



ANA JÚLIA LENZ

ESTIMATIVA DE IDADE E CRESCIMENTO DE *Caretta caretta* E *Chelonia mydas* NO  
LITORAL SUL DO BRASIL ATRAVÉS DE ESQUELETOCRONOLOGIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Área de Concentração: Estudos de Comunidades Animais

Orientador: Prof. Dr. Márcio Borges Martins

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PORTO ALEGRE

2013

ESTIMATIVA DE IDADE E CRESCIMENTO DE *Caretta caretta* E *Chelonia mydas* NO  
LITORAL SUL DO BRASIL ATRAVÉS DE ESQUELETOCRONOLOGIA

ANA JÚLIA LENZ

Aprovada em 29 de maio de 2013.

---

Dra. Larisa Rosa de Oliveira

---

Dra. Laura Verrastro

---

Dr. Daniel Danilewicz Schiavon

### **Das Utopias**

Se as coisas são inatingíveis... Ora!

Não é motivo para não querê-las...

Que tristes os caminhos se não fora

A mágica presença das estrelas!

Mário Quintana

## **Agradecimentos**

Primeiramente, gostaria de agradecer aqueles laboratórios/setores e seus respectivos responsáveis que abriram suas portas e cederam sua estrutura para a realização da parte prática deste trabalho. Sem a sua colaboração este trabalho não teria se concretizado, agradeço imensamente!

- Laboratório de Tartarugas e Mamíferos Marinhos da FURG, especialmente à Roberta Petitet e à Silvina Botta;
- Laboratório de Histomorfofisiologia Comparada, ICBS, UFRGS, especialmente à Sílvia;
- Produtora de Vídeo do Campus do Vale, IB, UFRGS, especialmente à Ana Carolina;
- Núcleo de Assessoria Estatística da UFRGS, especialmente à prof. Luciana Nunes;
- National Marine Fisheries Service, NOAA Beaufort Laboratory, especialmente à Larisa Avens;
- Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos do Rio Grande do Sul (GEMARS).

Agradeço também ao meu orientador, Márcio, pelos ensinamentos, amizade e estímulo à minha pesquisa com as tartarugas marinhas.

Agradeço aqueles que estiveram sempre presentes, fosse na companhia no RU, no café depois do almoço, nas conversas no meio da tarde e nos happy hours animados... Pessoal do Laboratório de Herpetologia, vocês são 10! Obrigada por tudo!!

Agradeço especialmente às tias da herpeto e às herpetólogatas (cada uma se enquadre na categoria que preferir!!) A convivência com vocês tornou todos os momentos mais alegres e as dificuldades mais fáceis de superar! Agradeço pelas conversas (e fofocas), pela compreensão nos momentos difíceis, pela companhia, pelas comilanças, pelo carinho!

Agradeço à minha família, que mesmo distante sempre esteve presente mesmo que fosse via Skype, que mesmo querendo que eu estivesse lá com eles me estimulou a buscar os meus objetivos! Pai e mãe, devo a vocês tudo que eu sou hoje, sem o seu apoio nada disto seria possível! Sara e Lipe, sinto muita falta da nossa convivência diária, mas estou sempre com vocês em pensamento e torço muito para que vocês alcancem todos os seus objetivos na vida! Flora, minha florzinha que veio pra iluminar a vida da nossa família, a dinda te ama muito! Vó, obrigada por todo apoio e preocupação com meu bem-estar!

Agradeço, por fim, ao meu amor, companheiro, amigo, amante, às vezes até enfermeiro... Que acompanhou todos os momentos, se preocupou, torceu, ouviu as reclamações e até cortou ossos de tartarugas! Que esteve comigo nos momentos bons e ruins, e me ajudou a superar todos os desafios e obstáculos que eu tive que enfrentar! Giovane, te amo muito!

## Sumário

<b>Resumo</b> .....	6
<b>Abstract</b> .....	7
<b>Introdução</b> .....	8
Tartarugas marinhas .....	8
<i>Caretta caretta</i> .....	9
<i>Chelonia mydas</i> .....	10
Estimativa de idade e crescimento através de esqueletocronologia .....	11
Objetivo Geral .....	12
Resumo dos Resultados.....	13
Referências bibliográficas .....	13
<b>Artigo 1 - Idade e crescimento de tartarugas-verdes juvenis (<i>Chelonia mydas</i>) no litoral sul do Brasil</b> .....	17
Resumo .....	17
Abstract.....	17
Introdução.....	18
Materiais e Métodos .....	20
Resultados.....	25
Discussão .....	30
Referências .....	37
<b>Artigo 2 - Estimativa de idade e crescimento de tartarugas-cabeçudas (<i>Caretta caretta</i>) encalhadas na costa sul do Brasil</b> .....	41
Resumo .....	41
Abstract.....	41
Introdução.....	42
Materiais e Métodos .....	44
Resultados.....	50
Discussão .....	55
Referências .....	62
<b>Conclusões Gerais</b> .....	66
<b>Apêndice</b> .....	67
<b>Anexo</b> .....	69

## Resumo

As tartarugas marinhas são animais de vida longa, com maturação sexual tardia, grandes áreas de vida e ampla distribuição geográfica. Sofrem diversos impactos ao longo de seu ciclo de vida, o que contribui para estarem globalmente ameaçadas de extinção. Estes animais apresentam um ciclo de vida complexo, que consiste de estágios de desenvolvimento segregados espacialmente e temporalmente, envolvendo mudanças marcantes de habitat e dieta. O litoral sul do Brasil não apresenta áreas próprias para a desova de tartarugas marinhas, mas é utilizado regularmente por algumas espécies como área de alimentação, pelo menos em alguma etapa do seu desenvolvimento. As espécies registradas com mais frequência na região e analisadas neste estudo são a tartaruga-cabeçuda, *Caretta caretta*, e a tartaruga-verde, *Chelonia mydas*. Apesar de serem animais ameaçados de extinção, diversos aspectos do ciclo de vida das tartarugas marinhas permanecem pouco conhecidos. Idade e crescimento são parâmetros importantes para o melhor entendimento da história de vida das espécies e elaboração de estratégias de manejo. Espécimes encontrados encalhados mortos durante um período de 16 anos na costa do Rio Grande do Sul foram utilizados para realizar estimativas de idade e crescimento através de esqueletocronologia. Esta técnica oferece o potencial para uma rápida e ampla caracterização de parâmetros de idade e crescimento de uma população. Os resultados mostram que ambas as espécies são encontradas nesta região durante a fase juvenil, logo após o recrutamento do ambiente oceânico para o ambiente nerítico, que ocorre por volta de 12 anos e comprimentos de carapaça maiores que 55 cm nas tartarugas-cabeçudas e aproximadamente 30 cm e 3 anos nas tartarugas-verdes. As tartarugas-cabeçudas analisadas tiveram idades estimadas entre 10 e 29 anos e comprimentos da carapaça entre 53 e 101 cm e as tartarugas-verdes apresentaram entre 2 e 13 anos e tamanhos entre 31 e 62 cm. Taxas de crescimento são inversamente relacionadas à idade e ao tamanho, apresentando grande variação individual. Os resultados corroboram a ideia de que o litoral sul do Brasil é uma importante área de desenvolvimento para juvenis neríticos das duas espécies em questão, sendo uma região de extrema importância para a conservação das tartarugas marinhas no Atlântico sul ocidental.

## **Abstract**

Sea turtles are long-lived marine reptiles with late sexual mature, large home-ranges and wide geographic distribution. They are exposed to many impacts over its life cycle which contributes to their worldwide threatened status. Sea turtles present a complex life cycle of development stages that are segregated spatially and temporally involving marked changes in diet and habitat. The south coast of Brazil don't present nesting areas but is used by some species as feeding area at least in any stage of its development. The most abundant species in this region and the turtles analyzed in this study are the loggerhead and the green turtle. Although threatened worldwide, many aspects of life cycle of sea turtles remain poorly known. Age and growth are important parameters to understand life history and to develop management strategies. Specimens stranded during a period of 16 years along the coast of the State of Rio Grande do Sul were used to estimate age and growth by skeletochronology. This technique offers the potential to a quick and wide characterization of age and growth parameters of a population. The results show that both species live in this region during juvenile stage, just after recruitment from the oceanic environment to the neritic environment. The recruitment occurs about 12 years and length greater than 55 cm on loggerhead and from 30 cm and 3 years on green turtles. The loggerhead turtles have estimated age between 10 and 29 years and carapace length between 53 and 101 cm and green turtles presents between 2 and 13 years and length between 31 and 62 cm. Growth rates were inversely related to length and age. The results corroborate the idea that the south Brazilian coast is an important development area to neritic juveniles of both species, being a region of extreme importance to sea turtle conservation in the southwestern Atlantic.

## Introdução

### Tartarugas marinhas

As tartarugas marinhas são répteis pertencentes à ordem Testudines, subordem Cryptodira, famílias Cheloniidae e Dermochelyidae, ambas com distribuição global em mares tropicais e temperados (Vitt & Caldwell, 2009). Atualmente são reconhecidas sete espécies de tartarugas marinhas, *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758), *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758), *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766), *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829), *Lepidochelys kempii* Garman, 1880, *Natator depressus* (Garman, 1880) e *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761). No Brasil e no Rio Grande do Sul ocorrem cinco espécies (Lema & Ferreira, 1990; Di-Bernardo *et al.*, 2003). A tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*), a tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) e a tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*) são espécies registradas com frequência no Rio Grande do Sul, enquanto a tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) e a tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*) ocorrem apenas ocasionalmente (Soto & Beheregarry, 1997; Bugoni *et al.*, 2003; Barata *et al.*, 2004).

Como nos demais estados da região sul do Brasil, o litoral do Rio Grande do Sul não apresenta áreas próprias para a desova de tartarugas marinhas, mas é utilizado regularmente por algumas espécies como área de alimentação, pelo menos em alguma etapa do seu desenvolvimento (Di-Bernardo *et al.*, 2003). Por ser uma grande área de alimentação e rota migratória da maioria das espécies de tartarugas marinhas, o litoral extremo sul do Brasil é considerado área prioritária para a conservação da biodiversidade dos quelônios marinhos (Fundação BIO-RIO *et al.*, 2002). Todas as espécies de tartarugas marinhas que ocorrem no Brasil estão protegidas por leis federais e por acordos internacionais dos quais o Brasil é signatário. As cinco espécies que ocorrem no Rio Grande do Sul estão incluídas na lista brasileira de espécies ameaçadas de extinção, na lista da IUCN e no Apêndice I da CITES (Di-Bernardo *et al.*, 2003; Machado *et al.*, 2008; IUCN, 2012).

Após o nascimento, todas as tartarugas marinhas movem-se imediatamente para o mar e nadam ativamente para a zona pelágica, onde migram passivamente com os giros oceânicos (Musick & Limpus, 1997). Após um período de alguns anos, estes juvenis maiores e mais velhos recrutam ativamente para habitats de desenvolvimento neríticos em zonas temperadas e tropicais (Musick & Limpus, 1997). O recrutamento do ambiente oceânico, onde as tartarugas são predominantemente epipelágicas, para o ambiente nerítico, onde elas são primariamente bentônicas, pode envolver um período de transição antes dos indivíduos se



tornarem completamente neríticos (Bolten, 2003). A duração da fase de vida oceânica, bem como a faixa etária das populações que ocorrem no sul do Brasil ainda permanecem pouco conhecidos (Di-Bernardo *et al.*, 2003; Petitet *et al.*, 2012).

### ***Caretta caretta***

A tartaruga-cabeçuda, *Caretta caretta*, é a espécie mais abundante na costa do Rio Grande do Sul (Lema & Ferreira, 1990; Pinedo, 1998), com cerca de 54% dos registros de encalhes no litoral norte (dados deste estudo). A espécie é considerada em perigo (EN) em nível mundial (IUCN, 2012) e vulnerável (VU) no Brasil (Machado *et al.*, 2008). Tartarugas-cabeçudas podem ser identificadas pela presença de cinco escudos laterais na carapaça, sendo o primeiro par em contato com o escudo pré-central, três escudos inframarginais sem poros no plastrão e dois pares de escamas pós-orbitais (Márquez, 1990).

A tartaruga-cabeçuda habita a plataforma continental, baías, lagunas e estuários em águas temperadas, subtropicais e tropicais (Dodd, 1988). Esta espécie parece tolerar menores temperaturas melhor que as demais tartarugas marinhas, excluindo *Dermochelys coriacea*, que alcança as maiores latitudes (Hendrickson, 1980). Suas maiores concentrações são sobre fundos de mares produtivos no lado leste das massas continentais, onde o movimento geral das águas é dos trópicos para as regiões frias (Hendrickson, 1980). Em relação aos movimentos migratórios, estes parecem ser mais um processo sazonal de deriva pelas correntes e retorno, que um movimento direcionado como em *Chelonia mydas* (Hendrickson, 1980).

A espécie atinge 180 kg e pode alcançar a maturidade sexual a partir de 70–90 cm de comprimento retilíneo da carapaça (Dodd, 1988). Após o nascimento, os filhotes têm uma existência pelágica-nectônica durante o chamado “ano perdido”, que dura usualmente mais de um ano, onde se alimentam de organismos associados com bancos de *Sargassum* (Márquez, 1990). Já os adultos e subadultos são encontrados em águas costeiras e realizam migrações entre as áreas de alimentação e de reprodução (Dodd, 1988).

A tartaruga-cabeçuda apresenta hábitos alimentares carnívoros durante toda a vida (Márquez, 1990). Sua dieta inclui crustáceos, moluscos, peixes e cnidários (Dodd, 1988), podendo variar significativamente ao longo de sua distribuição geográfica (Plotkin *et al.*, 1993). Durante sua fase costeira é um carnívoro generalista, alimentando-se principalmente de invertebrados bentônicos (Preen, 1996) e durante as migrações em mar aberto a espécie consome medusas, peixes e outros organismos pelágicos (Márquez, 1990). No litoral norte do

Rio Grande do Sul a espécie se alimenta principalmente de crustáceos, ingerindo também gastrópodes e peixes (Bugoni *et al.*, 2003; Lenz, 2009). As espécies encontradas nos tratos digestivos indicam que, na região, as tartarugas-cabeçudas alimentam-se na zona costeira, em fundos arenosos e lodosos em profundidades que podem chegar a 75 metros, ingerindo organismos bentônicos e demersais (Lenz, 2009).

### ***Chelonia mydas***

A tartaruga-verde é a segunda espécie mais abundante no litoral norte do Rio Grande do Sul, com aproximadamente 35% dos registros de encalhes (dados deste estudo). A espécie é considerada em perigo (EN) em nível mundial (IUCN, 2012) e vulnerável (VU) no Brasil (Machado *et al.*, 2008). *Chelonia mydas* é facilmente identificada pela presença de quatro escudos laterais na carapaça e apenas um par de escamas pré-frontais, além disto, apresenta a cabeça relativamente pequena e obtusa (Márquez, 1990). Já foram registrados espécimes com 139 cm de comprimento curvilíneo da carapaça e até 235 kg (Márquez, 1990).

Tartarugas-verdes são animais tipicamente nectônicos e solitários, podendo ocasionalmente formar agregações em áreas de alimentação (Márquez, 1990). A espécie migra através de mar aberto, mas áreas de alimentação são encontradas em águas rasas e, no oeste do Atlântico, áreas de nidificação são conhecidas no Brasil, Caribe e Golfo do México (Ehrhardt & Witham, 1992). Sua distribuição é circunglobal, geralmente concentrada entre as latitudes 40° N e 40° S (Hirth, 1997). Segundo Hendrickson (1980) a espécie apresenta um hábito migratório caracterizado por viagens de longas distâncias entre habitats separados, áreas de alimentação e nidificação, entretanto algumas populações residentes permanentes são conhecidas em determinadas regiões.

A espécie apresenta um hábito alimentar distinto das demais tartarugas marinhas, sendo a única herbívora (Hendrickson, 1980). Os pequenos juvenis apresentam uma dieta com tendência à carnívora na fase oceânica (Bjorndal, 1985) mudando para a dieta herbívora ao recrutarem para habitats neríticos (Bjorndal, 1997). No Rio Grande do Sul os indivíduos juvenis apresentam uma dieta onívora, consistindo de matéria vegetal e animal, indicando que estão no período de mudança de hábitos alimentares, de carnívoro para herbívoro (Bugoni *et al.*, 2003). Resíduos plásticos foram encontrados nos estômagos de mais de 60% das tartarugas-verdes analisadas por Bugoni *et al.* (2001), demonstrando a grande ameaça dos resíduos lançados nos oceanos.

## **Estimativa de idade e crescimento através de esqueletocronologia**

O conhecimento das taxas de crescimento naturais e da idade dos indivíduos de uma população é fundamental para entender a demografia, avaliar a qualidade do habitat e elaborar planos de manejo e medidas conservacionistas adequadas para as espécies ameaçadas de extinção (Bjorndal & Bolten, 1988a). Embora as tartarugas marinhas tenham sido mais estudadas quando comparadas com outras espécies da fauna marinha, ações de manejo e sua avaliação ainda são frequentemente dificultadas pela falta de dados-chave sobre a biologia, interações humanas, status das populações e ameaças ambientais (Hamann *et al.*, 2010).

A taxa de crescimento de um animal e sua variação ao longo da vida são elementos importantes no conhecimento da demografia e padrão de história de vida das espécies (Bjorndal & Bolten, 1988b). Embora dados de crescimento e idade possam ser adquiridos diretamente para muitos organismos, esta facilidade não está disponível para a maioria das populações de tartarugas marinhas, devido ao longo período de vida e dificuldade para observações diretas (Zug & Glor, 1998). Neste contexto, os numerosos encalhes de tartarugas marinhas mortas podem ser convertidos em valiosos espécimes para pesquisa através de esqueletocronologia (Zug *et al.*, 1986).

Esqueletocronologia é uma subdisciplina do vasto campo de estudo chamado esclerocronologia, que é a investigação da temporariedade associada a características de história de vida através da análise de estruturas duras ou calcificadas nos organismos (Avens & Snover, 2013). Grande quantidade de dados tem sido obtida em relação à idade e padrão de crescimento de anfíbios e répteis utilizando linhas de crescimento cíclicas em seus ossos (Castanet & Smirina, 1990).

A técnica de esqueletocronologia oferece o potencial para uma rápida e ampla caracterização de parâmetros de idade e crescimento de uma população (Avens & Snover, 2013). Esta técnica assume que (1) uma relação constante e proporcional existe entre o crescimento dos ossos e o crescimento somático, e (2) que anéis de crescimento periódicos são depositados em intervalo de tempo regular e constante (Chaloupka & Musick, 1997). O padrão de deposição anual de marcas de crescimento em tartarugas marinhas tem sido validado em vários estudos, através de marcação de indivíduos com tetraciclina (Klinger & Musick, 1992; Coles *et al.*, 2001; Snover *et al.*, 2010), marcação e recaptura (Goshe *et al.*, 2010; Avens *et al.*, 2012) e em indivíduos com idade conhecida (Snover & Hohn, 2004; Goshe *et al.*, 2010). A relação proporcional entre crescimento somático e crescimento ósseo também já foi validada (Snover *et al.*, 2007; Goshe *et al.*, 2010; Avens *et al.*, 2012).

Análises de linhas de crescimento nos ossos têm sido realizadas para diversas espécies de tartarugas marinhas em diferentes regiões geográficas, inclusive para *Caretta caretta* (e.g. Snover & Hohn, 2004; Avens & Goshe, 2007; Casale *et al.*, 2011) e *Chelonia mydas* (e.g. Zug *et al.*, 2002; Goshe *et al.*, 2010; Avens *et al.*, 2012). Zug *et al.* (1986) utilizaram a técnica em diversos ossos de *Caretta caretta* e concluíram que o úmero apresenta as marcas de crescimento mais evidentes. Cada marca de crescimento consiste de uma área de coloração clara e uma área de coloração escura, a área clara representa um período de rápido crescimento, e a escura, crescimento lento ou nulo (Zug *et al.*, 1986). Juntas, uma área clara e uma área escura adjacentes, representam um ciclo completo de crescimento, ou seja, um ano em tartarugas marinhas (Zug *et al.*, 1986).

O remodelamento intracortical do osso, juntamente com sua vascularização, é uma das dificuldades encontrada na prática da esqueletocronologia em quelônios e crocodilianos, podendo destruir marcas de crescimento mais antigas (Castanet & Smirina, 1990). Nas tartarugas marinhas há um incremento de tamanho de 18 a 20 vezes desde o nascimento até a idade adulta, o que sugere uma maior reorganização estrutural no esqueleto e reabsorção/remodelamento são evidentes em todos os ossos (Zug, 1990). Alguns métodos têm sido propostos para estimar o número de marcas de crescimento perdidas pelo remodelamento ou reabsorção do osso (Klinger & Musick, 1992; Parham & Zug, 1997; Zug *et al.*, 2002; Snover *et al.*, 2007).

Além de prover estimativas de idade, a esqueletocronologia permite a obtenção de taxas de crescimento para múltiplos anos, considerando que cada marca de crescimento representa um ciclo anual (Goshe *et al.*, 2010). Técnicas de retrocálculo são baseadas no conceito de que o padrão espacial das linhas de crescimento é representativo do crescimento do animal, e para confirmar isto uma correlação deve ser estabelecida entre dimensões do osso e tamanho do corpo (Snover & Rhodin, 2008). As taxas de crescimento de tartarugas marinhas podem ser influenciadas por diversos parâmetros ambientais, como disponibilidade de alimento e temperatura (Heppell *et al.*, 2003), podendo indicar padrões de uso de habitat e migrações dos indivíduos (Casale *et al.*, 2011).

## **Objetivo Geral**

O objetivo principal do trabalho é estimar a idade das populações de *Chelonia mydas* e *Caretta caretta* encontradas no litoral norte do Rio Grande do Sul, respondendo as seguintes perguntas: Qual é a idade estimada dos indivíduos que encaixam no litoral norte do Rio

Grande do Sul? Qual é a relação entre número de marcas de crescimento nos ossos e comprimento da carapaça? Quais são as taxas de crescimento das espécies no Atlântico sul ocidental e qual a variação entre classes de tamanho e idades?

### **Resumo dos Resultados**

Neste estudo, utilizamos a técnica de esqueletocronologia para avaliar parâmetros etários e de crescimento das duas espécies de tartarugas marinhas mais frequentes na costa do Rio Grande do Sul. A idade foi inferida com base na contagem de linhas de crescimento no úmero e um fator de correção foi utilizado para estimar a idade dos indivíduos que apresentaram reabsorção óssea. Taxas de crescimento foram obtidas através do retrocálculo de comprimentos anteriores da carapaça para cada linha de crescimento observada. As tartarugas-verdes analisadas apresentaram tamanho entre 31 e 62 cm de comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) e idade entre 2 e 13 anos. As tartarugas-cabeçudas tiveram tamanho entre 53 e 101 cm de CCC e idade estimada entre 10 e 29 anos. O recrutamento para o ambiente nerítico parece ocorrer a partir de 30 cm e 3 anos nas tartarugas-verdes e 55 cm e 12 anos nas tartarugas-cabeçudas. As tartarugas-verdes permanecem por poucos anos na costa do Rio Grande do Sul, somente até atingirem cerca de 50 cm, enquanto as tartarugas-cabeçudas permanecem na região até atingirem um tamanho próximo a maturação sexual. O crescimento diminui com o aumento da idade e do tamanho.

### **Referências bibliográficas**

Referências formatadas de acordo com o periódico *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, cujas normas aos autores constam no Anexo.

Avens L. e Goshe L.R. (2007) Comparative skeletochronological analysis of Kemp's ridley (*Lepidochelys kempii*) and loggerhead (*Caretta caretta*) humeri and scleral ossicles. *Marine Biology* 152(6), 1309–1317.

Avens L. e Snover M.L. (2013) Age and age estimation in sea turtles. In Wyneken J., Lohmann K.J. e Musick J.A. (eds.) *The biology of sea turtles*, v III. Boca Raton: CRC Press. pp 97–134.

Avens L., Goshe L.R., Harms C.A., Anderson E.T., Hall A.G., Cluse W.M., Godfrey M.H., Braun-McNeill J., Stacy B., Bailey R. e Lamont M.M. (2012) Population characteristics, age structure, and growth dynamics of neritic juvenile green turtles in the northeastern Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series* 458, 213–229.

- Barata P.C.R., Lima E.H.S.M., Borges-Martins M., Scalfoni J.T., Bellini C. e Siciliano S. (2004) Records of the leatherback sea turtle (*Dermochelys coriacea*) on the Brazilian coast, 1969-2001. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 84, 1233–1240.
- Bjorndal K.A. (1985) Nutritional ecology of sea turtles. *Copeia* 1985(736), 736–751.
- Bjorndal K.A. (1997) Foraging ecology and nutrition of sea turtles. In Lutz P.L. e Musick J.A. (eds.) *The biology of sea turtles*. Boca Raton: CRC Press, pp. 199–232.
- Bjorndal K.A. e Bolten A.B. (1988a) Growth rates of juvenile loggerheads, *Caretta caretta*, in the Southern Bahamas. *Journal of Herpetology* 22(4), 480–482.
- Bjorndal K.A. e Bolten A.B. (1988b) Growth rates of immature green turtles, *Chelonia mydas*, on feeding grounds in the southern Bahamas. *Copeia* 1988(3), 555–564.
- Bolten A.B. (2003) Variation in sea turtle life history patterns: neritic vs. oceanic developmental stages. In Lutz P.L., Musick J.A. e Wyneken J. (eds.) *The biology of sea turtles*, v II. Boca Raton: CRC Press, pp. 243–258.
- Bugoni L., Krause L. e Petry M.V. (2001) Marine debris and human impacts on sea turtles in Southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 42(12), 1330–1334.
- Bugoni L., Krause L. e Petry M.V. (2003) Diet of sea turtles in southern Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 4(3), 685–688.
- Casale P., Conte N., Freggi D., Cioni C. e Argano R. (2011) Age and growth determination by skeletochronology in loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) from the Mediterranean Sea. *Scientia Marina* 75(1), 197–203.
- Castanet J. e Smirina E. (1990) Introduction to the skeletochronological method in amphibians and reptiles. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie* 13(11), 191–196.
- Chaloupka M.Y. e Musick J.A. (1997) Age, growth, and population dynamics. In Lutz P.L. e Musick J.A. (eds.) *The biology of sea turtles*. Boca Raton: CRC Press, pp. 233–276.
- Coles W.C., Musick J.A. e Williamson L.A. (2001) Skeletochronology validation from an adult loggerhead (*Caretta caretta*). *Copeia* 2001(1), 240–242.
- Di-Bernardo M., Borges-Martins M. e Oliveira R.B. (2003) Répteis. In Fontana C.S., Bencke, G.A. e Reis, R. (eds.), *Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: EDIPUCRS, pp. 165–188.
- Dodd C.K. (1988) Synopsis of the biological data on the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* (Linnaeus 1758). U. S. Fish Wildlife Service, *Biological Report* 88(14), 110p.
- Ehrahardt N.M. e Witham R. (1992) Analysis of growth of the green sea turtle (*Chelonia mydas*) in the western central Atlantic. *Bulletin of Marine Science* 50(2), 275–281.

- Fundação BIO-RIO, SECTAM/PA, IDEMA/RN, SNE/PB, SMA/SP e FEPAM/RS. (2002) *Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha*. Brasília, MMA/SBF.
- Goshe L.R., Avens L., Scharf F.S. e Southwood A.L. (2010) Estimation of age at maturation and growth of Atlantic green turtles (*Chelonia mydas*) using skeletochronology. *Marine Biology* 157(8), 1725–1740.
- Hamann M., Godfrey M.H., Seminoff J.A., Arthur K., Barata P.C.R., Bjorndal K.A., Bolten A.B., Broderick A.C., Campbell L.M., Carreras C., Casale P., Chaloupka M., Chan S.K.F., Coyne M.S., Crowder L.B., Diez C.E., Dutton P.H., Epperly S.P., FitzSimmons N.N., Formia A., Giron dot M., Hays G.C., Cheng I.J., Kaska Y., Lewison R., Mortimer J.A., Nichols W.J., Reina R.D., Shanker K., Spotila J.R., Tomás J., Wallace B.P., Work T.M., Zbinden J. e Godley B.J. (2010) Global research priorities for sea turtles: informing management and conservation in the 21st century. *Endangered Species Research* 11, 245–269.
- Hendrickson, J.R. (1980) The ecological strategies of sea turtles. *American Zoologist* 20, 597–608.
- Heppell S.S., Snover M.L. e Crowder L.D. (2003) Sea turtle population ecology. In Lutz P.L., Musick J.A. e Wyneken J. (eds.) *The biology of sea turtles*, v II. Boca Raton: CRC Press, pp. 275–306.
- Hirth H.F. (1997) Synopsis of the biological data on the green turtle *Chelonia mydas* (Linneaus 1758). *U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report* 97(1), 120 pp.
- IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 07 April 2013.
- Klinger R.C. e Musick J.A. (1992) Annular growth layers in juvenile loggerhead turtles (*Caretta caretta*). *Bulletin of Marine Science* 51(2), 224–230.
- Lema T. e Ferreira M.T.S. (1990) Contribuição ao conhecimento dos testudines do Rio Grande do Sul (Brasil) – Lista sistemática comentada (Reptilia). *Acta Biologica Leopoldensia* 12(1), 125–164.
- Lenz A.J. (2009) Dieta da tartaruga-cabeçuda, *Caretta caretta* (Testudines, Cheloniidae) no litoral norte do Rio Grande do Sul. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- Machado A.B.M., Drummond G.M. e Paglia A.P. (2008) *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção*. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.
- Márquez R.M. (1990) Sea turtles of the world: an annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. *FAO Fisheries Synopsis* 11(125), 81pp.
- Musick J.A. e Limpus C.J. (1997) Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. In Lutz P.L. e Musick J.A. (eds.) *The biology of sea turtles*. Boca Raton: CRC Press, pp. 137–163.

- Parham J.F. e Zug G.R. (1997) Age and growth of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) of coastal Georgia: an assessment of skeletochronological age-estimates. *Bulletin of Marine Science* 61(2), 287–304.
- Pinedo M.C. (1998) Mamíferos e tartarugas marinhas. In Seeliger U., Odebrecht C. e Castello J.P. (eds) *Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil*. Rio Grande: Ecoscientia, pp.166–170.
- Plotkin P.T., Wicksten M.K. e Amos A.F. (1993) Feeding ecology of the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* in the Northwestern Gulf of Mexico. *Marine Biology* 115(1), 1–5.
- Preen A.R. (1996) Infaunal mining: a novel foraging method of loggerhead turtles. *Journal of Herpetology* 30(1), 94–96.
- Snover M.L. e Hohn A.A. (2004) Validation and interpretation of annual skeletal marks in loggerhead (*Caretta caretta*) and Kemp's ridley (*Lepidochelys kempii*) sea turtles. *Fishery Bulletin* 102(4), 682–692.
- Snover, M.L. e Rhodin A.G.J. (2008) Comparative ontogenetic and phylogenetic aspects of chelonian chondro-osseous growth and skeletochronology. In Wyneken J., Godfrey M.H. e Bels V. *Biology of turtles*. Boca Raton: CRC Press, pp. 17–44.
- Snover M.L., Avens L. e Hohn A.A. (2007) Back-calculating length from skeletal growth marks in loggerhead sea turtles *Caretta caretta*. *Endangered Species Research* 3, 95–104.
- Snover M.L., Hohn A.A., Crowder L.B. e Macko S.A. (2010) Combining stable isotopes and skeletal growth marks to detect habitat shifts in juvenile loggerhead sea turtles *Caretta caretta*. *Endangered Species Research* 13, 25–31.
- Soto J.M.R. e Beheregarry R.C.P. (1997) New records of *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) and *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) in the southwest Atlantic. *Marine Turtle Newsletter* 77, 8–9.
- Vitt L.J. e Caldwell J.P. (2009) *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. 3rd ed. Burlington: Academic Press.
- Zug G.R. (1990) Age determination of long-lived reptiles: some techniques for seaturtles. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie* 13(11), 219–222.
- Zug G.R. e Glor R.E. (1998) Estimates of age and growth in a population of green sea turtles (*Chelonia mydas*) from the Indian River lagoon system, Florida: a skeletochronological analysis. *Canadian Journal of Zoology* 76, 1497–1506.
- Zug G.R., Wynn A.H. e Ruckdeschel C. (1986) Age determination of loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, by incremental growth marks in the skeleton. *Smithsonian* 427, 44 pp.
- Zug, G.R., Balazs, G.H., Wetherall, J.A., Parker, D.M. e Murakawa, S.K.K. (2002) Age and growth of Hawaiian green seaturtles (*Chelonia mydas*): an analysis based on skeletochronology. *Fishery Bulletin* 100, 117–127.



## Artigo 1

### Idade e crescimento de tartarugas-verdes juvenis (*Chelonia mydas*) no litoral sul do Brasil

Ana Júlia Lenz<sup>1</sup>, Larisa Avens<sup>2</sup>, Cariane Campos Trigo<sup>3,4</sup>, Márcio Borges-Martins<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, avenida Bento Gonçalves, 9500, prédio 43435, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil; <sup>2</sup>NOAA Fisheries, Southeast Fisheries Science Center, Beaufort Laboratory, 101 Pivers Island Road, Beaufort, North Carolina 28516, USA;

<sup>3</sup>Centro de Estudos Costeiros Limnológicos e Marinheiros, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, avenida Tramandaí, 976, CEP 95625-000, Imbé, RS, Brasil; <sup>4</sup>Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos do Rio Grande do Sul (GEMARS), rua Felipe Neri 382/203, CEP 90440-150, Porto Alegre, RS, Brasil

#### Resumo

*As tartarugas-verdes são animais globalmente ameaçados de extinção e com um ciclo de vida complexo, que envolve um desenvolvimento inicial na zona pelágica com posterior recrutamento para a zona nerítica com cerca de 25–35 cm de comprimento. No extremo sul do Brasil, tartarugas-verdes juvenis são comumente encontradas encalhadas nas praias. A idade e crescimento de indivíduos provenientes de encalhes foram acessados através de esqueletocronologia. Os indivíduos analisados apresentaram idade variando entre 2 e 13 anos e tamanho entre 31 e 62 cm de CCC. No sul do Brasil, a espécie parece recrutar para o ambiente nerítico com cerca de 30–40 cm de comprimento e 2–7 anos, permanecendo nesta região até atingir cerca de 50 cm. As taxas de crescimento foram muito variáveis entre os indivíduos, apresentando uma média de 3,7 cm ao ano, mas com uma tendência de declínio com o aumento do tamanho e da idade. Este estudo é o primeiro a descrever idade e crescimento de tartarugas-verdes no Atlântico sul ocidental e identificar a idade de recrutamento de indivíduos juvenis nesta região.*

Palavras-chave: esqueletocronologia, tartarugas marinhas, Atlântico, recrutamento.

#### Abstract

*Green turtles are threatened worldwide and have a complex life history, that involves an initial development on the pelagic zone with posterior recruitment to the neritic zone, about 25–35 cm length. In the southern Brazil, juvenile green turtles are commonly encountered stranded at the coast. The age and growth of individuals stranded was accessed by*

*skeletochronology. The ages ranged from 2 to 13 years and curved carapace length between 31 and 62 cm. In the southern Brazil, the species appear to recruit to the neritic zone at 30–40 cm of length and 2–7 years, remaining at this region until reach about 50 cm. Growth rates were variable among the individuals, presenting an average of 3.7 cm yr<sup>-1</sup>. Growth rates were inversely related to length and age. This study is the first to describe age and growth of *Chelonia mydas* in the South Atlantic and to identify the age of recruitment of juvenils in this area.*

Keywords: skeletochronology, sea turtles, Atlantic, recruitment.

## INTRODUÇÃO

A tartaruga-verde, *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758), é um animal tipicamente nectônico e solitário, podendo ocasionalmente formar agregações em áreas de alimentação (Márquez, 1990). Sua distribuição é circunglobal, geralmente concentrada entre as latitudes 40° N e 40° S (Hirth, 1997). Segundo Bolten (2003), o padrão de história de vida de *Chelonia mydas* é caracterizado por um desenvolvimento inicial na zona oceânica seguido por desenvolvimento tardio na zona nerítica. Estima-se que o recrutamento de juvenis para a zona nerítica ocorra entre três e nove anos de vida com aproximadamente 25 a 35 cm de comprimento da carapaça (Zug & Glor, 1998; Zug *et al.*, 2002; Reich *et al.*, 2007).

O litoral sul do Brasil não apresenta áreas próprias para a desova de tartarugas marinhas, mas é utilizado regularmente por algumas espécies como área de alimentação, pelo menos em alguma etapa do seu desenvolvimento (Di-Bernardo *et al.*, 2003). Tartarugas-verdes juvenis são comumente encontradas encalhadas nas praias do litoral extremo sul do Brasil (Bugoni *et al.*, 2001). *Chelonia mydas* é a segunda espécie mais abundante no litoral norte do estado do Rio Grande do Sul, com aproximadamente 35% dos registros de encalhes (dados deste estudo). A causa da morte destes animais parece estar relacionada à ingestão de resíduos antropogênicos e interação com a pesca costeira (Bugoni *et al.*, 2001; Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos do Rio Grande do Sul, dados não publicados). As tartarugas-verdes encontradas no sul do Brasil tem origem genética proveniente principalmente das ilhas de Trindade (BR), Ascensão (Reino Unido) e Aves (Suriname) (Proietti *et al.*, 2012). A espécie é considerada em perigo (EN) em nível mundial (IUCN, 2012) e vulnerável (VU) no Brasil (Machado *et al.*, 2008).

A taxa de crescimento de um animal, incluindo sua variação ao longo da vida, é um elemento importante no conhecimento da demografia e padrão de história de vida das espécies

(Bjorndal & Bolten, 1988). Dados de crescimento e idade podem ser adquiridos diretamente para muitos organismos, entretanto esta facilidade não está disponível para a maioria das populações de tartarugas marinhas, devido ao longo período de vida e a dificuldade para observações diretas (Zug & Glor, 1998). Neste contexto, os numerosos encalhes de tartarugas marinhas mortas podem ser convertidos em valiosos espécimes para pesquisa através de esqueletocronologia (Zug *et al.*, 1986).

A técnica de esqueletocronologia oferece o potencial para uma rápida e ampla caracterização de parâmetros de idade e crescimento de uma população, através da análise de marcas de crescimento nos ossos (Bjorndal *et al.*, 1998; Avens & Snover, 2013). A deposição anual de linhas de crescimento em tartarugas-verdes já foi validada através de marcação com oxitetraciclina (Snover *et al.*, 2011), marcação e recaptura (Goshe *et al.*, 2010; Avens *et al.*, 2012) e em indivíduos com idade conhecida (Goshe *et al.*, 2010). A relação positiva entre crescimento ósseo e crescimento somático já foi demonstrada em tartarugas-verdes do Atlântico norte (Goshe *et al.*, 2010; Avens *et al.*, 2012).

Além de prover estimativas de idade, a esqueletocronologia permite a obtenção de taxas de crescimento para múltiplos anos, considerando que cada marca de crescimento representa um ciclo anual (Goshe *et al.*, 2010). Taxas de crescimento de tartarugas-verdes são altamente variáveis, tanto entre populações quanto dentro de uma mesma população, podendo ser influenciadas por genótipo, sexo, qualidade do habitat, temperatura da água e dieta (Bjorndal & Bolten, 1988). Taxas médias de crescimento de tartarugas-verdes no oeste do Atlântico têm variado entre 3–5 cm ao ano, seguindo sua entrada em habitats neríticos (Zug & Glor, 1998). Avens *et al.* (2012) afirmam que o alto grau de variabilidade de taxas de crescimento indica que grandes tamanhos de amostras são necessários para avaliar padrões de crescimento de tartarugas-verdes.

Diversos estudos utilizando esqueletocronologia para estimativa de idade ou taxas de crescimento de tartarugas-verdes já foram realizados no Atlântico norte (Bjorndal *et al.*, 1998; Zug & Glor, 1998; Goshe *et al.*, 2010; Avens *et al.*, 2012) e no Pacífico (Zug *et al.*, 2002). No Brasil, Torezani *et al.* (2010) investigaram o crescimento de tartarugas-verdes juvenis em uma área de descarga de efluentes industriais no litoral sudeste através de marcação e recaptura. Não há outros estudos publicados sobre taxas de crescimento ou idade de tartarugas-verdes no Atlântico sul.

Sabe-se que as taxas de crescimento de *Chelonia mydas* diferem entre as populações do Atlântico norte e do Pacífico, sendo maiores nas populações do Atlântico (Bjorndal *et al.*,

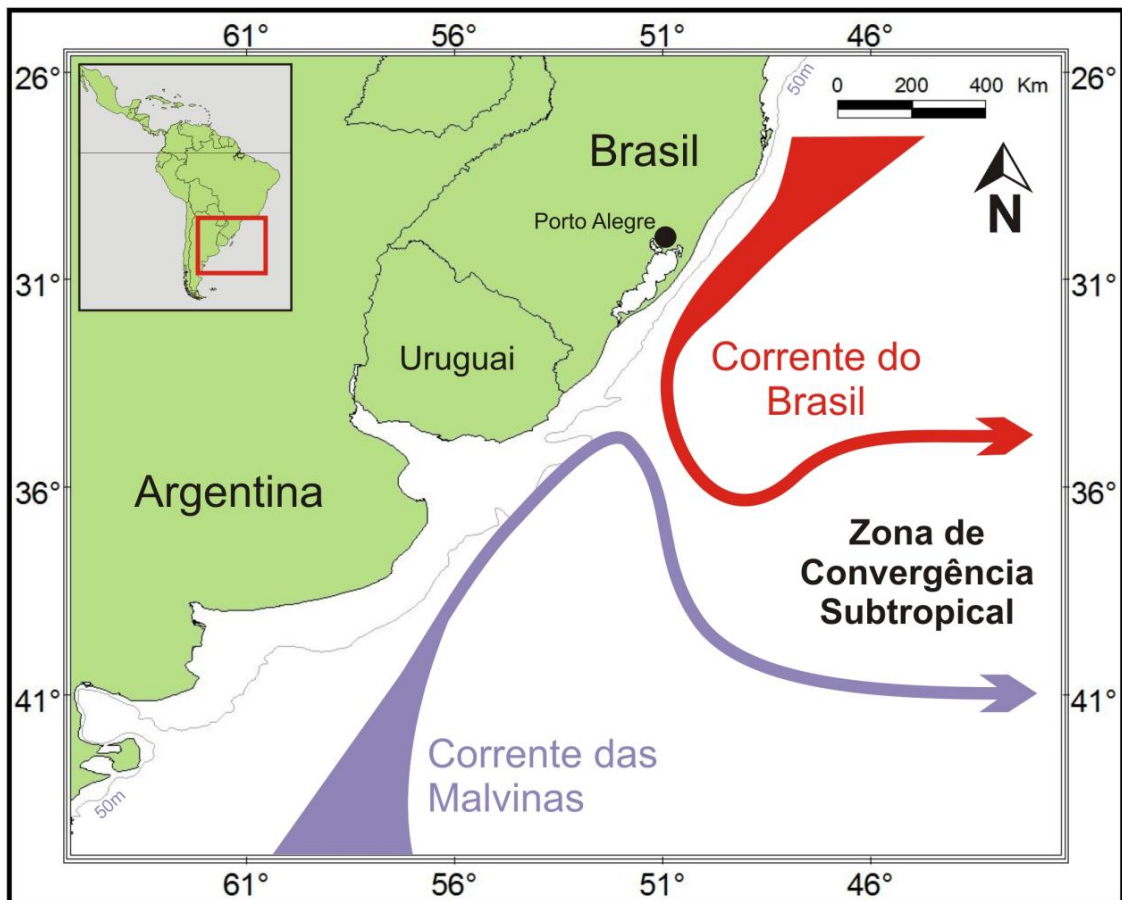
2000). Outro aspecto variável entre populações de tartarugas-verdes é a idade e tamanho de recrutamento dos juvenis para o ambiente nerítico, que parece ocorrer mais cedo nas tartarugas do Atlântico (Zug & Glor, 1998; Zug *et al.*, 2002; Reich *et al.*, 2007). Entretanto, estes aspectos são totalmente desconhecidos para as populações do Atlântico sul. Sendo assim, é fundamental conhecer a faixa etária das populações, taxas de crescimento e idade de recrutamento das tartarugas-verdes no Atlântico sul, visando o melhor entendimento da biologia da espécie e variações inter-populacionais.

Neste estudo, apresentamos a caracterização de faixa etária e taxas de crescimento da população de *Chelonia mydas* encontrada no litoral norte do Rio Grande do Sul, composta por indivíduos juvenis. Além disto, são apresentadas as primeiras informações sobre idade e tamanho de recrutamento de tartarugas juvenis para o ambiente nerítico no Atlântico sul.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### **Área de estudo**

A área de estudo compreende o litoral norte do estado do Rio Grande do Sul, em um trecho abrangendo 270 km de praias entre a barra da Lagoa do Peixe, em Mostardas (31°22' S, 51°02' W), e a barra do Rio Mampituba, em Torres (29°19' S, 49° 43' W) (Figura 1). O litoral do Rio Grande do Sul, com aproximadamente 620 km de costa (29° 19' S, 49° 43' W - 33° 45' S, 53° 23' W), está sob influência da Convergência Subtropical do Atlântico Sul, que torna a região uma área de alta produção biológica na zona entre a planície costeira e o talude (Seeliger & Odebrecht, 1998).



**Fig. 1.** Panorama geral da região de estudo, destacando as principais correntes atuando na zona oceânica e isóbata de 50 m. As coletas dos úmeros de tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) foram realizadas no litoral sul do Brasil entre 31°22' S, 51°02' W e 29°19' S, 49°43' W.

### Coleta das amostras

As amostras são provenientes de um trabalho de parceria entre a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e o Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos do Rio Grande do Sul (GEMARS). Entre 1994 e 2010, os 270 km de praias do litoral norte do Rio Grande do Sul foram percorridos aproximadamente 67 vezes, totalizando cerca de 19.320 km percorridos. As tartarugas marinhas encontradas encalhadas mortas foram identificadas, medidas (comprimento e largura curvilíneos da carapaça - respectivamente CCC e LCC, segundo Bolten, 1999) e necropsiadas *in situ*, sendo o úmero dissecado e coletado.

Entre 1994 e 2010 foram registradas 540 tartarugas marinhas, pertencentes às cinco espécies que ocorrem no Brasil, sendo 35% (n = 188) exemplares de *Chelonia mydas*. Nem todos os animais apresentaram condições adequadas para coleta dos úmeros devido ao avançado estado de decomposição e perda de membros. Dos 188 espécimes de *Chelonia*

*mydas* registrados, 74 tiveram os úmeros coletados e foram submetidos à técnica de esqueletocronologia neste estudo.

Os úmeros coletados foram macerados em água para remoção dos tecidos moles, secos e estocados em coleção. Previamente ao corte e à preparação histológica, os úmeros foram medidos de acordo com Zug *et al.* (1986), sendo tomadas 12 medidas para cada úmero utilizando paquímetro com precisão de 0,02 mm (Apêndice). A realização destas medidas é importante para permitir a análise da correlação entre tamanho do corpo e tamanho do úmero. Valores de CCC e diâmetros são apresentados ao longo do texto através da média  $\pm$  desvio padrão.

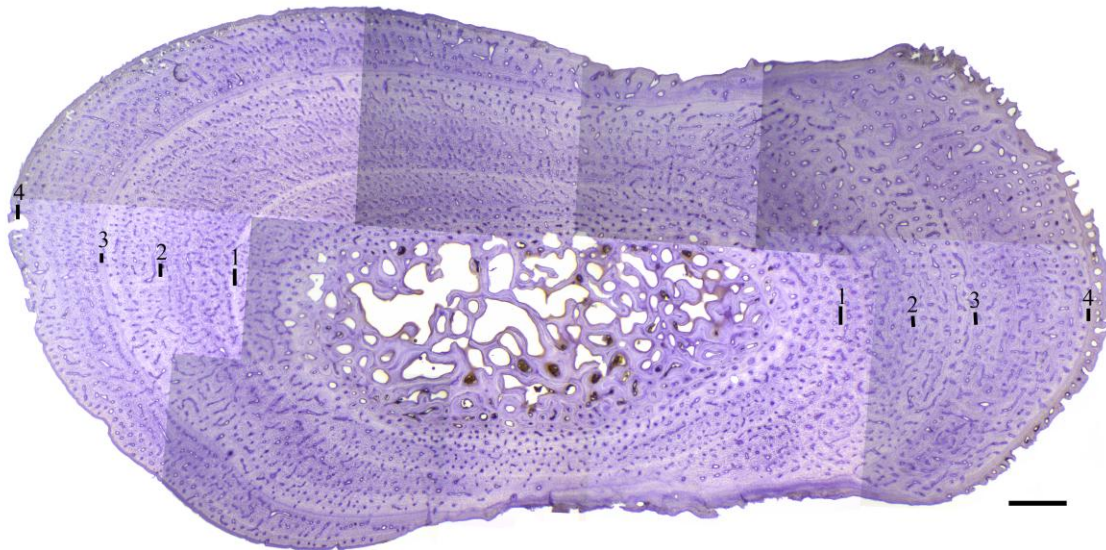
### **Esqueletocronologia**

A preparação das amostras para a análise das marcas de crescimento baseou-se na metodologia empregada por Snover & Hohn (2004). Inicialmente foi retirada uma seção transversal de 3–5 mm do úmero na porção distal à crista deltapeitoral (Figura 1 do Apêndice), através da utilização de uma serra de arco manual. Cada seção foi descalcificada em uma solução comercial descalcificante (RDO, Apex Engineering Products Corporation) por 6 a 12 horas. Após a descalcificação, as seções foram mantidas em água durante uma noite e cortadas em criostato (Leica CM 1850) com espessura de 25  $\mu$ m a aproximadamente  $-12^{\circ}\text{C}$ . Os cortes foram corados com hematoxilina de Ehrlich preparada com água destilada (1:1) e montados em lâminas com glicerina 100%.

Para obtenção de um material duradouro e medidas digitais mais precisas utilizou-se a metodologia baseada em Goshe *et al.* (2010). Cada seção foi fotografada (câmera Leica DFC 290HD, software Leica Application Suite (LAS) versão 3.4.1) em porções sequenciais em microscópio (Leica DM750) ou estereomicroscópio (Leica S6D) com aumento igual ou superior a 20X. Estas fotografias sequenciais foram montadas utilizando o software Adobe Photoshop (Adobe Systems Incorporated, San Jose, California, USA) de forma a obter-se mosaicos de alta resolução (Figura 2). A identificação, contagem e medidas das linhas de crescimento foram realizadas nestes mosaicos.

Cada seção foi analisada independentemente por dois leitores (AJL e LA) e as leituras comparadas a fim de obter-se um consenso sobre a posição e o número de linhas de crescimento. Após a obtenção do consenso, o diâmetro maior de cada linha de crescimento, assim como da seção inteira, foi medido através do software ImageJ 1.46 (Research Services Branch, National Institute of Mental Health, Bethesda, Maryland). As linhas de crescimento

foram numeradas sequencialmente do centro para a periferia da seção do úmero (Figura 2). O diâmetro de cada linha de crescimento representa o diâmetro do úmero do indivíduo para a idade corresponde ao número da linha. A interpretação das linhas de crescimento foi feita de acordo com Castanet & Smirina (1990) e Snover & Hohn (2004). Cada linha de crescimento foi rastreada ao longo de toda circunferência do osso para ser validada.



**Fig. 2.** Mosaico montado a partir de fotografias sequenciais de uma seção de úmero de *Chelonia mydas*. Linhas de crescimento estão marcadas com linhas pretas com sua respectiva numeração, linha 1 representa o *annulus*. A medida do diâmetro de cada linha de crescimento foi realizada paralela ao eixo maior entre as duas marcas correspondentes às extremidades da mesma linha (por exemplo, 1 – 1). Barra = 1 mm.

### Estimativa de idade

Em tartarugas marinhas, as linhas de crescimento são depositadas concentricamente, sendo as linhas mais antigas visualizadas próximo à região medular e as linhas mais recentes próximas à periferia do osso (Zug *et al.*, 1986). Em seções descalcificadas e coradas, marcas de crescimento ósseo aparecem como zonas largas com coloração clara seguidas por linhas de crescimento escuras (Goshe *et al.*, 2010).

Snover & Hohn (2004) registraram a deposição de um *annulus* pobremente definido no primeiro ano de vida de *Lepidochelys kempii* Garman, 1880 e linhas de crescimento bem definidas começando no final do segundo ano e nos anos subsequentes. Assume-se que em

*Chelonia mydas* ocorra o mesmo padrão (Goshe *et al.*, 2010). Logo, para as tartarugas que retinham o *annulus*, a idade é igual ao número de linhas de crescimento registrado.

Na periferia da cavidade medular, a reabsorção pode remover completamente algumas marcas de crescimento depositadas nos primeiros anos de vida, levando à subestimação da idade individual (Castanet & Smirina, 1990). A ausência do *annulus* indica que houve reabsorção, sendo necessário realizar a estimativa das linhas perdidas. Para isto, tartarugas que retinham o *annulus* foram usadas para desenvolver um fator de correção que permite a estimativa do número de linhas perdidas nas tartarugas que apresentaram reabsorção (Goshe *et al.*, 2010). O diâmetro maior de cada linha de crescimento foi plotado contra o respectivo número da linha e modelos de regressão foram testados para determinar a relação que melhor descreve os dados, conforme Goshe *et al.* (2010). O melhor modelo foi escolhido com base nos valores de  $r^2$ . Para estimativa do número de linhas perdidas, o diâmetro da linha de crescimento na fórmula do modelo foi substituída pelo diâmetro da linha de crescimento mais interna das tartarugas que apresentaram reabsorção. O número de linhas reabsorvidas foi adicionado ao número de linhas registradas para obtenção da idade do indivíduo.

### **Retrocálculo e taxas de crescimento**

O espaçamento entre marcas de crescimento sucessivas não é constante ao longo da vida, mas revela a variação de crescimento do osso e do corpo e é um registro das curvas de crescimento individuais ao longo do tempo (Castanet & Smirina, 1990). Já foi comprovado através da técnica de marcação e recaptura em tartarugas-cabeçudas e tartarugas-verdes que o diâmetro das linhas de crescimento pode ser convertido em medidas de comprimento de carapaça, representando o tamanho da tartaruga no período de deposição de determinada linha de crescimento (Snover *et al.*, 2007; Goshe *et al.*, 2010; Avens *et al.*, 2012).

Para possibilitar a predição do comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) a partir dos diâmetros das linhas de crescimento, a relação entre CCC e diâmetro da seção do úmero foi modelada utilizando a seguinte equação não-linear, conforme Snover *et al.* (2007).

$$CCC = CCC_f + b (D - D_f)^c \quad (1)$$

Onde: CCC = comprimento curvilíneo da carapaça do indivíduo;  $CCC_f$  = comprimento curvilíneo da carapaça de filhotes recém-nascidos; D = diâmetro da seção do úmero;  $D_f$  = diâmetro da seção de úmero de filhotes recém-nascidos; b = coeficiente angular; c = coeficiente de proporcionalidade.



Valores de  $CCC_f$  e  $D_f$  foram obtidos de tartarugas-verdes do Atlântico Norte, visto que não há dados disponíveis para as populações do Brasil [ $CCC_f = 6,2$  cm (NOAA Beaufort Laboratory, dados não publicados);  $D_f = 2,47$  mm (Goshe *et al.*, 2010)].

Após a aplicação da equação (1), obtêm-se os valores de  $b$  e  $c$  e é possível aplicar o modelo de retrocálculo abaixo para estimar o CCC do indivíduo em cada linha de crescimento, ou seja, em cada ano de vida. Este modelo é conhecido como BPH (*Body Proportional Hypotesis*) e foi desenvolvido por Francis (1990) e adaptado para a utilização em tartarugas marinhas por Snover *et al.* (2007).

$$CCC_{est} = [f(D_{linha})] * [CCC_{final}] * [f(D_{final})] \quad (2)$$

Onde:  $CCC_{est}$  = comprimento curvilíneo da carapaça estimado;  $f(D_{linha})$  é a equação (1) aplicada para o diâmetro da linha de crescimento em questão;  $CCC_{final}$  = CCC da tartaruga no momento da morte;  $f(D_{final})$  = equação (1) aplicada para o diâmetro do úmero no momento da morte.

Após obter-se o CCC estimado do indivíduo para cada linha de crescimento, foi possível calcular as taxas anuais de crescimento através da diferença entre pares adjacentes de CCCs estimados (Avens *et al.*, 2012). Os valores de crescimento individuais foram agrupados de acordo com o CCC estimado em categorias de 10 cm e calculadas as taxas de crescimento médias para cada faixa de tamanho. Para fins de comparação com outras publicações que utilizam o comprimento retilíneo da carapaça (CRC), foi realizada a conversão do CCC para CRC através da equação abaixo, obtida para tartarugas-verdes do Atlântico nos Estados Unidos (NOAA Beaufort Laboratory, dados não publicados).

$$CCC = 1,064 * CRC - 0,4579 \quad (r^2 = 0,99) \quad (3)$$

## RESULTADOS

### Estimativa de Idade

As tartarugas-verdes encalhadas no litoral norte do Rio Grande do Sul entre 1994 e 2010 apresentaram comprimento curvilíneo da carapaça variando entre 29 e 74,5 cm (média =  $39,2 \pm 5,7$ ). Análises das carcaças indicam que a causa da morte de muitos animais está relacionada à ingestão de resíduos antropogênicos e à interação com a pesca costeira.

Um total de 74 tartarugas-verdes tiveram os úmeros submetidos à análise. Estes animais apresentaram CCC variando entre 30,6 e 62 cm (média =  $41 \pm 5,8$ ), sendo uma amostra representativa da população registrada na área. Entretanto, somente 52 indivíduos tiveram a idade estimada, 22 seções de úmeros foram conservativamente descartadas devido a

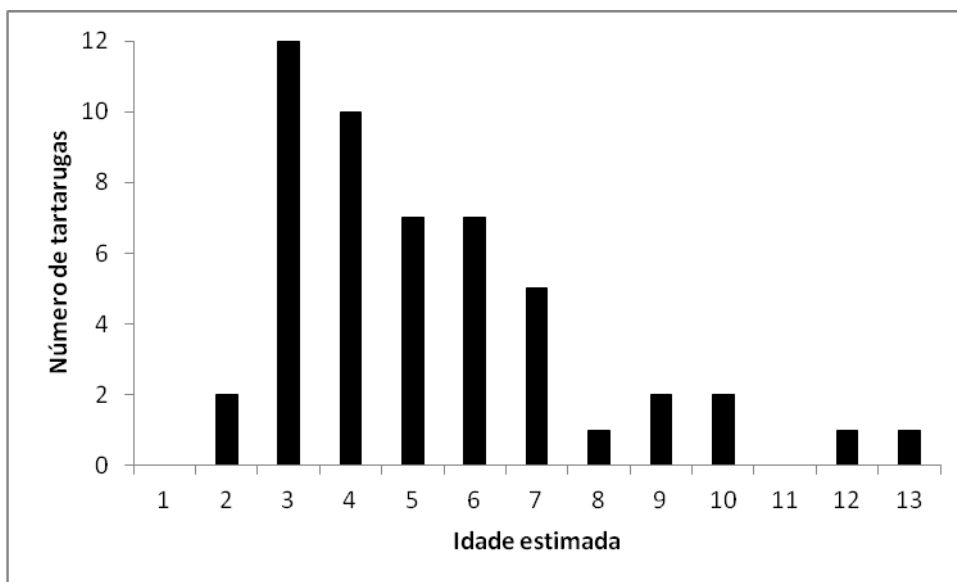
problemas durante o processamento ou dificuldade para identificação das linhas de crescimento.

Os indivíduos analisados tiveram idade estimada entre 2 e 13 anos (média = 5) (Figura 3). Verificou-se que há uma relação linear entre comprimento da carapaça e idade ( $r^2 = 0,47$ ;  $p < 0,0001$ ; Figura 4). Entre os 52 úmeros analisados, 42 retinham o *annulus*, marca difusa que representa o final do primeiro ano de crescimento. Estes indivíduos retinham entre 2 e 8 linhas de crescimento e apresentaram CCC variando entre 30,6 e 57,3 cm. Nestes indivíduos o número de linhas de crescimento é igual à idade do animal. A relação entre diâmetro da linha de crescimento e número da linha para as tartarugas que retinham o *annulus* (Figura 5) foi melhor caracterizada pela seguinte equação de potência:

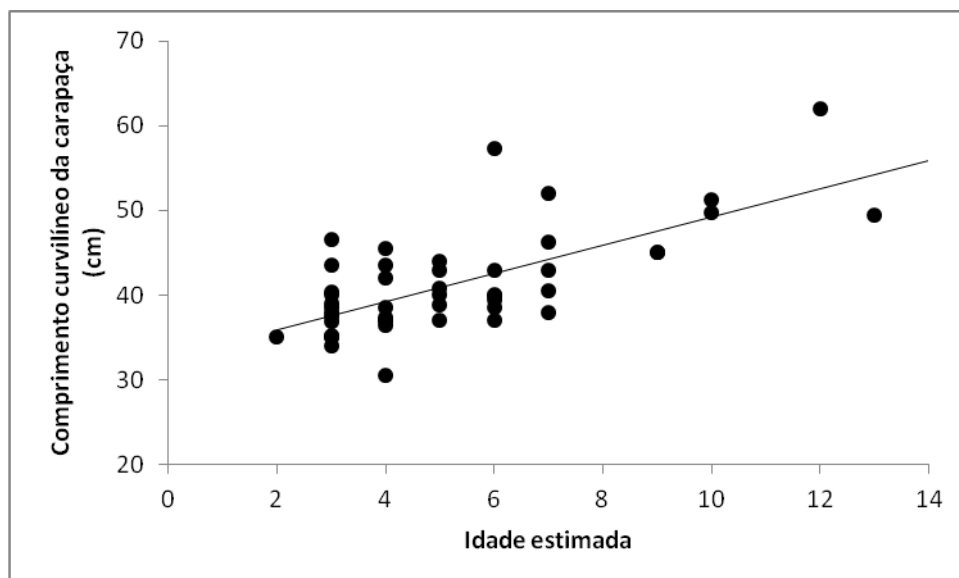
$$\text{diâmetro da linha} = 8,4972 * (\text{número da linha})^{0,3757} \quad (4)$$

( $r^2 = 0,77$ ;  $n = 173$  linhas de crescimento)

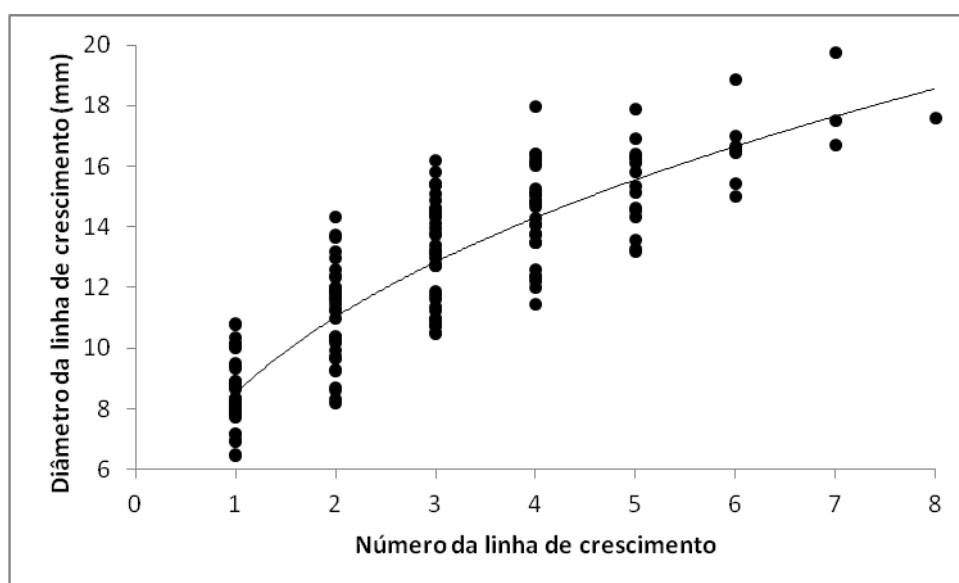
Através desta equação foi possível estimar o número de linhas de crescimento perdidas devido à reabsorção do osso nos indivíduos que não retinham o *annulus*, por meio da substituição do diâmetro da linha mais interna mensurável. Os indivíduos que não retinham o *annulus* tiveram idades estimadas entre 7 e 13 anos e o CCC variou entre 38 e 62 cm (média = 48,1).



**Fig. 3.** Distribuição de idade das tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) analisadas através de esqueletocronologia provenientes do litoral sul do Brasil.



**Fig. 4.** Relação entre comprimento curvilíneo da carapaça e idade estimada para as tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) do litoral sul do Brasil ( $r^2 = 0,47$ ;  $p < 0,0001$ ).

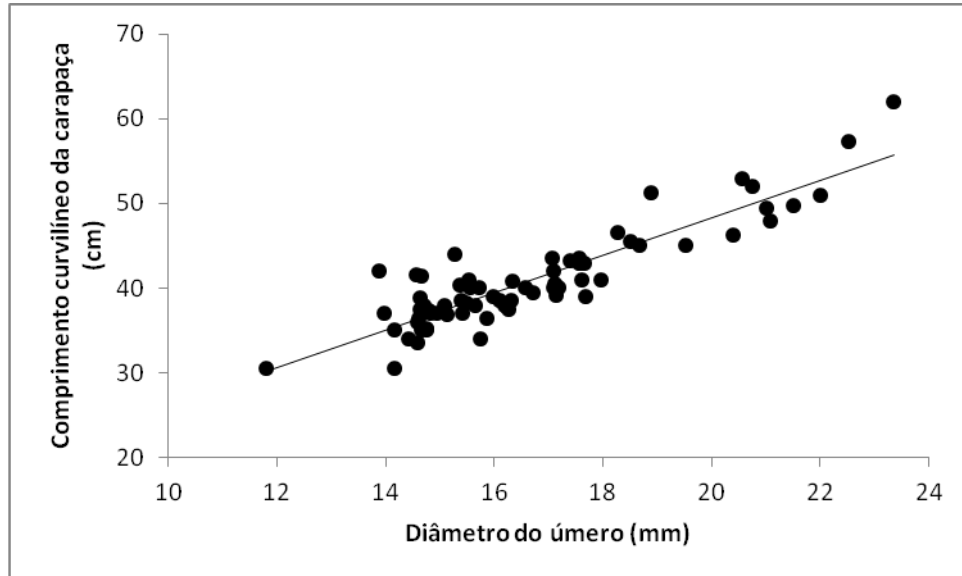


**Fig. 5.** Relação entre diâmetro e número da linha de crescimento para as tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) que retinham o *annulus* no litoral sul do Brasil ( $r^2 = 0,77$ ;  $n = 173$ ).

#### Retrocálculo e taxas de crescimento

Verificou-se uma alta correlação entre tamanho da carapaça (CCC) e tamanho do úmero (comprimento máximo,  $r = 0,95$ ; comprimento longitudinal,  $r = 0,95$ ; comprimento proximal;  $r = 0,93$ ;  $p < 0,001$ ; medidas do úmero conforme Apêndice), em todos os casos a

relação foi linear. CCC e diâmetro do úmero também foram altamente correlacionados ( $r = 0,9$ ;  $p < 0,0001$ ; Figura 6).



**Fig. 6.** Relação entre comprimento curvilíneo da carapaça e diâmetro do úmero para tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) do sul do Brasil ( $r = 0,9$ ;  $p < 0,0001$ ).

A partir dos diâmetros das linhas de crescimento foi realizado o retrocálculo e estimado o CCC da tartaruga para cada linha de crescimento, ou seja, para cada ano de vida. Após aplicação do modelo da equação (1) para 70 pares de CCCs e diâmetros, obteve-se os valores dos parâmetros  $b$  e  $c$  (3,012 e 0,922, respectivamente). A partir daí, foi realizado o retrocálculo do CCC para o diâmetro de cada linha de crescimento através da equação (2). O diâmetro do *annulus*, nos indivíduos que retinham esta marca, variou entre 6,47 e 10,83 mm (média =  $8,57 \pm 1,14$ ). O retrocálculo do CCC para o diâmetro do *annulus* apresentou média de 22,2 cm ( $\pm 2,73$  cm), indicando o tamanho alcançado pelos indivíduos no primeiro ano de vida.

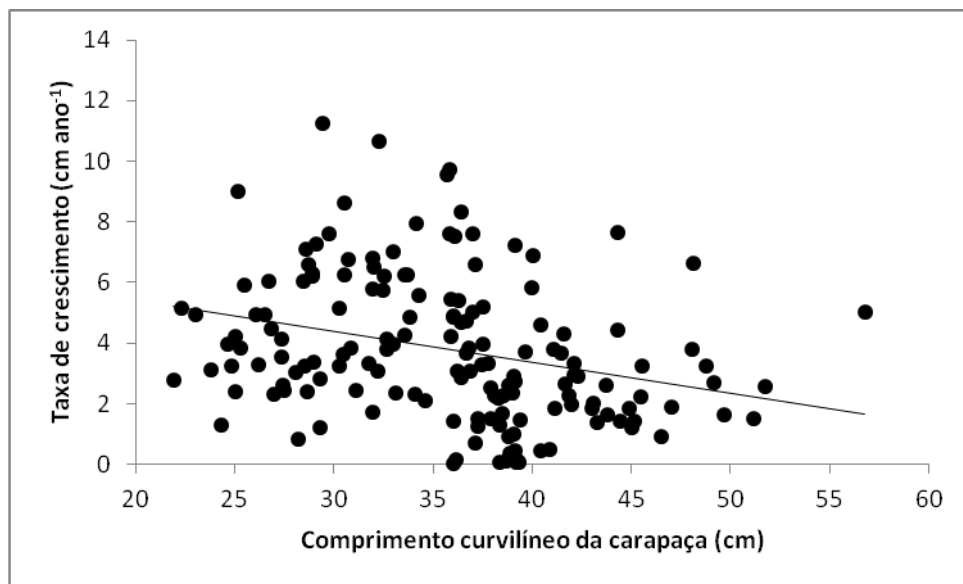
As taxas de crescimento foram calculadas para 45 tartarugas através de 158 incrementos de crescimento e agrupadas por classe de tamanho (Tabela 1). Não foi possível calcular taxas de crescimento para todos os indivíduos, pois são necessários pelo menos dois comprimentos de carapaça estimados adjacentes para calcular uma taxa anual, o que não estava disponível para todas as tartarugas. A taxa média de crescimento de toda a amostra analisada foi 3,7 cm de CRC ano<sup>-1</sup>. Embora apresente grande variação individual, a taxa de crescimento foi negativamente correlacionada com o CCC ( $r = -0,29$ ;  $p = 0,0002$ ; Figura 7) e

a idade ( $r = -0,48$ ;  $p < 0,0001$ ; Figura 8), indicando uma tendência de declínio das taxas com o aumento do tamanho e idade.

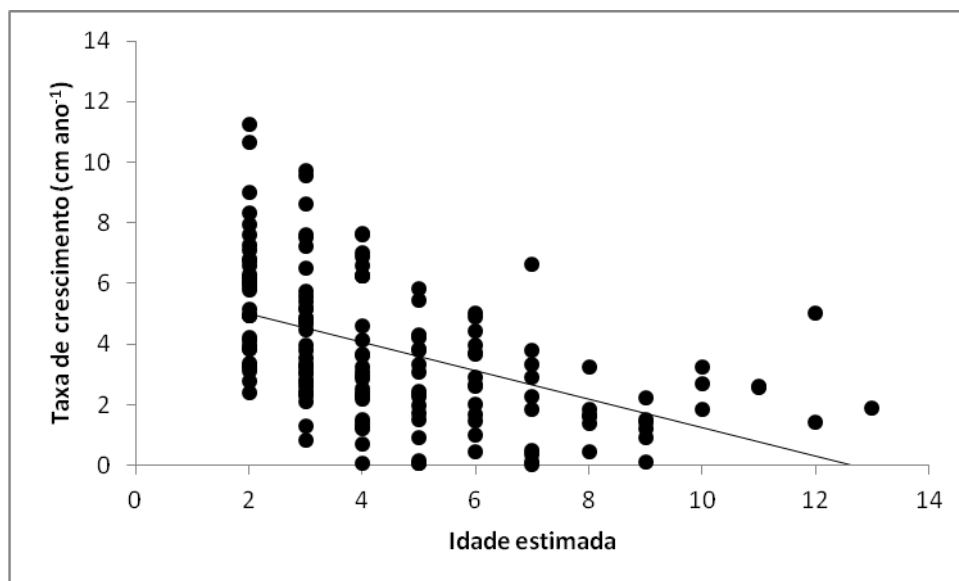
**Tabela 1.** Taxas de crescimento por classe de tamanho obtidas através de retrocálculo do CCC a partir de diâmetros do úmero ( $n = 158$  intervalos de crescimento) para 45 tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) provenientes do litoral sul do Brasil.

Classe de tamanho (CCC cm)	n	Taxa de crescimento média (cm ano <sup>-1</sup> )	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
20-29,9	37	4,43	2,22	0,84	11,24
30-39,9	84	3,93	2,56	0,007	10,67
40-49,9	34	2,82	1,72	0,45	7,65
50-59,9	3	3,03	1,8	1,5	5,02

CCC, comprimento curvilíneo da carapaça; n, tamanho amostral.



**Fig. 7.** Relação entre taxa de crescimento (cm ano<sup>-1</sup>) e comprimento curvilíneo da carapaça para comprimentos retrocalculados a partir dos diâmetros das linhas de crescimento para tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) do litoral sul do Brasil ( $r = -0,29$ ;  $p = 0,0002$ ;  $n = 158$ ).



**Fig. 8.** Relação entre taxa de crescimento ( $\text{cm ano}^{-1}$ ) e idade estimada obtida através de retrocálculo dos comprimentos da carapaça a partir dos diâmetros das linhas de crescimento para tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) do litoral sul do Brasil ( $r = -0,48$ ;  $p < 0,0001$ ;  $n = 158$ ).

## DISCUSSÃO

### Estimativa de idade

Este estudo apresenta os primeiros dados baseados em esqueletocronologia sobre idade e crescimento de tartarugas-verdes no Atlântico sul ocidental. Podemos observar que 81% das tartarugas-verdes analisadas apresentaram o *annulus*, uma marca de crescimento difusa que representa o fim do primeiro ano de crescimento (Snover & Hohn, 2004). Nestes indivíduos, a idade é igual ao número de linhas de crescimento registradas, o que garante uma alta confiabilidade aos resultados obtidos e permitiu o desenvolvimento de um fator de correção robusto para estimar a idade dos indivíduos que apresentaram reabsorção. A equação de potência que melhor descreveu a relação entre número e diâmetro da linha de crescimento é semelhante à encontrada para as tartarugas-verdes da costa leste dos Estados Unidos por Goshe *et al.* (2010).

Baseando-se no tamanho de fêmeas maduras que desovam na Ilha de Trindade (90–143,5 cm de CCC), a mais importante área de desova da espécie no Brasil (Almeida *et al.*, 2011), conclui-se que todos os indivíduos registrados no Rio Grande do Sul são juvenis. As tartarugas-verdes analisadas apresentaram comprimento curvilíneo da carapaça variando entre 30,6 e 62 cm e idade estimada entre 2 e 13 anos. A maior parte dos indivíduos (77%) está

entre 3 e 7 anos (Figura 3), faixa etária que melhor representa a população de tartarugas-verdes encontrada no Rio Grande do Sul.

Após o nascimento, todas as tartarugas movem-se imediatamente para o mar e permanecem no ambiente pelágico por um período variável de alguns anos, quando recrutam ativamente para habitats de desenvolvimento neríticos em zonas temperadas ou tropicais (Musick & Limpus, 1997). Pouco ainda é conhecido sobre o estágio de vida pelágico, tradicionalmente chamado “ano perdido”, para a maioria das espécies de tartarugas marinhas (Bolten, 2003). Podemos inferir que as menores tartarugas-verdes encontradas no sul do Brasil estão em um estágio de recrutamento do ambiente pelágico para o ambiente nerítico, o que parece ocorrer entre 2 e 7 anos ao atingirem cerca de 30–40 cm de comprimento. Os dados indicam que no Atlântico sul o “ano perdido” tem uma duração de no mínimo dois anos para as tartarugas-verdes. A idade de recrutamento identificada neste estudo não difere de outras áreas do Atlântico estudadas na Flórida central (3–6 anos, Zug & Glor, 1998), Bahamas (3–5 anos, Reich *et al.*, 2007) e costa leste dos Estados Unidos (1–7 anos, Goshe *et al.*, 2010). Contudo, no Pacífico, as tartarugas-verdes parecem recrutar um pouco mais tarde para o ambiente nerítico, aos 6–9 anos e com um tamanho maior que as tartarugas do Atlântico (35–37 cm, Zug *et al.*, 2002).

Bugoni *et al.* (2003) analisaram a dieta de tartarugas-verdes encalhadas na costa do Rio Grande do Sul com tamanho variando entre 28 e 50 cm de CCC e concluíram que os indivíduos apresentam uma dieta onívora, provavelmente em transição entre a dieta carnívora dos pequenos juvenis e herbívora dos adultos. Estes dados corroboram a hipótese de que os indivíduos encontrados no sul do Brasil estão na fase de recrutamento, realizando uma transição tanto de habitat quanto de dieta.

O menor tamanho de recrutamento no sul do Brasil parece ser um pouco maior que os tamanhos identificados no Atlântico norte, a partir de 19 cm de CRC (Goshe *et al.*, 2010). É importante ressaltar que as medidas de tamanho utilizadas em outras regiões são relativas ao comprimento retilíneo da carapaça, mas mesmo após converter o CCC para CRC, esta variação é mantida (por exemplo, 30,6 cm de CCC = 29,2 cm de CRC). Embora o recrutamento no Atlântico norte possa ocorrer a partir de 19 cm de comprimento, a maioria dos indivíduos retorna às águas costeiras com mais de 30 cm de comprimento (Zug & Glor, 1998), o que coincide com o tamanho encontrado no sul do Brasil.

Observamos que os indivíduos registrados na costa do Rio Grande do Sul apresentam uma estreita faixa de tamanho, com 94% variando entre 29 e 50 cm CCC, o que indica que

esta área é um habitat de desenvolvimento temporário, utilizado principalmente pelas tartarugas-verdes na faixa etária entre 3 e 7 anos. Podemos hipotetizar que as tartarugas-verdes juvenis após recrutarem para o ambiente nerítico permanecem por pouco tempo nesta área, migrando para outras áreas de desenvolvimento mais ao norte do Brasil ao atingirem cerca de 50 cm. Sabe-se que tartarugas-verdes podem mover-se ao longo de uma série de habitats de desenvolvimento e alimentação ao longo do seu crescimento (Hirth, 1997), o que parece ocorrer no litoral do Brasil. Ao longo da costa brasileira existem registros de indivíduos juvenis em áreas de alimentação com um intervalo de tamanho mais amplo do que o registrado aqui (estado da Paraíba: CCC médio = 56,5 cm, variando entre 26 cm até adultos, Mascarenhas *et al.*, 2005; Fernando de Noronha: média 49,4 cm, variando entre 32,5 e 60 cm, Bellini & Sanches, 1996; estado de São Paulo: média 40,6 cm, variando entre 27 e 96 cm, Gallo *et al.*, 2006). Estes dados mostram que áreas de alimentação na região sudeste e nordeste são ocupadas por indivíduos maiores que os encontrados na região sul do Brasil. Estudos de telemetria poderiam verificar se os pequenos juvenis da costa sul do Brasil migram para estas áreas ao norte ao atingir cerca de 50 cm.

### **Crescimento**

A forte associação encontrada entre CCC e diversas medidas do úmero ( $r \geq 0,9$ ;  $p < 0,001$ ) confirma a relação positiva entre crescimento somático e crescimento do osso e dá respaldo para o subsequente retrocálculo de comprimentos de carapaça utilizando diâmetros sequenciais de linhas de crescimento. A partir dos diâmetros das linhas de crescimento foi possível retrocalcular o CCC da tartaruga para cada ano de vida, permitindo a avaliação do crescimento dos indivíduos.

O tamanho alcançado pelos indivíduos no primeiro ano de vida, inferido através de retrocálculo ( $22,2 \text{ cm} \pm 2,7 \text{ cm}$ ), mostra um crescimento acelerado dos indivíduos neste período, mas deve ser interpretado com cuidado considerando que o cálculo incluiu tamanhos de recém-nascidos do Atlântico norte. Informações sobre o tamanho de tartarugas-verdes nascidas no Brasil seriam importantes para um retrocálculo mais preciso. Estudos com tartarugas-verdes em cativeiro demonstram que indivíduos com 8 meses podem alcançar 23,3 cm de CCC ( $n = 25$ ) (Wood & Wood, 1993). Sabe-se que as taxas de crescimento em cativeiro são maiores que as taxas na natureza (Zug & Glor, 1998), mas isto demonstra que a espécie tem capacidade para crescer até um tamanho maior que 20 cm antes de completar um ano, o que de certa forma corrobora o retrocálculo realizado.



Entre as taxas de crescimento já registradas para a categoria 20–29 cm (Tabela 2), as do sul do Brasil estão entre as maiores (4,3 cm ano<sup>-1</sup>). Boulon & Frazer (1990) registraram uma taxa de crescimento para esta classe de tamanho de 6,9 cm ano<sup>-1</sup>, mas com um tamanho amostral bem menor que o analisado aqui (n = 4). Esta faixa de tamanho no Rio Grande do Sul é representada por indivíduos que ainda estão na fase oceânica ou iniciando o recrutamento para o ambiente nerítico, indicando que eles ainda apresentam uma dieta carnívora, o que poderia justificar as maiores taxas de crescimento. A zona oceânica no sul do Brasil apresenta uma alta produtividade biológica devido às interações entre a corrente do Brasil oligotrófica, a corrente das Malvinas com águas ricas em nutrientes e a descarga continental (Seeliger & Odebrecht, 1998), o que pode favorecer o crescimento dos juvenis neste estágio de vida. Além disto, sabe-se que predação é a fonte primária de mortalidade de tartarugas de pequeno tamanho no ambiente pelágico, o que leva a um maior investimento em crescimento somático para atingir tamanhos seguros o mais rápido possível (Snover *et al.*, 2007), o que poderia justificar maiores taxas de crescimento nesta fase e também o tamanho alcançado pelos indivíduos no primeiro ano de vida (22,2 cm).

**Tabela 2.** Comparação de taxas de crescimento de tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) no Atlântico.

Classe de tamanho (cm CRC)	Taxa média de crescimento cm ano <sup>-1</sup> (n)			
	20 – 29,9	30 – 39,9	40 – 49,9	50 – 59,9
Sul do Brasil (este estudo) <sup>a</sup>	4,3 (45)	3,5 (87)	2,5 (25)	4,7 (1)
Bahamas (Bjorndal & Bolten, 1988) <sup>b</sup>	-	8,8 (10)	4,9 (40)	3,1 (67)
Ilhas Virgens (Boulon & Frazer, 1990) <sup>b</sup>	6,9 (4)	5 (26)	4,7 (12)	3,5 (5)
Golfo do México (Avens <i>et al.</i> , 2012) <sup>a</sup>	3,1 (145)	3,5 (207)	4 (158)	3,7 (89)
Flórida (Zug & Glor, 1998) <sup>a</sup>	3,1 (23)	4,4 (70)	4,8 (68)	5,3 (40)
Flórida (Kubis <i>et al.</i> , 2009) <sup>b</sup>	1,8 (50)	2,3 (168)	1,6 (44)	-
Flórida (Kubis <i>et al.</i> , 2009) <sup>b</sup>	1,2 (16)	2,1 (119)	2,5 (112)	2,6 (35)
Costa leste EUA (Goshe <i>et al.</i> , 2010) <sup>a</sup>	3 (118)	2,1 (93)	2,5 (54)	2,7 (34)

CRC, comprimento retilíneo da carapaça; n, tamanho amostral. Taxas de crescimento obtidas através de esqueletocronologia (a) ou marcação e recaptura (b). Incluídas somente as classes de tamanho analisadas neste estudo.

Tartarugas-verdes no oeste Atlântico comumente apresentam taxas médias de crescimento de 3–5 cm ano<sup>-1</sup> seguindo sua entrada em habitats neríticos (Zug & Glor, 1998). Já no Pacífico, as taxas de crescimento parecem ser bem menores (1,7 cm de CCC ano<sup>-1</sup> na Grande Barreira de Corais, Limpus & Chaloupka, 1997). As taxas de crescimento registradas

neste estudo estão dentro do padrão geral do oeste do Atlântico ( $3,7 \text{ cm ano}^{-1}$ ). Embora a taxa de crescimento tenha apresentado grande variação individual, o que é evidenciado pelos altos desvios padrões, foi possível observar um padrão de crescimento considerando as classes de tamanho e a idade (Figuras 7 e 8, Tabelas 1 e 3). A análise de correlação demonstrou que há uma redução da taxa de crescimento com o aumento do tamanho ( $r = -0,29$ ) e idade ( $r = -0,48$ ).

Diversas populações de tartarugas-verdes no Atlântico e no Pacífico apresentam um padrão de crescimento somático não-monotônico, com um aumento nas taxas em torno de 50–70 cm e posterior declínio (e.g. Limpus & Chaloupka, 1997; Balazs & Chaloupka, 2004; Kubis *et al.*, 2009; Avens *et al.*, 2012). Neste estudo não avaliamos classes de tamanho maiores que 60 cm e a categoria 50–59 cm apresentou um pequeno tamanho amostral, sendo assim podemos apenas fazer inferências sobre a faixa de tamanho melhor amostrada (20–49 cm) que parece exibir um declínio monotônico no crescimento. A tendência de declínio monotônico da taxa de crescimento com aumento do tamanho também foi observada nas Bahamas (Bjorndal & Bolten, 1988; Bjorndal *et al.*, 2000), Ilhas Virgens (Boulon & Frazer, 1990) e Havaí (Zug *et al.*, 2002). Um possível efeito densidade-dependente poderia estar relacionado a estas diferenças no padrão de crescimento, mas estudos comparativos ainda são necessários para elucidar esta questão (Bjorndal *et al.*, 2000).

No Brasil há apenas um estudo que apresenta taxa de crescimento de tartarugas-verdes, Torezani *et al.* (2009) analisou o crescimento de juvenis com CCC variando entre 27 e 47 cm através de marcação e recaptura. A taxa de crescimento para os indivíduos considerados com boa condição de saúde ( $n = 60$ ) foi de  $3,11 \text{ cm ano}^{-1}$  pelo método de variação anual e  $2,91 \text{ cm ano}^{-1}$  pelo método *loess*. O estudo foi realizado em uma área de agregação de tartarugas-verdes em um canal de descarga de efluentes de uma siderúrgica, no sudeste do Brasil. Embora comparações devam ser realizadas com cuidado devido à condição ecológica especial do local de estudo, podemos fazer um paralelo desta taxa de crescimento com as taxas registradas nas categorias 30–40 e 40–50 cm no sul do Brasil ( $3,93$  e  $2,82 \text{ cm de CCC ano}^{-1}$ , resultando em uma taxa média de  $3,37 \text{ cm ano}^{-1}$ ), verificando que as taxas são semelhantes.

Poucos estudos apresentam as taxas de crescimento relacionadas à idade dos indivíduos. Zug & Glor (1998) apresentam uma tabela com as taxas de crescimento por idade que mostra um aumento das taxas do 3º ao 6º ano, relativa constância entre 7 e 10 anos de idade e declínio a partir daí. Avens *et al.* (2012) apresentam graficamente a relação entre taxas

de crescimento e idade e podemos notar uma tendência de aumento das taxas até os 11 anos, com posterior declínio. Estes dois estudos identificaram um padrão de crescimento não-monotônico, como citado acima em relação ao tamanho. O padrão encontrado no Rio Grande do Sul se diferencia destes estudos, observamos um declínio das taxas de crescimento entre 2 e 9 anos, com um pequeno aumento entre 10 e 12 anos (Tabela 3). Entretanto, como a faixa etária entre 10 e 13 anos é representada por um pequeno número de taxas de crescimento (5%), estas taxas podem não ser representativas das taxas da população. Acreditamos que o mesmo padrão de declínio monotônico verificado em relação ao tamanho ocorra em relação a idade, um maior tamanho amostral da faixa etária acima de 10 anos poderia esclarecer esta situação.

**Tabela 3.** Taxas de crescimento por idade obtidas através de retrocálculo do CCC a partir de diâmetros do úmero (n = 158 intervalos de crescimento) para 45 tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) provenientes do litoral sul do Brasil.

<b>Idade estimada</b>	<b>n</b>	<b>Taxa de crescimento média (cm ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
2	33	5,76	2,17	2,17	11,24
3	34	4,54	2,25	0,84	9,74
4	28	3,64	2,29	0,06	7,65
5	19	2,72	1,74	0,08	5,85
6	14	2,89	1,45	0,45	5,02
7	10	2,17	2,10	0,10	6,63
8	6	1,70	0,90	0,47	3,24
9	6	1,23	0,71	0,10	2,23
10	3	2,60	0,70	1,86	3,26
11	2	2,59	0,0001	2,58	2,6
12	2	3,21	2,55	1,41	5,02
13	1	1,89	-	-	-

n, tamanho amostral.

Um aspecto notável em relação ao crescimento de tartarugas marinhas é a grande variabilidade entre indivíduos dentro de classes de idade e tamanho, o que é influenciado por numerosos fatores bióticos e abióticos (Zug & Glor, 1998). Dimorfismo sexual é um fator que poderia influenciar as taxas de crescimento, mas considerando que somente indivíduos juvenis foram analisados neste estudo, é pouco provável que este seja um fator importante. Bolten *et al.* (1992) e Avens *et al.* (2012) não encontraram variação sexual em relação às taxas de crescimento, já Limpus & Chaloupka (1997) registraram variação somente em

indivíduos maiores que 60 cm. Seleção de habitat pode ser outro fator responsável por parte da variação não explicada em estudos de crescimento (Bjorndal *et al.*, 2000). Este aspecto também não foi avaliado neste trabalho. Estudos de telemetria poderiam identificar as áreas ocupadas pelos indivíduos e esclarecer aspectos ligados ao crescimento, alimentação e recrutamento das tartarugas-verdes na área de estudo. Sabe-se ainda que em um estoque genético misto, como é o caso das populações em áreas de alimentação no sul do Brasil (Proietti *et al.*, 2012), tartarugas-verdes imaturas com o mesmo tamanho ou idade podem crescer a diferentes taxas, mesmo compartilhando a mesma área de forrageio (Bjorndal *et al.*, 2000). Além disto, as amostras são provenientes de diferentes anos e o esforço amostral não foi o mesmo durante todo o período de estudo (1994–2010), o que pode incluir um fator de variação temporal relacionado a fatores climáticos e ambientais.

Variações nas taxas de crescimento também podem estar relacionadas a diferenças na disponibilidade de alimento entre áreas de forrageamento, o que já foi verificado por Bjorndal *et al.* (2000) e Kubis *et al.* (2009). Após o recrutamento para a zona nerítica, a espécie passa a exibir uma dieta herbívora, alimentando-se principalmente de macroalgas e monocotiledôneas marinhas (Bjorndal, 1997). Áreas como a costa da Flórida, o Caribe e as Bahamas oferecem uma variedade de recursos alimentares herbívoros para as tartarugas após o seu recrutamento (Bolten *et al.*, 1992; Bjorndal *et al.*, 2000; Kubis *et al.*, 2009), o que pode influenciar no aumento das taxas de crescimento. A costa marinha do Rio Grande do Sul, apesar de apresentar alta produtividade, oferece condições para a fixação de algas somente em rochedos na região de Torres, limite norte da área de estudo, e em quebra-mares construídos nas desembocaduras de três drenagens (Baptista, 1977). Este aspecto pode influenciar a redução das taxas de crescimento após o recrutamento e também pode ser um indicativo de que as tartarugas-verdes permanecem pouco tempo nesta área porque não encontram recursos alimentares herbívoros em abundância. Outro fator que pode estar fortemente relacionado ao declínio das taxas de crescimento é o alto nível de ingestão de resíduos plásticos pelas tartarugas-verdes nesta área. Bugoni *et al.* (2001) registraram ingestão de resíduos por 60% das tartarugas-verdes analisadas no Rio Grande do Sul. Entretanto, esta porcentagem parece ser ainda maior, atingindo 90% segundo um estudo mais recente (Rigon, dados não publicados). A ingestão de resíduos pode causar a morte dos animais ou efeitos subletais, os quais podem ser mais deletérios para as populações do que a mortalidade direta por diminuir a produtividade (crescimento e reprodução) das tartarugas-marinhas (Bjorndal, 1997).

Os resultados encontrados neste estudo esclarecem alguns aspectos sobre a biologia e história de vida de *Chelonia mydas* no Atlântico sul, identificando as idades de recrutamento e taxas de crescimento dos juvenis. Entretanto, o conhecimento sobre as tartarugas marinhas no Atlântico sul ainda está em uma fase descritiva, muito esforço ainda é necessário para descrição e entendimento dos padrões encontrados, principalmente em áreas de alimentação. Ressaltamos a necessidade de estudos visando identificar os padrões de uso de habitat, deslocamentos sazonais, análise da variação temporal nas taxas de crescimento e identificação da proporção sexual da população.

## REFERÊNCIAS

- Almeida A.P., Moreira L.M.P., Bruno S.C., Thomé J.C.A., Martins A.S., Bolten A.B. e Bjorndal K.A. (2011) Green turtle nesting on Trindade Island, Brazil: abundance, trends, and biometrics. *Endangered Species Research* 14, 193–201.
- Avens L. e Snover M.L. (2013) Age and age estimation in sea turtles. In Wyneken J., Lohmann K.J. e Musick J.A. (eds.) *The biology of sea turtles*, v III. Boca Raton: CRC Press, pp. 97–134.
- Avens L., Goshe L.R., Harms C.A., Anderson E.T., Hall A.G., Cluse W.M., Godfrey M.H., Braun-McNeill J., Stacy B., Bailey R. e Lamont M.M. (2012) Population characteristics, age structure, and growth dynamics of neritic juvenile green turtles in the northeastern Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series* 458, 213–229.
- Balazs G.H. e Chaloupka M. (2004) Spatial and temporal variability in somatic growth of green sea turtles (*Chelonia mydas*) resident in the Hawaiian Archipelago. *Marine Biology* 145, 1043–1059.
- Baptista L.R.M. (1977) Flora marinha de Torres: Chlorophyta, Xantophyta, Phaeophyta, Rodophyta. *Boletim do Instituto de Biociências: serie botânica* 37, 1–244.
- Bellini C. e Sanches T.M. (1996) Reproduction and feeding of marine turtles in the Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. *Marine Turtle Newsletter* 74, 12–13.
- Bjorndal K.A. (1997) Foraging ecology and nutrition of sea turtles. In Lutz P.L. e Musick J.A. (eds.) *The biology of sea turtles*. Boca Raton: CRC Press, pp. 199–232.
- Bjorndal K.A. e Bolten A.B. (1988) Growth rates of immature green turtles, *Chelonia mydas*, on feeding grounds in the southern Bahamas. *Copeia* 1988(3), 555–564.
- Bjorndal K.A., Bolten A.B., Bennett R.A., Jacobson E.R., Wronski T.J., Valeski J.J. e Eliazar P.J. (1998) Age and growth in sea turtles: limitations of skeletochronology for demographic studies. *Copeia* 1998(1), 23–30.

- Bjorndal K.A., Bolten A.B. e Chaloupka M.Y. (2000) Green turtle somatic growth model: evidence for density dependence. *Ecological Applications* 10(1), 269–282.
- Bolten A.B. (1999) Techniques for measuring sea turtles. In Eckert K.L., Bjorndal K.A., Abreu-Grobois F.A. e Donnelly M (eds.). *Research and Management Techniques for the Conservation of sea turtles*. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication 4, pp. 3–5.
- Bolten A.B. (2003) Variation in sea turtle life history patterns: neritic vs. oceanic developmental stages. In Lutz P.L., Musick J.A. e Wyneken J. (eds.) *The biology of sea turtles*, v II. Boca Raton: CRC Press, pp. 243–258.
- Bolten A.B., Bjorndal K.A., Grumbles S. e Owens D.W. (1992) Sex ratio and sex-specific growth rates of immatures green turtles, *Chelonia mydas*, in the Southern Bahamas. *Copeia* 1992(4), 1098–1103.
- Boulon R.H. e Frazer N.B. (1990) Growth of wild juvenile Caribbean green turtles, *Chelonia mydas*. *Journal of Herpetology* 24(4), 441–445.
- Bugoni L., Krause L. e Petry M.V. (2001) Marine debris and human impacts on sea turtles in Southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 42(12), 1330–1334.
- Bugoni L., Krause L. e Petry M.V. (2003) Diet of sea turtles in southern Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 4(3), 685–688.
- Castanet J. e Smirina E. (1990) Introduction to the skeletochronological method in amphibians and reptiles. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie* 13(11), 191–196.
- Di-Bernardo M., Borges-Martins M. e Oliveira R.B. (2003) Répteis. In Fontana C.S., Bencke, G.A. e Reis, R. (eds.) *Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: EDIPUCRS, pp. 165–188.
- Francis R.I.C.C. (1990) Back-calculation of fish length: a critical review. *Journal of Fish Biology* 36, 883–902.
- Gallo B.M.G., Macedo S., Giffoni B.B., Becker J.H. e Barata P.C.R. (2006) Sea Turtle Conservation in Ubatuba, Southeastern Brazil, a Feeding Area with Incidental Capture in Coastal Fisheries. *Chelonian Conservation and Biology* 5(1), 93–101.
- Goshe L.R., Avens L., Scharf F.S. e Southwood A.L. (2010) Estimation of age at maturation and growth of Atlantic green turtles (*Chelonia mydas*) using skeletochronology. *Marine Biology* 157(8), 1725–1740.
- Hirth H.F. (1997) Synopsis of the biological data on the green turtle *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758). *U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report* 97(1), 120 pp.
- IUCN (2012) IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 24 March 2013.

- Kubis S., Chaloupka M., Ehrhart L. e Bresette M. (2009) Growth rates of juvenile green turtles *Chelonia mydas* from three ecologically distinct foraging habitats along the east central coast of Florida, USA. *Marine Ecology Progress Series* 389, 257–269.
- Limpus C. e Chaloupka M. (1997) Nonparametric regression modelling of green sea turtle growth rates (southern Great Barrier Reef). *Marine Ecology Progress Series* 149, 23–34.
- Machado A.B.M., Drummond G.M. e Paglia A.P. (2008) *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção*. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.
- Márquez R.M. (1990) Sea turtles of the world: an annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. *FAO Fisheries Synopsis* 11(125), 81pp.
- Mascarenhas R., Santos R. e Zeppelini D. (2005) Stranded Sea Turtles on the Coast of Paraíba - Brazil. *Marine Turtle Newsletter* 107, 13–14.
- Musick J.A. e Limpus C.J. (1997) Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. In Lutz P.L. e Musick J.A. (eds.) *The biology of sea turtles*. Boca Raton: CRC Press, pp. 137–164.
- Proietti M.C., Reisser J.W., Kinas P.G., Kerr R., Monteiro D.S., Marins L.F. e Secchi E. R. (2012) Green turtle *Chelonia mydas* mixed stocks in the western South Atlantic, as revealed by mtDNA haplotypes and drifter trajectories. *Marine Ecology Progress Series* 447, 195–209.
- Reich K.J., Bjorndal K.A. e Bolten A.B. (2007) The ‘lost years’ of green turtles: using stable isotopes to study cryptic lifestages. *Biology Letters* 3, 712–714.
- Seeliger U. e Odebrecht C. (1998) Introdução e aspectos gerais. In Seeliger U., Odebrecht C. e Castello J.P. (eds.) *Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil*. Rio Grande: Ecoscientia, pp. 1–3.
- Snover M.L. e Hohn A.A. (2004) Validation and interpretation of annual skeletal marks in loggerhead (*Caretta caretta*) and Kemp’s ridley (*Lepidochelys kempii*) sea turtles. *Fishery Bulletin* 102(4), 682–692.
- Snover M.L., Avens L. e Hohn A.A. (2007) Back-calculating length from skeletal growth marks in loggerhead sea turtles *Caretta caretta*. *Endangered Species Research* 3, 95–104.
- Snover M.L., Hohn A.A., Goshe L.R. e Balazs G.H. (2011) Validation of annual skeletal marks in green sea turtles *Chelonia mydas* using tetracycline labeling. *Aquatic Biology* 12, 197–204.
- Torezani E., Baptistotte C., Mendes S.L. e Barata P.C.R. (2009) Juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) in the effluent discharge channel of a steel plant, Espírito Santo, Brazil, 2000–2006. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 90(02), 233–246.
- Wood F. e Wood J. (1993) Growth curve for captive-reared green sea turtles, *Chelonia mydas*. *Herpetological Journal* 3, 49–54.

- Zug G.R. e Glor R.E. (1998) Estimates of age and growth in a population of green sea turtles (*Chelonia mydas*) from the Indian River lagoon system, Florida: a skeletochronological analysis. *Canadian Journal of Zoology* 76, 1497–1506.
- Zug G.R., Wynn A.H. e Ruckdeschel C. (1986) Age determination of loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, by incremental growth marks in the skeleton. *Smithsonian* 427, 44 pp.
- Zug G.R., Balazs G.H., Wetherall J.A., Parker D.M. e Murakawa S.K.K. (2002) Age and growth of Hawaiian green seaturtles (*Chelonia mydas*): an analysis based on skeletochronology. *Fishery Bulletin* 100, 117–127.



## Artigo 2

### Estimativa de idade e crescimento de tartarugas-cabeçudas (*Caretta caretta*) encalhadas na costa sul do Brasil

Ana Júlia Lenz<sup>1</sup>, Larisa Avens<sup>2</sup>, Cariane Campos Trigo<sup>3,4</sup>, Márcio Borges-Martins<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, avenida Bento Gonçalves, 9500, prédio 43435, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil; <sup>2</sup>NOAA Fisheries, Southeast

Fisheries Science Center, Beaufort Laboratory, 101 Pivers Island Road, Beaufort, North Carolina 28516, USA;

<sup>3</sup>Centro de Estudos Costeiros Limnológicos e Marinhos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, avenida Tramandaí, 976, CEP 95625-000, Imbé, RS, Brasil; <sup>4</sup>Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos do Rio Grande do Sul (GEMARS), rua Felipe Neri 382/203, CEP 90440-150, Porto Alegre, RS, Brasil

#### Resumo

*Caretta caretta* é a espécie de tartaruga marinha com maior abundância no Brasil, sendo que na região sul indivíduos são frequentemente encontrados encalhados na costa. A espécie está globalmente ameaçada de extinção, mas diversos aspectos sobre a sua biologia permanecem pouco conhecidos. Idade e crescimento são parâmetros importantes para o melhor entendimento da história de vida da espécie e elaboração de estratégias de manejo. Espécimes encontrados encalhados mortos durante um período de 16 anos na costa norte do estado do Rio Grande do Sul foram utilizados para realizar estimativas de idade e taxas de crescimento através de esqueletocronologia. Os indivíduos analisados tiveram idades estimadas entre 10 e 29 anos (média = 15) e tamanhos entre 53 e 101 cm de CCC (média = 71 cm). A taxa de crescimento média foi de 2,1 cm ano<sup>-1</sup>, apresentando grande variação entre indivíduos e entre sucessivos anos no mesmo indivíduo. A taxa de crescimento diminuiu com o aumento do tamanho e da idade, sendo porém mais acentuada a redução com o aumento da idade. Os resultados mostram que o litoral sul do Brasil é uma importante área de desenvolvimento para juvenis neríticos da espécie, que parecem recrutar para este ambiente com cerca de 12 anos e tamanhos maiores que 55 cm de CCC.

Palavras-chave: tartaruga marinha, recrutamento, Atlântico, juvenis neríticos.

#### Abstract

*Caretta caretta* is the most abundant sea turtle in Brazil. In the south region individuals are frequently encountered stranded at the coast. The species are threatened worldwide, but many

aspects about its biology remains little known. Age and growth are important parameters to the best understand of species life history and develop handling strategies. Turtles stranded during a period of 16 years on the South coast of Brazil were evaluated through skeletochronological analysis to estimate age and growth. The ages ranged from 10 to 29 years (average = 15) and curved carapace length between 53 and 101 cm (average = 71). The average growth rate was  $2.1 \text{ cm yr}^{-1}$ , presenting variation among individuals as well as within individuals. The growth rates were inversely related to length and age. The results shows that the South Brazil coast is an important area of development of neritic juveniles of the species, that seems to recruit to this ambient about 12 years and length bigger than 55 cm CCL.

Keywords: sea turtle, recruitment, Atlantic, neritic juvenils.

## INTRODUÇÃO

A tartaruga-cabeçuda, *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758), é a espécie de tartaruga marinha mais abundante ao longo da costa brasileira (Reis *et al.*, 2010) e é responsável por 80% das desovas em praias continentais do Brasil (Baptistotte *et al.*, 2003). No extremo sul do Brasil, não há áreas de desova, mas são comuns encalhes de tartarugas marinhas ao longo da costa, sendo que *Caretta caretta* representa cerca de 54% dos registros de encalhes (dados deste estudo). A espécie é considerada em perigo (EN) em nível mundial (IUCN, 2012) e vulnerável (VU) no Brasil (Machado *et al.*, 2008).

A espécie habita a plataforma continental, baías, lagunas e estuários em águas temperadas, subtropicais e tropicais (Dodd, 1988). Como em outras espécies de tartarugas marinhas, o ciclo de vida das tartarugas-cabeçudas consiste de estágios de desenvolvimento que são segregados espacialmente e temporalmente, envolvendo mudanças marcantes de habitat e dieta (Reis *et al.*, 2010). Populações de tartarugas-cabeçudas que desovam no noroeste do Atlântico, oeste do Índico e do Pacífico utilizam áreas oceânicas pelágicas como berçários e os jovens migram com os giros oceânicos predominantes do oeste para o leste por alguns anos antes de retornar a seus habitats de forrageamento e nidificação no oeste (Musick & Limpus, 1997). Considerando as migrações transoceânicas documentadas para o norte do Atlântico e do Pacífico, Bolten *et al.* (1998) sugerem que este deve ser um fenômeno geral para populações de tartarugas-cabeçudas e que padrões de movimentos similares podem ser esperados no Atlântico sul. Capturas incidentais de tartarugas-cabeçudas na região oceânica do sul do Brasil indicam o uso do ambiente pelágico por indivíduos juvenis no Atlântico sul e

suportam a hipótese de migrações transoceânicas para estas tartarugas neste oceano (Kotas *et al.*, 2004). A duração do estágio pelágico é altamente variável, podendo se estender de 3 a mais de 10 anos, dependendo do indivíduo e da bacia oceânica (Musick & Limpus, 1997). Petitet *et al.* (2012) estimou a duração deste estágio para tartarugas-cabeçudas do sul do Brasil entre 8 e 19 anos, sendo a média de 11,5 anos.

Marcovaldi & Chaloupka (2007) sugerem que algumas das principais áreas de forrageamento de tartarugas-cabeçudas no Brasil estão localizadas em águas da região sul e que fêmeas maduras migram sazonalmente para o norte para desovar nas praias do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Sergipe. Dados sobre a dieta de tartarugas-cabeçudas no litoral do Rio Grande do Sul reforçam a hipótese de que a zona costeira do sul do Brasil é uma importante área de alimentação para grandes juvenis da espécie (Bugoni *et al.*, 2003; Lenz, dados não publicados). Um estudo recente utilizando telemetria identificou as águas do Atlântico sul ocidental como uma zona altamente utilizada por tartarugas-cabeçudas juvenis (Barceló *et al.*, 2013).

Tartarugas-cabeçudas são frequentemente encontradas encalhadas na costa do Rio Grande do Sul. Estes indivíduos apresentam tamanho médio de 74 cm, com registros variando entre 45 e 102 cm de comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) (Bugoni *et al.*, 2003; Petitet *et al.*, 2012). Indivíduos encalhados no litoral sul do estado tiveram idade estimada entre 9 e 24 anos (Petitet *et al.*, 2012). Idade e tamanho são componentes relacionados ao crescimento somático, que é o maior determinante da dinâmica de populações e mudanças macroevolucionárias das espécies (Chaloupka & Musick, 1997). O entendimento do crescimento e dinâmica de populações de tartarugas marinhas é fundamental para avaliar se um estoque está realmente em risco e quais são as estratégias de manejo mais adequadas para sua proteção (Chaloupka & Musick, 1997).

Estudos do padrão de bandeamento dentro de osso cortical, conhecidos como esqueletocronologia, são uma ferramenta poderosa para prover informações sobre idade, taxas de crescimento, idade de maturação sexual, dimorfismo sexual e inter-populacional de répteis atuais e extintos (Castanet, 1994). A esqueletocronologia tem sido aplicada para numerosas espécies de tartarugas e tem permitido um melhor entendimento de padrões e taxas de crescimento (Snover & Rhodin, 2008). O padrão de deposição anual de marcas de crescimento nos ossos de tartarugas-cabeçudas foi validado em vários estudos, através de marcação de indivíduos com oxitetraciclina e posterior recaptura (Klinger & Musick, 1992;

Coles *et al.*, 2001) e por análises realizadas em animais com idades conhecidas (Snover & Hohn, 2004).

Nas tartarugas marinhas há um incremento de tamanho de 18 a 20 vezes desde o nascimento até a idade adulta, o que sugere uma maior reorganização estrutural no esqueleto e reabsorção/remodelamento é evidente em todos os ossos (Zug, 1990). O processo de reabsorção resulta na perda de marcas de crescimento mais internas e depositadas mais cedo durante o desenvolvimento, o que é uma limitação em estimativas de idade utilizando esqueletocronologia e levou ao desenvolvimento de métodos para estimar o número de marcas de crescimento perdidas (Snover & Rhodin, 2008).

Diversos parâmetros ambientais, como disponibilidade de alimento e temperatura, podem influenciar as taxas de crescimento de tartarugas marinhas (Heppell *et al.*, 2003). Logo, as taxas de crescimento obtidas para uma determinada população/área ou período não podem ser extrapoladas para outra população ou área, sendo necessário obter estimativas específicas para diferentes populações e até diferentes áreas de forrageamento frequentadas pela mesma população (Casale *et al.*, 2011). Já foi demonstrado que a esqueletocronologia pode ser utilizada para retrocalcular comprimentos em idades anteriores e obter taxas de crescimento de tartarugas-cabeçudas (Snover *et al.*, 2007). Taxas de crescimento de tartarugas-cabeçudas já foram avaliadas através de esqueletocronologia no Atlântico (Zug *et al.*, 1986; Klinger & Musick, 1995; Parham & Zug, 1997; Bjorndal *et al.*, 2003; Snover *et al.*, 2010; Petitet *et al.*, 2012), Pacífico (Zug *et al.*, 1995) e Mediterrâneo (Casale *et al.*, 2011) e apresentam elevada variação individual.

Embora muito conhecimento tenha sido obtido sobre tartarugas-cabeçudas em áreas de desova no Brasil (Marcovaldi & Chaloupka, 2007), as populações de áreas de alimentação ainda são pouco conhecidas (Di-Bernardo *et al.*, 2003; Petitet *et al.*, 2012). Os estudos sobre estas populações ainda estão em uma fase de identificação e descrição de parâmetros. Neste sentido, este estudo apresenta uma contribuição ao conhecimento da fase juvenil da espécie através de estimativas de idade e taxas de crescimento de tartarugas-cabeçudas encalhadas na costa norte do Rio Grande do Sul ao longo de um período de 16 anos.

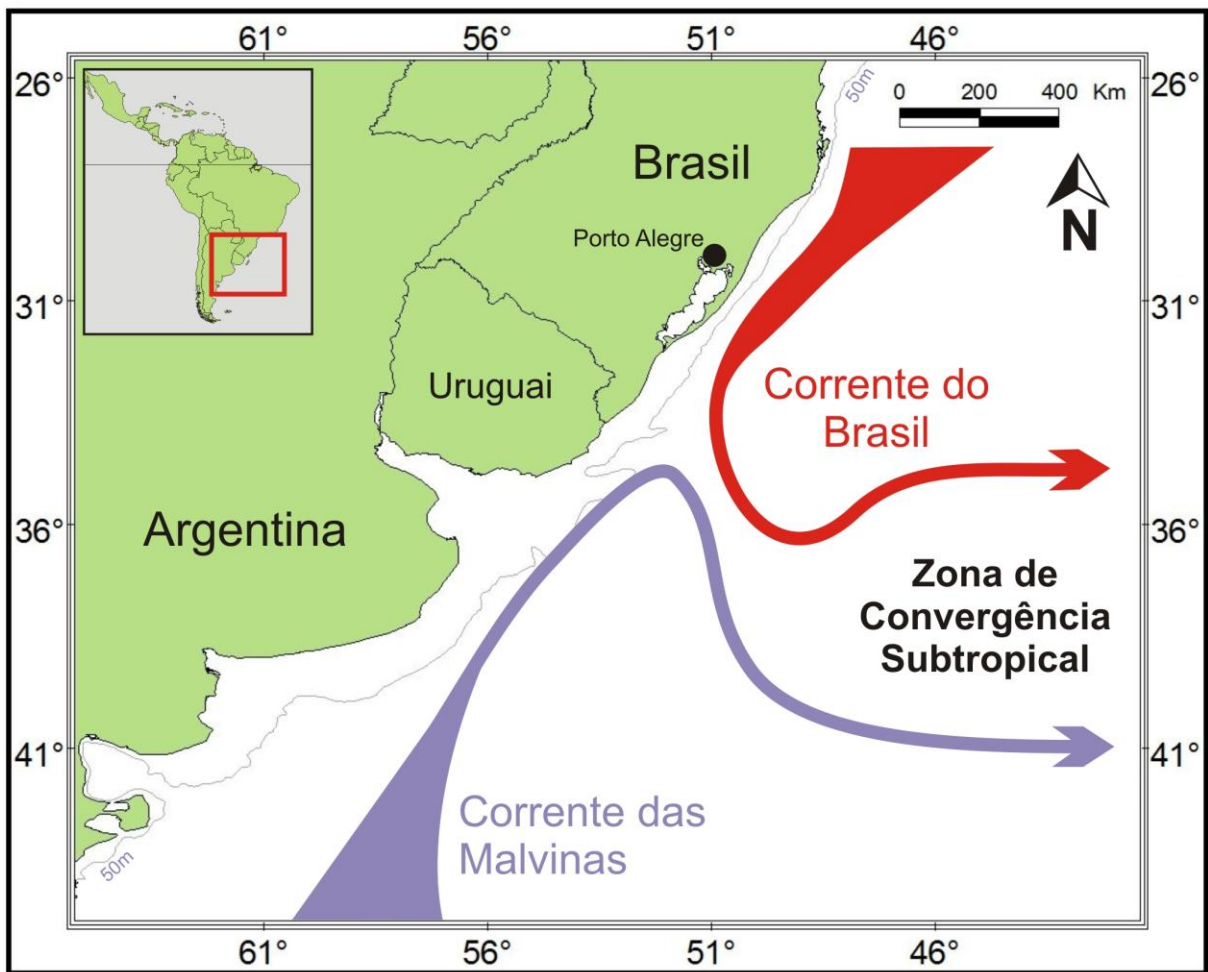
## MATERIAIS E MÉTODOS

### **Coleta das amostras**

As amostras são provenientes de encalhes de tartarugas marinhas no extremo sul do Brasil, no litoral norte do Rio Grande do Sul, em um trecho abrangendo 270 km de praias

entre a barra da Lagoa do Peixe, em Mostardas (31°22' S, 51°02' W), e a barra do Rio Mampituba, em Torres (29° 19' S, 49° 43' W) (Figura 1). As coletas foram realizadas através de uma parceria entre a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e o Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos do Rio Grande do Sul (GEMARS) entre 1994 e 2010. As tartarugas marinhas encontradas encalhadas mortas foram identificadas, medidas (comprimento e largura curvilíneos da carapaça - respectivamente CCC e LCC, segundo Bolten, 1999) e necropsiadas *in situ*, sendo o úmero dissecado e coletado. No período de estudo foram registrados 294 exemplares de *Caretta caretta*, o que corresponde a 54% dos registros de encalhes de tartarugas marinhas na costa norte do Rio Grande do Sul. Destes, 84 indivíduos tiveram os úmeros coletados e submetidos à técnica de esqueletocronologia neste estudo.

Os úmeros coletados foram macerados em água para remoção dos tecidos moles, secos e estocados em coleção. Previamente a preparação histológica, foram tomadas 12 medidas de cada úmero, utilizando paquímetro com precisão de 0,02 mm, de acordo com Zug *et al.* (1986) (Apêndice). A realização destas medidas é importante pois permite a confirmação da correlação entre tamanho do corpo e tamanho do úmero. Valores de CCC e diâmetros são apresentados ao longo do texto através da média  $\pm$  desvio padrão.



**Fig. 1.** Panorama geral da região de estudo, destacando as principais correntes atuando na zona oceânica. As coletas dos úmeros de *Caretta caretta* foram realizadas no litoral sul do Brasil entre 31°22' S, 51°02' W e 29°19' S, 49°43' W.

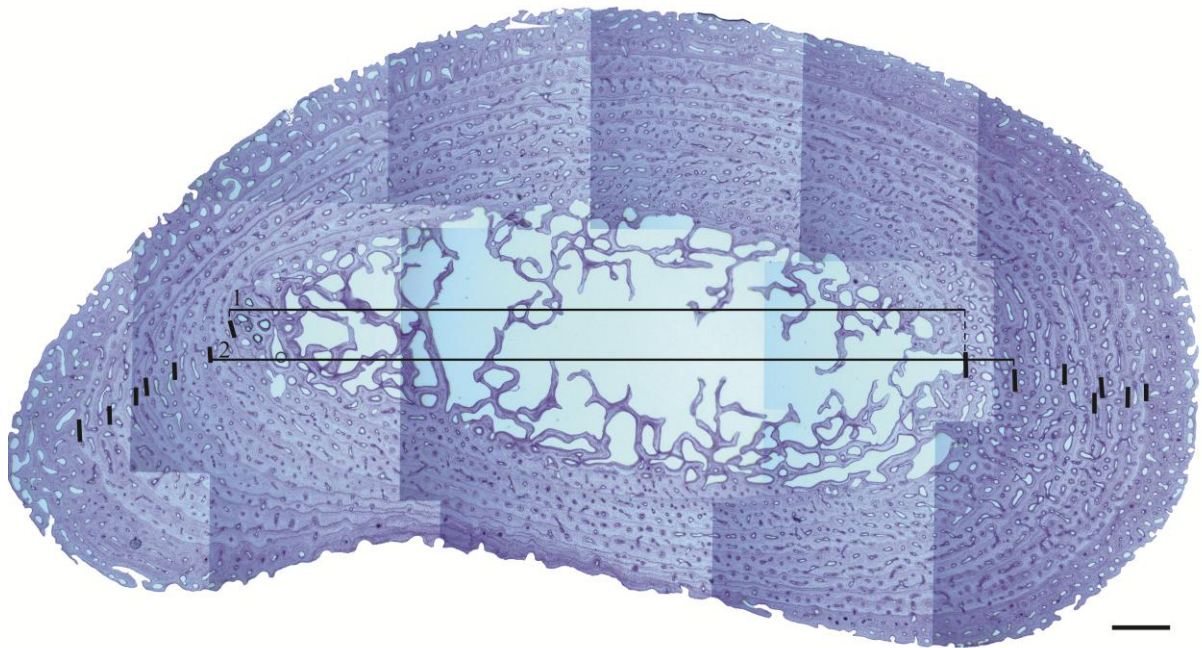
### **Esqueletocronologia**

A metodologia utilizada para esqueletocronologia foi baseada em Snover & Hohn (2004). A preparação histológica iniciou com a retirada de uma seção transversal de 3–5 mm do úmero na porção distal à crista deltapeitoral (Figura 1 do Apêndice), através da utilização de uma serra de arco manual. Estas seções foram então descalcificadas em uma solução comercial descalcificante (RDO, Apex Engineering Products Corporation). Após a descalcificação, as seções foram cortadas em criostato (Leica CM 1850) com espessura de 25 µm a aproximadamente -12°C. Os cortes foram corados com hematoxilina de Ehrlich preparada com água destilada (1:1) e montados em lâminas com glicerina 100%.

A identificação, contagem e medidas das linhas de crescimento foram realizadas utilizando fotografias digitais, conforme metodologia proposta por Goshe *et al.* (2010). Cada

seção foi fotografada (câmera Leica DFC 290HD, software Leica Application Suite (LAS) versão 3.4.1) em porções sequenciais em microscópio (Leica DM750) ou estéreo-microscópio (Leica S6D) em um aumento igual ou superior a 20X. Estas fotografias sequenciais foram montadas utilizando o software Adobe Photoshop (Adobe Systems Incorporated, San Jose, California, USA) de forma a obter-se mosaicos de alta resolução (Figura 2).

Cada fotomontagem foi analisada independentemente por dois leitores (AJL e LA) e as leituras comparadas a fim de obter-se um consenso sobre a posição e o número de linhas de crescimento. Em seguida, o diâmetro maior de cada linha de crescimento, assim como da seção inteira, foi medido através do software ImageJ 1.46 (Research Services Branch, National Institute of Mental Health, Bethesda, Maryland). A interpretação das linhas de crescimento foi feita de acordo com Castanet & Smirina (1990) e Snover & Hohn (2004). Cada linha de crescimento foi rastreada ao longo de toda circunferência do osso para ser validada. Quando uma linha de crescimento se dividiu em duas ou mais, cada uma foi contada como uma linha de crescimento independente (Snover & Hohn, 2004).



**Fig. 2.** Mosaico montado a partir de fotografias sequenciais de uma seção de úmero de *Caretta caretta*. Linhas de crescimento estão marcadas nas suas laterais com linhas pretas. A medida do diâmetro de cada linha de crescimento foi realizada paralela ao eixo maior entre as duas marcas correspondentes às extremidades da mesma linha (1 e 2 correspondem aos diâmetros das respectivas linhas). Barra = 1 mm.

### **Estimativa de idade**

Em uma seção cortada do úmero, as linhas de crescimento internas, mais próximas à medula, representam as fases iniciais de crescimento, enquanto as linhas mais externas, próximas à superfície externa do osso, representam o crescimento mais recente (Snover *et al.*, 2010). Em seções descalcificadas e coradas, marcas de crescimento ósseo aparecem como zonas largas com coloração clara, seguidas por linhas de crescimento escuras definidas em inglês como LAGs (*lines of arrested growth*) (Goshe *et al.*, 2010).

A reabsorção e redeposição de linhas de crescimento é extensa em úmeros de *Caretta caretta* devido ao aumento do diâmetro em mais de dez vezes desde filhote até a idade adulta, além de ocorrerem alterações nas proporções e orientação do eixo longitudinal (Zug *et al.*, 1986). Esta reabsorção leva à perda das linhas depositadas mais cedo e requer uma extrapolação a partir da largura das linhas de crescimento existentes, a fim de estimar o número de linhas de crescimento perdidas (Zug *et al.*, 1986).



Snover & Hohn (2004) registraram a deposição de um *annulus* pobremente definido no primeiro ano de vida de *Lepidochelys kempii* Garman, 1880 e linhas de crescimento bem definidas começando no final do segundo ano. Assume-se que o mesmo padrão ocorra em *Caretta caretta* (Petitet *et al.*, 2012). Nas tartarugas que retêm o *annulus*, a idade pode ser diretamente inferida. Já nos indivíduos que apresentam reabsorção das primeiras linhas de crescimento, é necessário aplicar um fator de correção que permite a estimativa do número de linhas perdidas a partir de medidas das linhas de crescimento das tartarugas que retêm o *annulus* (Goshe *et al.*, 2010).

Neste estudo, nenhuma tartaruga-cabeçuda analisada apresentou o *annulus*. Para estimar o número de linhas reabsorvidas, utilizamos o fator de correção elaborado por Petitet *et al.* (2012) a partir de tartarugas-cabeçudas do litoral sul do Rio Grande do Sul e da zona oceânica entre as latitudes 29° e 38°S e longitudes 45° e 51°W. Este fator de correção (equação 1) deriva de uma relação entre o número da linha de crescimento e o seu respectivo diâmetro, baseado em tartarugas que apresentam o *annulus* (Petitet *et al.*, 2012). A equação (1) foi aplicada para as tartarugas analisadas no presente estudo utilizando o diâmetro da linha de crescimento mais interna registrada, a fim de obter-se o número desta linha e conseqüentemente o número de linhas reabsorvidas. O número de linhas reabsorvidas foi adicionado ao número de linhas registradas para estimativa da idade dos indivíduos.

$$\text{Diâmetro da linha de crescimento} = 2,18 * (\text{número da linha})^{0,35} \quad (1)$$

### **Retrocálculo e taxas de crescimento**

O espaçamento entre marcas de crescimento sucessivas não é constante ao longo da vida, mas revela a variação de crescimento do osso e do corpo e é um registro das curvas de crescimento individuais ao longo do tempo (Castanet & Smirina, 1990). Já foi comprovado através da técnica de marcação e recaptura em tartarugas-cabeçudas que o diâmetro das linhas de crescimento pode ser convertido em medidas de comprimento de carapaça, representando o tamanho da tartaruga no período de deposição de determinada linha de crescimento (Snover *et al.*, 2007). Este método, chamado retrocálculo, já foi utilizado para *Caretta caretta* em diversos estudos (Snover *et al.*, 2007; Snover *et al.*, 2010; Casale *et al.*, 2011; Petitet *et al.*, 2012).

Para possibilitar a predição do comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) a partir dos diâmetros das linhas de crescimento, a relação entre CCC e diâmetro da seção do úmero foi modelada utilizando a equação (2). Este modelo foi o que apresentou o melhor ajuste aos

dados de tartarugas-cabeçudas do Atlântico norte (Snover *et al.*, 2007) e do Atlântico sul (Petitet *et al.*, 2012).

$$CCC = CCC_f + b (D - D_f)^c \quad (2)$$

Onde: CCC = comprimento curvilíneo da carapaça do indivíduo; CCC<sub>f</sub> = comprimento curvilíneo da carapaça de filhotes recém-nascidos; D = diâmetro da seção do úmero; D<sub>f</sub> = diâmetro da seção de úmero de filhotes recém-nascidos; *b* = coeficiente angular; *c* = coeficiente de proporcionalidade.

Não há estudos que apresentem medidas de comprimento da carapaça e diâmetro do úmero de filhotes de tartarugas-cabeçudas nascidos no Brasil. Por este motivo, utilizamos as medidas apresentadas por Snover *et al.* (2007), sendo o comprimento retilíneo da carapaça (4,6 cm) convertido para comprimento curvilíneo através da equação linear desenvolvida por Snover *et al.* (2010) e descrita abaixo (equação 4) [CCC<sub>f</sub> = 4,77 cm; D<sub>f</sub> = 1,9 mm].

Após a aplicação da equação (2), obtêm-se os valores de *b* e *c* e é possível aplicar o modelo de retrocálculo abaixo para estimar o CCC do indivíduo em cada linha de crescimento, ou seja, em cada ano de vida. Este modelo foi desenvolvido por Francis (1990) e adaptado para a utilização em tartarugas marinhas por Snover *et al.* (2007).

$$CCC_{est} = [f(D_{linha})] * [CCC_{final}] * [f(D_{final})] \quad (3)$$

Onde: CCC<sub>est</sub> = comprimento curvilíneo da carapaça estimado; f(D<sub>linha</sub>) é a equação (2) aplicada para o diâmetro da linha de crescimento em questão; CCC<sub>final</sub> = CCC da tartaruga no momento da morte; f(D<sub>final</sub>) = equação (2) aplicada para o diâmetro do úmero no momento da morte.

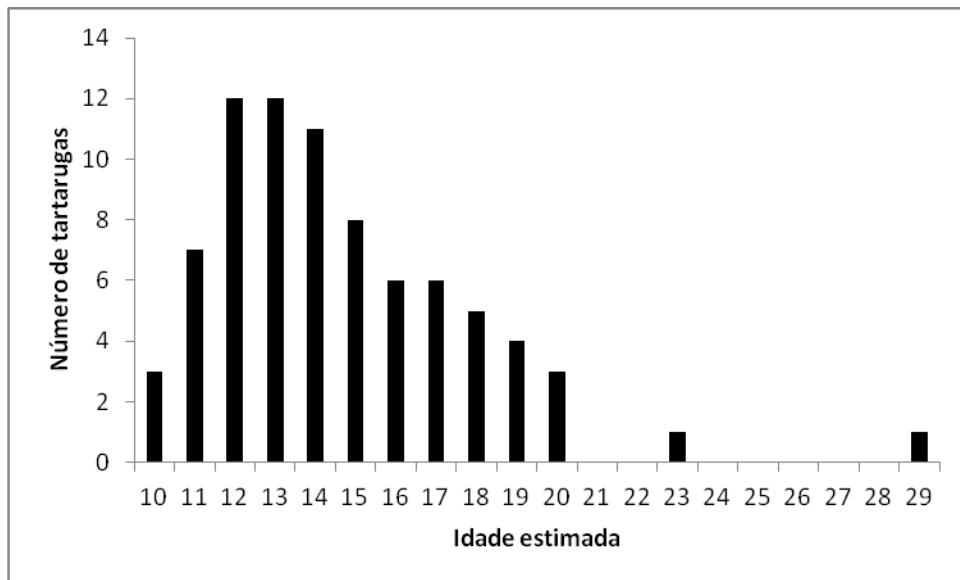
Após obter-se o CCC estimado do indivíduo para cada linha de crescimento, foi possível calcular as taxas anuais de crescimento através da diferença entre pares adjacentes de CCCs estimados (Avens *et al.*, 2012). Os valores de crescimento individuais foram agrupados de acordo com o CCC estimado em categorias de 10 cm e calculadas as taxas de crescimento médias para cada faixa de tamanho. Para fins de comparação com outras publicações que utilizam o comprimento retilíneo da carapaça (CRC), foi realizada a conversão do CCC para CRC através da equação abaixo, obtida para tartarugas-cabeçudas da costa leste dos Estados Unidos (Snover *et al.*, 2010).

$$CRC = 0,923 * CCC + 0,189 \quad (4)$$

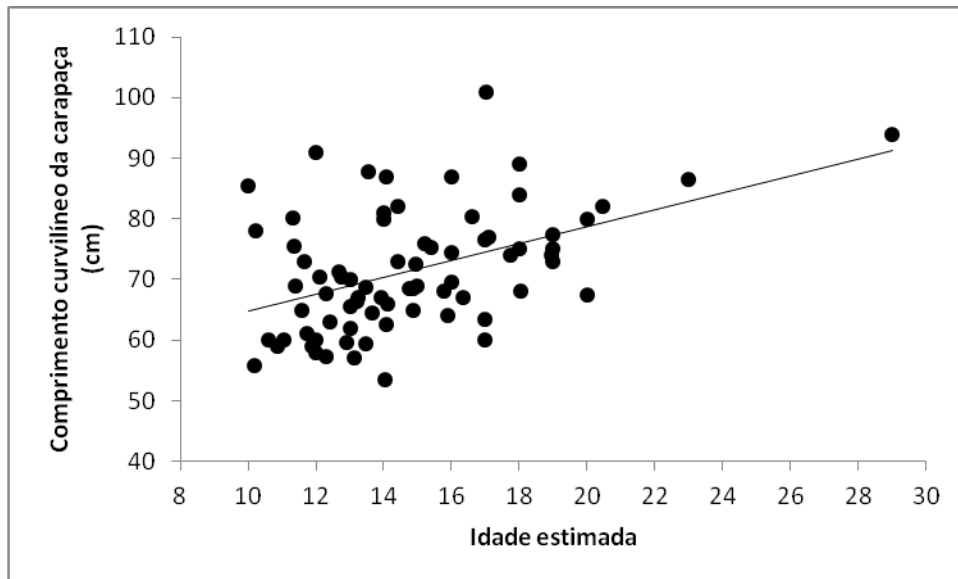
## RESULTADOS

### Estimativa de idade

As 294 tartarugas-cabeçudas encontradas encalhadas na área de estudo entre 1994 e 2010 apresentaram CCC médio de 75,1 cm ( $\pm 11,85$ ) e muitas delas apresentam sinais de interação com a pesca costeira. Destas, 84 tiveram os úmeros coletados e submetidos à técnica de esqueletocronologia, sendo que cinco foram descartados devido a problemas durante o processamento e 79 tiveram a idade estimada. Devido à ausência da marca que representa o primeiro ano de crescimento, o *annulus*, os indivíduos tiveram a idade estimada através do fator de correção desenvolvido por Petit et al. (2012). A idade dos indivíduos analisados variou entre 10 e 29 anos (média = 15 anos  $\pm 3,2$ ; Figura 3) e o tamanho entre 53,5 e 101 cm CCC (média = 71,4  $\pm 9,99$ ). A maioria dos indivíduos (85%) está na faixa etária entre 11 e 18 anos (Figura 3). CCC e idade foram positivamente relacionados ( $r^2 = 0,21$ ;  $p = 0,0002$ ; Figura 4).



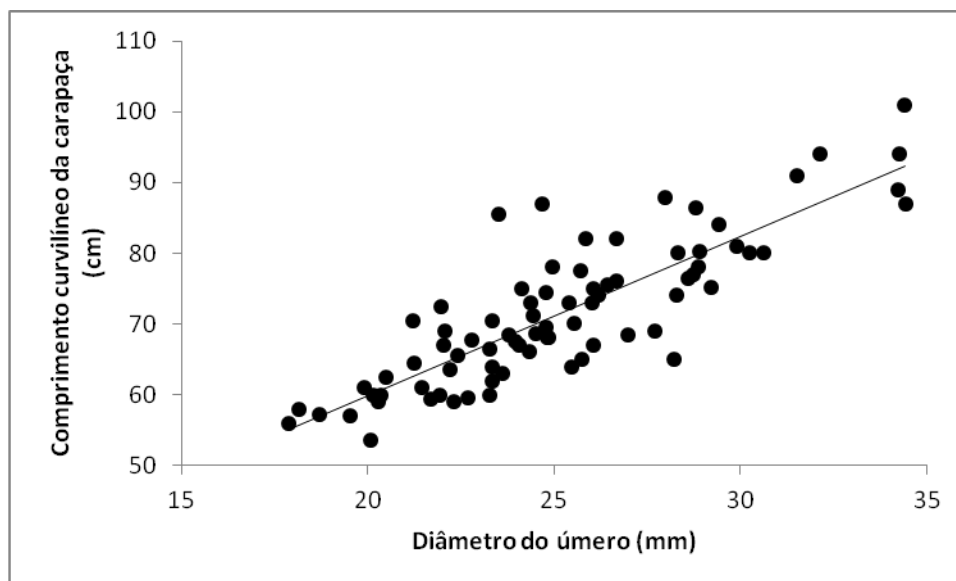
**Fig. 3.** Distribuição de idade das tartarugas-cabeçudas (*Caretta caretta*) analisadas através de esqueletocronologia provenientes do litoral sul do Brasil (n = 79).



**Fig. 4.** Relação entre comprimento curvilíneo da carapaça e idade estimada para as tartarugas-cabeçudas (*Caretta caretta*) do litoral sul do Brasil ( $r^2 = 0,21$ ;  $p = 0,0002$ ).

### Crescimento

O CCC apresentou forte correlação com o tamanho do úmero ( $r = 0,85$ ;  $p < 0,0001$ ; Figura 5), confirmando a relação positiva entre crescimento somático e crescimento do osso. Através da aplicação do modelo da equação (2) aos nossos dados, obtivemos os valores dos parâmetros  $b$  e  $c$  (5,578 e 0,789, respectivamente) e realizamos o retrocálculo do tamanho do indivíduo para cada linha de crescimento mensurável. Com estes comprimentos retrocalculados foi possível acessar o crescimento de 75 tartarugas-cabeçudas a partir de 588 incrementos de crescimento. A taxa de crescimento média foi de 2,1 cm de CCC ano<sup>-1</sup> (Tabela 1), o que corresponde a 1,9 cm de CRC ano<sup>-1</sup>. Taxa de crescimento e CCC apresentaram uma correlação negativa porém não significativa ( $r = -0,065$ ;  $p = 0,1793$ ; Figura 6), enquanto taxa de crescimento e idade foram significativa e negativamente correlacionados ( $r = -0,25$ ;  $p < 0,0001$ ; Figura 7). Grande variação foi registrada nas taxas de crescimento de um mesmo indivíduo ao longo de anos consecutivos (Figura 8).

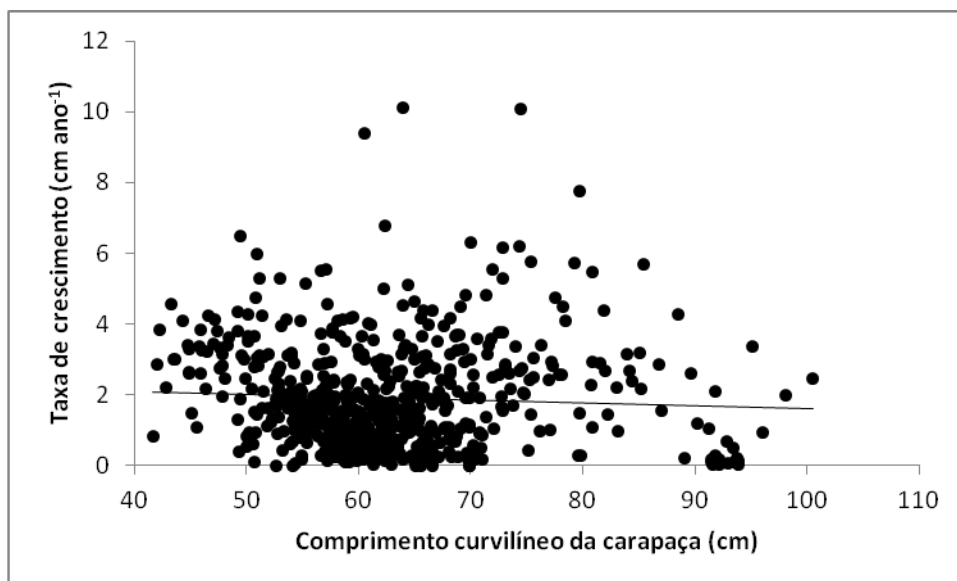


**Fig. 5.** Relação entre comprimento curvilíneo da carapaça e diâmetro do úmero para tartarugas-cabeçudas (*Caretta caretta*) do sul do Brasil ( $r = 0,85$ ;  $p < 0,0001$ ).

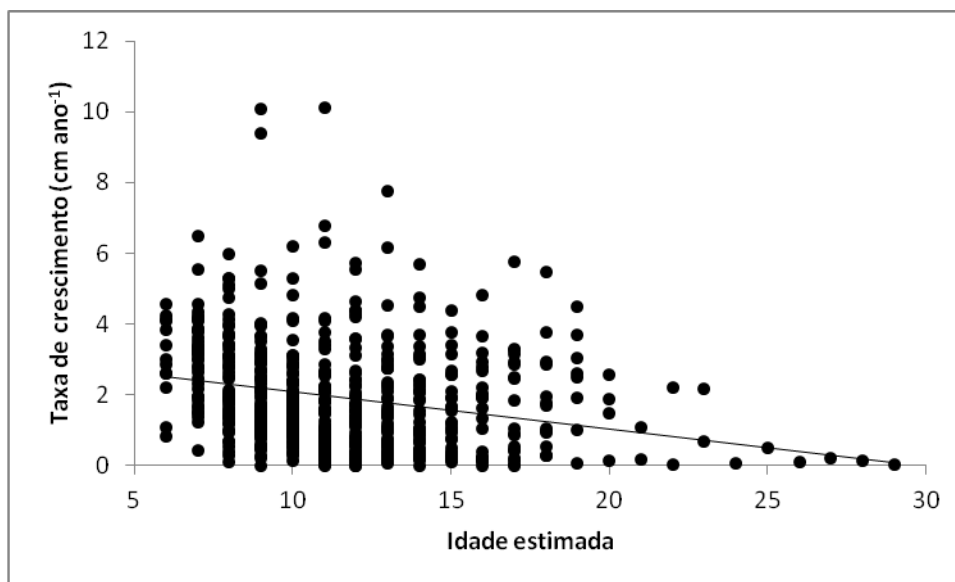
**Tabela 1.** Taxas de crescimento por classe de tamanho obtidas através de retrocálculo do CCC a partir de diâmetros do úmero ( $n = 588$  incrementos de tamanho) para 75 tartarugas-cabeçudas (*Caretta caretta*) provenientes do litoral sul do Brasil.

Classe de tamanho (cm CCC)	n	Taxa de crescimento		Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
		média (cm ano <sup>-1</sup> )				
40-49,9	41	3		1,12	0,40	6,48
50-59,9	207	1,77		1,25	0,00	5,98
60-69,9	236	1,63		1,51	0,00	10,01
70-79,9	63	2,76		1,93	0,15	10,01
80-89,9	21	2,71		1,38	0,19	5,69
90-99,9	21	0,63		0,88	0,02	3,38
100-109	1	2,44		-	-	-

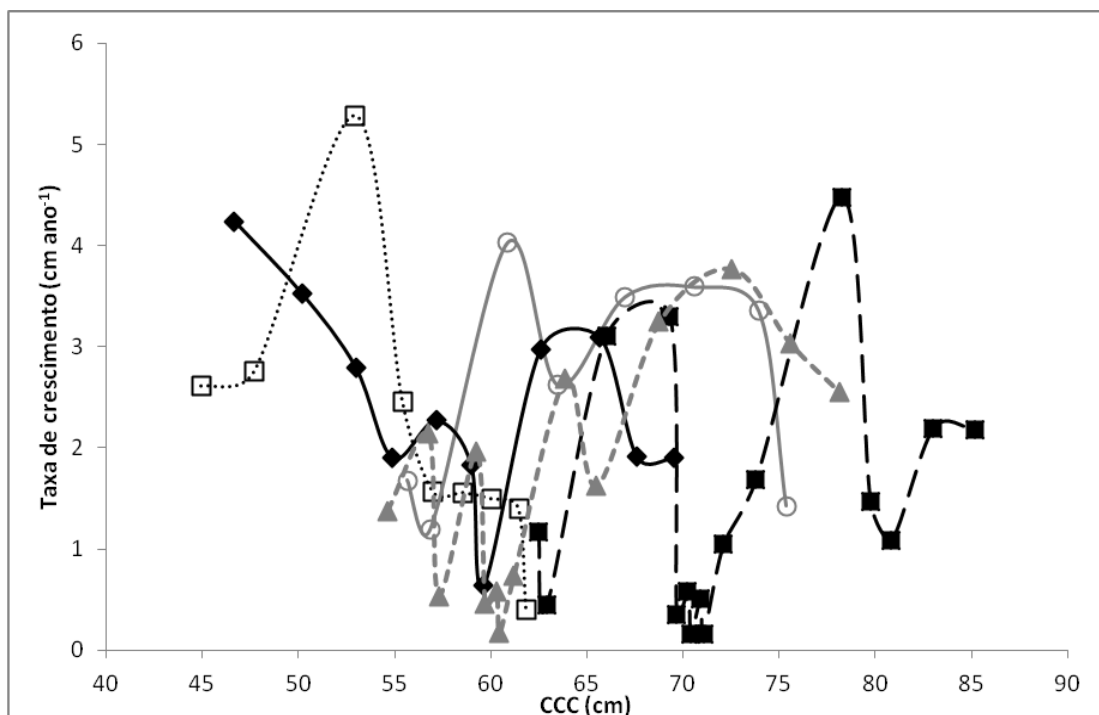
CCC, comprimento curvilíneo da carapaça; n, tamanho amostral.



**Fig. 6.** Relação entre taxa de crescimento ( $\text{cm ano}^{-1}$ ) e comprimento curvilíneo da carapaça para comprimentos retrocalculados a partir dos diâmetros das linhas de crescimento para tartarugas-cabeçudas (*Caretta caretta*) do litoral sul do Brasil ( $r = -0,065$ ;  $p = 0,1793$ ;  $n = 588$ ).



**Fig. 7.** Relação entre taxa de crescimento ( $\text{cm CCC ano}^{-1}$ ) e idade estimada obtida através de retrocálculo dos comprimentos da carapaça a partir dos diâmetros das linhas de crescimento para tartarugas-cabeçudas (*Caretta caretta*) do litoral sul do Brasil ( $r = -0,25$ ;  $p < 0,0001$ ;  $n = 588$ ).



**Fig. 8.** Relação entre taxa de crescimento ( $\text{cm ano}^{-1}$ ) e CCC retrocalculado de cinco indivíduos de tartarugas-cabeçudas (*Caretta caretta*) no sul do Brasil. Cada linha representa um indivíduo.

## DISCUSSÃO

### Estimativa de idade

A necropsia dos indivíduos não incluiu a análise das gônadas para verificação da maturação sexual. Com base no tamanho mínimo de fêmeas que desovam no litoral do estado do Espírito Santo (83 cm de CCC, Baptistotte *et al.*, 2003), 86% dos indivíduos seriam classificados como juvenis e 14% como possíveis adultos. Entretanto, se considerarmos o comprimento médio das fêmeas desovando no Espírito Santo (102,7 cm de CCC, Baptistotte *et al.*, 2003), conforme sugerido por Bjorndal *et al.* (2001, 2012), nenhum dos indivíduos analisados neste estudo seria classificado como adulto. Bjorndal *et al.* (2001) afirmam que muitos indivíduos podem atingir a maturidade sexual com comprimentos muito maiores do que o comprimento mínimo das fêmeas em áreas de desova e, devido às baixas taxas de crescimento nestes subadultos, a média de idade de maturação sexual poderia ser substancialmente maior que a média para atingir, neste caso, 83 cm de CCC. Bjorndal *et al.* (2012) encontraram grande variação entre tamanhos de maturação sexual em tartarugas-verdes em cativeiro e concluem que a grande amplitude de comprimentos de maturação

sexual indica que a utilização do tamanho mínimo de fêmeas desovando certamente implica em subestimativas de idade de maturação sexual da população.

Estimativas de idade de maturação sexual variam entre regiões geográficas e mesmo entre diferentes estudos na mesma região dependendo da técnica utilizada. Petitet *et al.* (2012) estimaram a idade de maturação sexual das tartarugas-cabeçudas do Atlântico sul em 32 anos. No Atlântico norte, idades de maturação foram estimadas entre 22 e 45 anos (Klinger & Musick, 1995; Bjorndal *et al.*, 2000; Bjorndal *et al.*, 2001; Scott *et al.*, 2011). Com base nestes dados e considerando o tamanho médio de fêmeas em áreas de desova no Brasil, acreditamos que a grande maioria dos indivíduos analisados neste estudo ainda não tenha atingido a maturação sexual.

Neste estudo nenhuma das tartarugas analisadas apresentou o *annulus*, definido como uma marca de crescimento que indica o final do primeiro ano de vida (Snover & Hohn, 2004). Isto se deve ao fato de nossa amostra ser composta principalmente de juvenis já na fase nerítica, o que implica em maior remodelamento do úmero e reabsorção das linhas de crescimento mais antigas. Por este motivo foi utilizado o fator de correção desenvolvido por Petitet *et al.* (2012). Nós acreditamos que este fator de correção se enquadra bem para a nossa amostra, pois foi desenvolvido utilizando tartarugas-cabeçudas de uma área próxima da nossa área de estudo, provavelmente pertencentes a mesma população.

Os indivíduos analisados apresentaram idade média de 15 anos, sendo que 85% está na faixa etária entre 11 e 18 anos. A faixa de tamanho registrada no litoral norte do Rio Grande do Sul é semelhante aos tamanhos registrados no litoral sul do estado (45–102 cm, Petitet *et al.*, 2012), assim como a idade (9–24 anos). As faixas etária e de tamanho registradas no sul do Brasil confirmam que a zona costeira é utilizada principalmente por juvenis neríticos, constituindo-se uma importante área de desenvolvimento para a espécie, como proposto por Petitet *et al.* (2012). Estudos de dieta de tartarugas-cabeçudas encalhadas na costa corroboram que esta região é uma importante área de alimentação e desenvolvimento das tartarugas-cabeçudas na fase nerítica (Bugoni *et al.*, 2003; Lenz, dados não publicados). Podemos supor que os indivíduos migrem para outras áreas de forrageamento ao norte ao atingirem idade e tamanho próximos à maturação sexual.

Os dados demonstram que o recrutamento dos juvenis para o ambiente nerítico no sul do Brasil pode ocorrer a partir dos 10 anos ao atingirem cerca de 50 cm de CCC, mas o maior número de registros indica que a maioria dos indivíduos recruta com cerca de 12 anos e CCC maior que 55 cm. No sul do Rio Grande do Sul, Petitet *et al.* (2012) estimou a duração do



estágio oceânico em 11,5 anos. No norte do Atlântico o estágio de vida oceânico das tartarugas-cabeçudas tem uma duração entre 7 e 11,5 anos e os juvenis recrutam para habitats neríticos com 46–64 cm de CCC (Bjorndal *et al.*, 2000; Bjorndal *et al.*, 2003), parâmetros semelhantes aos registrados no litoral sul do Brasil. Barceló *et al.* (2013) rastrearam 26 tartarugas-cabeçudas juvenis no Atlântico sul ocidental com comprimento médio de 61 cm e, com base nos padrões de movimentos encontrados, sugerem que os indivíduos estão num estágio de transição. A maior parte das tartarugas rastreadas permaneceu no ambiente oceânico, enquanto outras se moveram de regiões oceânicas para regiões neríticas e posteriormente permaneceram neste ambiente ou retornaram ao ambiente oceânico (Barceló *et al.*, 2013). Estes dados corroboram a nossa conclusão a respeito de tamanhos de recrutamento no Atlântico sul ocidental, mas também indicam que esta transição pode não ser definitiva e variar muito entre indivíduos, o que já havia sido constatado no Atlântico norte por McClellan & Read (2007).

Foi verificada uma relação significativa entre CCC e idade, embora não muito forte ( $r^2 = 0,21$ ;  $p = 0,0002$ ). Halliday & Verrel (1988) afirmam que idade e tamanho do corpo são geralmente positivamente relacionados em anfíbios e répteis, mas esta relação costuma ser fraca e há uma variância considerável em tamanho do corpo dentro de uma dada classe de idade, como verificado aqui (Figura 4). Consequentemente, não é justificado o uso do tamanho do corpo como um indicador confiável da idade de um indivíduo (Halliday & Verrel, 1988). Neste sentido, estudos de esqueletocronologia são muito relevantes e podem prover estimativas mais precisas da idade dos indivíduos.

## **Crescimento**

A forte correlação entre CCC e tamanho do úmero ( $r = 0,85$  e  $p < 0,0001$ ) indica que há uma relação positiva entre crescimento somático e crescimento do osso, o que permite que seja realizado o retrocálculo de CCCs anteriores a partir de diâmetros das linhas de crescimento e, assim, obter medidas de crescimento anuais dos indivíduos. A taxa de crescimento média foi de 2,1 cm de CCC ano<sup>-1</sup> (1,9 cm de CRC ano<sup>-1</sup>), semelhante à taxa registrada na região sul do Rio Grande do Sul incluindo indivíduos oceânicos e neríticos (2,45 cm de CCC ano<sup>-1</sup>, Petitet *et al.*, 2012).

Em alguns indivíduos, em determinado ano, foi registrada uma taxa de crescimento igual a 0, o que não significa necessariamente um crescimento biológico nulo, mas que o crescimento não foi registrado com a técnica de mensuração utilizada. Nestes casos duas

linhas estavam compactadas na porção lateral da seção do úmero e não foi possível registrar uma diferença no diâmetro, mas observou-se uma diferenciação e espaçamento entre as linhas na superfície dorsal ou ventral da seção. Nestes indivíduos ocorreu um pequeno incremento no tamanho do úmero no sentido dorso-ventral e provavelmente também um incremento muito pequeno no tamanho da carapaça.

Comparando as taxas de crescimento por classe de tamanho entre diferentes populações do Atlântico (Tabela 2) podemos perceber grande variação tanto dentro de uma mesma classe de tamanho quanto entre as classes. De maneira geral, as taxas de crescimento registradas neste estudo são menores que as taxas registradas em outros estudos no Atlântico. Klinger & Musick (1995) sugerem que tartarugas provenientes de áreas de alimentação em zonas temperadas crescem mais lentamente ao longo das fases juvenis e subadultas. Entretanto, este não deve ser um fator responsável por esta variação pois as áreas comparadas também situam-se em regiões temperadas, embora com distintas características ambientais. A Baía de Chesapeake e a área estudada na Carolina do Norte estão localizadas em complexos estuarinos, situação bem diferente da área de estudo no Brasil que está sob influência direta das correntes marinhas, o que pode influenciar as taxas de crescimento. Outro fator de variação pode ser a duração do período de amostragem, o estudo na Georgia (Parham & Zug, 1997), na Baía de Chesapeake (Klinger & Musick, 1995) e no sul do Rio Grande do Sul (Petitet *et al.*, 2012) analisaram indivíduos encalhados durante o período de um ou dois anos, enquanto nós analisamos indivíduos provenientes de um período de 16 anos de amostragens, o que inclui um grande fator de variabilidade.

**Tabela 2.** Comparação de taxas de crescimento entre diferentes populações de tartarugas-cabeçudas do Atlântico. Comparação com taxas obtidas a partir de indivíduos neríticos. Taxa média ou variação registrada.

Classe de tamanho (cm CRC)	Norte do RS, Brasil (este estudo) <sup>a</sup>	Sul do RS, Brasil (Petitet <i>et al.</i> , 2012) <sup>a</sup>	Baía de Chesapeake, EUA (Klinger & Musick, 1995) <sup>a</sup>	Georgia, EUA (Parham & Zug, 1997) <sup>a</sup>	Carolina do Norte, EUA (Braun-McNeill <i>et al.</i> , 2008) <sup>b</sup>
35 – 39,9	2,24	-	-	-	-
40 – 49,9	2,41	2,2	5,28	3,5 – 3,6	-
50 – 59,9	1,47	2,4	5,29	2,8 – 3,8	1,58
60 – 69,9	1,83	2,4	5,27	2,7 – 3,1	1,82
70 – 79,9	2,68	2,3	4,35	1,6 – 2,4	1,63
80 – 89,9	0,84	2,1	3,08	0,9 – 3,5	-
90 – 99,9	2,04	2	2,87	-	-

CRC, comprimento retilíneo da carapaça; RS, estado do Rio Grande do Sul; <sup>a</sup>esqueletocronologia; <sup>b</sup> marcação e recaptura.

A região costeira e marinha do Rio Grande do Sul é caracterizada como temperada-quente, devido a influência da Convergência Subtropical do Atlântico Sul e ação estabilizadora do extenso sistema lagunar Patos-Mirim (Seeliger & Odebrecht, 1998). O crescimento em zonas temperadas pode ser influenciado pelo gasto de energia adicional associado a hábitos migratórios e pela disponibilidade sazonal de recursos alimentares (Klinger & Musick, 1995). Os primeiros dados sobre movimentação de tartarugas-cabeçudas no Atlântico sul ocidental indicam forte variação sazonal nos movimentos de juvenis marcados na zona oceânica, sendo que no inverno são utilizadas áreas em menores latitudes (26 a 41° S) (Barceló *et al.*, 2013). A nossa área de estudo situa-se entre 29 e 31° S, latitudes que estão dentro do intervalo de áreas de uso no inverno das tartarugas-cabeçudas juvenis marcadas por Barceló *et al.* (2013). Entretanto, o fato de as tartarugas marcadas por Barceló *et al.* (2013) apresentarem um tamanho menor (média 61,8 cm de CCC) e terem sido capturadas na zona oceânica indica que elas não estão no mesmo estágio de vida das tartarugas-cabeçudas encontradas encalhadas na costa e analisadas no presente estudo. É possível que os juvenis na fase nerítica apresentem padrões de movimentação diferenciados daqueles na fase oceânica, podendo realizar migrações sazonais até áreas mais distantes. Sabe-se que juvenis neríticos de algumas populações de tartarugas marinhas em zonas temperadas realizam migrações sazonais entre áreas de forrageamento em altas latitudes no verão e menores latitudes no inverno (Musick & Limpus, 1997). A hipótese de migrações sazonais mais

acentuadas para os juvenis neríticos de tartarugas-cabeçudas é bastante plausível com base nos registros de encalhes no Rio Grande do Sul (Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos do Rio Grande do Sul, dados não publicados) em que apenas 8% dos indivíduos foram registrados nos meses mais frios do ano (junho a setembro). Petitet *et al.* (2012) também acredita que a ampla variação sazonal nas temperaturas da água no sul do Brasil pode induzir migrações de tartarugas-cabeçudas para o norte durante os meses frios. Estudos de telemetria envolvendo juvenis neríticos poderiam elucidar estes aspectos.

As taxas de crescimento apresentaram grande variação entre indivíduos dentro de uma mesma classe de idade ou tamanho (Figuras 6 e 7). Alta variabilidade entre anos sucessivos no mesmo indivíduo também foi observada, com aumentos e reduções das taxas de crescimento sem um padrão definido (Figura 8). Esta grande variação nas taxas de crescimento tem sido registrada em diferentes populações de tartarugas-cabeçudas, tanto entre indivíduos quanto entre anos sucessivos no mesmo indivíduo, sendo que algumas tartarugas apresentam aumento das taxas ao longo dos anos, outras diminuição e outras apresentaram taxas variáveis (Bjorndal *et al.*, 2003; Braun-McNeill *et al.*, 2008; Casale *et al.*, 2011). Cada habitat que as tartarugas marinhas utilizam ao longo de sua ontogenia tem diferentes parâmetros ambientais, como disponibilidade de alimento e temperatura, que influenciam as taxas de crescimento (Heppell *et al.*, 2003). Além disto, fatores relacionados ao período de nascimento (cedo ou tardio durante a estação reprodutiva) e latitude de nascimento (provavelmente relacionado a diferenças genéticas) podem influenciar as taxas de crescimento de tartarugas-cabeçudas recém-nascidas (Stokes *et al.*, 2006) e ainda não se sabe como estes fatores podem afetar o crescimento ao longo de outros estágios de vida. McClellan & Read (2007) demonstraram que a mudança realizada pelos juvenis entre os ambientes oceânico e nerítico pode não ser definitiva e alguns indivíduos juvenis neríticos podem retornar ao habitat oceânico após o recrutamento e permanecer nele por períodos variáveis, o que também foi verificado no Atlântico sul (Barceló *et al.*, 2013) e certamente afeta as taxas de crescimento destes indivíduos.

Apesar da ausência de um padrão individual, de forma geral ocorre um declínio nas taxas de crescimento com o aumento do tamanho e idade (Parham & Zug, 1997; Bjorndal *et al.*, 2003; Petitet *et al.*, 2012). Rápido crescimento é esperado em tartarugas juvenis, pois a seleção deve favorecer indivíduos que crescem rapidamente, tornando-se capazes de frustrar o ataque de muitos predadores (Zug *et al.*, 1995). A predação tamanho-dependente é a principal fonte de mortalidade de pequenas tartarugas no ambiente pelágico, o que justifica o maior

investimento em crescimento somático, enquanto juvenis neríticos maiores podem ter um maior investimento energético em armazenamento de gordura, tecido muscular e desenvolvimento das gônadas (Snover *et al.*, 2007). Neste estudo registramos as maiores taxas de crescimento, acima de 2 cm ano<sup>-1</sup>, para as menores classes de tamanho avaliadas (35–50 cm, Tabela 2).

Taxa de crescimento e CCC apresentaram correlação negativa, porém não significativa ( $r = -0,065$ ;  $p = 0,1793$ ; Figura 6), enquanto taxa de crescimento e idade apresentaram correlação negativa e significativa ( $r = -0,25$ ;  $p < 0,0001$ ; Figura 7). Petitet *et al.* (2012) também encontraram uma relação não significativa entre taxa de crescimento e tamanho ( $r = -0,29$ ;  $p = 0,393$ ) e significância entre taxa de crescimento e idade ( $r = -0,65$ ). Estes dados indicam que o crescimento diminui com o aumento da idade e do tamanho no sul do Brasil, mas a idade parece influenciar mais as taxas de crescimento do que o tamanho. Fatores fisiológicos devem estar envolvidos neste controle do crescimento, mas estudos ainda são necessários para elucidar esta questão. Outros estudos não apresentam as taxas de crescimento relacionadas à idade, sendo difícil realizar comparações e inferências a respeito deste parâmetro. Acreditamos que estudos futuros abrangendo um maior intervalo de tamanhos e idades e utilizando modelos de crescimento refinados também possam ajudar a entender melhor esta relação.

Petitet *et al.* (2012) encontraram taxas de crescimento bastante estáveis ao longo das classes de tamanho, diferente do que registramos neste estudo, onde verificamos um padrão bastante inconstante (Tabela 2). Isto difere do esperado, considerando que os tamanhos dos indivíduos assim como a faixa etária foi semelhante nas duas áreas, além de tratar-se de áreas geográficas adjacentes, mas pode ser explicado pela grande variabilidade registrada nas taxas de crescimento no presente estudo. Possível variação anual nas taxas de crescimento pode explicar estas diferenças, já que Petitet *et al.* (2012) analisaram tartarugas encalhadas durante o período de um ano e nós analisamos indivíduos provenientes de um intervalo de 16 anos de amostragens. Avens *et al.* (2012) encontrou variação inter-anual significativa em taxas de crescimento de tartarugas-verdes. Parham & Zug (1997) afirmam que o declínio irregular das taxas de crescimento não é um padrão inesperado para tartarugas em vida livre, refletindo a variabilidade natural do crescimento.

A grande variabilidade de taxas de crescimento entre diferentes anos em um mesmo indivíduo sugere que as tartarugas frequentemente movem-se entre diferentes áreas ou habitats com diferentes características térmicas e tróficas (Casale *et al.*, 2011). Este

comportamento oportunístico, provavelmente em busca de recursos alimentares e condições ambientais favoráveis, certamente é um dos fatores reponsáveis pela grande variação entre as taxas de crescimento observada no presente estudo. Isto, aliado a informações recentes obtidas através de telemetria (Barceló *et al.*, 2013), demonstra que o recrutamento para o ambiente nerítico no Atlântico sul não é uma mudança definitiva e sim um período onde os indivíduos podem estar se deslocando entre os ambientes em busca de condições mais favoráveis.

## REFERÊNCIAS

- Avens L., Goshe L.R., Harms C.A., Anderson E.T., Hall A.G., Cluse W.M., Godfrey M.H., Braun-McNeill J., Stacy B., Bailey R., Lamont M.M. (2012) Population characteristics, age structure, and growth dynamics of neritic juvenile green turtles in the northeastern Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series* 458, 213–229.
- Baptistotte C., Thomé J.C.A. e Bjorndal K.A. (2003) Reproductive biology and conservation status of the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) in Espírito Santo State, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 4(3), 523–529.
- Barceló C., Domingo A., Miller P., Ortega L., Giffoni B., Sales G., McNaughton L., Marcovaldi M., Heppell S.S. e Swimmer Y. (2013) High-use areas, seasonal movements and dive patterns of juvenile loggerhead sea turtles in the Southwestern Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series* 479, 235–250.
- Bjorndal K.A., Bolten A.B. e Martins H.R. (2000) Somatic growth model of juvenile loggerhead sea turtles *Caretta caretta*: duration of pelagic stage. *Marine Ecology Progress Series* 202, 265–272.
- Bjorndal K.A., Bolten A.B., Koike B., Schroeder B.A., Shaver D.J., Teas W.G. e Witzell W.N. (2001) Somatic growth function for immature loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, in southeastern U.S. waters. *Fisheries Science* 99, 240–246.
- Bjorndal K.A., Bolten A.B., Dellinger T., Delgado C. e Martins H.R. (2003). Compensatory growth in oceanic loggerhead sea turtles: response to a stochastic environment. *Ecology* 84(5), 1237–1249.
- Bjorndal K.A., Parsons J., Mustin W. e Bolten A.B. (2012) Threshold to maturity in a long-lived reptile: interactions of age, size, and growth. *Marine Biology* 160, 607–616.
- Bolten A.B. (1999) Techniques for measuring sea turtles. In Eckert K.L., Bjorndal K.A., Abreu-Grobois F.A. e Donnely M (eds.). *Research and Management Techniques for the Conservation of sea turtles*. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication 4, pp. 3–5.

- Bolten A.B., Bjorndal K.A., Martins H.R., Dellinger T., Biscoito M.J., Encalada S.E. e Bowen B.W. (1998) Transatlantic developmental migrations of loggerhead sea turtles demonstrated by mtDNA sequence analysis. *Ecological Applications* 8(1), 1–7.
- Braun-McNeill J., Epperly S.P., Avens L., Snover M.L. e Taylor J.C. (2008) Growth rates of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) from the Western North Atlantic. *Herpetological Conservation and Biology* 3(2), 273–281.
- Bugoni L., Krause L. e Petry M.V. (2003) Diet of sea turtles in southern Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 4(3), 685–688.
- Casale P., Conte N., Freggi D., Cioni C. e Argano R. (2011) Age and growth determination by skeletochronology in loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) from the Mediterranean Sea. *Scientia Marina* 75(1), 197–203.
- Castanet J. (1994). Age estimation and longevity in reptiles. *Gerontology* 40, 174–192.
- Castanet J. e Smirina E. (1990) Introduction to the skeletochronological method in amphibians and reptiles. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie* 13(11), 191–196.
- Chaloupka M.Y. e Musick J.A. (1997) Age, growth, and population dynamics. In Lutz P.L. e Musick J.A. (eds.) *The biology of sea turtles*. Boca Raton: CRC Press, pp. 233–276.
- Coles W.C., Musick J.A. e Williamson L.A. (2001) Skeletochronology validation from an adult loggerhead (*Caretta caretta*). *Copeia* 2001(1), 240–242.
- Di-Bernardo M., Borges-Martins M. e Oliveira R.B. (2003) Répteis. In Fontana C.S., Bencke, G.A. e Reis, R. (eds.) *Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: EDIPUCRS, pp. 165–188.
- Dodd C.K. (1988) Synopsis of the biological data on the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* (Linnaeus 1758). U. S. Fish Wildlife Service, *Biological Report* 88(14), 110p.
- Francis R.I.C.C. (1990) Back-calculation of fish length: a critical review. *Journal of Fish Biology* 36, 883–902.
- Goshe L.R., Avens L., Scharf F.S. e Southwood A.L. (2010) Estimation of age at maturation and growth of Atlantic green turtles (*Chelonia mydas*) using skeletochronology. *Marine Biology* 157(8), 1725–1740.
- Halliday T.R. e Verrel P.A. (1988) Body size and age in amphibians and reptiles. *Journal of Herpetology* 22(3), 253–265.

- Heppell S.S., Snover M.L. e Crowder L.D. (2003) Sea turtle population ecology. In Lutz P.L., Musick J.A. e Wyneken J. (eds.) *The biology of sea turtles*, v II. Boca Raton: CRC Press, pp. 275–306.
- IUCN (2012) IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 07 April 2013.
- Klinger R.C. e Musick J.A. (1992) Annular growth layers in juvenile loggerhead turtles (*Caretta caretta*). *Bulletin of Marine Science* 51(2), 224–230.
- Klinger R.C. e Musick J.A. (1995) Age and Growth of Loggerhead Turtles (*Caretta caretta*) from Chesapeake Bay. *Copeia* 1995(1), 204–209.
- Kotas J.E., Santos S., Azevedo V.G., Gallo B.M. e Barata P.C.R. (2004) Incidental capture of loggerhead (*Caretta caretta*) and leatherback (*Dermochelys coriacea*) sea turtles by the pelagic longline fishery off southern Brazil. *Fishery Bulletin* 102, 393–399.
- Machado A.B.M., Drummond G.M. e Paglia A.P. (2008) *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção*. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.
- Marcovaldi M.A. e Chaloupka M. (2007) Conservation status of the loggerhead sea turtle in Brazil: an encouraging outlook. *Endangered Species Research* 3, 133–143.
- McClellan C.M. e Read A.J. (2007) Complexity and variation in loggerhead sea turtle life history. *Biology Letters* 3, 592–594.
- Musick J.A. e Limpus C.J. (1997) Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. In Lutz P.L. e Musick J.A. (eds.) *The biology of sea turtles*. Boca Raton: CRC Press, pp. 137–164.
- Parham J.F. e Zug G.R. (1997) Age and growth of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) of coastal Georgia: an assessment of skeletochronological age-estimates. *Bulletin of Marine Science* 61(2), 287–304.
- Petit R., Secchi E.R., Avens L. e Kinas P.G. (2012) Age and growth of loggerhead sea turtles in southern Brazil. *Marine Ecology Progress Series* 456, 255–268.
- Reis E.C., Soares L.S., Vargas S.M., Santos F.R., Young R.J., Bjorndal K.A., Bolten A.B. e Lôbo-Hajdu G. (2010) Genetic composition, population structure and phylogeography of the loggerhead sea turtle: colonization hypothesis for the Brazilian rookeries. *Conservation Genetics* 11, 1467–1477.
- Scott R., Marsh R. e Hays G.C. (2011) Life in the really slow lane: loggerhead sea turtles mature late relative to other reptiles. *Functional Ecology* 26(1), 227–235.
- Seeliger U. e Odebrecht C. (1998) Introdução e aspectos gerais. In Seeliger U., Odebrecht C. e Castello J.P. (eds.) *Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil*. Rio Grande: Ecoscientia, pp. 1–3.



- Snover M.L. e Hohn A.A. (2004) Validation and interpretation of annual skeletal marks in loggerhead (*Caretta caretta*) and Kemp's ridley (*Lepidochelys kempii*) sea turtles. *Fishery Bulletin* 102(4), 682–692.
- Snover M.L. e Rhodin A.G.J. (2008) Comparative ontogenetic and phylogenetic aspects of chelonian chondro-osseous growth and skeletochronology. In Wyneken J., Godfrey M.H. e Bels V. *Biology of turtles*. Boca Raton: CRC Press, pp. 17–44.
- Snover M.L., Avens L. e Hohn A.A. (2007) Back-calculating length from skeletal growth marks in loggerhead sea turtles *Caretta caretta*. *Endangered Species Research* 3, 95–104.
- Snover M.L., Hohn A.A., Crowder L.B. e Macko S.A. (2010) Combining stable isotopes and skeletal growth marks to detect habitat shifts in juvenile loggerhead sea turtles *Caretta caretta*. *Endangered Species Research* 13, 25–31.
- Stokes L., Wyneken J., Crowder L.B. e Marsh J. (2006) The influence of temporal and spatial origin on size and early growth rates in captive loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) in the United States. *Herpetological Conservation and Biology* 1(2), 71–80.
- Zug G.R. (1990) Age determination of long-lived reptiles: some techniques for seaturtles. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie* 13(11), 219–222.
- Zug G.R., Wynn A.H. e Ruckdeschel C. (1986) Age determination of loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, by incremental growth marks in the skeleton. *Smithsonian* 427, 44 pp.
- Zug G.R., Balazs G.H. e Wetherall J.A. (1995) Growth in juvenile loggerhead seaturtles (*Caretta caretta*) in the North Pacific pelagic habitat. *Copeia* 1995(2), 484–487.

## **Conclusões Gerais**

As duas espécies de tartarugas marinhas mais frequentes na costa do Rio Grande do Sul, *Caretta caretta* e *Chelonia mydas*, foram caracterizadas quanto a idade e crescimento. Ambas as espécies são encontradas nesta região durante a fase juvenil, logo após o recrutamento do ambiente oceânico para o ambiente nerítico, sendo que as tartarugas-cabeçudas permanecem na região até atingirem um tamanho próximo à maturação sexual, enquanto as tartarugas-verdes vivem na área por menos tempo, migrando para outros locais ainda na fase juvenil. As tartarugas-cabeçudas recrutam para o ambiente costeiro com tamanho e idade maiores (55 cm de CCC, 12 anos) que as tartarugas-verdes (30 cm de CCC, 3 anos). Os tamanhos de recrutamento registrados no sul do Brasil são compatíveis com outros registros ao longo do Atlântico. As tartarugas-cabeçudas analisadas apresentaram idade média de 15 anos e tamanho 71 cm, enquanto as tartarugas-verdes tiveram idade média de 5 anos e tamanho de 41 cm. Ambas as espécies apresentaram taxas de crescimento inversamente relacionadas com a idade e tamanho. A grande variação nas taxas de crescimento entre anos consecutivos em um mesmo indivíduo pode estar relacionada a variações ambientais que os indivíduos vivenciaram durante períodos anteriores, indicando que o recrutamento para o ambiente nerítico não é definitivo, pelo menos para as tartarugas-cabeçudas. Este estudo comprova que o litoral sul do Brasil é uma importante área de desenvolvimento dos estágios juvenis de tartarugas-cabeçudas e tartarugas-verdes do Atlântico sul ocidental, sendo uma região extremamente importante para a conservação destas espécies.

## Apêndice

Descrição das medidas realizadas nos úmeros conforme Zug *et al.* (1986) (Figura 1).

1) comprimento máximo (CM): distância da extremidade mais próxima do processo ulnar à superfície articular distal.

2) comprimento longitudinal (CL): distância da superfície próxima à cabeça à superfície articular distal, paralela ao eixo longitudinal do úmero.

3) comprimento do processo ulnar (CPU): distância da extremidade proximal do processo ulnar até a junção da cabeça e do processo.

4) comprimento proximal (CP): distância da superfície próxima à cabeça até a borda distal do processo radial, paralelo ao eixo longitudinal.

5) largura proximal (LP): distância da superfície pré-axial da cabeça à superfície pós-axial do processo ulnar, perpendicular ao eixo longitudinal.

6) comprimento do processo radial (CPR): distância entre as bordas pré e pós axiais do processo, diagonal ao eixo longitudinal.

7) largura na crista deltapeitoral (LCDp): distância transversal da haste desde a superfície pré até a pós-axial na crista deltapeitoral.

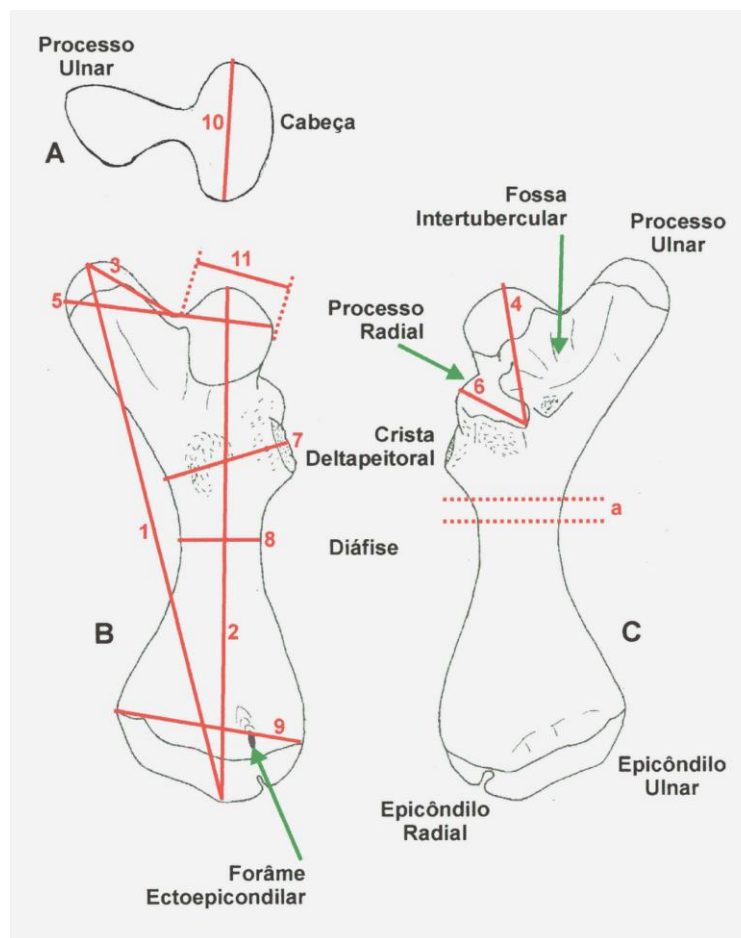
8) largura média (LM): distância transversal da superfície pré até a pós-axial no ponto de largura mínima.

9) largura distal (LD): distância transversal da superfície pré até a pós-axial na junção dos côndilos articulares com a haste (diáfise).

10) diâmetro máximo da cabeça (DCMax).

11) diâmetro mínimo da cabeça (DCMin).

12) espessura (E): profundidade mínima no meio da haste, perpendicular aos eixos longitudinal e transversal.



**Fig. 1.** Vista proximal (A), dorsal (B) e ventral (C) de úmero de um Cheloniidae (modificado de Zug *et al.*, 1986) com a indicação das medidas tomadas, principais estruturas anatômicas e o local de retirada da secção para preparação histológica (a). Medidas: 1- comprimento máximo (CM); 2- comprimento longitudinal (CL); 3- comprimento do processo ulnar (CPU); 4- comprimento proximal (CP); 5- largura proximal (LP); 6- comprimento do processo radial (CPR); 7- largura na crista deltapeitoral (LCDp); 8- largura média (LM); 9- largura distal (LD); 10- diâmetro máximo da cabeça (DCMax); 11- diâmetro mínimo da cabeça (DCMin).

## **Anexo**

Instruções aos autores do periódico *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*.

# JOURNAL OF THE MARINE BIOLOGICAL ASSOCIATION

## INSTRUCTIONS TO AUTHORS

Revised March 2013

Please read these instructions carefully

**Manuscripts submitted** to the *JMBA* must be original, not under consideration elsewhere and approved by all authors and institutions prior to submission. Papers should be written in clear succinct English and sentences must not start with an abbreviation. Acronyms must be written in full on their first occurrence and SI units should be used. Scientific names must be italicized (not underlined) and their first mention after the Abstract must be followed by the Authority and date in parenthesis when appropriate. Manuscripts should be arranged in the following order: Running Head, Title, Author(s), Address(es), Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, References, Figure Legends, Tables and Appendices. Manuscripts which do not comply with publication standards of written English will be rejected on submission.

**Submission.** Please submit the manuscript for review to:  
<http://mc.manuscriptcentral.com/jmba>

**Suggested reviewers.** Please suggest the names, institutions and e-mail addresses of up to four potential reviewers. Suggested reviewers should be selected from an INTERNATIONAL (at least three different countries) and not a LOCAL (from author(s) own country or laboratory) group of scientists in the research field of the paper.

**Experimental design.** All studies must have been conducted in accordance with institutional, national and international guidelines concerning the use of animals in research and/or the sampling of endangered species.

**Preparation.** The *JMBA* invites contributions as:

1. Research articles + figures + tables.
2. Reviews of current topics of interest.

**E-mail.** Please provide an e-mail address for the corresponding author. This will appear on the title page of each article.

**Title (bold font).** Should be no more than 20 words with no authorities associated with the species. A running head of not more than 43 characters should be suggested.

**Authors addresses** should follow the title. Use superscript numbers to indicate different addresses.

**Abstracts (italic font).** A concise abstract should outline the scope, main results and conclusion(s) of the paper without discussion or authorities associated with species. Species name(s) will be roman (normal).

**Keywords.** Please provide up to ten key words.

**Headings.** Follow the style and hierarchy for each section as shown below (but see later for taxonomy):

INTRODUCTION, MATERIALS AND METHODS (1st heading, upper case, left justified).

RESULTS (1st heading, upper case, left justified) then:

**The sampled population** (2nd heading, bold, left justified)

DENSITY AND BIOMASS (3rd heading, small caps, left justified)  
*Reproduction and development* (4th heading, lower case italics, left justified)

DISCUSSION (1st heading, upper case, left justified). Subheadings, if used, should follow the instructions under RESULTS.

ACKNOWLEDGMENTS (1st heading, upper case, left justified). You may acknowledge individuals or organizations that provided advice, support (non-financial). Formal financial support and funding should be listed in the following section.

FINANCIAL SUPPORT. Please provide details of the sources of financial support of all authors, including grant numbers. For example, 'This work was supported by the Medical Research Council (grant number XXXXXXXX)'. Multiple grant numbers should be separated by a comma and space, and where research was funded by more than one agency, the different agencies should be separated by a semi-colon, with 'and' before the final funder. Grants held by different authors should be identified as belonging to individual authors by the authors' initials. For example, 'This work was supported by the Wellcome Trust (A.B., grant numbers XXXX, yyyy), (C.D., grant number ZZZZ); the Natural Environment Research Council (E.F., grant number FFFF); and the National Institutes of Health (A.B., grant number GGGG), (E.F., grant number HHHH)'. Where no specific funding has been provided for research, please provide the following statement: 'This research received no specific grant from any funding agency, commercial or not-for-profit sectors'.

**Taxonomy** should be presented as follows:

SYSTEMATICS (1st heading, upper case, centre justified)  
Order AMPHIPODA Latreille, 1816  
Suborder GAMMARIDEA Latreille, 1803  
Family UROTHOIDEA Bousfield, 1978  
Genus *Carangolia* Barnard, 1961  
*Carangolia barnardi* sp. nov.  
(Figures 1–6)

*Carangolia* spp.: Elizalde *et al.*, 1993; Sorbe & Weber, 1995; Dauvin & Sorbe, 1995. (left justified)

TYPE MATERIAL (taxonomic sub-headings, small caps, left justified)

Holotype: adult female (oostegites developed) 2.69 mm, completely dissected and mounted on 12 slides. (OXYBENT VIII, TS05-R, N4; coordinates: 43°49.34'N 02°02.74'W; water depth: 550 m) (MNHN-Am5129); coll. J.-C. Sorbe, 19 April 1999.

Paratype: adult male (penile papillae developed) 3.88 mm partially dissected, with both first antennae, maxillipeds, epimeral plates, pleopods, and second antenna and second gnathopod mounted on three slides; rest as five pieces preserved in 70% ethanol. (ECOMARGE 93, TS08-A, Ni; 44°34.57'N 02°12.60'W; water depth: 740–746 m) (MNHN-Am5130); coll. J.-C. Sorbe, 23 June 1993. Twenty-one additional specimens in J.-C. Sorbe Collection.

COMPARATIVE MATERIAL EXAMINED

*Carangolia cornuta* Bellan-Santini & Ledoyer, 1986. Holotype: female completely dissected on single slide (Museo Civico di Storia Naturale di Verona, slide no. 3276); RV 'Marion Dufresne' Cruise MD08 to Marion and Prince Edward Islands, Station 17BB97 (Marion Island: 46°52.5'S 37°53.5'E); collected on 25 March 1976 with Okean grab on muddy sand, 110 m depth.

## DIAGNOSIS

*Carangolia* with well developed pointed process on posterolateral corner of head. Coxal plate 1 with anterior and posterior margins subparallel, distal margin straight. Coxal plate 7 pointed. Basis of pereopod 6 slender, not oblong. Dactylus of pereopod 5 elongate (more than 12 times longer than wide). Telson devoid of spines.

KEY FOR THE GENERA OF THE ALVINOCARIDIDAE (small caps, left justified)

1. Posterior telson margin armed only with spines, without plumose seta.....2  
— Posterior telson margin armed with plumose setae.....3  
(Insert a line space between each point)
2. Rostrum long, depressed laterally; pterygostomal spine present; lash on first maxilliped rudimentary.....*Alvinocaris*  
— Rostrum short, compressed dorsoventrally, without teeth; pterygostomal spine absent; lash on first maxilliped developed.....*Iorania*
3. Short rostrum present; exposed eyes separated from each other; distolateral spine present on scaphocerite.....*Chorocaris*

**Text files should be submitted as line-numbered Microsoft Word files and should include Figure legends.**

**Figures.** Should be referred to in full in the body of the text (e.g. Figure 1). Figure legends should take the following style:

**Fig. 1.** *Ceratothoa collaris* Schioedte & Meinert, 1883, adult female: (A) pereopod 1; (B) pereopod 7; (C–G) pleopods 1–5 ventral view; (H) uropods. Scale bars: A–G, 2 mm; H, 3 mm.

**Figures' submission.** IMAGES should be submitted as tif (preferably), jpg or png file-types. FIGURES SUPPLIED AS EMBEDDED OBJECTS IN MICROSOFT WORD OR AS PDF FILES CANNOT BE ACCEPTED. To ensure adequate print quality, please submit greyscale tif files NO LESS than 1200 pixels wide and NO MORE than 2500 pixels wide. These correspond to 300 dpi (118 pixels/cm) resolution at single (8.5 cm) and double (17.5 cm) column size respectively. The width should be checked in image editing software such as Photoshop, PaintShop Pro etc. Very high resolution images should be reduced to 2500 pixel width BEFORE submission to avoid uploading problems during submission.

Colour images cost £700 (GBP) per page in print but are free in the online version. To have a colour image online and a greyscale version in print it is ESSENTIAL to submit BOTH greyscale and colour versions. THE JOURNAL WILL NOT CONVERT COLOUR IMAGES TO GREYSCALE. Authors who wish to have colour images printed should make this clear at the time of submission so that an invoice can be prepared.

Failure to follow these guidelines may delay the processing of manuscripts.

The bit depth should be set to 2-colour (1 bit) for black and white line drawings or greyscale (8 bit) for images incorporating shades of grey. Colour images may be of whichever depth is most suitable. Halftones should be grouped as composites or as individual pictures and a scanned electronic version submitted with the revised text.

All figures should be labelled with a medium weight sans serif font of an appropriate size to result in 8 point (3.33 mm) type when reduced to published size. If figures are in parts, please label with upper case letters (A, B, C etc.) in the top left corner of each part.

**Tables should be submitted as Microsoft Word tables. the journal cannot accept text formatted with tab characters or**

**images of tables embedded in word files.**

**Tables** should not be excessive in size and headed by informative legends. Legend, headings and footnote are delimited by horizontal lines as shown in the example below; table headers are centred and roman (normal) typeface. Column headings are bold. The table below gives an example of layout:

**Table 1.** Tenacity of *Eliminus modestus* and *Balanus perforatus* cypris larvae to natural biofilms developed at high ( $83 \text{ s}^{-1}$ ) and low ( $15 \text{ s}^{-1}$ ) shear rates. Forces of temporary adhesion are given as  $10^4 \text{ Nm}^{-2}$ .

Surface	<i>Eliminus modestus</i>			<i>Balanus perforatus</i>		
	N	Mean	±SE	N	Mean	±SE
No biofilm	30	8.19	0.258	30	6.75	0.179
Low shear	30	7.59	0.274	30	4.94	0.136
High shear	30	9.20	0.219	30	6.50	0.162

Bartlett's statistic = 1.44; Bartlett's statistic =  
 $P = 0.486$   $2.79$ ;  $P = 0.248$

N, number; SE, standard error.

**Failure to follow these guidelines may delay the processing of manuscripts.**

**Genus and species names** should be *italicized* and appear in full at each mention in a new section and if starting a sentence. In italicized text (Abstracts) species names should be normal typeface.

**Citation of literature.** References in the text should refer to the author's name (no initials) and year of publication. Two authors should be cited using '&' (Rainbow & Dellinger, 1993); for more than two authors, the name of the first author followed by '*et al.*' (Lallier *et al.*, 1987). When citing more than one publication use date order and a semi-colon as a separator, e.g. (Mykels & Skinner, 1985a, b; Skinner, 1996; Gorind *et al.*, 1997). The manuscript should be carefully checked to ensure the details of authors and dates cited in the text exactly match those in the reference list. Cross checking of references in the text to the cited literature and vice versa is the responsibility of the author. All literature quoted in the text must be listed in alphabetical and chronological order of author names at the end of each manuscript. When more than one publication with the same first author is cited the following order alphabetically applies: (a) single author, according to publication dates; (b) same author and one co-author; (c) same author and more than one co-author.

The style follows the full name according to the 'World List of Scientific Periodicals' latest edition, London. Titles of journals must be written in **FULL** (not abbreviated) and references to books should include the place of publication and the publisher.

**Dashes.** Hyphen between connecting words; en-dash between ranges e.g. 3–10, B–G, and between opposite words e.g. male–female pairs, size–frequency, etc.

REFERENCES (1st heading, upper case, left justified)

### Journals:

**Marshall S.M., Nicholls A.G. and Orr A.P.** (1939) On the growth and feeding of young herring in the Clyde. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 23, 427–455.

### Books:

**Cushing D.H.** (1981) *Fisheries biology, a study in population dynamics*. 2nd edition. Madison: University of Wisconsin Press.

### Chapters from books:

**Weir B.S.** (1990) Intraspecific differentiation. In Hillis D.M. and

Moritz C. (eds) *Molecular systematics*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, pp. 373–410.

**Symposium proceedings:**

**Cinelli F., Fresi E., Mazzella L., Pansini M., Pronzato R. and Svoboda A.** (1977) Distribution of benthic phyto- and zoocenoses along a light gradient in a superficial marine cave. In Keegan B.F., Ceidigh P.O. and Boaden P.J.S. (eds) *Proceedings of the Eleventh European Symposium on Marine Biology, University College, Galway, 5–11 October 1976. Biology of benthic organisms*. Oxford: Pergamon Press, pp. 173–183.

**Book series:**

**El Haj A.J., Whiteley N.M. and Harrison P.** (1992) Molecular regulation of muscle growth over the crustacean moult cycle. In El Haj A.J. (ed.) *Molecular biology of muscle*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 151–165. [SEB Seminar Series, no. 46.]

**Occasional publications:**

**Moore P.G.** (1984) The fauna of the Clyde Sea area. Crustacea: Amphipoda. *University Marine Biological Station Millport, Occasional Publications*, no. 2, 84 pp.

**Reports:**

**Gaard E.** (1987) An investigation of the squid *Loligo forbesi* Steenstrup on Faroe Bank. *International Council for the Exploration of the Sea (CM Papers and Reports)*, CM 1987/K:18, 9 pp.

**Baird Jr F.T.** (1953) Observations on the early life history of the giant scallop (*Pecten magellanicus*). *Research Bulletin. Department of Sea and Shore Fisheries, Maine*, no. 14, 7 pp.

**Theses:**

**Leighton D.L.** (1968) *A comparative study of food selection and nutrition in the abalone, Haliotis rufescens Swainson, and the purple sea urchin, Strongylocentrotus purpuratus Stimpson*. PhD thesis. University of California, San Diego, USA.

**Processing.** Manuscripts will be assessed by an expert Associate Editor and their nominated referees. A decision will be made by the Associate Editor based on the referees' reports and their opinions. Authors will be advised of the decision by e-mail from the ScholarOne system via <http://mc.manuscriptcentral.com/jmba>. If papers are sent back to the authors, for revision and for checking editorial corrections, they must be returned within three weeks. The acceptance date will appear on the first page of the published manuscript.

**Revised manuscripts** and figures must be uploaded to: <http://mc.manuscriptcentral.com/jmba>

**Proofs.** The corresponding author will receive the proofs by e-mail as PDF files. Authors should send proof corrections by e-mail to the administrator.

**Offprints.** The contributing author will be provided with a PDF file of their article on publication. Extra printed offprints must be ordered before publication using the form provided with the proof.