

Chromosomal Studies of Five Species of the Marine Fishes From the Paranaguá Bay and the Karyotypic Diversity in the Marine Teleostei of the Brazilian Coast

Roger Raupp Cipriano^{1*}, Alberto Sérgio Fenocchio², Roberto Ferreira Artoni³, Wagner Molina⁴, Rafael Bueno Noletto¹, Daniel Luis Zanella Kantek¹ and Marta Margarete Cestari¹

¹Departamento de Genética; Universidade Federal do Paraná - UFPR; Centro Politécnico; C.P.: 19071; 81531-990; Curitiba - PR - Brasil. ²Universidad Nacional de Misiones; Posadas; Misiones - Argentina.

³Departamento de Biologia Estrutural, Molecular e Genética; Universidade Estadual de Ponta Grossa; Campus de Uvaranas; 84030-900; Ponta Grossa - PR - Brasil. ⁴Departamento de Biologia Celular e Genética; Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Natal - RN - Brasil

ABSTRACT

In this study, five species of marine fishes from the Paranaguá Bay in the Brazilian coast were evaluated. Eucinostomus argenteus and Diapterus rhombeus (Gerreidae) presented 48 chromosomes, all of which more acrocentric (FN = 48); Strongylura timucu and S. marina (Belonidae) also presented 48 chromosomes, but with a higher karyotypic complexity than the Gerreidae, 10M+2SM+36A (FN = 60) and 4M+44A (FN = 52), respectively. The fifth species, Mugil curema (Mugilidae), different than the others, presented only 28 chromosomes 20M+4ST+4A (FN = 48). The species presented diversity in the karyotypic macro-structure, which should be relevant for the cytotaxonomy and the evolution of this group of the vertebrate.

Key Words: Marine fishes, karyotype, cytotaxonomy, karyotypic evolution

INTRODUCTION

The Cytogenetic studies in the teleostei have been revealing a great variation in the diploid number, from 14 to 140 chromosomes, but most of the species have a modal diploid number near $2n = 48$ acrocentric chromosomes (FN = 48). Some authors consider this karyotype original for the vertebrates and primitive for the fishes (Ohno et al., 1968; Ohno, 1970). Brum (1995) and Brum and Galetti (1997), however, considered this diploid value to a basal level in the Clupeocephala, suggesting the hypothesis of an ancestry karyotype for the teleostei constituted by 60 chromosomes and some

of them were metacentric. Brum and Galetti (1997) propose that the reduction to $2n = 48$ acrocentric chromosomes was a feature derived by the robertsonian rearrangements and deletions.

The contemporary marine teleostei present a low variability in the number of the chromosomes and high uniformity in the karyotypic macro-structure when compared to the modern fishes of the fresh water. This difference is probably due to their population and environmental features, which facilitates the gene flow resulting in a gene homogenization tendency between the populations (Brum, 1995; Affonso, 2000).

* Author for correspondence

This study showed a synthesis about the actual status of the marine fish cytogenetics of the Brazilian coast and also examined some aspects of their cytotaxonomy and karyotypic evolution.

MATERIAL AND METHODS

The Karyotypic analyses were performed in the samples of *Strongylura timucu* and *S. marina* (Belonidae, Beloniformes), *Eucinostomus argenteus* and *Diapterus rhombeus* (Gerreidae, Perciformes) and *Mugil curema* (Mugilidae, Mugiliformes). The individuals were collected in the estuarine complex of the Paranaguá Bay, in Paraná, Brazil. The mitotic chromosome preparations were obtained by the culture of short time described by Fenocchio et al. (1991). The chromosomal morphology was determined by the ratio between the arms proposed by Levan et al. (1964) and the chromosomes were arranged in the karyotype in their homologous pairs from the biggest to the smallest respecting the metacentric (M), submetacentric (SM), subtelocentric (ST) and acrocentric (A) types. The fundamental number (FN) was established by the sum of arms of the chromosomes of the complement.

RESULTS

Four of the five species presented a diploid number equivalent to 48 chromosomes. *E. argenteus* and *D. rhombeus* had a karyotypic complement composed by 48 acrocentric chromosomes (FN = 48) (Fig. 1a - 1b); *S. marina* presents a karyotypic formula composed by 4 metacentric and 44 acrocentric chromosomes (FN = 52) (Fig. 1c); *S. timucu* presented 10 metacentric (M), two submetacentric (SM) and 36 acrocentric (A) chromosomes (FN = 60) (Fig. 1d). The *Mugil curema* had a karyotype composed by 28 chromosomes, 20 metacentric, 4 subtelocentric and 4 acrocentric (FN = 48) (Fig. 1e). Current data about the cytogenetics of the marine teleostei of the Brazilian coast were evaluated in the literature and were as summarized in Table 1.

DISCUSSION

There have been several studies in recent times on the cytogenetic studies in the teleostei fishes,

Oliveira et al. (2000) reviewed the karyotypic structure of the neotropical fishes of the continental waters reported 921 species of the karyotyped fishes included in 252 genera and 44 families. With a similar interest, the cytogenetics in marine fishes has also received more attention from the researches. However, the karyotypic studies in marine fishes are still scarce when compared to the reports for the freshwater fishes. In Brazil, the karyotypic description of these fishes started in the 1980s with the study of Gomes (1981). Until now, 118 species are been studied, included in 80 genera and 43 families (Table 1). The majority of these species belonged to the order Perciformes (69 species), mainly collected in the coast of Rio de Janeiro and São Paulo (Brum, 1996).

The results obtained in the present study showed karyotypes with $2n = 48$ chromosomes in the Gerreidae and Belonidae; the latter had a higher diversification in the chromosomal types among the species (*Strongylura timucu* and *S. marina*), and a low chromosomal number ($2n = 28$) in *Mugil curema* (Mugilidae). The diploid number for *S. timucu*, *S. marina*, *E. argenteus* and *D. rhombeus* (48 chromosomes) was similar to the diploid number found in most of the marine fishes of the Brazilian coast (see Table 1). From all the 118 species, about 74 had a karyotype complement with $2n = 48$, and 44 of which showed karyotypes composed exclusively by the acrocentric chromosomes.

The karyotype with $2n = 48$ acrocentric chromosomes is considered by some authors an inheritance of the first vertebrates (Ohno et al., 1968; Ohno, 1970; Ohno, 1974). However, Brum (1996) and Brum and Galetti (1997) proposed that this karyotype was a synapomorphy of the groups Euteleostei and Clupeiformes conserved mainly in their marine species, which the karyotype derived from a likely ancestry of the vertebrates initially with 60 chromosomes, including the metacentric chromosomes. According to Brum (1995) and Brum et al. (1995), the karyotypes derived from this basal complement (48 acrocentric chromosomes) containing two armed chromosomes and resulting in a FN higher than 48 have been found in the groups of the fresh water fishes, where there are many environmental fragmentations, and also in the marine fishes with low vagility that occur in the restricted areas (Galetti et al., 1999). In the marine environment, the karyotypic conservation is related to the

existence of physical barriers, high mobility, high size of the population and higher homogeneity of the environment conditions (Brum, 1996). Ruiz-Carus and Uribe-Alcocer (2004) also attribute this karyotypic conservation in the teleostei to several biological parameters that propitiate the gene flow of the populations. Generalist species, that is, the organisms that colonize several habitats during the life cycle or environments that face high

fluctuations of non-biotic factors, present lower genetic variability than those species that are specialists. Molina and Galetti (2004), studying different species of Perciformes of the family Pomacentridae, report that in the modern fishes there is a correlation between the dispersing capability of their grubs and the evolutionary changes in the karyotype.

Table 1 - Cytogenetic data of marine teleostei of the Brazilian coast.

SPECIES	SITES	2n	FN	KARYOTYPE				SEX SYSTEM	REFERENCE
				M	SM	ST	A		
<i>Gymnothorax ocellatus</i>	Ubatuba – SP	42	76		34	-	8		1
<i>Brevortia aurea</i>	L. R. de Freitas – RJ	46 (♀)	50	2	2	-	42	X ₁ X ₁ X ₂ X ₂	2
		45 (♂)	50	3	2	-	40	X ₁ X ₂ Y	
<i>Brevortia pectinata</i>	L. R. de Freitas – RJ	46	50	2	2	-	42	---	3
<i>Bagre bagre</i>	Cananéia – SP	56	106	24	26	6	-	---	4
<i>Cathorops sp</i>	Cananéia – SP	54	80	13	13	28	-	---	5
<i>Genidens genidens</i>	Cananéia – SP	56	88	12	20	20	4	---	6
<i>Netuma barba</i>	Cananéia – SP	56	92	18	18	18	2	XX/XY	6
<i>Arius parkeri</i>	Cananéia – SP	56	88	16	16	22	2	---	6
<i>Porichthys porosissimus</i>	Baía da Guanabara – RJ	44	56		12		32	---	7
	Niterói – RJ	44	52		8		36	---	8
<i>Holocentrus ascensionis</i>	Rio Grande do Norte	50	152		12		38	---	9
<i>Myripristis jacobus</i>	Rio Grande do Norte	48	48	-	-	-	48	---	9
<i>Phrynelox scaber</i>	Litoral do Brasil	48	62 - 64	2	12-14		32-34	---	10
<i>Strongylura timucu</i>	Baía de Paranaguá – PR	48	60		12		36	---	Present study
	Baía de Paranaguá – PR	48	52		4		-	-	44 ---
<i>Mugil incilis</i>	Baía da Ilha Grande – RJ	28	48		20		8	---	11
<i>Mugil curema</i>	Baía de Paranaguá – PR	28	48		20		8	---	Present study
<i>Mugil liza</i>	48°W; 23°S – RJ	48	48	-	-	-	48	---	12
	Cananéia, SP	48	48	-	-	-	48	---	13
<i>Atherinella brasiliensis</i>	Baía de Paranaguá – PR	48	66	4	14		30	---	14
	Rio Grande – RS	48	50-52	2-4	46-44	---		---	15
<i>Xenomelaris brasiliensis</i>	Litoral do RJ	48	58		10		38	---	16
<i>Poecilia vivípara</i>	Pontal do Sul – PR	46	46	-	-	-	46	---	17
<i>Dactylopterus volitans</i>	Baía da Guanabara – RJ	48	78	16	14	6	12	---	18
<i>Scorpaena brasiliensis</i>	Baía da Guanabara – RJ	46	60	4	10	14	18	---	19
<i>Scorpaena isthmensis</i>	Baía da Guanabara – RJ	40	54	6	8	2	24	---	19
<i>Prionotus punctatus</i>	Baía da Guanabara – RJ	100-102	100-102	-	-	-	100-102	---	18
<i>Centropomus parallelus</i>	Litoral do RJ	48	48	-	-	-	48	---	20
<i>Centropomus mexicanus</i>	Costas NE e SE	48	48	-	-	-	48	---	21
		48	48	-	-	-	48	---	22
<i>Centropomus undecimalis</i>	Costas NE e SE	48	48	-	-	-	48	---	21
		48	48	-	-	-	48	---	23
<i>Diplectrum formosum</i>	Baía da Guanabara – RJ	48	50	-	2	-	46	---	3
<i>Diplectrum radiale</i>	Baía da Guanabara – RJ	48	48	-	-	-	48	---	24
<i>Epinephelus adscensionis</i>	Recifes do litoral do RN	48	48	-	-	-	48	---	25
<i>Epinephelus marginatus</i>	Baía da Guanabara – RJ	48	48	-	-	-	48	---	3
<i>Alfistes afer</i>	Litoral do RN	48	48	-	-	-	48	---	25
<i>Mycteroperca acutirostris</i>	Baía da Guanabara – RJ	48	48	-	-	-	48	---	26
<i>Serranus flaviventris</i>	Baía da Guanabara – RJ	48	48	-	-	-	48	---	26
	Litoral da BA	48	48	-	-	-	48	---	25
<i>Diplodus argenteus</i>	48°W; 23°S – RJ	48	48	-	-	-	48	---	12
		48	48	-	-	-	48	---	12
<i>Priacanthus arenatus</i>	48°W; 23°S – RJ	50	50	-	-	-	50	---	

(Cont. ...)

(Cont. Table 1)

SPECIES	SITES	2n	FN	KARYOTYPE				SEX SYSTEM	REFERENCE
				M	SM	ST	A		
<i>Pomatomus saltatrix</i>	Litoral do RJ	48	48	-	-	-	48	---	27
<i>Caranx latus</i>	48°W; 23°S – RJ	46	46	-	-	-	46	---	12
<i>Chloroscombrus chysurus</i>	48°W; 23°S – RJ	48	48	-	-	-	48	---	12
<i>Oligoplites saliens</i>	Baía de Sepetiba – RJ	48	52	4	-	44	-	---	28
<i>Selene setapinnis</i>	48°W; 23°S – RJ	46	48	-	2	-	44	---	12
<i>Selene vomer</i>		48	50	-	2	-	46	---	29
<i>Trachinotus carolinus</i>	São Sebastião – SP	48	56	-	8	-	40	---	30
<i>Trachinotus falcatus</i>	São Sebastião – SP	48	58	-	10	-	38	---	30
<i>Trachinotus goodiei</i>	Niterói, Angra dos Reis/RJ	48	50	-	2	-	46	---	31
<i>Eucinostomus gula</i>	48°W; 23°S – RJ	48	48	-	-	-	48	---	12
<i>Eucinostomus argenteus</i>	Baía de Paranaguá – PR	48	48	-	-	-	48	---	Present study
<i>Diapterus rhombeus</i>	Baía de Paranaguá – PR	48	48	-	-	-	48	---	Present study
<i>Anisotremus virginicus</i>	Baía da Ilha Grande – RJ	48	48	-	-	-	48	---	32
	Litoral do NE	48	48	-	-	-	48	---	33
<i>Anisotremus moricandi</i>	Litoral do NE	48	48	-	-	-	48	---	33
<i>Anisotremus surinamensis</i>	Litoral do NE	48	48	-	-	-	48	---	33
<i>Conodon nobilis</i>	Litoral do NE	48	48	-	-	-	48	---	34
<i>Haemulon aurolineatum</i>	Baía da Ilha Grande – RJ	48	48	-	-	-	48	---	32
<i>Haemulon parra</i>	Litoral do NE	48	48	-	-	-	48	---	34
<i>Haemulon plumieri</i>	Litoral do NE	48	48	-	-	-	48	---	
<i>Orthopristis ruber</i>	Baía da Guanabara – RJ	48	50	-	2	36	10	---	35; 27
	Litoral do RJ	48	48	-	-	-	48	---	
	Litoral do NE	48	48	-	-	48	---	---	34
<i>Pagrus pagrus</i>	Arraial do Cabo – RJ	48	50	-	2	-	46	---	36
<i>Cynoscion acoupa</i>	48°W; 23°S – RJ	48	48	-	-	-	48	---	12
<i>Menticirrhus americanus</i>	Cananéia – SP	48	48	-	-	-	48	---	37
<i>Menticirrhus littoralis</i>	Costa do RS	48	48	-	-	-	48	---	38
<i>Micropogonias furnieri</i>	Cananéia – SP	48	48	-	-	-	48	---	39
	48°W; 23°S – RJ	46	46	-	-	-	46	---	12
<i>Micropogonias furnieri</i>	Litoral do RJ	48	48	-	-	-	48	---	16
<i>Umbrina coroides</i>	48°W; 23°S – RJ	46	50	-	4	-	42	---	12
<i>Mullus argentinae</i>	Litoral do RJ	44	46	-	2	-	42	---	27
<i>Centropyge aurantonotus</i>	Recifes do NE e SE	48	62	-	14	28	6	---	40
<i>Holacanthus ciliaris</i>	Recifes do NE e SE	48	48	-	-	-	48	---	40
<i>Holacanthus tricolor</i>	Recifes do NE e SE	48	48	-	-	-	48	---	40
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	Recifes do NE e SE	48	48	-	-	2	46	---	40
<i>Pomacanthus paru</i>	Recifes do NE e SE	48	48	-	-	2	46	---	40
<i>Abudefduf saxatilis</i>	Baía da Guanabara – RJ	48	52	2	2	-	44	---	41
	Litoral do NE do Brasil	48	52	2	2	-	44	---	42
<i>Stegastes fuscus</i>	S. Pedro e S. Paulo/RN	48	90	24	18	-	6	---	42
<i>Stegastes pictus</i>	S. Pedro e S. Paulo/RN	48	90	18	22	2	6	---	42
<i>Stegastes variabilis</i>	S. Pedro e S. Paulo/RN	48	88	-	40	-	8	---	42
<i>Stegastes leucostictus</i>	S. Pedro e S. Paulo/RN	48	88	-	40	-	8	---	42
<i>Stegastes sanctipauli</i>	S. Pedro e S. Paulo/RN	48	90	-	44	-	4	---	43
<i>Microspathodon chrysurus</i>	Bahia	48	64	6	-	10	32	---	42
	Bahia	48	48	-	-	-	48	---	44
	Espírito Santo	46-47	56	3-4	6	-	36-38	---	44
<i>Chromis flavicauda</i>	Espírito Santo	39	54	9	6	-	24	---	44
<i>Bodianus rufus</i>	S. Pedro e S. Paulo/RN	48	70	8	14	10	16	---	45
<i>Bodianus insularis</i>	Rio Grande do Norte	48	68	-	20	-	28	---	46
<i>Bodianus pulchellus</i>	Litoral do ES	48	78	8	12	10	18	---	47
<i>Halichoeres poeyi</i>	Litoral do RN e BA	48	50	-	2	-	46	---	48
<i>Halichoeres brasiliensis</i>	Litoral do RN	48	48	-	-	-	48	---	48
<i>Halichoeres radiatus</i>	Litoral do NE	48	48	-	-	-	48	---	48
<i>Labrisomus nuchipinnis</i>	Baía da Guanabara – RJ	48	50	-	2	-	46	---	40
	Litoral do NE	48	48	-	-	-	48	---	49
<i>Parablennius pilicornis</i>	Baía da Guanabara – RJ	48	48	-	-	-	48	---	3
<i>Scartella cristata</i>	Baía da Guanabara – RJ	48	50	-	2	26	20	---	50
<i>Bathygobius soporator</i>	Litoral do RJ	48	50	2	-	-	46	---	16
	Baía de Paranaguá – PR	48	50	-	2	-	46	---	51
<i>Sphyræna tome</i>	48°W; 23°S – RJ	48	48	-	-	-	48	---	12
<i>Sparisoma rubripinne</i>	Litoral de NE	46	70	-	20	-	26	---	52

(Cont. ...)

(Cont. Table 1)

SPECIES	SITES	2n	FN	KARYOTYPE				SEX SYSTEM	REFERENCE
				M	SM	ST	A		
<i>Scarus coelestinus</i>	Litoral do NE	48	88		16		32	---	52
<i>Apogon americanus</i>	Litoral do RN	36	62	12	8	6	10	---	53
<i>Ocyurus chrysurus</i>	Litoral do NE	48	48	-	-	-	48	---	54
<i>Bothus ocellatus</i>	Ubatuba – SP	32	50		18		14	---	55
<i>Paralichthys orbignyanus</i>	Florianópolis - SC	46	48	2	-	44		---	56
<i>Paralichthys patagonicus</i>		46	46	-	-	-	46	---	57
<i>Citarichthys spilopterus</i>		26	44		18		8	---	57
<i>Etropus crossotus</i>		38	64		26		12	---	57
<i>Trinectes paulistanus</i>	Ubatuba - SP	42	52		10		32	---	56
	Bragança - PA	38	54		16		22	---	58
<i>Achirus lineatus</i>	Ubatuba – SP	40	48		8		32	---	56
		40	64		24		16	---	58
<i>Achirus declivis</i>		34	52		18		16	---	58
<i>Gymnachirus nudus</i>		36	50		14		22	---	58
<i>Symphurus tessellatus</i>	Ubatuba – SP	46	62		16		30	---	55
<i>Balistes vetula</i>	Litoral da BA	44	44	-	-	-	44	---	59
<i>Cantherhines macrocerus</i>	Litoral do RJ	40	40	-	-	-	40	---	20
<i>Melichthys niger</i>	Litoral do NE	40	40	-	-	-	40	---	59
<i>Stephanolepis hispidus</i>	48°W; 23°S – RJ	34 (♀)	34	-	-	-	34	X ₁ X ₁ X ₂ X ₂	60
		33 (♂)	34	-	1	-	32	X ₁ X ₂ Y	
	Litoral do RJ	34 (♀)	34	-	-	-	34	X ₁ X ₁ X ₂ X ₂	59
		33 (♂)	34	-	1	-	32	X ₁ X ₂ Y	
<i>Sphoeroides greeleyi</i>	Baía da Guanabara – RJ	46	70		24		22	---	61
	Pontal do Sul – PR	46	66		20		26	---	62
	Ubatuba – SP	46	66		20		26	---	63
	Baía de Paranaguá – PR	46	72	6			12	---	64
<i>Sphoeroides spengleri</i>	Baía da Guanabara – RJ	46	66		20		26	---	61
<i>Sphoeroides testudineus</i>	Natal – RN	46	74	18	4	6	8	---	59
	Pontal do Sul – PR	46	78		32		14	---	62
	Baía de Paranaguá – PR	46	80	6		28	12	---	64
<i>Sphoeroides tyleri</i>	Baía da Guanabara – RJ	46	58		12		34	---	65
<i>Chilomycterus spinosus</i>	Baía da Guanabara – RJ	52	68		16		36	---	65
<i>Chilomycterus antennatus</i>	Litoral do NE	52	58	6			46	---	66
<i>Cyclichthys spinosus</i>	Baía de Paranaguá – PR	50	84		22		28	---	67

I- Porto-Foresti *et al.*, 1997; **2** - Brum *et al.*, 1992a; **3** - Brum *et al.*, 1992 b; **4** - Gomes *et al.*, 1990; **5** - Gomes *et al.*, 1992; **6** - Gomes *et al.*, 1994; **7** - Brum *et al.*, 2001; **8** - Affonso *et al.*, 1998a; **9** - Bacurau & Molina, 2004; **10** - Affonso *et al.*, 1996; **11** - Pauls *et al.*, 1998; **12** - Pauls & Coutinho, 1990; **13** - Jordão *et al.*, 1992; **14** - Da Silva Cortinhas *et al.*, 2003; **15** - Brugger *et al.*, 1990; **16** - Brum *et al.*, 1996a; **17** - Ramalho *et al.*, 2001; **18** - Corrêa *et al.*, 1995; **19** - Corrêa & Galetti, 1997; **20** - Pauls *et al.*, 1995; **21** - Netto *et al.*, 1999; **22** - Viestel *et al.*, 1996; **23** - Netto *et al.*, 2004; **24** - Brum *et al.*, 1991; **25** - Molina *et al.*, 2001; **26** - Aguilár, 1993; **27** - Pauls *et al.*, 1991; **28** - Castro Leal *et al.*, 1998; **29** - Netto *et al.*, 1998a; **30** - Zenaid & Almeida-Toledo, 1994; **31** - Netto *et al.*, 1998c; **32** - Affonso *et al.*, 1998b; **33** - Accioly & Molina, 2004; **34** - Vasconcelos *et al.*, 2003; **35** - Brum, 1994; **36** - Netto *et al.*, 1998b; **37** - Gomes *et al.*, 1983b; **38** - Reggi *et al.*, 1986; **39** - Gomes *et al.*, 1983 a; **40** - Affonso *et al.*, 1999; **41** - Corrêa *et al.*, 1994; **42** - Molina & Galetti, 2004; **43** - Molina *et al.*, 2002; **44** - Molina & Galetti, 2002; **45** - Sena & Molina, 2001; **46** - Sena & Molina, 2003; **47** - Sena & Molina, 2004; **48** - Sena *et al.*, 2002; **49** - Galvão & Molina, 2003; **50** - Brum *et al.*, 1994a; **51** - Cipriano *et al.*, 2002; **52** - Sena & Molina, 2007; **53** - Vasconcelos *et al.*, 2004; **54** - Rocha & Molina, 2004; **55** - Azevedo *et al.*, 2001; **56** - Azevedo *et al.*, 2000; **57** - Azevedo *et al.*, 2004b; **58** - Azevedo *et al.*, 2004a; **59** - Sá Gabriel & Molina, 2004b; **60** - Pauls, 1993; **61** - Brum *et al.*, 1994b; **62** - Franciosi & Cestari, 2000; **63** - Alves *et al.*, 2002; **64** - Noleto *et al.*, 2004; **65** - Brum *et al.*, 1996b; **66** - Sá-Gabriel & Molina, 2004a; **67** - Noleto *et al.*, 2006.

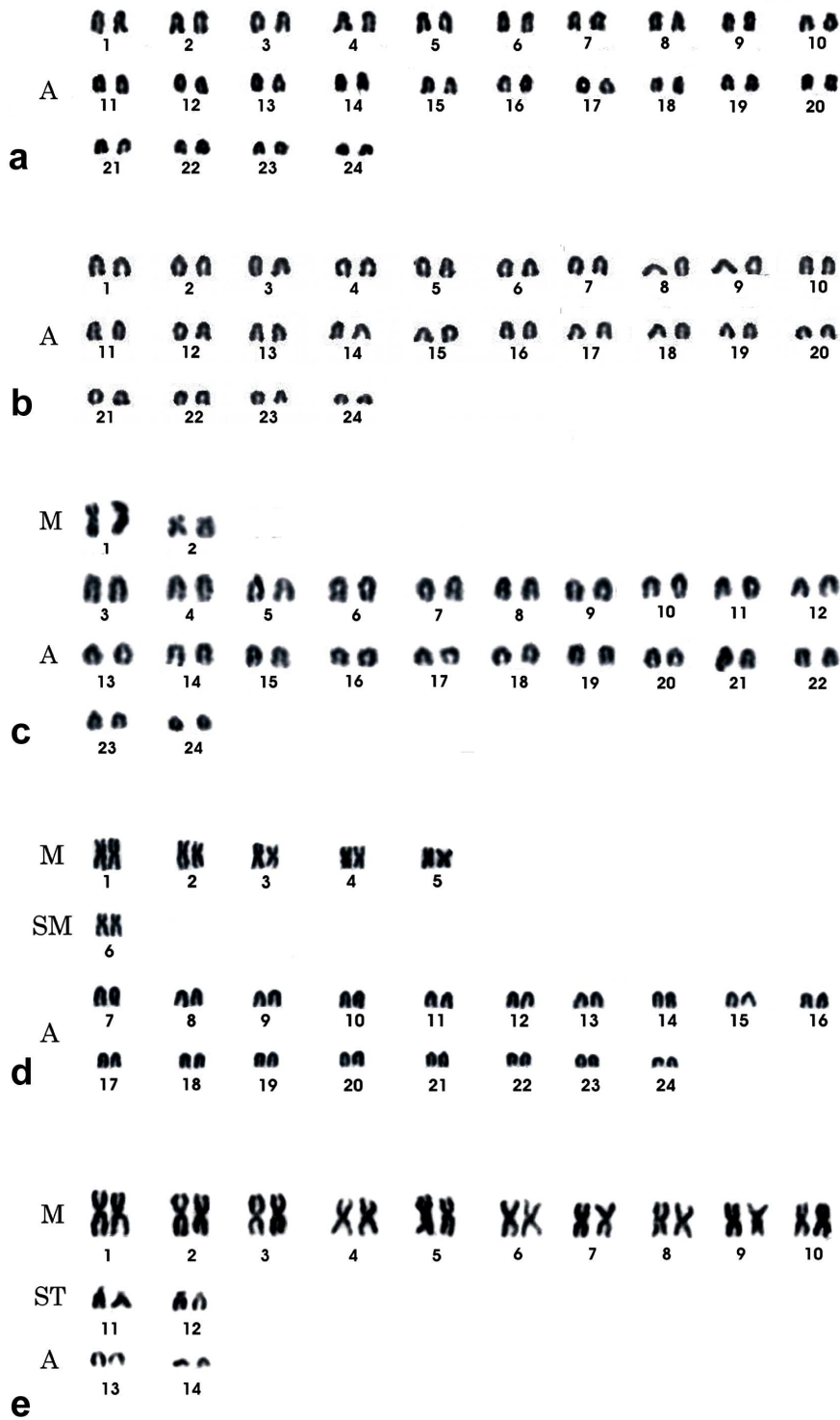


Figure 1 - Giemsa stained karyotypes of: **a** *Eucinostomus argenteus*, **b** *Diapterus rhombeus*, **c** *Strongylura timucu*, **d** *S. Marina* and **e** *Mugil curema*

Lower time scores concerning the larval stage presented higher changes in the karyotypic complement of these animals. The order Perciformes is the most diverse among the Teleostei and also contains most of the karyotyped species (Cano et al., 1981; Alvarez et al., 1986; Aguilar and Galetti Jr, 1997; Molina and Galetti Jr, 2004). In Perciformes, mainly the marine organisms, this is high specific morphological diversity not followed by a karyotypic diversification. These animals certainly are a good example of the speciation with no changes in the karyotypic macro-structure, what occurs in other models of the organisms such as the ants (Imai, 1983). According to Molina et al. (2002) and Molina and Galetti (2004), the absence of differentiations by the big rearrangement is substituted by the internal changes in the linkage groups, apparently as an effective post-zygotic barrier in the speciation process. The Perciformes species karyotyped in the present study can probably be morphologically distinguished, but the difference in the chromosomal morphology ($2n = 48A$) is small, what supports the hypothesis of the high level of the conservation of the karyotype in this order ($2n = 48$; $FN = 48$) (Brum et al., 2001; Molina et al., 2002).

Studies carried out in the Belonidae family reported karyotypes with $2n = 48$ chromosomes, all acrocentric (Rishi, 1973; Srivastava and Kaura, 1964), and also, $2n = 50$ chromosomes (Rishi and Singh, 1982) with higher karyotypic complexity than the observed in the species studied by Pastori et al. (1998), who determined $2n = 50$ chromosomes, all acrocentric ($FN = 50$). These data together with the present study proved the particular karyotypic diversity of this group, which can be explained by the evolutionary process that these fishes went through, which occupy very diverse environments. The divergent karyotypic formulas with the same diploid number, in both the species of Belonideos studied in the present case suggests the occurrence of the pericentric inversions in the karyotypic diversification of this group, modifying only the number of the chromosomal arms (FN).

The species of the genus *Mugil* have low karyotypic diversity and low meristic and morphological features, as observed for most of

the karyotyped species with 48 acrocentric chromosomes (Legrande and Fitzsimons, 1976; Jordão et al., 1992; Nirchio et al. 2003). *M. curema* is an exception in the group ($2n = 28$; $NF = 48$). Legrande and Fitzsimons (1976) also reported $2n = 28$ chromosomes in *M. curema* from the Gulf of Mexico. These data supported the idea of a low diploid number as apomorphic in the Mugilidae. However, for the same species there were other reports of a karyotype constituted by $2n = 24$ chromosomes ($22M + 2SM$; $FN = 48$) in the individuals collected from the coast of Venezuela (Nirchio and Cequea, 1998; Nirchio et al., 2003). This difference could be attributed a priori to a polytypic geographic variation, but Nirchio et al. (2005) suggested that these samples were in fact two different species. This karyotypic diversification among the species of the group *Mugil* might be due to the centric fusions of the acrocentric elements back in a basal karyotype with $2n = 48$ chromosomes, preferentially acrocentrics (Nirchio and Cequea, 1998; Nirchio et al., 2001). This hypothesis was supported by the fact that one diploid complement constituted by $2n = 48$ chromosomes was a shared condition in other species of the genus *Mugil*.

In conclusion, the results presented in this study encouraged new karyotypic studies in the marine fishes since other groups of the non-Perciformes might reveal the tendencies of divergent karyotypic evolution facing the diversity and the inter-specific variability reported here for the karyotyped species. However, the data found in this study might be very useful for the cytotaxonomy of the taxons that have not been solved yet, and also for the karyotypic evolution suggesting again the conservation tendency of the karyotypic macro-structure of the Perciformes and the diversity in the karyotype of the Beloniformes and Mugiliformes species.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for the financial support for this study.

RESUMO

Nas últimas décadas tem ocorrido no Brasil um incremento de estudos cariotípicos em peixes marinhos. Atualmente são conhecidos os cariótipos de 118 espécies, distribuídas em 43 famílias e 80 gêneros. Foram estudadas cinco espécies de peixes marinhos do complexo estuarino da Baía de Paranaguá na costa brasileira. *Eucinostomus argenteus* e *Diapterus rhombeus* (Gerreidae), apresentaram 48 cromossomos todos acrocêntricos (NF = 48); *Strongylura timucu* e *S. marina* (Belonidae) apresentaram 48 cromossomos, porém com complexidade cariotípica maior do que apresentada pelos gerreídeos, 10M+2SM+36A (NF = 60) e 4M+44A (NF = 52), respectivamente. A quinta espécie, *Mugil curema* (Mugilidae), ao contrário das outras quatro espécies aqui analisadas, apresentou apenas 28 cromossomos 20M+4ST+4A (NF = 48). Apesar da tendência em se verificar um cariótipo constituído por 48 cromossomos em teleosteos marinhos, as espécies aqui analisadas apresentam uma diversidade para a macroestrutura cariotípica a ser considerada para a citotaxonomia e evolução desse grupo de vertebrados.

REFERENCES

- Accioly, I. V. and Molina, W. F. (2004), Contribuição a citogenética dos gêneros *Pomadasy* e *Anisotremus* (Haemulidae, Perciformes). In: X Simpósio de Citogenética e Genética de Peixes. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, p.113.
- Affonso, P. R. A. M.; Netto, M. R. C. B.; Pauls, E.; Viestel, M. A. D. and Pacheco, M. L. (1996), Estudos citogenéticos em *Phrynelox scaber* (fam. Antennariidae, ordem Lophiiformes). In: 42º Congresso Nacional de Genética, Sociedade Brasileira de Genética, Caxambu, p.109.
- Affonso, P. R. A. M.; Netto, M. R. C. B.; Oliveira, A. S. S.; Pauls, E. and Guedes, W. (1998a), Estudos citogenéticos em *Porychtys porosissimus* (Teleostei; Batrachoididae). In: VII Simpósio de Citogenética Evolutiva e Aplicada de Peixes Neotropicais, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, p. 2.
- Affonso, P. R. A. M.; Netto, M. R. C. B.; Oliveira, A. S. S.; Guedes, W. and Pauls, E. (1998b), Estudos em duas espécies de peixes marinhos da família Haemulidae da Baía de Ilha Grande. In: VII Simpósio de Citogenética Evolutiva e aplicada de Peixes Neotropicais, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, p.10.
- Affonso, P. R. A. M.; Guedes, W.; Pauls, E. and Galetti, P. M. (1999), Análise citogenética de peixes de recifes de corais da família Pomacanthidae (Perciformes). In: 45º Congresso Nacional de Genética, Sociedade Brasileira de Genética, Gramado, p.123.
- Affonso, P. R. A. M. (2000), Caracterização citogenética de peixes de corais da Família Pomacanthidae (Perciformes). Masters thesis, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil.
- Aguilar, C. T. (1993), Estudos citogenéticos em Serranidae (Pisces, Perciformes). Masters thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Aguilar, C. T. and Galetti Jr, P. M. (1997), Chromosomal studies in South Atlantic serranids (Pisces, Perciformes). *Cytobios*, **89**: 105-114.
- Alvarez, M. C.; Garcia, E. and Thode, G. (1986), Contribution to the karyoevolutive study of Labridae (Perciformes). The karyotypes of *Ctenolabrus rupestris* and *Symphodus ocellatus*. *Caryologia*, **39**: 353-357.
- Alves, L. A.; Porto-Foresti, F.; Oliveira, C. and Foresti, F. (2002), Ocorrência de cromossomos B no baiacu marinho *Sphoeroides greeley* (Tetraodontiformes, Tetraodontidae). In: IX Simpósio de Citogenética e Genética de Peixes, Universidade Estadual de Maringá, Maringá. p.113.
- Azevedo, M. F. C.; Oliveira, C. and Foresti, F. (2000), Estudo citogenético em *Achirus lineatus*, *Trinectes paulistanus* e *Paralichthys orbignyanus* (Pisces, Pleuronectiformes). In: VIII Simpósio de Citogenética e Genética de Peixes, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. p.41.
- Azevedo, M. F. C.; Oliveira, C. and Foresti, F. (2001), Estudos citogenéticos em *Symphuru tessellatus* e *Bothus ocellatus* (Pisces, Pleuronectiformes). In: XIV Encontro Brasileiro de Ictiologia, Unisinos, São Leopoldo.
- Azevedo, M. F. C.; Oliveira, C.; Pardo, B. G.; Martinez, P. and Foresti, F. (2004a), Considerações filogenéticas sobre a Família Achiridae (Pleuronectiformes, Teleostei), com base na análise citogenética. In: X Simpósio de Citogenética e Genética de Peixes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, p.118.
- Azevedo, M. F. C.; Oliveira, C.; Pardo, B. G.; Martinez, P. and Foresti, F. (2004b), Caracterização cariotípica de seis espécies de Pleuronectiformes (Teleostei) com discussão sobre a evolução cromossômica ocorrida na ordem. In: X Simpósio de Citogenética e Genética de Peixes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, p.119.
- Bacurau, T. O. F. and Molina, W. F. (2004), Karyotypic diversification in two atlantic species of Holocentridae (Pisces, Beryciformes). *Caryologia*, **57**(3): 300 – 304.

- Brugger, A. M.; Born, G. G. and Levy, S. A. (1990), Estudos preliminares cariotípicos e bioquímicos do Peixe-Rei (Atherinidae) na costa oceânica e região esturina do Rio Grande, RS. In: III Simpósio de Citogenética Evolutiva e Aplicada de Peixes Neotropicais, UNESP, Botucatu, p.38.
- Brum, M. J. I.; Aguilar, C. T.; Corrêa, M. M. O. and Galetti Jr, P. M. (1991), Estudos citogenéticos em Serranidae: Análise cromossômica preliminar em *Diplectrum radiale*. In: IX Encontro Brasileiro de Ictiologia, Sociedade Brasileira De Ictiologia, Maringá, p. 179.
- Brum, M. J. I.; Aguilar, C. T.; Corrêa, M. M. O. and Galetti Jr, P. M. (1992a), Multiple Sex Chromosomes In South Atlantic Clupeidae Fish *Brevortia aurea*. *Bras. J. Genet.* **15**: 547–553.
- Brum, M. J. I.; Aguilar, C. T.; Corrêa, M. M. O.; Oliveira, C. C. and Galetti Jr, P. M. (1992b), Estudos citogenéticos em peixes marinhos: Análises cromossômicas nas Famílias Clupeidae (Clupeiformes), Serranidae, Pomadasyidae e Blenniidae (Perciformes). In: IV Simpósio de Citogenética Evolutiva e Aplicada de Peixes Neotropicais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p. 43.
- Brum, M. J. I. (1994), Evolução Cariotípica dos Teleósteos Marinhos e suas correlações com a filogenia deste grupo (com especial ênfase aos Clupeiformes, Perciformes e Tetraodontiformes). Doctoral Thesis, Universidade Federal De São Carlos, São Paulo, Brasil.
- Brum, M. J. I.; Oliveira, C. C.; Corrêa, M. M. O. and Galetti Jr, P. M. (1994a), Estudos citogenéticos em *Scartella cristata* (Perciformes, Blenniidae) do litoral do estado do Rio de Janeiro. In: V Simpósio de Citogenética Evolutiva e Aplicada de Peixes Neotropicais, UNESP, Botucatu, p. 24.
- Brum, M. J. I.; Oliveira, C. C.; Corrêa, M. M. O. and Galetti Jr, P. M. (1994b), Contribuição ao conhecimento citogenético da Ordem Tetraodontiformes – Cariótipo de *Sphoeroides* do litoral do estado do Rio de Janeiro. In: V Simpósio de Citogenética Evolutiva e Aplicada de Peixes Neotropicais, UNESP, Botucatu, p.49.
- Brum, M. J. I. (1995), Correlações entre a Filogenia e a Citogenética de Peixes Teleósteos. *Res. Bras. Genet.* – Série Monografias **2**: 5-42.
- Brum, M. J. I.; Corrêa, M. M. O.; Oliveira, C. C. and Galetti Jr, P. M. (1995), Cytogenetics Studies on the Perciformes *Orthopristis ruber* (Haemulidae) and *Scartella cristata* (Blenniidae). *Caryologia*, **48** (3-4): 309-318.
- Brum, M. J. I. (1996), Cytogenetic Studies of Brazilian Marine Fish. *Bras. J. Genet.* **19** (3): 421-427.
- Brum, M. J. I.; Corrêa, M. M. O.; Purcell, C. A.; Ribeiro, V. P. and Muratori, R. S. (1996a), Análise cromossômica em *Xenomelaniris brasiliensis* (Atherinidae), *Micropogonias furnieri* (Scianidae) e *Bathygobius soporator* (Gobiidae) do litoral do estado do Rio de Janeiro. In: VI Simpósio de Citogenética Evolutiva e aplicada de Peixes Neotropicais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, p. 101.
- Brum, M. J. I.; Corrêa, M. M. O.; Purcell, C. A.; Ribeiro, V. P. and Muratori, R. S. (1996b), Contribuição ao conhecimento citogenético da ordem Tetraodontiformes II – os cariótipos de *Sphoeroides tyleri* (Tetraodontidae) e de *Chilomyterus spinosus* (Diodontidae). In: VI Simpósio de Citogenética Evolutiva e aplicada de Peixes Neotropicais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, p. 101.
- Brum, M. J. I. and Galetti Jr., P. M. (1997), Teleostei Ground Plan Karyotype. *J. Comp. Biol.* **2**(2): 91-102.
- Brum, M. J. I.; Affonso, P. R. A. M.; Mota, L. C. G.; Pauls, E. and Netto, M. R. C. B. (2001), Cytogenetic characterization of *Porichthys porosissimus* (Valenciennes, 1857) (Batrachoididae, Batrachoidiformes) from the Rio de Janeiro coast, *Brazil. Chromosome Science.* **5**: 15-18.
- Cano, J.; Thode, G. and Alvarez, M. C. (1981), Analisis cariologico de seis espécies de esparidos del Mediterráneo. *Genét. Ibér.*, **35**: 181-187.
- Castro-Leal, M. E.; Brum, M. J. I. and Corrêa, M. M. O. (1998), Estudos Citogenéticos em *Oligoplites saliens* (Perciformes, Carangidae) da Baía de Sepetiba, RJ – Resultados Preliminares. In: VII Simpósio de Citogenética Evolutiva e Aplicada de Peixes Neotropicais, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, p.14.
- Cipriano, R. R.; Cestari, M. M. and Fenocchio, A. S. (2002), Levantamento citogenético de peixes marinhos do litoral do Paraná. In: IX Simpósio de Citogenética e Genética de Peixes, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, p.111.
- Corrêa, M. M. O.; Brum, M. J. I.; Aguilar, C. T.; Oliveira, C. C. and Galetti, P. M. (1994), Estudos cromossômicos preliminares em *Scorpaena isthmensis* (Scorpaenidae, Scorpaeniformes) do litoral do Rio de Janeiro. In: V Simpósio de Citogenética Evolutiva e Aplicada de Peixes Neotropicais, Unesp, Botucatu, p. 27.
- Corrêa, M. M. O.; Aguilar, C. T.; Brum, M. J. I. and Galetti, P. M. (1995), Contribuição à Citotaxonomia dos Scorpaeniformes (Pisces- Teleostei): Estudos citogenéticos em espécies ocorrentes na Baía da Guanabara, RJ. In: 41° Congresso Nacional de Genética, Sociedade Brasileira de Genética, Caxambu, p.79.

- Corrêa, M. M. O. and Galetti Jr, P. M. (1997), Chromosomal diversity in Scorpaenidae (Teleostei, Scorpaeniformes): Cytogenetic studies in *Scorpaena brasiliensis* and *Scorpaena isthmensis* from the coast of Rio de Janeiro, *Brazil. Cytologia*, **62**: 397-404.
- Da Silva Cortinhas, M. C.; Cestari, M. M.; Swarça, A. C. and Fenocchio, A.S. (2003), First Chromosome Data About The Silverside *Atherinella brasiliensis* (Atheriniformes, Pisces) From The South Coast Of Brazil. Conventional, C-Nor And Cma₃ Bandings And Fish Studies. *Caryologia*, **56**, 2: 187 –191.
- Fenocchio, A. S.; Venere, P. C.; Cesar, A. C. G.; Dias, A. L. and Bertollo, L. A. C. (1991), Short Term Culture From Solid Tissues of Fishes. *Caryologia*, **44**, 2: 161-166.
- Franciosi, F. and Cestari, M. M. (2000), Estudos citogenéticos em exemplares do Gênero *Sphaeroides* (Tetraodontidae), pertencentes ao Bagaço (Pontal do Paraná). In: VIII Evento de Iniciação Científica da Universidade Federal do Paraná (Evinci), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p.226.
- Galetti Jr, P. M.; Aguilar, C. T. and Molina, W. F. (1999), An Overview Of Marine Fish Cytogenetics. *Hydrobiologia*, **20**: 1-8.
- Galvão, T. B. and Molina, W. F. (2003), Estudos citogenéticos em uma espécie de Labrisomidae, *Labrisomus nuchipinnis* (Pisces, Perciformes). In: 49º Congresso Nacional de Genética, Sociedade Brasileira de Genética, Águas de Lindóia, p.17.
- Gomes, V. (1981), Estudos Cariotípicos de *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1822) e *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) (Perciformes, Sciaenidae) da Região Estuarina Lagunar de Cananéia, SP, Brasil. Masters thesis, Instituto Oceanográfico, Universidade De São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Gomes, V.; Vazzoler, A. E. A. and Ngan, P. V. (1983a), Estudos cariotípicos de peixes da Família Sciaenidae (Teleostei, Perciformes) da região de Cananéia, SP, Brasil: 1. Sobre o cariótipo de *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823). *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo* **32**: 137 – 142.
- Gomes, V.; Vazzoler, A. E. A. and Ngan, P. V. (1983b), Estudos cariotípicos de peixes da Família Sciaenidae (Teleostei, Perciformes) da região de Cananéia, SP, Brasil: 2. Sobre o cariótipo de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758). *Bol. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, **32** 187-191.
- Gomes, V.; Phan, V. N. and Passo, M. J. A. C. (1990), The Karyotype of a Marine Catfish, *Bagre bagre*, from Brazil. *Japan. J. Ichthyol.* **37**: 321-323.
- Gomes, V.; Phan, V. N. and Passo, M. J. A. C. (1992), The Karyotype of *Cathrops* sp., a Marine Catfish from Brazil. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo* **40**: 87 – 91.
- Gomes, V.; Phan, V. N. and Passo, M. J. A. C. (1994), Karyotype of Three Species of Marine Catfishes from Brazil. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo.* **42**: 55 – 61.
- Imai, H. T. (1983), Quantitative analysis of karyotype alteration and species differentiation in mammals. *Evolution*, **37**: 1154-1161.
- Jordão, L. C.; Oliveira, C.; Foresti, F. and Godinho, H. M. (1992), Caracterização Citogenética da Tainha, *Mugil platanus* (Pisces, Mugilidae). *B. Inst. Pesca.*, **19**: 63-66.
- Legrande, W. H. and Fitzsimons, J. M. (1976), Karyology of the Mulletts *Mugil curema* and *Mugil cephalus* (Perciformes-Mugilidae) from Louisiana. *Copeia*, Carbondale, (2): 388-91. 1976.
- Levan, A.; Fredga, K. and Sandberg A. (1964), Nomenclature For Centromeric Position On Chromosomes. *Hereditas.* **52**: 201-220.
- Molina, W. F.; Lima, F. A. M. and Affonso, P. R. A. M. (2001), Assincronia entre padrões citogenéticos e morfológicos em Serranidae (Pisces, Perciformes). In: 47º Congresso Nacional de Genética, Sociedade Brasileira de Genética, Águas de Lindóia, p. 222.
- Molina, W. F.; Maia-Lima, F. A. and Affonso, P. R. A. M. (2002), Divergence Between Karyotypical Pattern and Speciation Events In Serranidae Fish (Perciformes). *Caryologia* **55**, 299-305.
- Molina, W. F. and Galetti Jr., P. M. (2002), Robertsonian Rearrangements In The Reef Fish *Chromis* (Perciforme, Pomacentridae) Involving Chromosomes Bearing 5s RNAr Genes. *Gen. Mol. Biol.* **25**, 4, 373 – 377.
- Molina, W. F. and Galetti Jr., P. M. (2004), Karyotypic Changes Associated To The Dispersive Potential On Pomacentridae (Pisces, Perciformes). *Journal Of Experimental Marine Biology And Ecology*, **309**, 109-119.
- Netto, M. R. C. B.; Pauls, E. and Affonso, P. R. A. M. (1998a), Estudos citogenéticos em peixes marinhos V: *Selene vomer* (Perciformes: Carangidae) In: 44º Congresso Nacional De Genética, Sociedade Brasileira de Genética, Águas de Lindóia, p. 43.
- Netto, M. R. C. B.; Oliveira, A. S. S.; Affonso, P. R. A. M. and Pauls, E. (1998b), Estudos citogenéticos em peixes marinhos: *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758) (Perciformes; Sparidae). In: VII Simpósio de Citogenética Evolutiva e Aplicada de Peixes Neotropicais, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, p. 11.
- Netto, M. R. C. B.; Affonso, P. R. A. M.; Oliveira, A. S. S.; Muniz, A. and Pauls, E. (1998c), Estudos citogenéticos em peixes marinhos: *Trachinotus goodei* (Linnaeus, 1758) (Perciformes; Carangidae). In: VII Simpósio de Citogenética Evolutiva e Aplicada de Peixes Neotropicais, Universidade Estadual De Londrina, Londrina, p. 13.
- Netto, M. R. C. B.; Foresti, F. and Oliveira, C. (1999), Caracterização Cromossômica de duas Espécies do Gênero *Centropomus*: *C. mexicanus* e *C. undecimalis* (Centropomidae, Perciformes). In: 45º Congresso Nacional De Genética, Sociedade Brasileira de Genética, Gramado, p. 79.

- Netto, M. R. C. B.; Oliveira, C. and Foresti, F. (2004), Homogeneidade Cariotípica Populacional de *Centropomus parallelus* e *Centropomus undecimalis* de Diferentes Ambientes Costeiros. In: X Simpósio de citogenética e Genética de Peixes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, p.110.
- Nirchio, M. and Cequea, H. 1998. Karyology of *Mugil liza* and *M. curema* from Venezuela. *Bol. Inv. Mar. Cost.*, **27**, 45-50.
- Nirchio, M.; Gonzáles, D. and Pérez, J. E. (2001), Estudio Citogenético de *Mugil curema* y *M. liza* (Pisces, Mugilidae): Regiones Organizadoras Del Nucleolo. *Bol. Ints. Oceanogr. Venezuela*, **40**(1-2), 3-7.
- Nirchio, M.; Cervigón, F.; Porto, J. I. R.; Pérez, J. E.; Gómez, J. A. and Villalaz, J. (2003), Karyotype Supporting *Mugil curema* Valenciennes, 1836 and *Mugil gaimardianus* Desmarest, 1831 (Mugilidae: Teleostei) As Two Valid Nominal Species. *Scientia Marina*, **67**(1), 113-115.
- Nirchio, M.; Cipriano, R.; Cestari, M. and Fenocchio, A. (2005), Cytogenetical and morphological features reveal significant differences among Venezuelan and Brazilian samples of *Mugil curema* (Teleostei: Mugilidae). *Neotropical Ichthyology*, **3**(1), 107-110.
- Noleto, R. B.; Vicari, M. R.; Cipriano, R. R.; Artoni, R. F.; Cestari, M. M. (In press), Physical mapping of 5S and 45S rDNA loci in pufferfishes (Tetraodontiformes). *Genetica*, 2006.
- Noleto, R. B.; Cipriano, Roger Raupp ; Kantek, D. L. Z.; Fenocchio, Alberto Sérgio; Cestari, Marta Margarete. Estudos Cromossômicos em Peixes das Famílias Tetraodontidae e Diodontidae (Tetraodontiformes) Pertencentes ao Litoral do Paraná. In: X Simpósio de Citogenética e Genética de Peixes, 2004, Natal. X Simpósio de Citogenética e Genética de Peixes, 2004. p. 121-121.
- Ohno, S.; Wolf, U. and Atkin, N. B. (1968), Evolution From Fish To Mammals By Gene Duplication. *Hereditas*, **59**, 169-187.
- Ohno, S. (1970), *Evolution By Gene Duplication*. New York, Springer-Verlag, 160pp.
- Ohno, S. (1974), Protochordata, Cyclostomata And Pisces. In John, B. (Ed.). *Animal Cytogenetics* **4**(1), 1-92.
- Oliveira, C.; Almeida-Toledo, L. F. and Foresti, F. (2000), Revisão dos Estudos Citogenéticos em Peixes Neotropicais de Águas Continentais. In: VIII Simpósio de Citogenética e Genética de Peixes, Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas, p.119.
- Pastori, M. C.; Cano, J.; Bertollo, C. and Fenocchio, A. S. (1998), Cytogenetic Study of Two Species Needlefish (Belontiidae) From Argentina. *Ital. J. Zool.*, **65**, Suppl: 57-60.
- Pauls, E. and Coutinho, I. A. (1990), Levantamento Citogenético em Peixes de Maior Valor Econômico do Litoral Fluminense (23° Lat./S). In: XVII Congresso Brasileiro de Zoologia, Sociedade Brasileira de Zoologia, Londrina, p.325.
- Pauls, E.; Coutinho, I. A. and Procópio, R. C. O. (1991), Estudos Citogenéticos nas Espécies *Orthopristis ruber*, *Bodianus rufus*, *Pomatomus saltatrix* e *Mullus argentinae*. In: IX Encontro Brasileiro de Ictiologia, Sociedade Brasileira de Ictiologia, Maringá, P.180.
- Pauls, E. (1993), Estudos Citogenéticos em Peixes Marinhos Visando o Melhoramento Genético. Tese de Concurso para professor Titular da Disciplina Genética e Melhoramento Animal do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Veterinária da UFF, Niterói, RJ.
- Pauls, E.; Viestel, M. A.; Affonso, P. R. A. M.; Netto, M. R. C. B. and D. Pacheco, M. L. (1995), Levantamentos Citogenéticos em Peixes Marinhos II: Família Monacanthidae, *Cantherhines macrocerus*. In: 41º. Congresso Nacional de Genética, Sociedade Brasileira de Genética. Caxambu, p. 449.
- Pauls, E.; Netto, M. R. C. B.; Affonso, P. R. A. M.; Oliveira, A. S. S.; Guedes, W. and Muniz, A. (1998), Estudos cariotípicos em *Mugil incilis* (Mugilidae, Perciformes) da Baía de Ilha Grande. In: VII Simpósio de Citogenética Evolutiva e aplicada de Peixes Neotropocais, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, p.15.
- Porto-Foresti, F.; Oliveira, C. and Foresti, F. (1997), Estudos Citogenéticos em *Moreia-pintada*, *Gymnothorax ocellatus* – Agassiz, 1831 (Pisces, Muraenidae) da Enseada Ubatuba (SP). In: XII Encontro Brasileiro de Ictiologia, Sociedade Brasileira de Ictiologia, São Paulo. p.01.
- Ramalho, T. R.; Fenocchio, A. S. and Cestari, M. M. (2001), Estudos Citogenéticos Preliminares em *Poecilia vivipara* (Cyprinodontiformes) pertencentes à Região de Pontal do Sul – Pr. In: XIV Encontro Brasileiro De Ictiologia, Unisinos, São Leopoldo.
- Reggi, R.; Périco, E., Suninsky, M. and Camillo, J. C. A. (1986), Estudos Citogenéticos em Papa-Terra, *Menticirrhus litoralis* (Perciformes, Serranidae). In: Simpósio de Citogenética Evolutiva e Aplicada de Peixes Neotropicais, UNESP, Botucatu, p. 57
- Rish, K. K. (1973), A Preliminary Report on the Karyotypes of Eighteen Marine Fishes. *Res. Bull. (N. S.) Of The Panjab Univ.*, **24**, 164-162.
- Rishi, K. K. and Singh, J. (1982), Karyological Studies On Five Estuarine Fishes. *Nucleus*, **25**: 178-180.
- Rocha, E. C. and Molina, W. F. (2004), Caracterização Citogenética da Espécie *Ocyurus chrysurus* (Perciformes, Pisces) do Litoral do Rio Grande do Norte, Brasil. In: X Simpósio de Citogenética e Genética de Peixes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, p.125.
- Ruiz-Carus, R. and Uribe-Alcocer, M. (2004), Karyotype Analysis of *Eucinostomus argenteus*, *E. gula*, *E. harengulus*, and *Eugerres plumieri*

- (Teleostei, Gerreidae) From Florida And Puerto Rico. *Experimental Biology of Fishes* **67**: 269-276.
- Sá-Gabriel, L. G. and Molina, W. F. (2003), Diversidade Cariotípica em *Balistes vetula* e *Melichthys niger* (Balistidae, Tetraodontiformes). In: 49º Congresso Nacional de Genética, Sociedade Brasileira de Genética, Águas de Lindóia, p.16.
- Sá-Gabriel, L. G. and Molina, W. F. (2004a), Karyotypical diversification in fishes of families Balistidae, Diodontidae and Tetraodontidae (Tetraodontiformes). *Caryologia*, Itália, v. 58, p. 229-237.
- Sá-Gabriel, L. G. and Molina, W. F. (2004b), Multiple sex chromosomes in *Stephanolepis hispidus* (Monacanthidae, Tetraodontiformes). *Cytologia*, **69**(4), 447-452.
- Sena, D. C. S. and Molina, W. F. (2001), Dados Cariotípicos em Peixes Recifais Marinhos *Sparisoma rubripinne* (Scaridae) e *Bodianus rufus* (Labridae) do Litoral do Rio Grande do Norte. In: 47º Congresso Nacional de Genética, Sociedade Brasileira de Genética, Águas de Lindóia, p. 206.
- Sena, D. C. S., Affonso, P. R. A. M.; Lima, F. A. M. and Molina, W. F. (2002), Rearranjos Robertsonianos e Inversões Pericêntricas em Peixes Recifais da Família Scaridae (Perciformes). In: IX Simpósio de Citogenética e Genética de Peixes, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, p.109.
- Sena, D. C. S. and Molina, W. F. (2003), Variação no Número de Cromossomos Bibraquiais na Subfamília Bodianinae: *Bodianus insularis* (Pisces, Labridae), Espécie Endêmica do Arquipélago São Pedro e São Paulo. In: 49º Congresso Nacional de Genética, Sociedade Brasileira de Genética, Águas de Lindóia, p.13.
- Sena, D. C. S. and Molina, W. F. (2004), Informações Cariotípicas em Peixes Recifais da Subfamília Bodianinae: *Bodianus rufus*, *B. insularis* e *B. pulchellus* (Pisces, Labridae). In: X Simpósio de Citogenética e Genética de Peixes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, p.124.
- Sena, D. C. S. and Molina, W. F. (2007) Robertsonian rearrangements and pericentric inversions in Scaridae fish (Perciformes). *Genetics and Molecular Research*, v. 6, p. 575-580.
- Srivastava, M. D. L. and Kaura, P. (1964), The Structure and Behaviour of Chromosomes in Six Freshwater Teleosts. *Cellule*, **65**: 93-107.
- Vasconcelos, A. J. M.; Lima, L. C. B.; Accioly, I. and Molina, W. F. (2003), Distribuição de Regiões Organizadoras de Nucléolo em Haemulidae (Pisces – Perciformes). In: 49º Congresso Nacional de Genética, Sociedade Brasileira de Genética, Águas de Lindóia, p.11.
- Vasconcelos, A. J. M.; Souza, A. S. and Molina, W. F. (2004), Caracterização Citogenética na Espécie *Apogon americanus* (Pisces, Perciformes). In: X Simpósio de Citogenética e Genética de Peixes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, p.115.
- Viestel, M. A. D.; Pauls, E.; Affonso, P. R. A. M. and Netto, M. R. C. B. (1996), Levantamento Citogenético em Peixes Marinhos III: Família Centropomidae, *Centropomus undecimalis*. In: 42º Congresso Nacional de Genética, Sociedade Brasileira de Genética, Caxambu, p. 113.
- Zenaid, A. K. and Almeida-Toledo, L. F. (1994), O Cariótipo de *Trachinotus carolinus* e *T. falcatus* (Pisces, Carangidae). In: Simpósio de Citogenética Evolutiva e Aplicada de Peixes Neotropicais, UNESP, Botucatu, p.25.

Received: October 17, 2005;
 Revised: May 31, 2006;
 Accepted: December 28, 2007.