

# Revisão de dados citogenéticos sobre a avifauna brasileira

Luana Pereira dos Santos<sup>1</sup> e Ricardo José Gunski<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Cs. Biológicas, Laboratório de Genética, Universidade Federal do Tocantins, Campus Porto Nacional, Rua 03, Q17, CEP 77 500-000, Jardim dos Ipês, Porto Nacional, TO, Brazil. E-mail: rgunski@uft.edu.br

<sup>2</sup> Autor para correspondência

Recebido em 26 de agosto de 2005; aceito em 02 de março de 2006

**ABSTRACT. A revision on Brazilian bird cytogenetics.** The Brazilian bird fauna, with more than 1700 species, represents one of the richest in the planet. However, the number of species analyzed cytogenetically is still low, with exception to domestic birds or those of economic interest. Currently, research groups working on bird chromosomes are also scarce if compared to other vertebrates. Different reasons can be pointed out to justify the lack of new researches on bird cytogenetics, such as the difficulty of sampling, large diploid numbers, the presence of only a few medium and large-sized chromosomes (macrochromosomes) and many small chromosomes (microchromosomes) in the complement. In the present study all the papers published from 1992 to 2006 reporting on Brazilian bird karyotypes were reviewed. The diploid numbers and the morphology of the sexual chromosomes are presented. Sixty-three new karyotypes were published during this time, which represents an increase of 38%. However, only 14% of the Brazilian birds have their karyotypes described. Three Orders and 38 Families remain completely unknown, representing a vast field of work for the future.

**KEY WORDS:** Brazil, birds, cytogenetics, karyotypes.

**RESUMO.** A avifauna brasileira, com mais de 1700 espécies, representa uma das maiores do planeta. Com exceção das aves domésticas ou de interesse econômico é escasso o número de espécies analisadas citogeneticamente. Atualmente existem poucos grupos de pesquisadores que se dedicam a esta área da ciência, quando comparados com outros grupos de vertebrados. Diferentes razões são apontadas para justificar este fato, dentre elas ressaltam-se a dificuldade na amostragem e obtenção do material de estudo, elevado número diplóide, presença de poucos cromossomos de tamanho médio a grande (macrocromossomos) e muitos cromossomos diminutos (microcromossomos), entre outras. No presente trabalho foram revisadas as pesquisas citogenéticas realizadas com aves que apresentam distribuição geográfica no Brasil no período de 1992 a 2006, destacando-se o número cromossômico e localização centromérica dos cromossomos sexuais. Os resultados indicam que foram publicados os cariótipos de 63 novas espécies, o que representa um aumento de 38%, porém, no total de aves brasileiras, essa percentagem não atinge 14%. Permanecem, portanto, três Ordens e 38 Famílias de aves sem que qualquer representante tenha seu cariótipo descrito até o momento, existindo um vasto campo para o desenvolvimento de pesquisas nesta área.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aves, Brasil, citogenética, cariótipo.

A fauna e flora silvestres vêm sendo constantemente ameaçadas de extinção, sendo as aves um dos grupos mais atingidos. Várias são as causas desta perda de espécies, mas certamente um dos fatores mais importantes é a destruição dos habitats, que leva ao isolamento de populações cada vez menores, aumentando as chances de desaparecimento (Paiva 1999, Miyaki 2001, Marini e Garcia 2005, Olmos 2005).

Guyer (1902) foi o primeiro a realizar estudos citogenéticos em aves, analisando a espermatogênese de pombos normais e híbridos. Nos anos posteriores, até a década de 50, o número de publicações foi muito reduzido, descrevendo-se os cariótipos de 107 espécies. Para isto, utilizou-se material proveniente de cortes histológicos de tecido gonadal, os quais não permitiam uma identificação acurada do número e morfologia dos cromossomos (Giannoni *et al.* 1986).

Posteriormente, com a introdução de novas técnicas (como a cultura de linfócitos, bulbo de penas em crescimento e cultura de medula óssea) e com o tratamento dos tecidos com soluções hipotônicas e colchicina, foi possível melhorar consideravelmente a qualidade das preparações citogenéticas (Giannoni *et al.* 1986, Lucca e Rocha 1992). Porém, algumas particularidades dos cariótipos das aves, como o pequeno volume do genoma, a presença de um grande número de microcromossomos e de poucos macrocromossomos, além da reduzida variabilidade do cariótipo, têm sido obstáculos para que um maior número de pesquisadores tenha interesse pelo estudo

citogenético deste grupo animal. Isto é válido principalmente para as análises que visam relacionar cariótipos para o estudo de aspectos evolutivos, e que, portanto, exigem a aplicação de técnicas de bandeamento cromossômico (Tegeslöröm e Rytzman 1981, Tegeslöröm *et al.* 1983, Lucca e Rocha 1992).

A determinação das características cromossômicas representa uma importante ferramenta para planos de conservação *in situ* e *ex situ*, sendo também capaz de prover valiosas informações sobre a filogenia de espécies dentro de um grupo. Sua utilização tem contribuído para que se entenda o papel dos rearranjos cromossômicos na especiação; tem trazido esclarecimentos acerca da diferenciação dos cromossomos sexuais; tem auxiliado na identificação e caracterização de espécies consideradas crípticas e possibilita a identificação do sexo em espécies que não apresentam dimorfismo sexual (Benirschke *et al.* 1980, Lucca e Rocha 1992, Bed'Hom *et al.* 2003). O conhecimento da biologia básica da Classe Aves, que na atualidade inclui mais de 9000 espécies, é bastante incompleto, em especial no que se refere à sua genética e evolução (Pigozzi e Solari 2000).

O primeiro trabalho de revisão que reuniu uma listagem das espécies conhecidas cariotipicamente foi realizado por Bloom (1969), com 91 espécies. Em 1973, uma nova revisão incluindo dados citogenéticos de 83 espécies foi publicada por Ray-Chaudhuri. O número de espécies de aves estudadas dobrou na década de 70 devido ao aprimoramento das técnicas

Tabela 1. Número diplóide (2n), morfologia dos cromossomos sexuais Z e W e referências bibliográficas das aves brasileiras estudadas citogeneticamente no período de 1992 até o presente. A nomenclatura científica segue Sick (1997).

Table 1. Diploid number (2n), morphology of the sexual chromosomes Z and W, and references of the Brazilian birds cytogenetically studied from 1992 until the current days. The scientific nomenclature follows Sick (1997).

<b>Espécie<sup>a</sup></b>	<b>2n</b>	<b>Z<sup>b</sup></b>	<b>W<sup>b</sup></b>	<b>Fonte</b>
<b>TINAMIFORMES</b>				
<b>Tinamidae</b>				
<i>Tinamus solitarius</i> *	80	a	a	Belterman e De Boer 1990, Garnero <i>et al.</i> 2006
<i>Crypturellus tataupa</i>	78	a	a	Garnero <i>et al.</i> 2006
<i>Rhynchotus rufescens</i> *	78	t		Garnero e Gunski 2000, Moro <i>et al.</i> 1994, Giannoni <i>et al.</i> 1991
<i>Nothura maculosa</i>	78	t	a	Garnero e Gunski 2000, Pigozzi e Solari 2005
<b>RHEIFORMES</b>				
<b>Rheidae</b>				
<i>Rhea americana</i>	80	a	a	Gunski e Giannoni 1998
<b>SPHENISCIFORMES</b>				
<b>Spheniscidae</b>				
<i>Spheniscus magellanicus</i> *	68	sm	sm	Ledesma <i>et al.</i> 2003b
<b>CICONIIFORMES</b>				
<b>Ardeidae</b>				
<i>Ardea cocoi</i> *	64			Oliveira <i>et al.</i> 2001
<i>Bubulcus ibis coromandus</i>	60	m	m	Mohanty e Bhunya 1990
<i>Syrigma sibilatrix</i> *	62			Oliveira <i>et al.</i> 2001
<i>Nycticorax nycticorax</i> *	64	sm	sm	Mohanty e Bhunya 1990
<i>Tigrisoma lineatum</i> *	72			Oliveira <i>et al.</i> 2001
<b>Therestiornithidae</b>				
<i>Platalea ajaja</i> *	72	m	t	Francisco e Galetti 2000
<b>Ciconiidae</b>				
<i>Mycteria americana</i> *	72	sm	t	Francisco e Galetti 2000
<i>Jabiru mycteria</i> *	56			Belterman e De Boer 1990

<b>Espécie<sup>a</sup></b>	<b>2n</b>	<b>Z<sup>b</sup></b>	<b>W<sup>b</sup></b>	<b>Fonte</b>
<b>ANSERIFORMES</b>				
<b>Anatidae</b>				
<i>Cygnus melancoryphus</i> *	78			Oliveira <i>et al.</i> 2001
<i>Sarkidiornis melanotos</i> *	80			Oliveira <i>et al.</i> 2001
<b>FALCONIFORMES</b>				
<b>Accipitridae</b>				
<i>Buteo swainsoni</i> *	68			Schmutz <i>et al.</i> 1993
<i>Buteo platypterus</i> *	68			Schmutz <i>et al.</i> 1993
<i>Parabuteo unicinctus</i> *	68			Schmutz <i>et al.</i> 1993
<i>Harpia harpyja</i>	58	sm	sm	Oliveira <i>et al.</i> 2005
<b>Pandionidae</b>				
<i>Pandion haliaetus</i> *	74	m	sm	Ryttman <i>et al.</i> 1987
<b>Falconidae</b>				
<i>Falco peregrinus</i> *	48			Schmutz e Oliphant 1987
<i>Falco columbarius</i>	40			Longmire <i>et al.</i> 1988
<b>GALLIFORMES</b>				
<b>Cracidae</b>				
<i>Penelope obscura</i> *	78	sm	t	Ledesma <i>et al.</i> 2003a
<i>Crax fasciolata</i> *	88	sm	t	Ledesma <i>et al.</i> 2003a
<i>Nothocrax urumutum</i> *	92			Oliveira <i>et al.</i> 2001
<b>CHARADRIIFORMES</b>				
<b>Charadriidae</b>				
<i>Pluvialis squatarola</i>	72	t	m	Bhunya e Mohanty 1990
<i>Pluvialis dominica fulva</i> *	78	t	st	Bhunya e Mohanty 1990
<b>Laridae</b>				
<i>Larus dominicanus</i> *	68	sm	sm	Ledesma <i>et al.</i> 2005

Espécie <sup>a</sup>	2n	Z <sup>b</sup>	W <sup>b</sup>	Fonte
<b>PSITTACIFORMES</b>				
<b>Psittacidae</b>				
<i>Anodorhynchus hyacinthinus</i> *	70	m	sm	Lunardi <i>et al.</i> 2003
<i>Ara ararauna</i>	70	m	m	Lucca <i>et al.</i> 1991
<i>Ara macao</i>	70	m	m	Lucca <i>et al.</i> 1991
<i>Ara chloroptera</i> *	70			Francisco e Galetti 2001
<i>Propyrrhura maracana</i> *	70			Francisco e Galetti 2001
<i>Aratinga acuticaudata</i> *	70	m	sm	Goldschmidt <i>et al.</i> 1997
<i>Aratinga aurea</i>	70	st		Lucca <i>et al.</i> 1991
<i>Nandayus nenday</i> *	70			Francisco e Galetti 2001
<i>Pyrrhura molinae</i>	70	m	sm	Lucca <i>et al.</i> 1991
<i>Forpus xanthopterygius</i>	86	m	m	Lucca <i>et al.</i> 1991
<i>Brotogeris versicolurus</i>	82	m	m	Lucca <i>et al.</i> 1991
<i>Brotogeris sanctithomae</i>	72	m	m	Lucca <i>et al.</i> 1991
<i>Pionites leucogaster</i> *	70	m	t	Francisco <i>et al.</i> 2001
<i>Pionopsitta pileata</i> *	70	m		Francisco <i>et al.</i> 2001
<i>Graydidascalus brachyurus</i> *	64	sm	sm	Caparroz e Duarte 2004
<i>Pionus menstruus</i>	72	st		Lucca <i>et al.</i> 1991
<i>Pionus maximiliani</i>	72	sm	sm	Lucca <i>et al.</i> 1991, Caparroz e Duarte 2004
<i>Amazona pretrei</i> *	68-70			Duarte e Caparroz 1995
<i>Amazona autumnalis</i>	68-72	m	m	Duarte e Caparroz 1995, Lucca <i>et al.</i> 1991
<i>Amazona brasiliensis</i> *	70	m	m	Duarte e Caparroz 1995
<i>Amazona rhodocorytha</i> *	68-70	m	m	Duarte e Caparroz 1995
<i>Amazona festiva</i> *	68-70	m		Duarte e Caparroz 1995
<i>Amazona xanthops</i> *	68-70	sm	sm	Duarte e Caparroz 1995
<i>Amazona aestiva</i>	68-70	m	m	Aquino e Ferrari 1990, Duarte e Caparroz 1995, Schmutz e Prus 1987
<i>Amazona ochrocephala</i>	68-70	m		Duarte e Caparroz 1995, Lucca <i>et al.</i> 1991
<i>Amazona amazonica</i>	68-70	m	m	Aquino e Ferrari 1990, Duarte e Caparroz 1995
<i>Amazona farinosa</i> *	68-70	m		Duarte e Caparroz 1995
<i>Amazona kawalli</i> *	68-70	m	m	Duarte e Caparroz 1995
<i>Amazona vinacea</i> *	68-70	m	m	Duarte e Caparroz 1995

<b>Espécie<sup>a</sup></b>	<b>2n</b>	<b>Z<sup>b</sup></b>	<b>W<sup>b</sup></b>	<b>Fonte</b>
<i>Deroptyus accipitrinus</i> *	70	m	t	Lunardi <i>et al.</i> 2003
<b>STRIGIFORMES</b>				
<b>Tytonidae</b>				
<i>Tyto alba</i>	90-92	m	sm	Rebholz <i>et al.</i> 1993, Hassan 1998
<b>Strigidae</b>				
<i>Pulsatrix perspicillata</i>	76			Rebholz <i>et al.</i> 1993
<i>Speotyto cunicularia</i>	86			Rebholz <i>et al.</i> 1993
<i>Strix hylophila</i> *	80			Rebholz <i>et al.</i> 1993
<i>Asio flammeus</i>	82			Sasaki <i>et al.</i> 1994
<b>CAPRIMULGIFORMES</b>				
<b>Caprimulgidae</b>				
<i>Lurocalis semitorquatus</i> *	82			Francisco <i>et al.</i> 2006
<i>Chordeiles pusillus</i> *	68	sm	t	Nieto e Gunski 1998
<i>Caprimulgus rufus</i> *	78	m	m	Nieto e Gunski 1998
<i>Caprimulgus parvulus</i> *	72	sm	t	Nieto e Gunski 1998
<i>Hydropsalis brasiliiana</i> *	74	a	m	Nieto e Gunski 1998
<b>APODIFORMES</b>				
<b>Apodidae</b>				
<i>Streptoprocne biscutata</i> *	64			Ribeiro <i>et al.</i> 2003
<i>Streptoprocne zonaris</i>	66			Ribeiro <i>et al.</i> 2003
<b>PICIFORMES</b>				
<b>Ramphastidae</b>				
<i>Pteroglossus castanotis</i> *	86	st		Castro <i>et al.</i> 2002
<i>Pteroglossus aracari</i> *	62	st		Castro <i>et al.</i> 2002
<i>Selenidera maculirostris</i> *	98	st		Castro <i>et al.</i> 2002
<i>Bailloniuss bailloni</i> *	92	st		Castro <i>et al.</i> 2002
<i>Ramphastos vitellinus</i> *	102	st		Castro <i>et al.</i> 2002

<b>Espécie<sup>a</sup></b>	<b>2n</b>	<b>Z<sup>b</sup></b>	<b>W<sup>b</sup></b>	<b>Fonte</b>
<i>Ramphastos dicolorus</i> *	98	st		Castro <i>et al.</i> 2002
<i>Ramphastos tucanus cuvieri</i> *	88	st		Castro <i>et al.</i> 2002
<i>Ramphastos toco</i>	106	st		Castro <i>et al.</i> 2002
<i>Ramphastos ariel</i> *	106	st		Castro <i>et al.</i> 2002
<b>PASSERIFORMES</b>				
<b>Formicariidae</b>				
<i>Dysithamnus mentalis</i> *	76	st		Ledesma <i>et al.</i> 2002
<i>Pyriglena leucoptera</i> *	82	st		Ledesma <i>et al.</i> 2002
<b>Tyrannidae</b>				
<i>Elaenia parvirostris</i> *	78	a	a	Gunski <i>et al.</i> 2000
<i>Platyrinchus mystaceus</i> *	60	a	a	Gunski <i>et al.</i> 2000
<i>Empidonax traillii</i>	74	sm		Shields <i>et al.</i> 1987
<i>Cnemotriccus fuscatus</i> *	84	sm	a	Gunski <i>et al.</i> 2000
<i>Myiarchus ferox</i> *	76	sm	sm	Gunski <i>et al.</i> 2000
<i>Pitangus sulphuratus</i>	78	sm	a	Gunski <i>et al.</i> 2000
<i>Tyrannus savana</i> *	78	a	a	Gunski <i>et al.</i> 2000
<i>Tyrannus melancholicus</i>	78	sm	a	Gunski <i>et al.</i> 2000
<b>Emberizidae</b>				
<i>Oryzoborus maximiliani</i> *	72	sm	m	Goldschmidt <i>et al.</i> 2000
<i>Pheucticus aureoventris</i> *	78	sm	st	Ledesma <i>et al.</i> 2006
<b>Ploceidae</b>				
<i>Passer domesticus</i>	76	m	a	Hassan 1998

\* Espécies descritas pela primeira vez no período de 1992 a 2006.

m = metacêntrico; sm = submetacêntrico; a = acrocêntrico; st = subtelocêntrico.

\* Species studied for the first time in the period from 1992 to 2006.

m = metacentric; sm = submetacentric; a = acrocentric; st = subtelocentric.

citogenéticas (Shields 1982). De Boer (1984) publicou uma listagem com dados de 587 espécies, sendo 385 não Passeriformes e 202 Passeriformes, referentes a um total de 256 trabalhos. Capanna *et al.* (1987) relacionaram dados referentes a 484 espécies pertencentes a 28 Ordens.

No Brasil, o trabalho pioneiro sobre citogenética de Aves foi realizado em 1965 pela Dra. Margarida Lopes de Aguiar, intitulado “*Técnicas de cultura de tecidos para estudo dos cromossomos em aves*”. O Prof. Dr. Edmundo José De Lucca da UNESP de Botucatu, SP, realizou uma importante contri-

buição através de um número expressivo de publicações e, em co-autoria com o Prof. Dr. Guaracy T. Rocha, da mesma instituição, apresentaram em 1992 a primeira revisão sobre as espécies de aves brasileiras analisadas citogeneticamente. Este trabalho incluiu 165 espécies, pertencentes a 17 Ordens e 43 Famílias, o que representa 10% do total das espécies que ocorrem no país, número este pouco representativo diante da quantidade de espécies conhecidas.

O presente trabalho teve como objetivo relacionar as publicações sobre citogenética de aves, que apresentam distribuição geográfica no Brasil, realizadas posteriormente à revisão de Lucca e Rocha (1992), visando facilitar a escolha de grupos e espécies em posteriores estudos citogenéticos e enumerar a quantidade aproximada de espécies estudadas citogeneticamente até o momento.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram reunidas as publicações sobre citogenética de aves brasileiras realizadas posteriormente ao trabalho de Lucca e Rocha (1992) até o presente momento, listando-se todas as espécies estudadas, tendo o cariótipo sido descrito pela primeira vez ou não. Foram ressaltados o número diplóide e a localização centromérica dos cromossomos sexuais. Resumos apresentados em congressos não foram considerados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 40 trabalhos publicados, 93 espécies foram estudadas, porém somente 63 tiveram seu cariótipo descrito pela primeira vez (Tabela 1), o que representa um aumento de 38% com relação aos dados de Lucca e Rocha (1992). Entretanto, o total de aves brasileiras cariotipadas não atinge 14%.

A ordem Psittaciformes foi a que apresentou o maior número de cariótipos descritos (17). As análises citogenéticas têm sido utilizadas para elucidar relações filogenéticas entre os Psittacidae com grau variável de sucesso (Lucca 1984, Aquino e Ferrari 1990, Belterman e De Boer 1990, Christidis *et al.* 1991, Lucca *et al.* 1991, Duarte e Caparroz 1995, Caparroz e Duarte 2004). Duarte e Caparroz (1995) estudaram os cariótipos de 12 espécies pertencentes ao gênero *Amazona* e puderam confirmar a não inclusão de *A. xanthops* neste gênero, sugerindo seu retorno para o gênero *Salvatoria*. Esta decisão pôde ser justificada pelo conservadorismo cromossômico observado no gênero *Amazona*, pelas diferenças no padrão cromossômico geral em relação aos outros Psittacidae e mudanças que podem ser explicadas por uma separação muito antecipada na árvore evolutiva da Família Psittacidae. Recentemente, Caparroz e Duarte (2004) encontraram similaridade cromossômica entre *Pionus maximiliani*, *Graydidascalus brachyurus* e *Salvatoria xanthops* e sugeriram que *G. brachyurus* e *S. xanthops* sejam espécies irmãs e possuam uma forte relação com o gênero *Pionus*.

Francisco *et al.* (2001), Francisco e Galetti (2001) e Lunardi *et al.* (2003), analisando representantes da tribo Arine

(que reúne todos os Psittacidae brasileiros), revelaram uma notável dicotomia na estrutura dos cariótipos, a qual sustenta a existência de dois grupos monofiléticos distintos dentro desta tribo, como previamente sugerido por análises de mtDNA (Miyaki *et al.* 1998). A manutenção de um número diplóide de  $2n = 70$  em muitas espécies de psitacídeos Neotropicais parece apoiar a hipótese de que o principal mecanismo evolutivo que tem levado à diversificação cariotípica dentro do grupo tem sido inversões pericêntricas e/ou translocações, as quais não implicam em mudanças no número diplóide. Contudo, recentemente, Ledesma *et al.* apresentaram no II Simpósio de Genética de Aves (UFSCar-SBG 1 a 3/06/2005) dados referentes às espécies *Ara ararauna*, *A. macao*, *A. chloroptera*, *A. rubrogenys*, *A. glaucogularis* e um híbrido de *Ara* (*Ara macao* x *Ara Catalina*), todos com  $2n = 64$  cromossomos, o que difere dos trabalhos previamente publicados que relataram  $2n = 70$  para o gênero. As aves com  $2n = 64$  pertencem a populações com distribuição na Bolívia, enquanto as que apresentaram  $2n = 70$  são muito provavelmente provenientes de populações brasileiras. Portanto, estudos que incluam um número expressivo de indivíduos com procedência conhecida serão necessários para se determinar a natureza destas diferenças.

A Ordem Piciformes teve nove espécies analisadas, todas pertencentes à Família Ramphastidae, destacando-se neste grupo, o reduzido número diplóide de *Pteroglossus aracari* ( $2n = 62$ ). Isto sugere as fusões em *tandem* como mecanismo evolutivo, com efeito na redução do número cromossômico (Castro *et al.* 2002).

Entre os Passeriformes, a Família Tyrannidae, uma das mais numerosas e complexas do ponto de vista taxonômico, apresentou cinco novas espécies estudadas, que evidenciaram uma grande variabilidade numérica e morfológica, tanto nos cromossomos sexuais quanto nos autossomos, representando assim um dos grupos de maior interesse para estudos citogenéticos futuros (Gunski *et al.* 2000).

Com base na análise sequencial Giemsa/Banda-C/NOR, Gunski e Giannoni (1998) propuseram um novo número diplóide para *Rhea americana* ( $2n = 80$ ). Isto porque as Regiões Organizadoras de Nucléolo foram identificadas num par de microcromossomos que apresentou uma considerável constrição secundária, a qual pode ter induzido erros de contagem quando os cariótipos foram analisados apenas com coloração convencional. Trabalhos prévios apontaram  $2n = 82$  para esta espécie (Takagi *et al.* 1972, Takagi e Sasaki 1974, Ansari *et al.* 1988), demonstrando a necessidade de se utilizar técnicas de coloração diferencial na análise cariotípica das aves, preferencialmente em forma sequencial, para uma correta identificação dos menores elementos do complemento.

A ordem Tinamiformes tem sido estudada por diversos autores. Garner e Gunski (2000) estudaram duas espécies da família Tinamidae (*Nothura maculosa*, 3♀ e 2♂ e *Rynchotus rufescens* 3♂) e observaram a presença de polimorfismo num exemplar de *N. maculosa*. Os cariótipos destas duas espécies apresentaram o mesmo número diplóide ( $2n = 78$ ), diferenciando-se apenas pelos padrões de bandeamento C do primei-

ro e segundo pares. A análise seqüencial Giemsa–NOR, realizada por Moro *et al.* (1994), permitiu a identificação do par cromossômico nove de *R. rufescens* como o responsável pela organização do nucléolo.

Nos achados de Francisco e Galetti (2000), o cariótipo de *Mycteria americana* foi idêntico ao de *M. cinerea*, e a morfologia dos macrocromossomos mostrou-se similar à de outros Ciconiidae previamente estudados. Segundo Belterman e De Boer (1990), o complemento cromossômico de *M. cinerea* poderia representar um cariótipo ancestral dos ciconídeos. Neste grupo, a redução do número de microcromossomos não foi acompanhada por um aumento no número de macrocromossomos, e aparentemente foi resultante da perda de microcromossomos (Belterman e De Boer 1990).

De acordo com Francisco e Galetti (2000), *Platalea ajaja* (Threskiornithidae) apresenta um cariótipo similar a *Eudocimus ruber* e *Threskiornis aethiopica*, estudados por Takagi e Sasaki (1974). Rearranjos cromossômicos parecem ser muito mais freqüentes entre os Threskiornithidae do que entre os Ciconiidae. Desta forma, a evolução cromossômica destes dois grupos parece ser mediada por mecanismos distintos, muito embora ambas as famílias possam ser parte de um único grupo maior de Ciconiformes.

Ledesma *et al.* (2003b), ao estudar o cariótipo de *Spheniscus magellanicus*, comparou seus dados com os de três espécies de pingüins analisadas anteriormente e estabeleceu que a principal diferença entre eles é encontrada no número de microcromossomos. Variações na posição dos centrômeros foram também observadas nos macrocromossomos, sendo provavelmente resultantes de inversões pericêntricas. A partir do bandeamento C, foi possível observar para *S. magellanicus* a existência de uma elevada quantidade de heterocromatina no cromossomo W e nas regiões centroméricas dos autosomos, característica compartilhada com as espécies do gênero *Pygoscelis* (Delgado-Cañedo *et al.* 1999). Estudos que incluem espécies do gênero *Eudyptes* seriam de grande importância para se comprovar a elevada homologia cromossômica observada até o momento neste grupo de aves.

As cinco espécies analisadas pertencentes à ordem Caprimulgiformes mostraram em geral cariótipos com um predomínio de cromossomos acrocêntricos e telocêntricos nos pares maiores, enquanto que nos pares de menor tamanho foram observados cromossomos acrocêntricos e metacêntricos. Destaca-se nestas aves a morfologia metacêntrica do oitavo par nas cinco espécies analisadas, mostrando ser conservado ao longo do processo evolutivo. *Caprimulgus parvulus* não se ajusta a estas características por apresentar os dez pares de macrocromossomos metacêntricos ou submetacêntricos, o que pode sugerir uma maior freqüência de rearranjos, como inversões pericêntricas ou fusões cêntricas. Uma condição comum observada nas aves deste grupo é a ausência de heterocromatina constitutiva na grande maioria dos cromossomos do complemento (Nieto e Gunski 1998).

Os dados aqui apresentados contrapõem-se à visão tradicional de uma reduzida variabilidade no cariótipo das aves

(Tegelström e Rytman 1981, Srb 1985). No entanto, o pequeno incremento no número de aves cariotipadas na última década, a falta de estudos aprofundados com técnicas de bandeamento cromossômico, e de forma geral, o baixo número de exemplares utilizados nas pesquisas, incidem negativamente no crescimento desta área da ciência. Assim, no Brasil permanecem ainda três Ordens e 38 Famílias de aves sem que qualquer representante tenha seu cariótipo descrito.

Estudos futuros poderão contribuir para uma maior elucidação das relações citotaxonômicas dos diferentes grupos, bem como na identificação e preservação de populações ameaçadas ou geneticamente divergentes.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à equipe do Laboratório de Genética Animal do Instituto de Biologia e Saúde Pública da Universidade Federal do Tocantins.

#### REFERÊNCIAS

- Aguiar, M. L. R. (1965) Técnicas de cultura de tecidos para estudo dos cromossomos em aves. *Cienc. Cult.* 17:587-590.
- Ansari, H. A., N. Takagi e M. Sasaki (1988) Morphological differentiation of sex chromosomes in three species of ratite birds. *Cytogenet. Cell Genet.* 47:185-188.
- Aquino, R. e I. Ferrari (1990) Chromosome study of *Amazona amazonica* and *A. aestiva* (Aves: Psittaciformes): determination of chromosome number and identification of sex chromosomes by C-banding method. *Genetica* 81:1-3.
- Bed'Hom, B., P. Coullin, Z. Guillier-Gencik, S. Moulin, A. Bernheim e V. Volobouev (2003) Characterization of the atypical karyotype of the black-winged kite *Elanus caerulus* (Falconiformes: Accipitridae) by means of classical and molecular techniques. *ChromosomeResearch* 11:335-343.
- Belterman, R. H. R. e L. E. M. De Boer (1990) A miscellaneous collection of bird karyotypes. *Genetica* 83:17-29.
- Benirschke, K., B. Lasley e O. Ryder (1980) The technology of captive propagation, p. 225-242. *Em: M. E. Soulé, B. A. Wilcox (eds.) Conservation Biology – An Evolutionary-Ecological Perspective.* Massachusetts: Sinauer Associates and INC Publisher.
- Bhunya, S. P. e M. K. Mohanty (1990) Chromosome evolution in two families of Charadriiform birds. *Caryologia* 43:79-85.

- Bloom, S. E. (1969) A current list of chromosome numbers and variations for species of the avian subclass Carinatae. *J. Hered.* 60:217-220.
- Capanna, E., M. Civitelli e E. I. Martinico (1987) I Cromosomi degli uccelli. Citotassonomia ed evoluzione cariotipica. *Avocetta* 11:101-143.
- Caparroz, R. e J. M. B. Duarte (2004) Chromosomal similarity between the Scaly-headed parrot (*Pionus maximiliani*), the short-tailed parrot (*Graydidascalus brachyurus*) and the yellow-faced parrot (*Salvatoria xanthops*) (Psittaciformes: Aves): A cytotaxonomic analysis. *Genetics and Mol. Biol.* 27:522-528.
- Castro, M. S., S. M. Recco-Pimentel e G. T. Rocha (2002) Karyotypic characterization of Ramphastidae (Piciformes, Aves). *Genetics and Mol. Biol.* 25:147-150.
- Christidis, L., D. D. Shaw e R. Schodde (1991) Chromosomal evolution in parrots, lorikeets and cockatoos (Aves: Psittaciformes). *Hereditas* 114:47-56.
- De Boer, L. E. M. (1984) New developments in vertebrate cytotaxonomy. VIII. A current list of references on avian Karyology. *Genetica* 65:3-37.
- Delgado-Cañedo, A., R. J. Gunski, D. Montalti, G. Leotta e M. A. Ledesma (1999) Estudo Citogenético do gênero *Pygoscelis* (Aves: Spheniscidae). *Genetics and Mol. Biol.* v.22. 3:55. Supplement.
- Duarte, J. M. B. e R. Caparroz (1995) Cytotaxonomic analysis of Brazilian species of the genus *Amazona* (Psittacidae, Aves) and confirmation of the genus *Salvatoria* (Ribeiro, 1920). *Braz. J. Genet.* 18:623-628.
- Francisco, M. R. e P. M. Galetti Junior. (2000) First karyotypic description of two American Ciconiiform birds, *Mycteria americana* (Ciconiidae) and *Platalea ajaja* (Threskiornithidae) and its significance for the chromosome evolutionary and biological conservation approaches. *Genetics and Mol. Biol.* 23:799-801.
- \_\_\_\_ e \_\_\_\_ (2001) Cytotaxonomic considerations on Neotropical Psittacidae birds and description of three new Karyotypes. *Hereditas* 134:225-228.
- \_\_\_\_ V. O. Lunardi e P. M. Galetti Junior (2001) Chromosomal Evidences of Adaptive Convergence in the Tail Morphology of Neotropical Psittacidae (Aves, Psittaciformes). *Cytologia* 66:329-332.
- \_\_\_\_ V. O. Lunardi, C. Garcia e P. M. Galetti Junior (2006) Karyotype description of the Semicollared nighthawk, *Lurocalis semitorquatus* (Caprimulgidae), and cytotaxonomic considerations on Caprimulgiformes. *Rev. Bras. de Ornitol* 14:63-65.
- Garnero, A. Del. V. e R. J. Gunski (2000) Comparative analysis of the karyotypes of *Nothura maculosa* and *Rynchotus rufescens* (Aves: Tinamidae). A case of chromosomal polymorphism. *The nucleus* 43:64-70.
- \_\_\_\_, M. A. Ledesma e R. J. Gunski (2006) Alta homeologia cariotípica na família Tinamidae (Aves: Tinamiformes). *Rev. Bras. de Ornitol.* 14:53-58
- Giannoni, M. L., M. A. Giannoni e I. Ferrari (1986) *Citogenética aplicada às aves*. Piracicaba: FEALQ.
- \_\_\_\_, J. M. B. Duarte, M. E. G. Moro e J. Boer (1991) Cytogenetic research in wild animals at FCAVJ, Brazil. II. Birds. *Genet. Sel. Evol.* 23:123-125.
- Goldschmidt, B., D. M. Nogueira, D. W. Monsoreo e L. M. Souza (1997) Chromosome study in two *Aratinga* species (*A. guarouba* and *A. acuticaudata*) (Psittaciformes). *Braz. J. Genet.* 20:1-6.
- \_\_\_\_, D. M. Nogueira, K. P. A. Silva e L. M. Souza (2000) Study of the karyotype of *Oryzoborus maximiliani* (Passeriformes – Aves) using young feather pulp cultures. *Genetics and Mol. Biol.* 23:371-373.
- Gunski, R. J. e M. L. Giannoni (1998) Nucleolar organizer and a new chromosome number for *Rhea americana* (Aves: Rheiformes). *Genetics and Mol. Biol.* 21:207-210.
- \_\_\_\_, G. S. Cabanne, M. A. Ledesma e A. Del. V. Garnero (2000) Análisis cariotípico de siete especies de Tiránidos (Tyrannidae). *Hornero* 15:103-109.
- Guyer, F. M. (1902) Spermatogenesis of normal and hybrid pigeons. *Bull. Univ. Cincinnati* 21 Ser. 2 Vol. 2.
- Hassan, H. A. (1998) Karyological studies on six species of birds. *Cytologia* 63:349-363.
- Ledesma, M. A., A. Del. V. Garnero e R. J. Gunski (2002) Análise do cariótipo de duas espécies da família Formicariidae (Aves, Passeriformes). *Ararajuba* 10:15-19.
- \_\_\_\_, \_\_\_\_ e \_\_\_\_ (2003a) Karyological description and comparison of *Crax fasciolata* and *Penelope obscura* (Aves: Cracidae). *Bulletin of the IUCN/Bird life* 17:18-24.
- \_\_\_\_, T. R. O. Freitas, J. Da Silva, F. Da Silva e R. J. Gunski (2003b) Descripción cariotípica de *Spheniscus magellanicus* (Spheniscidae). *Hornero* 18:61-64.
- \_\_\_\_, D. E. Cardozo, D. Montalti, G. A. Leotta e R. J. Gunski (2005) Estudios Citogenéticos en Tres Especies de Aves Antárticas. *Revista de Ciencia y Tecnologia* 7:68-72.
- \_\_\_\_, P. A. Martinez, P. L. Calderón, J. M. Boeris e J. M. Meriles (2006) Descrição do cariótipo e padrões de Nor em

- Pheucticus aureoventris* (Emberizidae, Cardinalinae). *Rev. Bras. de Ornitol.* 14:59-62.
- Longmire, J. L., A. K. Lewis, N. C. Brown, J. M. Buckingham, L. M. Clark, M. D. Jones, L. J. Meincke, J. Meyne, R. L. Ratliff, F. A. Ray, R. P. Wagner e R. R. Moyzis (1988) Isolation and molecular characterization of a highly polymorphic centromeric tandem repeat in the family falconidae. *Genomics* 2:14-24.
- Lucca, E. J. (1984) A comparative study of the chromosomes in 5 species of birds from the genus *Aratinga*. *Cytologia* 49:537-545.
- \_\_\_\_\_, e G. T. Rocha (1992) Citogenética de Aves. *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi. ser. Zool.* 8:33-67.
- \_\_\_\_\_, L. R. Shirley e C. Lanier (1991) Karyotype studies in twenty-two species of parrots (Psittaciformes: Aves). *Rev. Brasil. Genet.* 14:73-98.
- Lunardi, V. O., M. R. Francisco, G. T. Rocha, B. Goldschmidt e P. M. Galetti Junior (2003) Karyotype description of two Neotropical Psittacidae species: the endangered Hyacinth macaw, *Anodorhynchus hyacinthinus*, and the Hawk-headed Parrot, *Derophtus accipitrinus* (Psittaciformes: Aves), and its significance for conservation plans. *Genetics and Mol. Biol.* 26:283-287.
- Marini, M. A. e F. I. Garcia (2005) Bird Conservation in Brazil. *Cons. Biol.* 19:665-671.
- Miyaki, C. Y. (2001) Genética e evolução aplicada à conservação, p. 239-246. In: J. L. B. Albuquerque; J. F. Cândido Jr.; F. C. Straube e A. L. Roos (eds) *Ornitologia e Conservação. Da Ciência às Estratégias*. Tubarão: Editora Unisul.
- \_\_\_\_\_, S. R. Matioli, T. Burke e A. Wajntal (1998) Parrot evolution and paleogeographical events: mitochondrial DNA evidence. *Mol. Biol. Evol.* 15:544-551.
- Mohanty, M. K. e S. P. Bhunya (1990) Karyological studies in four species of ardeid birds (Ardeidae, Ciconiiformes). *Genetica* 81:211-214.
- Moro, M. E. G., M. L. Giannoni, J. A. Boer e P. A. Tosta (1994) Study of the *Rhynchotus rufescens* – Red-Winged Tinamou (Aves: Tinamiformes) Raised in captivity II. Cytogenetic. *ARS Veterinaria* 10:41-49.
- Nieto, L. M. e R. J. Gunski (1998) Estudios Cromosômicos en atajacaminos (Aves, Caprimulgidae). *Bol. Soc. Biol. Concepcion, Chile* 69:161-169.
- Oliveira, M. D., W. Jorge e C. P. Barezani (2001) Chromosome study in 6 Brazilian birds. *Caryologia* 3:235-244.
- Oliveira, E. H. C., F. A. Habermann, O. Lacerda, I. J. Sbalqueiro, J. Wienberg e S. Müller (2005) Chromosome reshuffling in birds of prey: the karyotype of the world's largest eagle (*Harpy eagle, Harpia harpyja*) compared to that of the chicken (*Gallus gallus*). *Chromosoma* 114:338-343.
- Olmos, F. (2005) Aves ameaçadas, prioridades e políticas de conservação no Brasil. *Natureza e Conservação* 3:21-42.
- Paiva, M. P. (1999) *Conservação da fauna Brasileira*. Rio de Janeiro: Editora Interciência.
- Pigozzi, M. I. e A. J. Solari (2000) Los Cromosomas sexuales y la evolución de las Aves. *Ciencia Hoy* 10:42-50.
- \_\_\_\_\_, e \_\_\_\_\_ (2005) Meiotic recombination in the ZW pair of a tinamid bird shows a differential pattern compared with neognaths. *Genome* 48:286-290.
- Ray-Chaudhuri, R. (1973) Cytotaxonomy and chromosome evolution in birds, p. 425-483. Em: A. B. Chiarelli, E. Capanna (eds.) *Cytotaxonomy and vertebrate evolution*. London: Academic Press.
- Rebholz, W. E. R., L. E. M. De Boer, M. Sasaki, R. H. R. Belterman e C. Nishida-Umehara (1993) The Chromosomal Phylogeny of Owls (Strigiformes) and new karyotypes of seven species. *Cytologia* 58:403-416.
- Ribeiro, J., R. A. Torres, M. L. Adam e D. A. Cornélio (2003) Cytotaxonomic diagnoses of two Neotropical swift species: *Streptoprocne biscutata* and *Streptoprocne zonaris* (Aves: Apodidae). *Zootaxa* 224:1-7.
- Ryttman, H., H. Tegelstrom, K. Fredga e J. Sondell (1987) The karyotype of the osprey, *Pandion haliaetus* (Aves: Falconiformes). *Genetica* 74:143-147.
- Sasaki, M., C. Nishida-Umehara e K. Tsuchiya (1994) A Comparative Study of G – banded karyotypes in eight species of owls. *Cytologia* 59:183-185.
- Schmutz, S. M. e L. W. Oliphant (1987) Chromosome study of Peregrine, Prairie and Gyrfalcons with implications for hybrids. *J. hered.* 78:388-390.
- \_\_\_\_\_, e S. E. Prus (1987) A cytogenetic study of four species of cockatoos and amazon parrots. *Genetica* 74:69-71.
- \_\_\_\_\_, J. S. Moker e T. D. Thue (1993) Chromosomes of five North American Buteonine Hawks. *J. Raptor Res.* 27:196-202.
- Shields, G. F. (1982) Comparative Avian Cytogenetics: A Review. *Condor* 84:45-58.
- \_\_\_\_\_, J. C. Barlow e R. D. James (1987) Karyotypes of five species of *Empidonax flycatchers*. *Wilson Bull.* 99:169-174.

- Sick, H. (1997) *Ornitologia Brasileira*. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira.
- Srb, V. (1985) Birds and Comparative Cytogenetics. *The nucleus* 28:96-98.
- Takagi, N., M. Itoh e M. Sasaki (1972) Chromosome studies in four species of ratitae (Aves). *Chromosoma* 36:281-291.
- \_\_\_\_\_ e M. Sasaki (1974) A phylogenetic study of bird karyotypes. *Chromosoma* 46:91-120.
- Tegelström, H. e H. Rytman (1981) Chromosomes in birds (aves): evolutionary implications of macro and microchromosomes numbers and lengths. *Hereditas* 94:225-233.
- \_\_\_\_\_, T. Ebenhard e H. Rytman (1983) Rate of karyotype evolution and speciation in birds. *Hereditas* 98:235-239.