como equinos e bovinos ao longo da história evolutiva dos cetáceos, sua coluna vertebral foi sofrendo mudanças para adaptação ao meio de vida aquático.

O encurtamento do pescoço pelas vértebras cervicais fusionadas, o aumento do número de vértebras lombares pela adição das vértebras homólogas, são exemplos claros dessas mudanças para a vida aquática.

Como visto no estudo vértebras torácicas da orca passaram por pouquíssimas mudanças, se comparadas com as vértebras torácicas do equino, ficando as principais mudanças adaptativas para as vértebras lombares e caudais, responsáveis pelos movimentos natatórios.

As vértebras Flukes, junto aos ossos chevrons são reformulações drásticas que ocorrem nas vértebras caudais para o melhoramento da natação desses animais.

A falta de Syncliny nos gêneros *Pseudorca* e *Orcinus*. Sendo o Syncliny descrito como um importante fator para a evolução dos cetáceos. Leva a pensar qual foi o nível de evolução desses dois gêneros.

Assim visto que os cetáceos, mesmo descendendo de ungulados terrestres adaptaram sua coluna vertebral ao meio aquático, preservando poucas características dos vertebrados terrestres.

#### REFERÊNCIAS

Barnes LG, Domning DP, Ray CE. Status of studies on fossil marine mammals. *Marine Mammal Science*. 1985;1(1):15-53.

- Bittencourt ML. Orcinus orca. baleia assassina (Cetacea, Delphinidae): Primeiro registro para o litoral norte catarinense, com notas osteológicas. Arq bioltecnol. 1983;26(1):77-103.
- Brault S, Caswell H. Pod-specific demography of killer whales (Orcinus orca). Ecology. 1993;74(5):1444-1454.
- Buchholtz EA. Modular evolution of the cetacean vertebral column. Evolution & development. 2007;9(3):278-289.
- Buchholtz EA, Schur SA. Vertebral osteology in Delphinidae (Cetacea). Zool J Linn Soc. 2004;140(3):383-401.
- Di Benedetto, A.P.; Siciliano, S. & Ramos, R. Cetáceos: Introdução à Biologia e a Metodologia Básica para o Desenvolvimento de Estudos. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz Escola Nacional de Saúde Pública: 2010.
- DIERAUF, Leslie; GULLAND, Frances MD. CRC handbook of marine mammal medicine: health, disease, and rehabilitation. CRC press; 2001.
- GETTY, R - SISSON/GROSSMAN. Anatomia dos Animais Domésticos. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1986.
- Heyning JE, Dahlheim ME. Orcinus orca. Mammalian Species. 1988;304:1-9.
- Lodi, L, Hetzel B. Orcinus orca (Cetacea; Delphinidae) em águas costeiras do Estado do Rio de Janeiro. Bioikos. 2012;12(1):46-54.
- Monteiro Filho ELA, Oliveira LV, Monteiro KDKA, Filla GF, Quito L, Godoy DF. Guia Ilustrado de Mamíferos Marinhos do Brasil. Campinas: Instituto de Pesquisas Cananéia, 2013.