

AGATHA KYARA RODRIGUES DORTE

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DOS OTÓLITOS *SAGITTAE* DE *Centropomus undecimalis* e *Centropomus parallelus* (TELEOSTEI, CENTROPOMIDAE) NO SISTEMA ESTUARINO DE SANTOS E SÃO VICENTE-SP.

AGATHA KYARA RODRIGUES DORTE

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DOS OTÓLITOS *SAGITTAE* DE *Centropomus undecimalis* e *Centropomus parallelus* (TELEOSTEI, CENTROPOMIDAE) NO SISTEMA ESTUARINO DE SANTOS E SÃO VICENTE-SP.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Biociências da UNESP – Campus do Litoral Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas com Habilitação em Gerenciamento Costeiro.

Orientador: Pq. Marcelo Ricardo Souza

Coorientadora: Me. Lygia Conzo Ruas

D719a

Dorte, Agatha Kyara Rodrigues

Análise Morfométrica dos otólitos sagittae de *Centropomus undecimalis* e *Centropomus parallelus* (Teleostei, Centropomidae) no Sistema Estuarino de Santos e São Vicente -SP. / Agatha Kyara Rodrigues Dorte. -- São Vicente, 2025
24 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, São Vicente

Orientador: Marcelo Ricardo de Souza

Coorientadora: Lygia Conzo Ruas

1. Morfometria. 2. Otolitos. 3. Robalos. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por ter me trazido durante a jornada da vida até aqui, e que tanto me protegeu e cuidou durante todos esses anos de graduação distante longe da minha família.

Agradeço à minha mãe por ter me apoiado durante esses anos, tanto psicologicamente quanto financeiramente.

Agradeço aos meus irmãos por me encherem de alegria e de amor, me motivando a nunca desistir de meus objetivos.

Agradeço a todos os meus professores que tanto me ensinaram durante a essa jornada.

Agradeço aos meus amigos e companheiros de Universidade que me auxiliaram e me acompanharam diversas vezes durante esses anos.

Agradeço àqueles que se esforçaram junto comigo e me ajudaram para que esse trabalho fosse possível.

Agradeço ao Instituto de Pesca de Santos que me permitiu ter a oportunidade de desenvolver este trabalho como colaboradora bolsista.

Agradeço ao CNPq pelo apoio financeiro como bolsista de Iniciação Científica.

RESUMO

O robalo-peva (*C. parallelus*) e o robalo-flecha (*C. undecimalis*), são espécies de alto interesse pesqueiro no estuário de Santos. Os otólitos são estruturas calcárias encontradas no ouvido interno do peixe. O objetivo desse estudo foi realizar a caracterização morfométrica dos otólitos sagittae dessas espécies. Do otólito direito, foram tomadas (em mm), as seguintes medidas: comprimento do otólito (CO); altura do otólito (AO); espessura do otólito (EO) e o peso do otólito (PO, em g). Para relações entre as medidas, foi testada a correlação de Spearman. Após isso, as análises estatisticamente significativas ($p < 0,05$) foram analisadas por meio de regressão linear, sendo verificadas a variância destas através do coeficiente de determinação e resíduos. Para o crescimento relativo, o coeficiente angular foi testado para isometria. A correlação apontou que todas as medidas analisadas foram significativas para ambas as espécies ($p < 0,05$). Para a espécie de robalo-peva, as análises de regressão apontaram um ajuste com um R^2 variando entre 0,54 e 0,95, com exceção das medidas AO x EO e CO x EO, que apresentaram um R^2 razoável variando entre 0,54 e 0,58. E, para o robalo - flecha, apontaram, na maioria das medidas, um bom ajuste de reta com um R^2 variando de 0,94 a 0,97, exceto nas medidas relacionados com a espessura (CT, CO, AO x EO), onde apresentaram um R^2 razoável que variou de 0,68 a 0,69. Para ambas as espécies, o crescimento relativo apontou alometria negativa para todas as medidas, com exceção da relação AO x EO que apresentaram isometria em ambos (*C. undecimalis*: $p = 0,30$ e *C. parallelus*: $p = 0,30$). Os resultados aqui encontrados servirão como base e referencial para futuros estudos com as espécies, além de confirmarem a viabilidade do uso dos otólitos *sagittae* para estudos de crescimento.

ABSTRACT

The fat snook (*Centropomus parallelus*) and the common snook (*Centropomus undecimalis*) are species of high fishing interest in the Santos estuary. Otoliths are calcareous structures found in the inner ear of fish. The objective of this study was to perform a morphometric characterization of the sagittal otoliths of these species. From the right otolith, the following measurements were taken (in mm): otolith length (OL), otolith height (OH), otolith thickness (OT), and otolith weight (OW, in g). To analyze relationships between the measurements, Spearman's correlation was tested. Statistically significant correlations ($p < 0.05$) were subsequently analyzed through linear regression, with variance examined using the coefficient of determination and residuals. For relative growth, the angular coefficient was tested for isometry. The correlation analysis indicated that all measured parameters were significant for both species ($p < 0.05$). For *C. parallelus*, the regression analyses showed a fit with R^2 ranging from 0.54 to 0.95, except for the OH vs. OT and OL vs. OT measurements, which showed a moderate R^2 between 0.54 and 0.58. For *C. undecimalis*, most measurements showed a good linear fit, with R^2 ranging from 0.94 to 0.97, except for those involving thickness (OT, OL, OH vs. OT), which had moderate R^2 values ranging from 0.68 to 0.69. For both species, relative growth indicated negative allometry for all measurements, except for the OH vs. OT relationship, which showed isometry in both species (*C. undecimalis*: $p = 0.30$; *C. parallelus*: $p = 0.30$). The results obtained here will serve as a basis and reference for future studies with these species and confirm the feasibility of using sagittal otoliths for growth studies.

Lista de figuras

- Figura 1.** Exemplar de *Centropomus undecimalis* (A) e *Centropomus parallelus* (B).
Fonte: Moro (2008)..... 10
- Figura 2.** Otólito *sagittae* esquerdo de *Centropomus parallelus*. Escala = 1 mm. Foto:
Laboratório de Ecologia Pesqueira (DEPAQ/UFS). Fonte: Otólitos - as pedras
preciosas dos peixes (Freire et al., 2023) 10
- Figura 3.** Localização Sistema Estuarino de Santos-São Vicente. Fonte: Roversi
(2016)..... 14
- Figura 4.** Processamento dos exemplares coletados mensurados quanto a espécie,
comprimento total (CT, mm); comprimento furcal (CF, mm), e comprimento padrão (CP,
mm) e pesados (PT, g). 15
- Figura 5.** Remoção dos pares de otólitos *sagittae* da cápsula auditiva. Após a remoção
foram lavados, secos e acondicionados em sacos herméticos ziplock devidamente
identificados..... 15
- Figura 6:** Medidas tomadas dos otólitos *sagittae*: **AO** = Altura do otólito (mm); **CO** =
Comprimento do otólito (mm); **EO** = Espessura do otólito (mm); **PO** = Peso do otólito
(g) 16
- Figura 7.** Obtenção das medidas dos otólitos quanto à: Comprimento do otólito (CO,
mm), Altura do otólito (AO, mm), Espessura do otólito (EO, mm) e Peso do otólito (PO,
g). 16
- Figura 8.** Aplicação da análise de correlação de Spearman entre o comprimento do
peixe e as medidas dos otólitos (A) e das medidas dos otólitos entre si (B e C) 17

Lista de tabelas

- Tabela 1.** *Centropomus parallelus*: análises de correlação, regressão e crescimento
relativo 18
- Tabela 2.** *Centropomus undecimalis*: análises de correlação, regressão e crescimento
relativo. 19

Sumário

1. Introdução	8
2. Justificativa	11
3. Objetivo	12
3.1. Objetivos específicos	12
4. Material e Métodos	13
4.1. Área de estudo	13
4.2. Amostragem e processamento	14
4.3. Morfometria	16
4.4. Análise dos dados	17
5. Resultados	18
6. Discussão	20
7. Conclusão	21
8. Referências	22

1. Introdução

Os estuários são ecossistemas costeiros semifechados, onde as águas do rio e do mar se encontram. Estas áreas possuem uma grande conexão com a água doce dos ambientes terrestres e as salinas do oceano, nas quais suas trocas de águas proporcionam a vida de muitos peixes, camarões, caranguejos, bivalves e aves aquáticas (Gillanders *et al.*, 2011). São áreas de alto valor ecológico, uma vez que recebem grande quantidade dos nutrientes de drenagem continental e apresentam uma elevada produtividade biológica (Knoppers *et al.*, 1999). Funcionam principalmente como berçários e habitats para adultos de várias espécies de interesse pesqueiro (Prestrelo & Monteiro Neto, 2016), tornando-se, então, áreas importantes de renovação de estoque pesqueiro, e uma região de alta produtividade primária que suporta taxas de crescimento superior a outros tipos de ambientes (Beck *et al.*, 2001), além disso possuem relevância nos setores econômicos, sociais e culturais (Mclusky e Elliot, 2004).

Dentre os recursos pesqueiros tradicionalmente explorados pelos pescadores artesanais e esportivos na região do estuário de Santos, destacam-se as espécies de robalos *Centropomus parallelus* (robalo-peva) e *Centropomus undecimalis* (robalo-flecha) (Rivas *et al.*, 1986). Fazem parte da família *Centropomidae*, a qual engloba diversas espécies de grande valor comercial, desde águas tropicais e subtropicais costeira, doce, estuarina e lagunar (Ximenes-Carvalho, 2006). Nos oceanos Índico e Pacífico, e no Mar Mediterrâneo, pode-se encontrar as espécies da subfamília *Latinae*, que são importantes na pesca comercial e recreativa, além disso, são intensamente cultivados e exportados da África e da Ásia para outros países (Tucker Jr, 2003). Já na região das Américas, estão distribuídas doze espécies da subfamília *Centropomus*, onde, seis delas estão presente na costa pacífico-americana (*C. medius*, *C. nigrescens*, *C. viridis*, *C. unionensis*, *C. robalito* e *C. armatus*) e as outras seis estão distribuídas ao longo da costa atlântico-americana (*C. undecimalis*, *C. parallelus*, *C. mexicanus*, *C. ensiferus*, *C. pectinatus* e *C. poeyi*) (Rivas, 1986).

Dentre as seis espécies de robalo que são encontradas no Oceano Atlântico, quatro delas são capturadas no litoral do Brasil, onde, o robalo flecha (*C. undecimalis*) – presente desde a Carolina do Norte (EUA) até o Rio de Janeiro (BRA) – e o robalo-peva (*C. parallelus*) – presente desde a Florida (EUA) até Florianópolis (BRA), se destacam de acordo com Gilmore *et al.* (1983) e Rivas (1986). Tais espécies possuem grande tolerância a oscilações de salinidades, podendo ser encontrados em mares, águas salobras e em águas continentais de zonas subtropicais e tropicais das Américas (Cérvignon, 1966), apresentando mudanças no uso de seu habitat de acordo com o seu ciclo de vida. Geralmente, indivíduos jovens são encontrados mais próximos aos manguezais e os indivíduos maduros em áreas mais profundas do estuário e de águas costeiras. O hermafroditismo protândrico está presente em algumas espécies como o *Lates calcefer* e o *Centropomus undecimalis* (Tucker Jr. *et al.*, 1985; Rivas, 1986; Taylor *et al.*, 2000; Cerqueira, 2005; Daros *et al.*, 2016).

Ambas as espécies são semelhantes, porém, algumas características são empregadas para diferenciá-las: o robalo flecha (**Figura 1, A**), é considerado a maior espécie da família, atingindo um tamanho maior do que o peva, sua linha lateral é mais escura, seu dorso é cinza esverdeado e seus flancos são prateados (Carvalho-Filho, 1992). Já o corpo do robalo-peva (**Figura 1, B**) chega a um porte menor do que o flecha, é mais robusto e alto, apresenta cor acinzentada no dorso, com reflexos esverdeados e ventre esbranquiçado; a linha lateral e dorso são mais claros e seu segundo espinho da nadadeira anal é mais desenvolvido que o terceiro (Figueiredo e Menezes, 1980).



Figura 1. Exemplar de *Centropomus undecimalis* (A) e *Centropomus parallelus* (B). Fonte: Moro (2008)

Peixes ósseos possuem estruturas calcárias rígidas, compostas principalmente de concreções acelulares de carbonato de cálcio (aragonita), localizadas em pares no ouvido interno denominadas otólitos (**Figura 2**) (Carlstrom, 1963; Blacker, 1969; Degens *et al.*, 1969). Desempenham um papel crucial na audição e no equilíbrio dos peixes, funcionando como um sistema sensorial que detecta a posição do corpo e as vibrações sonoras na coluna d'água (Grassé, 1958; Romer, 1966; Lowestein, 1971; Harder, 1975; Lagler *et al.*, 1977; Popper & Platt, 1993; Moyle & Cech, 1996).

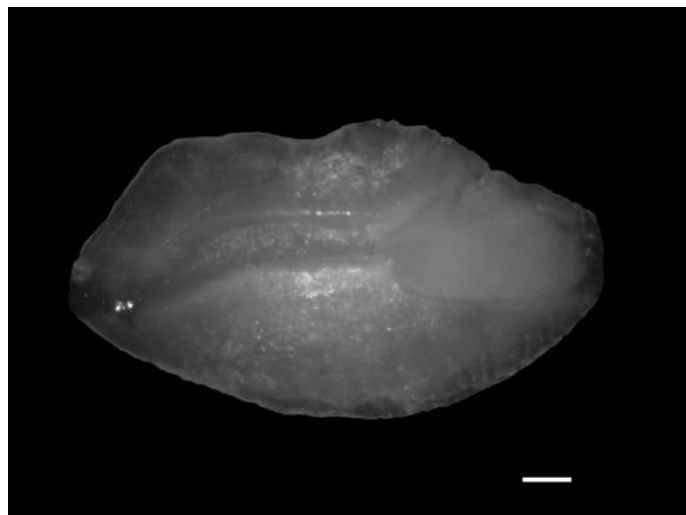


Figura 2. Otólito *sagittae* esquerdo de *Centropomus parallelus*. Escala = 1 mm. Foto: Laboratório de Ecologia Pesqueira (DEPAQ/UFS). Fonte: Otólitos - as pedras preciosas dos peixes (Freire *et al.*, 2023)

A importância dos otólitos para a pesquisa em ictiologia e biologia pesqueira reside em sua capacidade de registrar informações sobre o crescimento, idade, migração e conectividade populacional dos peixes. Isso ocorre pelo crescimento dessa estrutura ao longo da vida do peixe, com depósitos em camadas concêntricas de carbonato de cálcio, que permitem estimar a idade do indivíduo (Campana, 2005).

Sendo assim, o presente trabalho vem por meio dos estudos avaliar a morfometria dos otólitos *sagittae* das espécies *Centropomus parallelus* e *Centropomus undecimalis*.

2. Justificativa

O monitoramento dos ecossistemas estuarinos, pode ser realizado por meio de indicadores ambientais naturais como, por exemplo, os peixes. Frequentemente utilizados como espécies sentinelas para o monitoramento da saúde ambiental aquática, devido ao fato de as condições do meio ambiente externo influenciarem em seu desenvolvimento (Kay & Lewis, 1993; St. Hilaire *et al.* 2001; Facey *et al.* 2005; Ranaldi e Gagnon, 2010), e, pelo motivo de estarem intimamente associados aos seus habitats (Helfman *et al.* 1997). Portanto, métodos e avaliações sobre o crescimento de peixes permitem auxiliar no monitoramento ambiental (Coutinho, 2022).

As técnicas morfométricas, em otólitos, desempenham um papel essencial nos conjuntos de descritores de forma ao longo do tempo. A aplicação de regressões para caracterizá-los é importante e oferece um resultado rápido, servindo para analisar o desenvolvimento, mesmo quando nas mudanças das feições morfológicas (Rondon *et al.*, 2014). Suas características como: composição química, especificidade morfológica, microestrutura, modo de crescimento e acessibilidade, quando relacionados com a variação dos fatores do meio ambiente em que o animal vive, torna-as peças anatômicas de peixes com a maior utilidade, e que também permite o maior número de práticas em estudos (Assis, 2000).

A análise das microestruturas dos otólitos permite a determinação precisa da idade e do padrão de crescimento dos indivíduos, sendo fundamental para a avaliação de estoques pesqueiros e o manejo sustentável (Secor *et al.*, 2015). Além disso, a composição química dos otólitos pode revelar rotas migratórias e a conectividade entre populações, aspectos cruciais para a conservação de espécies de importância comercial e ecológica (Elsdon *et al.*, 2008).

3. Objetivo

O objetivo deste trabalho é analisar a morfometria dos otólitos *sagittae* das espécies *Centropomus undecimalis* e *Centropomus parallelus* com o intuito de servir como base e referencial para futuros estudos sobre as espécies.

3.1. Objetivos específicos

- Analisar as relações entre o comprimento do peixe e as medidas dos otólitos e das medidas dos otólitos entre si;
- Analisar a correlação entre as medidas dos otólitos;
- Avaliar o crescimento relativo das espécies *C. parallelus* e *C.*

undecimalis.

4. Material e Métodos

4.1. Área de estudo

O Sistema Estuarino de Santos/São Vicente/Cubatão/Guarujá está situado no litoral do Estado de São Paulo, na costa sudeste brasileira, entre as coordenadas 045°45' W e 046°45' W e 023°40' S e 024°06' S. A área inclui as ilhas estuarinas de São Vicente e de Santo Amaro, além dos canais de Bertiooga e Piaçaguera, que recebe influência continental das bacias dos rios, Branco, Diana, Cubatão, Mogi, Piaçabuçu, Quilombo, Aguapeú, Jurubatuba e Itapanhaú (**Figura 3**), que nascem na Serra do Mar (Ab' Saber, 2006). A zona interior inclui as regiões estuarinas de São Vicente a oeste, de Santos a leste e Guarujá a norte, nos quais, os principais ambientes são os manguezais, bancos de lama, restingas, costões rochosos, barrancos fluviais e arenosos (Cantagallo *et al.*, 2008). Na região existe uma faixa de densidade populacional, núcleos industriais e bairros dormitórios, em constante expansão, como o caso das comunidades de Vicente de Carvalho e Vila dos Pescadores (Ab' Saber, 2006), sendo bastante exposta à poluição devido ao grande parque industrial, a área portuária e por ser adensamentos populacionais (Hortellani *et al.*, 2008).

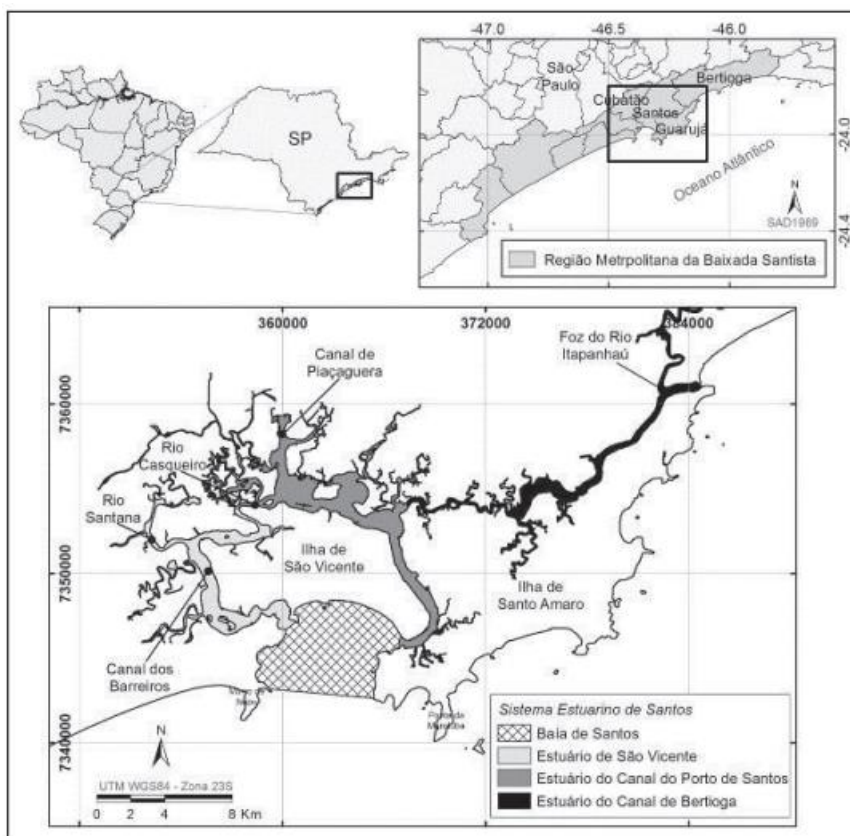


Figura 3. Localização Sistema Estuarino de Santos-São Vicente. Fonte: Roversi (2016)

4.2. Amostragem e processamento

Os exemplares utilizados neste estudo foram obtidos através do projeto Valoriza Pesca, desenvolvido pelo Instituto de Pesca de Santos, com o apoio da Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa do Agronegócio (Fundepag).

As amostras das espécies de *Centropomus undecimalis* e *Centropomus parallelus* foram obtidas, mensalmente, entre setembro de 2022 e maio de 2024, através de: **a)** expedições científicas realizadas ao longo do complexo estuarino de Santos/São Vicente; **b)** compras com pescadores artesanais que atuam na região e **c)** material doado por Marinas.

Os petrechos de pesca utilizados durante as expedições científicas e nas capturas realizadas pelos pescadores, foram: tarrafa, carretilha, vara, anzol, linha, isca (artificial e viva), e rede de emalhe.

Em laboratório (**Figura 4**), os exemplares foram identificados a nível de espécie (Figueiredo e Menezes, 1980), mensurados em comprimento total (**CT**, mm); comprimento furcal (**CF**, mm), e comprimento padrão (**CP**, mm) e pesados (**PT**, g). Os pares de otólitos *sagittae* foram removidos da cápsula auditiva, lavados, secos e acondicionados em sacos herméticos ziplock devidamente identificados (**Figura 5**).

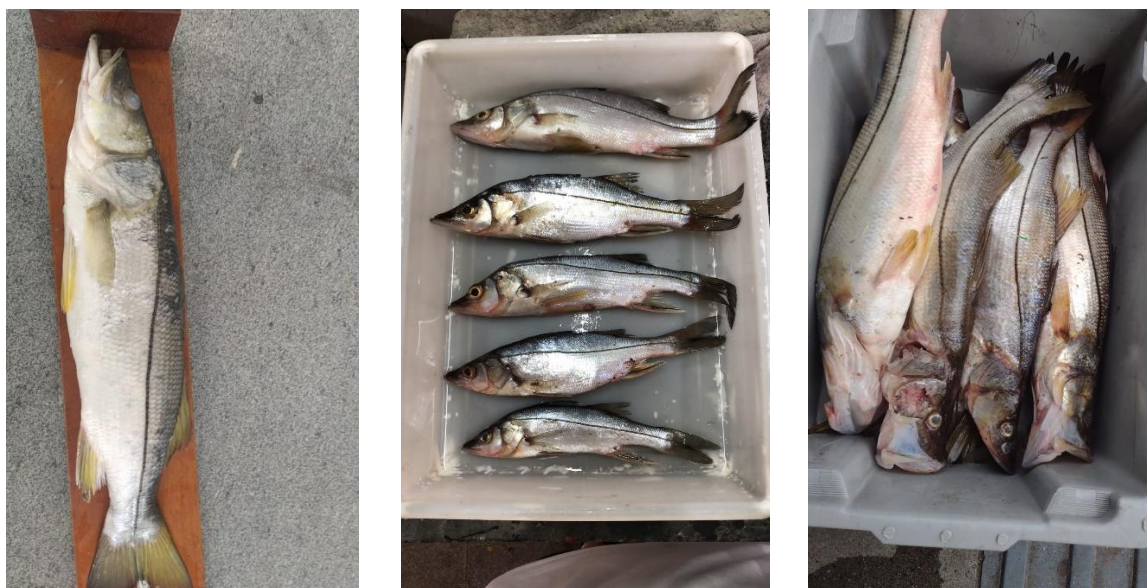


Figura 4. Processamento dos exemplares coletados mensurados quanto a espécie, comprimento total (CT, mm); comprimento furcal (CF, mm), e comprimento padrão (CP, mm) e pesados (PT, g).

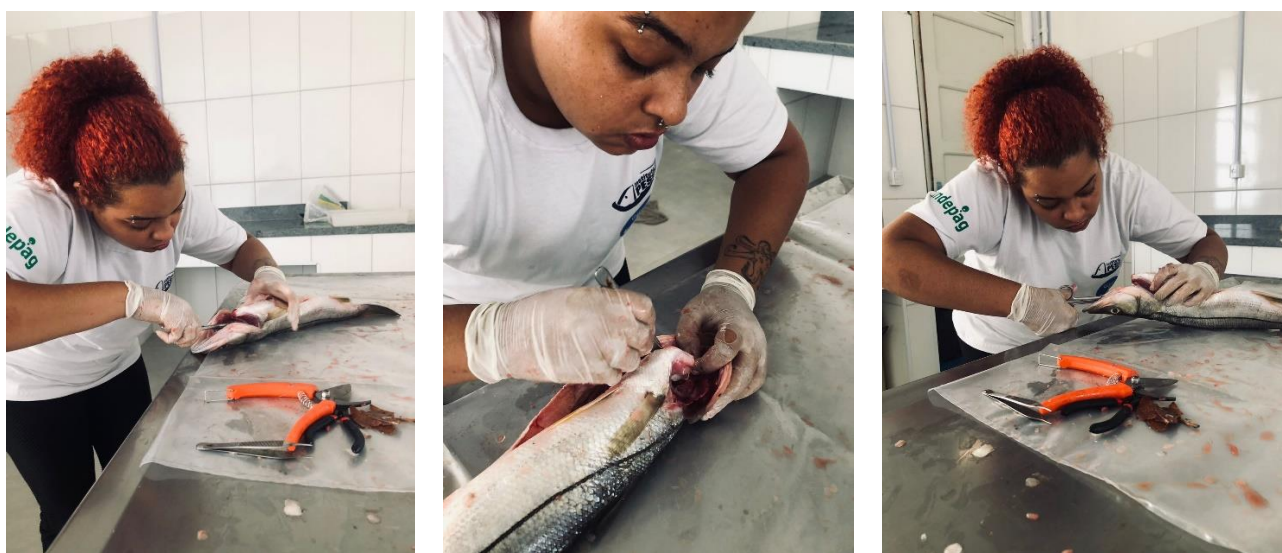


Figura 5. Remoção dos pares de otólitos *sagittae* da cápsula auditiva. Após a remoção foram lavados, secos e acondicionados em sacos herméticos ziplock devidamente identificados.

4.3. Morfometria

Dos otólitos direitos, foram obtidas quatro medidas: comprimento do otólito (**CO**, mm), altura do otólito (**AO**, mm), espessura do otólito (**EO**, mm) e peso do otólito (**PO**, g) (**Figura 6**). Todas as medidas, com exceção de PO, o qual foi obtido em balança de precisão 0,0001 g, foram tomadas com um paquímetro de precisão (0,02 mm) (**Figura 7**).

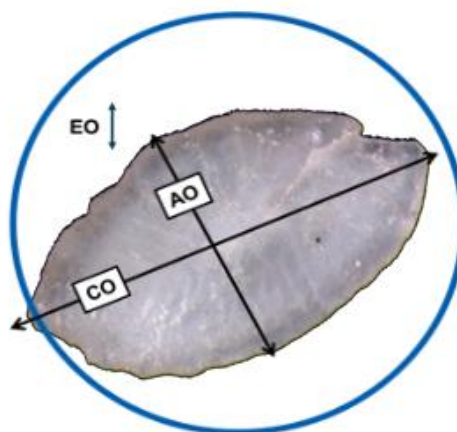


Figura 6: Medidas tomadas dos otólitos *sagittae*: **AO** = Altura do otólito (mm); **CO** = Comprimento do otólito (mm); **EO** = Espessura do otólito (mm); **PO** = Peso do otólito (g)



Figura 7. Obtenção das medidas dos otólitos quanto à: Comprimento do otólito (CO, mm), Altura do otólito (AO, mm), Espessura do otólito (EO, mm) e Peso do otólito (PO, g).

4.4. Análise dos dados

Como os dados brutos não atenderam aos pressupostos necessários para a aplicação da correlação de Pearson, optou-se pela utilização da correlação de Spearman, uma abordagem não paramétrica adequada para detectar associações monotônicas entre variáveis, independentemente da normalidade da distribuição. A identificação de correlações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) por Spearman indicou a existência de uma relação consistente entre as variáveis, justificando a continuidade da análise. Em seguida, os dados foram transformados logaritmicamente ($\log_{10}$) com o objetivo de linearizar a relação e estabilizar a variância, permitindo a aplicação da regressão linear. Essa modelagem possibilitou avaliar a força da relação por meio do coeficiente de determinação (R^2), além de testar o crescimento relativo por meio do coeficiente angular (b), comparando-o com os valores esperados para isometria ($b = 1$ para relações lineares e $b = 3$ para volumétricas).

Para verificar as relações entre o comprimento do peixe e as medidas dos otólitos e das medidas dos otólitos entre si (**Figura 7**), foi aplicado a análise de correlação de Spearman, após checagem dos pressupostos (Zar, 2010). As correlações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) foram analisadas por meio de regressão linear com os dados logaritmizados, sendo verificadas a variância da regressão por meio do coeficiente de determinação e resíduos (Correa e Viana, 1992; Vaz-dos-santos *et al.*, 2007; Rondon *et al.*, 2014). Em seguida, o crescimento relativo foi avaliado (Huxley, 1993), onde o coeficiente angular foi testado para isometria ($b=1$, linear e $b = 3$, volumétrico) (Quinn e Deriso, 1999). Todas as estatísticas foram rodadas e testadas através do programa RStudio.

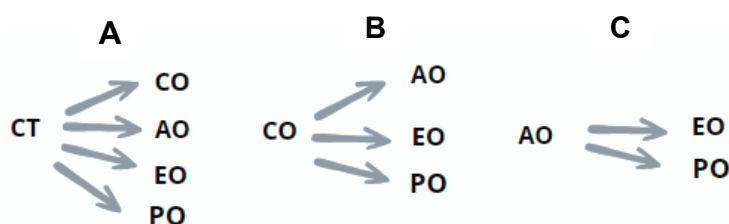


Figura 8. Aplicação da análise de correlação de Spearman entre o comprimento do peixe e as medidas dos otólitos (A) e das medidas dos otólitos entre si (B e C)

5. Resultados

Foram analisados 226 exemplares de *C. parallelus*, com comprimento total entre 175 mm e 600 mm, com média e desvio padrão de $317 \pm 85,5$ mm, e 113 exemplares de *C. undecimalis*, com comprimentos totais entre 242 e 893 mm, com média e desvio padrão de 485 ± 132 mm.

Para *C. parallelus*, o valor do CO variou entre 7,6 mm e 21,1 mm, com média e desvio padrão de $12,6 \pm 2,71$ mm; AO entre 4,4 mm e 10,5 mm, com média e desvio padrão de $6,89 \pm 1,27$ mm; EO entre 0,8 mm e 3,2 mm, com média e desvio padrão de $1,58 \pm 0,399$ mm; o PO variou entre 0,044 g e 0,875 g, com média e desvio padrão de $0,191 \pm 0,114$ g. A correlação entre as medidas do comprimento do peixe (CT) contra as medidas dos otólitos (CO, AO, EO, PO) apresentaram correlação significativa ($p < 0,05$), assim como a correlação das medidas dos otólitos entre si. As regressões apontaram, em sua maioria, um R^2 alto, com exceção das medidas AO x EO e CO x EO, apenas apresentando um coeficiente de determinação razoável (**Tabela 1**). Os resultados do crescimento relativo apontaram uma alometria negativa ($p < 0,0001$) para todas as relações, com exceção das relações AO x EO que apresentaram um crescimento isométrico ($p = 0,22$).

Tabela 1. *Centropomus parallelus*: análises de correlação, regressão e crescimento relativo

Variáveis	Correlação			Regressão			Crescimento relativo	
	rs	t	P	a	b	r ²	t	Tipo
Ct x Co	0.97	63.84	<0,0001	-0.83	0,77	0,94	-17.85	Alométrico Negativo
Ct x Ao	0.95	48.41	<0,0001	-0.81	0,66	0,90	-23.86	Alométrico Negativo
Ct x Eo	0.73	16.3	<0,0001	-1,5	0,67	0,56	-8.28	Alométrico Negativo
Ct x Po	0.97	69.21	<0,0001	-5.72	1.97	0,94	31.97	Alométrico Negativo
Co x Ao	0.96	52.15	<0,0001	-0,08	0,83	0,92	1,9	Alométrico Negativo
Co x Eo	0.73	16.32	<0,0001	-0.73	0.84	0,56	-3.18	Alométrico Negativo
Co x Po	0.97	76.39	<0,0001	-3.5	2.5	0,95	42.96	Alométrico Negativo
Ao x Eo	0.74	16.67	<0,0001	-0.61	0.97	0,56	-0.51	Isométrico
Ao x Po	0.95	52.5	<0,0001	-3.1	2.79	0,91	31.49	Alométrico Negativo

Para *C. undecimalis*, o valor do CO variou entre 8,9 mm e 25 mm, com média e desvio padrão de $16,3 \pm 3,57$ mm; AO entre 4,6 mm e 11,8 mm, com média e desvio padrão de $7,98 \pm 1,69$ mm; EO entre 1,1 mm e 2,9 mm, com média e desvio padrão de $1,90 \pm 0,477$ mm; e PO entre 0,056 g e 0,827 g, com média e desvio padrão de $0,280 \pm 0,150$ g. A correlação entre as medidas CT contra as medidas dos otólitos também apresentou um valor significativo ($p < 0,05$), o mesmo ocorrendo para as relações das medidas dos otólitos entre si. As regressões apresentaram bom ajuste, com R^2 alto (**Tabela 2**). Sobre o crescimento relativo, os testes apontaram alometria negativa ($p < 0,0001$) para todas as medidas, com exceção da relação Ao x Eo, que apresentou isometria ($p = 0,30$).

Tabela 2. *Centropomus undecimalis*: análises de correlação, regressão e crescimento relativo.

Variáveis	Correlação			Regressão			Crescimento relativo	
	rs	t	P	a	b	r ²	t	Tipo
Ct x Co	0,98	51,83	<0,0001	-0,95	0,80	0,96	-13,33	Alométrico Negativo
Ct x Ao	0,97	45,83	<0,0001	-1,16	0,77	0,94	-13,43	Alométrico Negativo
Ct x Eo	0,84	16,37	<0,0001	-1,74	0,75	0,68	-5,07	Alométrico Negativo
Ct x Po	0,98	66,86	<0,0001	-6,02	2,02	0,97	-1,95	Alométrico Negativo
Co x Ao	0,97	42,94	<0,0001	-0,23	0,94	0,95	-2,97	Alométrico Negativo
Co x Eo	0,83	16,29	<0,0001	-0,84	0,92	0,68	-1,34	Alométrico Negativo
Co x Po	0,98	66,89	<0,0001	-3,58	2,47	0,97	42,84	Alométrico Negativo
Ao x Eo	0,82	15,47	<0,0001	-0,58	0,95	0,69	-0,74	Isométrico
Ao x Po	0,974	45,32	<0,0001	-2,87	2,52	0,95	4,59	Alométrico Negativo

6. Discussão

Os resultados obtidos neste estudo revelaram que as relações entre o comprimento total (CT) dos peixes e as dimensões dos otólitos (CO, AO, EO e PO) de *Centropomus parallelus* e *C. undecimalis* apresentaram correlação significativa, com bons ajustes nos modelos de regressão, reforçando o potencial do uso dos otólitos sagittae como indicadores de crescimento, conforme já destacado em estudos como Campana (1999) e Tracey et al. (2006). O alto coeficiente de determinação (R^2) observado na maioria das relações, exceto nas combinações envolvendo EO para *C. parallelus*, sugere que a morfometria dos otólitos pode ser uma ferramenta eficiente para inferir o tamanho e possivelmente a idade dos indivíduos, corroborando o que foi relatado por Hüseyin (2008) ao destacar a importância dessas estruturas em estudos populacionais.

A predominância de alometria negativa nas relações entre CT e as dimensões dos otólitos nas duas espécies indica que o crescimento dos otólitos ocorre em ritmo mais lento em relação ao crescimento corporal, o que já foi reportado em outros peixes teleósteos (e.g., Gauldie, 1993; Vignon & Morat, 2010). Esse padrão pode estar relacionado à priorização do crescimento corporal em fases ontogenéticas avançadas, enquanto o otólito, uma estrutura metabólica menos plástica, apresenta um crescimento mais conservador (Campana & Thorrold, 2001).

Por outro lado, o crescimento isométrico observado na relação AO x EO em ambas as espécies sugere que, apesar da desaceleração geral do crescimento otolítico em relação ao corpo do peixe, estas dimensões do otólito mantêm proporcionalidade entre si ao longo do desenvolvimento. Este resultado está em conformidade com as observações de Chollet-villalpando et al. (2019), que destacaram a consistência das proporções internas do otólito como um parâmetro útil para discriminação taxonômica.

A menor robustez observada na medida EO para ambas as espécies é um dado relevante, pois indica que este eixo sofre menor incremento ao longo do crescimento, o que também foi relatado em estudos morfométricos de otólitos em outras espécies (Monteiro et al. 2005). Isso reforça a necessidade de considerar múltiplas dimensões do otólito em análises de crescimento e identificação taxonômica, evitando inferências baseadas em um único parâmetro morfométrico.

Finalmente, a similaridade no padrão de crescimento relativo entre *C. parallelus* e *C. undecimalis* sugere que fatores genéticos possuem papel determinante na morfologia otolítica dessas espécies, conforme sugerido por Vignon & Morat (2010). Entretanto, não se pode excluir a possível influência de fatores ambientais como salinidade, temperatura e disponibilidade alimentar (Hüssy 2008), sobretudo em ambientes estuarinos onde estas espécies ocorrem, o que poderia ser objeto de investigações futuras

7. Conclusão

Com isso, o crescimento relativo, em ambas as espécies, apresentou tendências similares, partindo para a alometria negativa nas relações entre CT e as medidas dos otólitos (CO, AO, EO, PO), indicando que o crescimento do otólito em relação ao crescimento do peixe não é proporcional, ou seja, à medida que o peixe cresce, o otólito cresce a uma taxa menor do que a taxa de crescimento dele. Já para a relação AO x EO, ambas as espécies apresentaram isometria, o que significa que essas duas dimensões do otólito crescem de maneira proporcional entre si (crescendo na mesma taxa).

Por fim, os resultados encontrados no presente estudo confirmam a viabilidade do uso dos otólitos *sagittae* em análises de crescimento das espécies *Centropomus parallelus* e *Centropomus undecimalis*.

8. Referências

ASSIS, Carlos António Da Silva. Estudo morfológico dos otólitos *Sagitta*, *Asteriscus* e *Lapillus* de teleósteos (*Actinopterygii*, *teleostei*) de Portugal Continental. 2000. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa (Portugal).

BADUEL, C., MUELLER, J. F., ROTANDER, A., CORFIELD, J., GOMEZ-RAMOS, M. 2017. Discovery of novel per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) at a fire fighting training ground and preliminary investigation of their fate and mobility. *Chemosphere*. 185: 1030-1038. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.06.096>.

BECK, M. W., HECK, K. L., ABLE, K. W., CHILDERS, D. L., EGGLESTON, D. B., GILLANDERS, B. M., WEINSTEIN, M. P. (2001). The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *BioScience*, 633-641.

BOURGEOIS, A., BERGENDAHL, J. RANGWALA. A. 2015. Biodegradability of fluorinated fire-fighting foams in water. *Chemosphere*, 131: 104-109. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.02.042>.

Campana, S. E. (2005). Otolith science entering the 21st century. *Marine and Freshwater Research*, 56(5), 485-495. <https://doi.org/10.1071/MF04147>

CAMPANA, Steven E.; THORROLD, Simon R. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations?. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 58, n. 1, p. 30-38, 2001

Campana, S. E. (1999). *Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications*. Marine Ecology Progress Series, 188, 263–297. DOI:10.3354/meps188263

CARVALHO-FILHO, A. Peixes: costa brasileira. Editora Marca d'Água Ltda., 304 p., São Paulo, 1992.

CERVIGÓN, F.M. 1966. Los peces marinos de Venezuela – Vol. 1. Fundación la Salle de Ciencias Naturales, 11 p., Caracas.

COUTINHO, REBECA DIAS DE SOUZA. ASSIMETRIA FLUTUANTE DOS OTÓLITOS SAGITTA DE ROBALO-FLECHA.

CHOLLET-VILLALPANDO, Jorge Guillermo et al. Geometric morphometrics for the analysis of character variation in size and shape of the sulcus acusticus of sagittae otolith in species of Gerreidae (Teleostei: Perciformes). **Marine Biodiversity**, v. 49, p. 2323-2332, 2019.

DANIEL, G. 2018. Avaliação da toxicidade de Agentes Extintores de Incêndios em misturas com Gasolina: contribuição para o estudo do incêndio no Terminal Petroquímico da Ultracargo (Santos, SP, Brasil). Dissertação de mestrado.

Elsdon, T. S., Wells, B. K., Campana, S. E., Gillanders, B. M., Jones, C. M., Limburg, K. E., ... & Thorrold, S. R. (2008). Otolith chemistry to describe movements and life-history parameters of fishes: hypotheses, assumptions, limitations and inferences. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 46, 297-330.

FACEY, D.E., BIAZER. V.S., GASPER M.M., TURCOTTE C.L. (2005). Using fish biomarkers to monitor improvements in environmental quality. *J Aquat Anim Health*, 263–266.

FIGUEIREDO, J. L.; e MENEZES, N. A. 1980. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III. Teleostei (2). Museu de Zoologia. Universidade de São Paulo, São Paulo. p. 23-26.

FIGUEIREDO, R. C. R., RIVEIRO, F. A. L., SABADINI. E. 1999. Ciência de espumas - aplicação na extinção de incêndios. *Química Nova*. 22(1): 126-130.

GAULDIE, R. W. *Continuous and discontinuous growth in the otolith of Macruronus novaezelandiae (Merlucciidae: Teleostei)*. ***Journal of Morphology***, v. 216, n. 3, p. 271-294, 1993. <https://doi.org/10.1002/jmor.1052160304>

GILLANDER, B. M., ELSDON, T. S., ROUGHAN, M. 2011. Connectivity of Estuaries. *Treatise on Estuarine and Coastal Science*. 7: 119-142. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374711-2.00709-9>.

HELFMAN, G., COLLETTE, B., FACEY, D. (1997). The diversity of fishes. Blackwell, Malden.

Hüssy, K. (2008). *Otolith shape in juvenile cod (Gadus morhua): ontogenetic and environmental effects*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 364(1), 35–41. DOI:10.1016/j.jembe.2008.03.005

KAY AN, LEWIS JW (1993). Fish monitors and the role of electric fish as potential indicators of water quality. *J Appl Ichthyol*, 110–114.

KISHI, T., ARAI. M. 2008. Study on the generation of perfluorooctane sulfonate from the aqueous film-forming foam. *Journal of Hazardous Materials*. 159(1): 81-86. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.09.122>.

KNOPPERS B, CARMOUZE JP, MOREIRA-TURCQ PF (1999). Nutrient dynamics, metabolism and eutrophication of lagoons along the east Fluminense coast, state of Rio de Janeiro, Brazil. In: Knoppers B, Bidone ED & ABRÃO JJ (eds) *Environmental geochemistry of coastal lagoons systems of Rio de Janeiro, Brasil*. Niterói: UFF/Programa de Geoquímica Ambiental, 123-154.

MCLUSKY, D.S., ELLIOT, M. 2004. The Estuarine Ecosystem: ecology, threats and management. Oxford. University Press, Oxford. 3ed. 224p. 2004. ISBN: 0198525087.

Monteiro, L. R. et al. (2005). *Allometric changes and shape differentiation of sagitta otoliths in sciaenid fishes.* Fisheries Research, 74(3), 288–299. DOI:10.1016/j.fishres.2005.03.002

MOODY, C. A., FIELD. J. A. 2000. Perfluorinated Surfactants and the Environmental Implications of Their Use in Fire-Fighting Foams. Environmental Science & Technology. 34(18): 3864-3870. DOI: 10.1021/es991359u.

MORO, Pietro Simon. Prospecção do estoque de robalo-peva (*Centropomus parallelus*) no litoral do Paraná, através da pesca esportiva. 2008.

PRESTRELO, L., & MONTEIRO-NETO, C. (2016). Before–after environmental impact assessment of an artificial channel opening on a south-western Atlantic choked lagoon system. Journal of Fish Biology, 735-752.

RANALDI MM, GAGNON MM (2010). Trace metal incorporation in otoliths of pink snapper (*Pagrus auratus*) as an environmental monitor. Comp Biochem Physiol C, 248–255.

RIVAS, L. R. 1986. Systematic review of the perciform fishes of the genus *Centropomus*. Copeia, (3) 579-611.

RODRIGUES, PAULO PINHEIRO. Aspectos reprodutivos do robalo peba, *Centropomus parallelus*, na foz do rio doce, Linhares/ES. **Universidade Federal do Espírito Santo Centro de Ciências Humanas e Naturais Departamento de Ecologia e Recursos Naturais Curso de Graduação em Oceanografia**, 2005

ROVERSI, Fernando; ROSMAN, Paulo CC; HARARI, Joseph. Análise das trajetórias das águas continentais afluentes ao sistema estuarino de Santos. **RBRH**, v. 21, p. 242-250, 2016.

SECOR, D.H., & DEAN, J.M. (2015). Continuous otolith microgrowth as a fisheries and ecosystem research tool: a review with new insights from the study of an estuarine fish. Environmental Biology of Fishes, 98(3), 975-987.

Secor, D. H., Rooker, J. R., Zlokovitz, E., & Zdanowicz, V. S. (2015). Identification of riverine, estuarine, and coastal contingents of striped bass from otolith microchemistry. *Marine Ecology Progress Series*, 177, 245-269. <https://doi.org/10.3354/meps177245>

ST. HILAIRE S, STEPHEN C, KENT M, RIBBLE C (2001). Sentinels in the bay: using farm fish to monitor for pathogens in the environment. ICES J Mar Sci, 369–373.

Tracey, S. R.; Lyle, J. M.; Duhamel, G. (2006). *Application of elliptical Fourier analysis of otolith form as a tool for stock identification.* Fisheries Research, 77(2–3), 138–147. DOI:10.1016/j.fishres.2006.05.006

Vignon, M.; Morat, F. (2010). *Environmental and genetic determinant of otolith shape revealed by a non-indigenous tropical fish.* Marine Ecology Progress Series, 411, 231–241. DOI:10.3354/meps08651

PARECER FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Discente: AGATHA KYARA RODRIGUES DORTE

Título: "ANÁLISE MORFOMÉTRICA DOS OTÓLITOS SAGITAE DE *Centropomus undecimalis* e *Centropomus parallelus* (TELEOSTEI, CENTROPOMIDAE) NO SISTEMA ESTUARINO DE SANTOS E SÃO VICENTE-SP"

Orientador: Dr. Marcelo Ricardo de Souza

Curso/Habilitação: Bacharelado em Ciências Biológicas/Gerenciamento Costeiro

COMISSÃO EXAMINADORA	CONCEITO
Dr. Marcelo Ricardo de Souza	<i>aprovado</i>
Dr. Luis Felipe de Almeida Duarte	<i>aprovado</i>
Prof. Dr. Rafael Mendonça Duarte	<i>aprovado</i>

PARECER:

A aluna alcançou o objetivo proposto no TCC, sua apresentação e seu trabalho demonstraram maturidade científica com potencial para futura publicação.

CONCEITO FINAL:

A Comissão Examinadora abaixo assinada conclui que a discente **Agatha Kyara Rodrigues Dorte** obteve o seguinte conceito:

☒ APROVADO

☐ REPROVADO

São Vicente, 04 de julho de 2025.

[Assinatura]
Dr. Marcelo Ricardo de Souza

[Assinatura]
Dr. Luis Felipe de Almeida Duarte

[Assinatura]
Prof. Dr. Rafael Mendonça Duarte