



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE BIOLOGIA

FERNANDA DE FÁTIMA SANTOS SOARES

ANÁLISE COMPARATIVA DO NÚMERO CROMOSSÔMICO
DA FLORA LENHOSA DO CERRADO E FLORESTA
ATLÂNTICA

CAMPINAS

2016

FERNANDA DE FÁTIMA SANTOS SOARES

**ANÁLISE COMPARATIVA DO NÚMERO CROMOSSÔMICO DA
FLORA LENHOSA DO CERRADO E FLORESTA ATLÂNTICA**

*Dissertação apresentada ao Instituto de
Biologia da Universidade Estadual de
Campinas como parte dos requisitos
exigidos para a obtenção do Título de
Mestra em Biologia Vegetal.*

ESTE ARQUIVO DIGITAL CORRESPONDE À
VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA
PELA ALUNA FERNANDA DE FÁTIMA SANTOS
SOARES E ORIENTADA PELO PROF. DR.
FERNANDO ROBERTO MARTINS.

CAMPINAS

2016

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Biologia
Mara Janaina de Oliveira - CRB 8/6972

So11a Soares, Fernanda de Fátima Santos, 1991-
Análise comparativa do número cromossômico da flora lenhosa do Cerrado e Floresta Atlântica / Fernanda de Fátima Santos Soares. – Campinas, SP : [s.n.], 2016.

Orientador: Fernando Roberto Martins.
Coorientador: Eliana Regina Forni-Martins.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. Número cromossômico. 2. Cerrados. 3. Citotaxonomia vegetal. 4. Mata Atlântica. I. Martins, Fernando Roberto, 1949-. II. Forni-Martins, Eliana Regina, 1957-. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Comparative analysis of the chromosome number of Cerrado and Atlantic Forest woody floras

Palavras-chave em inglês:

Chromosome numbers

Cerrados

Plant cytotaxonomy

Mata Atlântica (Brazil)

Área de concentração: Biologia Vegetal

Titulação: Mestra em Biologia Vegetal

Banca examinadora:

Fernando Roberto Martins [Orientador]

Samantha Koehler

Ricardo Augusto Lombello

Data de defesa: 29-02-2016

Programa de Pós-Graduação: Biologia Vegetal

Campinas, 29 Fevereiro de 2016.

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Fernando Roberto Martins

Profa. Dra. Samantha Koehler

Prof. Dr. Ricardo Augusto Lombello

Prof. Dr. André Olmo Simões

Os membros da Comissão Examinadora acima assinaram a Ata de Defesa, que se encontra no processo de vida acadêmica do aluno.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo concedida.

Ao Prof. Dr. Fernando Roberto Martins, pela excelente orientação, confiança depositada, paciência ao ensinar e corrigir meus erros, pela amizade e por tanto ter contribuído à minha formação.

À Profa. Dra. Eliana Regina Forni-Martins, pelas discussões, materiais disponibilizados e valiosas contribuições no decorrer do trabalho.

Aos prof. Drs. Membros da pré-banca e banca André Olmos Simões, Ricardo Lombello e Samantha Koehler.

À Dra. María Victoria Romero pela participação na pré-banca e contribuições no meu trabalho.

Aos professores da Pós-Graduação em Ecologia e Biologia Vegetal pelos ensinamentos em disciplinas.

À Maria Roseli, secretária do PPG-Biologia Vegetal, pela prontidão e excelente trabalho.

Aos colegas de laboratório que sempre estiveram prontos para ajudar com opiniões sobre o trabalho, em especial Mário Neto e Luciana Franci.

Aos amigos de Campinas, Izadora, Luiza e Nathalia pela companhia e momentos de distração.

Aos amigos que direta ou indiretamente participaram dessa conquista, em especial Cássio.

À minha família, em especial tio Eduardo, tia Silvana e tio Edi Marcos que além de tios são amigos e estão sempre a disposição em minhas idas em Patos.

Ao meu noivo Jimmy pelo amor, companheirismo e confiança depositados em mim.

Aos meus irmãos Márcio, Lúcio, Cássio e Lucas pela torcida.

Aos meus queridos pais, Gorete e Sebastião, pelo carinho e apoio que nunca faltaram.

Por fim agradeço à todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Resumo Geral

Estudos cromossômicos têm sido utilizados na determinação das relações evolutivas entre grupos de plantas. No primeiro capítulo do presente estudo, apresentamos um panorama histórico do conhecimento citogenético dos táxons arbóreos do Cerrado e da Floresta Atlântica; e no segundo capítulo, investigamos se a variação do número cromossômico teria um papel importante na evolução de gêneros e espécies da flora silvestre do Cerrado. No Cerrado, os números cromossômicos são conhecidos para 90,7% das famílias, 65,2% dos gêneros e 29,2% das espécies, e na Floresta Atlântica para 90,3% das famílias, 57,7% dos gêneros e 19,0% das espécies. O número cromossômico básico(x) ainda não foi determinado para onze famílias das que ocorrem no Cerrado e na Floresta Atlântica: Achariaceae, Marcgraviaceae, Picramniaceae, Cardiopteridaceae, Goupiaceae, Picrodendraceae, Stemonuraceae, Polygalaceae, Calophyllaceae, Pentaphylacaceae e Schoepfiaceae. Alguns dos gêneros mais ricos possuem poucas espécies estudadas: *Myrcia*, *Miconia*, *Byrsonima*, *Erythroxylum*, *Eugenia*. Não houve diferenças nos números cromossômicos entre os táxons do Cerrado e Floresta Atlântica, porém os resultados mostraram uma tendência a maiores números cromossômicos no Cerrado: (1) A distribuição de frequência dos números cromossômicos das famílias não comuns foi normal em ambas as formações, mas foi simétrica e platicúrtica no Cerrado, indicando que a frequência distribui-se igualmente tanto em direção aos números maiores que a média quanto aos menores, e foi leptocúrtica com simetria negativa na Floresta Atlântica, indicando que a maior frequência está concentrada numa classe de números e se estende em direção aos números mais baixos. (2) Tanto no Cerrado quanto na Floresta, as espécies não comuns apresentaram distribuição leptocúrtica positiva, mas na Floresta a frequência da classe de $2n = 21-40$ foi significativamente maior e da classe $2n > 60$ foi significativamente menor que no Cerrado, indicando que pequena parte das espécies do Cerrado tem números cromossômicos mais altos que na Floresta, especialmente os números $2n$ maiores que 60. (3) Embora a diferença não tenha sido estatisticamente significativa, a mediana dos números cromossômicos das espécies no Cerrado foi mais alta (30 ± 3) que na Floresta (26 ± 2). (4) Nos gêneros não comuns, a proporção da disploidia (82,5 %) foi significativamente maior e a da poliploida (12,6%) foi significativamente menor no Cerrado que na Floresta, esse resultado indica que grande parte das espécies do Cerrado originou-se de estoques disploides vindos de várias formações (incluindo a Floresta Atlântica) que se especiaram no Cerrado. Foi observado que a maioria das espécies do Cerrado e da Floresta Atlântica são poliploides (aceitando o limiar de

Stebbins de $2n > 22$ para a poliploidia) e que a maioria dos gêneros e uma proporção não desprezível de espécies foram comuns às duas formações. Esse fato permitiu inferir que muitos táxons têm origem múltipla, de modo que espécies poliploides podem ter se originado mais de uma vez. Para explicar a origem múltipla das espécies do Cerrado, é necessário admitir que o fluxo de linhagens não foi unidirecional da floresta para a savana, mas que o fluxo ocorreu nos dois sentidos.

Palavras-Chave: Cerrado, Citotaxonomia, Número cromossômico, Floresta Atlântica

Abstract

Chromosome studies have been used to determine evolutionary relationships among plant groups. In the first chapter, we presented a historical overview of the Cerrado and Atlantic Forest arboreal taxa cytogenetic knowledge. In the second chapter, we investigated whether chromosome number variation would have an important role in the evolution of Cerrado genera and species flora. In the Cerrado, chromosome numbers are known for 90.7% of families, 65.2% of genera and 29.2% of the species, and in the Atlantic Forest for 90.3% of families, 57.7% of genera and 19.0% of the species. The basic chromosome number (x) has not been determined yet for eleven families occurring in the Cerrado and Atlantic Forest: Achariaceae, Calophyllaceae, Cardiopteridaceae, Goupiaceae, Marcgraviaceae, Picramniaceae, Picrodendraceae, Pentaphylacaceae, Polygalaceae, Schoepfiaceae and Stemonuraceae. Some of the richest genera have few species studied: *Byrsonima*, *Erythroxylum*, *Eugenia*, *Myrcia*, *Miconia*. We found no differences in chromosome numbers between Cerrado and Atlantic Forest taxa, but the results showed a trend to higher chromosome numbers in the Cerrado: (1) the no common families chromosome numbers distribution frequency was normal in both formations, but was symmetrical and platykurtic in cerrado, indicating that the frequency equally distributed to both toward greater numbers than average as minors and was leptokurtic with a negative symmetry in Atlantic Forest, showing that most frequency is concentrated in a class numbers and extends toward the lower numbers. (2) Both in the Cerrado and in the Forest, the no common species showed a positive leptokurtic distribution, but in the forest the frequency in the class $2n = 21-40$ was significantly higher and class $2n > 60$ was significantly lower than in the Cerrado, indicating that small part of the Cerrado species have higher chromosome numbers, especially the larger $2n$ numbers 60. (3) Although the difference was not statistically significant, the median of chromosome numbers of species in the Cerrado was higher (30 ± 3) than in the Forest (26 ± 2). (4) In no common genera, the proportion of dispoloidy (82.5%) was significantly higher and the poliploida (12.6%) was significantly lower than in the Cerrado Forest, this result indicates that much of the Cerrado species is originated from dispoloides from various formations inventories (including the Atlantic Forest) that speciated in the Cerrado. It was observed that most species of Cerrado and Atlantic Forest are polyploid (Stebbins accepting the threshold of $2n > 22$ to polyploidy) and that most genres and a not inconsiderable proportion of species were common to both formations. This fact allowed to infer that many taxa have multiple origin, so that polyploid species may have been originated more than once.

To explain the origin of multiple species of the Cerrado, it is accepted that the flow lines was not one-way from the forest to the savannah, but the flow has occurred in both directions.

Keywords: Cerrado, cytotaxonomy, chromosome number, Atlantic Forest

Sumário

Introdução Geral	11
Referência Bibliográficas	17
Panorama do conhecimento do número cromossômico de táxons arbóreos de dois hotspots de diversidade do Brasil ¹	22
Resumo (Panorama do conhecimento do número cromossômico de táxons arbóreos de dois hotspots de diversidade do Brasil)	24
Introdução	25
Materiais e Métodos	27
Coleta de dados	27
Construção do banco de dados cromossômicos	27
Resultados	28
Das famílias que têm espécies arbóreas no Cerrado e/ou na Floresta Atlântica quantas têm pelo menos uma espécie estudada?	28
Dos gêneros que têm espécies arbóreas no Cerrado e/ou na Floresta Atlântica quantos têm pelo menos uma espécie estudada?	29
Situação dos estudos citotaxonômicos das espécies lenhosas do Cerrado e da Floresta Atlântica	30
Discussão	32
Referências Bibliográficas	35
Suplemento Eletrônico	42
Análise comparativa do número cromossômico da flora lenhosa do Cerrado e da Floresta Atlântica do Brasil*	71
Resumo	71
Introdução	72
Material e métodos	77
Coleta de dados–florística	77
Construção do banco de dados – números cromossômicos	77
Análise dos dados	78
Resultados	80
Discussão	85
Referências.....	91
Conclusões.....	110
Apêndice.....	110

Introdução Geral

O Cerrado é um dos mais importantes complexos de vegetação do país e ocorre em condições heterogêneas de clima, solo e relevo, sendo constituído por diferentes tipos de vegetação e apresentando uma das maiores biodiversidades do planeta (Assis & al., 1994). Trata-se do segundo maior bioma neotropical, contando com uma biodiversidade tamanha que o faz ser considerado um hotspot para conservação (Myers & al., 2000). É parte de uma “diagonal de formações abertas” (Vanzolini, 1963) que divide duas grandes florestas tropicais: a Amazônia para o norte-oeste e a Mata Atlântica para o sul-leste. Embora sua importância seja conhecida e estudos já tenham sido realizados, ainda persistem lacunas sobre o surgimento do Cerrado, o modo que ocorreu a evolução de suas espécies vegetais e se houve ou não a influência de outros biomas em sua formação. Questões como essas já foram feitas e houve tentativas de respondê-las. O Cerrado tem duas floras heliófilas antagônicas de origens diferentes: a campestre, constituída por ervas e subarbustos, e a silvestre, constituída por arbustos e árvores (Coutinho, 1978).

Há diferentes hipóteses que tentam explicar a origem das floras do Cerrado. Comparando a flora silvestre do Cerrado com as floras das demais formações do Brasil, Rizzini (1963) e Heringer & al. (1977) observaram que apenas os gêneros *Antonia* (Loganiaceae) e *Magonia* (Sapindaceae) são endêmicos do Cerrado e concluíram que sua flora silvestre derivou predominantemente das floras da Floresta Atlântica (principalmente) e da Floresta Amazônica. Sarmiento (1983) observou que as floras campestre e silvestre das savanas sul-americanas têm origem diferente. O padrão geral da flora silvestre do Cerrado sugere um contato persistente entre as florestas pluviais e as savanas na América do Sul, com intenso intercâmbio de estoques florísticos das florestas para as savanas durante longo tempo, mas a maior parte da flora campestre diversificou-se nas savanas (Sarmiento, 1983). Alguns autores consideram o Cerrado como uma vegetação muito antiga, já presente no início do Cretáceo (Ratter & al., 1997), sendo sua antiguidade indicada pela ocorrência dos mesmos gêneros de plantas na África e na América do Sul (Sarmiento, 1983), isto é, esses gêneros teriam surgido antes da fragmentação de Gondwana (Axelrod, 1992). Essa explicação foi muito enfraquecida pela aplicação de técnicas de datação molecular, que mostraram que quase todos os táxons de angiospermas, exceto Proteaceae, Arecaceae, Calamoideae e algumas Fabaceae, surgiram após a separação do Gondwana (McLoughlin, 2001). Usando técnicas moleculares em Fabaceae, Simon & al. (2009) concluíram que o Cerrado tem uma origem mais recente a partir da flora florestal. Episódios de diversificação das linhagens florestais que

originaram as espécies silvestres do Cerrado ocorreram no final do Mioceno ao Pleistoceno (9,8-0,4 milhões de anos atrás, Ma), com a maioria das espécies surgindo há menos de 4 milhões de anos. A diversificação da flora silvestre do Cerrado coincidiu com a expansão de gramíneas C4, que dominaram as savanas sul-americanas há 8 a 3 milhões de anos (Edwards & al., 2010; Ratnam & al., 2011). De acordo com Graham (2011), elementos da savana, como Poaceae, começaram a aparecer no Paleoceno (65-56 Ma), e entre o médio Mioceno e o Plioceno, há cerca de 15 Ma, uma versão primitiva da savana já estava presente em grande parte da América do Sul a leste dos Andes. Esta savana primitiva era dominada por gramíneas C3, com poucas espécies lenhosas e foi chamada de protocerrado (Sarmiento, 1983; Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger, 2006). O aparecimento do cerrado atual coincidiu com a expansão das gramíneas C4, há cerca de 10 Ma, e a diversificação de sua flora silvestre ocorreu em vários eventos datados de 10, 8, 4 e 2 Ma (Simon & al., 2009).

A Teoria dos Refúgios apresenta-se como um dos mais importantes corpos de idéias para explicar os padrões de distribuição de floras na América Tropical (Ab'Sáber, 2006). De acordo com Haffer & Prance (2001), parece provável que, em regiões tropicais do mundo, a distribuição e a composição de espécies das florestas úmidas e secas e de biomas não florestais mudou repetidamente durante o Cenozóico e também no Cretáceo. Nos eventos de oscilação para clima seco, a floresta úmida foi fragmentada em blocos isolados, que depois coalesceram nos eventos de oscilação para clima úmido. Numa revisão global da origem e evolução das florestas tropicais, Morley (2000) enfatizou que "sua imensa diversidade é devida não a uma história longa e imutável, com condições climáticas estáveis ao longo de milhares de anos, mas à capacidade de plantas oportunistas sobreviverem em períodos de mudança climática e perturbações geológicas e expandirem sua distribuição quando as mudanças climáticas permitiram, ou abrigar-se em refúgios favoráveis quando os climas eram desfavoráveis. A diversificação das floras de florestas tropicais continuou durante a maior parte do Terciário, como resultado de sua sucessiva expansão, retração e fragmentação por barreiras físicas, e não é um fenômeno exclusivo do Quaternário". A recorrência de eventos de clima seco e seus efeitos associados às floras do Velho Mundo durante o Cenozóico (Terciário e Quaternário) tem sido amplamente considerada como o principal agente impulsor que antecedeu as respostas evolutivas da biota (Goldblatt, 1993; Vrba & al., 1995). Corroborando a idéia dos refúgios, uma análise quantitativa realizada por Oliveira Filho & Fontes (2000) mostrou que a influência da Floresta Atlântica na flora do Cerrado ocorre mediante conexão florística com as florestas estacionais do sudeste do Brasil. Esse

mecanismo explica a alta riqueza de espécies do Cerrado, que teria agido como um centro para o fornecimento de espécies para outras regiões savânicas da América do Sul (Sarmiento, 1983) e implica em que a maior parte da flora silvestre do cerrado é derivada da flora das florestas, especialmente da Mata Atlântica. Tal padrão de especiação refletiu-se na distribuição atual de espécies do Cerrado, na qual são reconhecidos quatro grupos: 1) espécies lenhosas pertencentes exclusivamente ao Cerrado; 2) um grande número de espécies lenhosas de Cerrado que estão estreitamente relacionadas a espécies florestais; 3) uma flora herbáceo-subarbustiva peculiar do cerrado; e 4) uma flora acessória não-lenhosa com espécies "generalistas" (Sarmiento, 1983).

Embora a Teoria dos refúgios seja bastante aceita atualmente, há autores contrários a esta teoria. Colinvaux & al. (2000), comparando a Amazônia com os depósitos de igual antiguidade do cerrado do Brasil central, mostraram que a maior parte das planícies amazônicas permaneceu sob floresta ao longo de um ciclo glacial. Seus resultados não suportam a ocorrência de significativas porções de Cerrado na Amazônia central ou grandes corredores durante o período glacial, contradizendo a hipótese de refúgios do Pleistoceno. Terribile & al. (2012), trabalhando com espécies de árvores do Cerrado como organismos modelos para identificar áreas climaticamente estáveis, revelaram que o tempo foi uma fonte de variação com efeitos maiores que as oscilações climáticas. As respostas das espécies às mudanças climáticas não mostraram diferenças marcantes dentro de cada período de tempo. Eles concluíram que, para validar a Teoria dos refúgios, seria necessário encontrar espécies que respondam às mudanças climáticas em um longo intervalo de tempo (ou seja, passado e futuro) para ganhar confiança nos méritos de previsões e destringer as diferentes fontes de incertezas associadas às respostas das espécies às mudanças climáticas. Werdeck & al. (2012) postularam que o clima pode explicar apenas parcialmente padrões de distribuição e, quando considerado isoladamente, não explica a composição da vegetação. Por exemplo, fisionomias de Cerrado com diferentes composições florísticas podem ocorrer lado a lado sob as mesmas condições climáticas. Em escalas locais, outras variáveis (fatores edáficos, microtopografia, dinâmica de drenagem, incêndios, etc.) podem ser importantes, ao passo que características geomorfológicas e topográficas agindo sinergicamente com o clima são mais importantes (Werdeck & al., 2012).

Linhagens ancestrais das florestas em retração que foram capazes de sobreviver no novo ambiente da savana em expansão passaram a enfrentar piores condições nutricionais devido ao solo que se tornava menos fértil, estações secas mais longas devido à oscilação para

clima mais seco e incêndios recorrentes devido à queima da massa morta de gramíneas na estação seca (Sarmiento, 1983; Sarmiento & al., 1985). Segundo Stebbins (1966), a conquista de novos ambientes é relacionada à ocorrência da poliploidia, um mecanismo citogenético que pode levar à multiplicação do conjunto cromossômico de táxons relacionados, considerando-se que raças poliplóides são mais frequentes em ambientes com condições extremas (Ehrendorfer, 1970; De Wet, 1986; Soltis & al., 2003). A poliploidia é o tipo de variação cromossômica dominante na diversificação vegetal (Stebbins, 1971; Guerra, 1988; Soltis & Soltis, 1999; Soltis & al., 2003) e ocorre na história evolutiva de cerca 47-70% de todas as angiospermas (Grant, 1981; Otto & Witton, 2000; Kao, 2007), incluindo diversos grupos tropicais (Forni-Martins & Martins, 2000; Mansanares & al., 2002; Corrêa & Forni-Martins, 2004; Flores & al., 2006; Costa & Forni-Martins, 2006a, b, 2007). Outros processos citológicos diferentes, como a disploidia (ganho ou perda de um ou mais cromossomos), também exercem papel importante no surgimento de espécies (Sharma & Talukdar, 1960).

Na poliploidia, a multiplicação do genoma afeta significativamente a expressão gênica, resultando em silenciamento de genes por indução epigênica (Osborn & al., 2003; Liu & Wendel, 2003). Com a mudança no genoma, fenótipos novos podem aparecer, incluindo alguns passíveis de seleção natural, como o tamanho do órgão e época de floração. Assim, mudanças no genoma, como poliploidia e disploidia, são forças importantes e significativas na evolução das plantas, em escalas temporais que vão do antigo ao contemporâneo e com profundos efeitos em escalas que vão desde molecular até ecológica (Adams & Wendel, 2005).

De acordo com Wendel (2000), a duplicação do genoma apareceu no Cretáceo e permanece um processo ativo e permanente até o presente. Assim, muitos genomas de angiospermas têm experimentado vários ciclos de poliploidização no passado e são considerados genomas "paleopoliplóides". É difícil, contudo, determinar a importância da multiplicação do genoma na história evolutiva das angiospermas (Wendel, 2000). A origem de vários tipos de poliplóides é fundamental para reconhecer o seu potencial evolutivo e correlacioná-lo com atributos de história de vida e parâmetros ecológicos (Harlan & Dewet, 1975). De acordo com Vanichanon & al. (2003), a compreensão da quantidade de eventos de poliploidização que ocorreram na formação de uma determinada espécie e as consequências de tais eventos têm sido um grande desafio.

A poliploidia é de ocorrência comum nas plantas, tendo desempenhado um importante papel na origem e evolução de plantas silvestres e cultivadas. A poliploidia é vista como um

mecanismo que pode aumentar a variabilidade genética dos indivíduos e um fator facilitador de especiação rápida mediante isolamento reprodutivo (Soltis & Rieseberg, 1986; Soltis & al., 2007). Poliplóides apresentam um estado de heterozigozidade fixada que fornece vasta reserva de alelos para seleção, mutação e evolução gênica (Adams, 2007). Apresentam também um efeito tampão maior em relação à capacidade de adaptação, pois, por possuírem mais cópias genômicas dos que os diplóides, podem acumular mais variabilidade encoberta. Indivíduos poliplóides podem apresentar novos fenótipos, facilitando a diversificação ecológica e a invasão de novos ambientes ou nichos (Otto & Whitton, 2000); em geral são bons colonizadores, podendo ocupar habitats pioneiros, nos quais os ancestrais diplóides não são bem sucedidos (de Wet, 1980).

Nas últimas décadas, o reconhecimento da relevância biológica e evolutiva da poliploidia aumentou consideravelmente (Levin, 1983; Thompson & Lumaret, 1992; Lumaret, & al. 1997; Soltis & al., 2003). No entanto, no mesmo período, poucos trabalhos têm se preocupado em estudar a frequência e a função dos poliplóides como promotores de diversidade de espécies em habitats ou situações particulares (Lumaret & al., 1997). Áreas de vegetação isolada e/ou afloramentos rochosos que são circundados por matrizes de vegetação contíguas constituem verdadeiras ilhas de vegetação natural e podem ser consideradas como “refúgios ecológicos” para muitas espécies de plantas nativas (Lumaret & al., 1997). Por diversas razões, tais áreas isoladas funcionam de maneira análoga às ilhas oceânicas, que são utilizadas para o desenvolvimento de modelos biogeográficos (MacArthur & Wilson, 1967; Simberloff & Abele, 1982; Abbott, 1983; Lumaret & al., 1997). Estas áreas de vegetação isolada são particularmente interessantes, pois fornecem uma oportunidade para testar a relação entre a riqueza de espécies e mecanismos de adaptação associados ao isolamento. Como a maior parte dos Cerrados forma um mosaico com florestas decíduas e semi-decíduas (Silva & al., 2006), essa idéia de ilhas pode ser aplicada tanto à floresta estacional quanto ao Cerrado. Além disso, com a fragmentação causada pela ação do homem atualmente, estão restando apenas ilhas de vegetação de Cerrado e de Floresta.

Alterações do número cromossômico (poliploidia e disploidia) podem ser estudadas pela citologia. Estudos cromossômicos têm sido utilizados na determinação das relações filogenéticas e evolutivas entre grupos de plantas (Raven, 1975). A análise citogenética comumente utilizada na citotaxonomia vegetal inclui basicamente o número e a morfologia dos cromossomos mitóticos, o aspecto do núcleo interfásico, o comportamento de cromossomos meióticos e a microsporangênese (Vosa, 1985; Guerra, 1988). Apesar da

importância da citologia para entender padrões evolutivos, pouco se conhece sobre o número cromossômico de plantas. Estima-se que apenas 19% das espécies de angiospermas têm o número cromossômico conhecido (Rice & al., 2014).

Morawetz (1990) postulou que o Cerrado teria uma origem mais recente do que as florestas circundantes, considerando que espécies poliploides são mais frequentes no Cerrado e que os números cromossômicos são mais altos nesse domínio. Morawetz (1990) também observou citótipos poliploides em algumas espécies de cerrado. Utilizando informações citológicas de táxons recentes à sua época, Forni-Martins & Martins (2000) argumentaram contra a hipótese de Morawetz (1990), alegando que a amostra utilizada para fundamentar sua teoria foi pequena, pois envolveu um número reduzido de gêneros. Eles mencionaram que altos números cromossômicos ocorrem também em outras formações vegetacionais e que existem famílias cujas espécies têm diferentes níveis de ploidia. Forni-Martins & Martins (2000) sugeriram que teria ocorrido troca bidirecional de elementos entre o Cerrado e a floresta durante o tempo evolutivo, levando à especiação de estoques florestais no Cerrado e à especiação de estoques do Cerrado na floresta. Este é um assunto que ainda está em aberto e motivou a presente pesquisa.

No primeiro capítulo do presente estudo, apresentamos um panorama histórico do conhecimento citogenético dos táxons arbóreos do Cerrado e da Floresta Atlântica; e no segundo capítulo, investigamos se a variação do número cromossômico teria um papel importante na evolução de gêneros e espécies da flora silvestre do Cerrado. Nessa abordagem, consideramos a Floresta Atlântica como a principal fonte de linhagens ancestrais da flora silvestre do Cerrado.

No Cerrado, os números cromossômicos são conhecidos para 90,7% das famílias, 65,2% dos gêneros e 29,2% das espécies, e na Floresta Atlântica para 90,3% das famílias, 57,7% dos gêneros e 19,0% das espécies. O número cromossômico básico (x) ainda não foi determinado para onze famílias das que ocorrem no Cerrado e na Floresta Atlântica: Achariaceae, Marcgraviaceae, Picramniaceae, Cardiopteridaceae, Goupiaceae, Picrodendraceae, Stemonuraceae, Polygalaceae, Calophyllaceae, Pentaphylacaceae e Schoepfiaceae. Em sete delas, não há estudos para nenhum de seus gêneros nem espécies ocorrentes no Cerrado e na Floresta Atlântica: Achariaceae (*Carpotroche*, *Lindackeria*), Marcgraviaceae (*Norantea*), Picramniaceae (*Picramnia*), Cardiopteridaceae (*Citronella*), Goupiaceae (*Goupia*), Picrodendraceae (*Piranhea*), Stemonuraceae (*Discophora*). Alguns dos gêneros mais ricos possuem poucas espécies estudadas: *Myrcia*, *Miconia*, *Byrsonima*,

Erythroxylum, *Eugenia*. O conjunto dos números cromossômicos não apresentou diferenças significativas entre as duas formações, porém encontramos diferenças nos níveis de família, gênero e espécie. Nas famílias não comuns, a distribuição de frequência dos números cromossômicos básicos x foi simétrica e platicúrtica no Cerrado e assimétrica negativa e leptocúrtica na Floresta Atlântica. No nível de espécies, não encontramos diferença entre o Cerrado e a Floresta Atlântica. Não foi encontrada variação na proporção de disploidia/poliploidia nos dois ambientes. Houve diferenças em frequências de classes de números cromossômicos das espécies do Cerrado e Floresta Atlântica. Nas espécies cogenéricas da Floresta Atlântica e no conjunto das espécies comuns ao Cerrado e à Floresta Atlântica, a frequência de números $2n$ entre 21 e 40 foi maior e a frequência de números cromossômicos maiores que 60 foi menor que no Cerrado. No Cerrado, em relação aos números básicos das respectivas famílias, há menor proporção de gêneros euploides e maior proporção de gêneros displóides que o esperado ao acaso, indicando que a disploidia foi um mecanismo importante para a especiação dos gêneros ocorrentes no Cerrado. Na floresta atlântica as proporções de euploidia, disploidia e poliploidia não diferiram do esperado ao acaso. Este estudo destacou a necessidade de trabalhos citológicos abrangendo maior número de táxons, já que a flora brasileira é muito diversa e muito pouco dela foi estudado. Os resultados do capítulo dois mostraram que embora uma pequena proporção de espécies do Cerrado tenha se especiada *in situ* por poliploidia e haja uma tendência estatisticamente não significativa a maiores números $2n$ no Cerrado, a grande maioria das espécies teria se tornado poliploide por origem múltipla a partir, principalmente, de gêneros displóides e o fluxo de linhagens ancestrais teria sido bidirecional entre as duas formações.

Referência Bibliográficas

- Abbott, I.** 1983. The meaning of Z in species/área regressions and the study of species turnover in island biogeography. *Oikos* 41:385--390.
- Ab' Sáber, A.N.** 2006. *Brasil: Paisagens de Exceção: o litoral e o Pantanal Mato-grossense: patrimônios básicos*. Cotia: Ateliê Editorial.
- Adams, K.L.** 2007. Evolution of duplicate gene expression in polyploid and hybrid plants. *J. Heredity* 98: 136--141.
- Adams, K.L. & Wendel, J.F.** 2005. Polyploidy and genome evolution in plants. *Curr. Opin. Plant Biol.* 8: 135--141.
- Assis, C., Toledo, C.B., Romaniuc Neto, S. & Cordeiro, I.** 1994. *Cerrado*. São Paulo: FTD.

- Axelrod, D.I.** 1992. Climatic pulses, a major factor in legume evolution. Pp 259—280 in Herendeen, P.S. & Dilcher, D.L. (ed.), *Advances in Legume Systematics. Part 4. The Fossil Record*. Kew: Royal Botanic Gardens.
- Colinvaux, P.A., de Oliveira, P.E. & Bush, M.B.** 2000. Amazonian and neotropical plant communities on glacial time-scales: The failure of the aridity and refuge hypotheses Quaternary. *Science Reviews* 19: 141—169.
- Corrêa, A.M. & Forni-Martins, E.R.** 2004. Chromosomal studies of species of Rubiaceae (A.L. de Jussieu) from the Brazilian cerrado. *Caryologia* 57: 250--258.
- Costa, I.R. & Forni-Martins, E.R.** 2006a. Chromosomal studies in species of the genera *Eugenia*, *Myrciaria* e *Plinia* (Myrtaceae) from southeastern Brazil. *Aust. J.Bot.* 54: 409--415.
- Costa, I.R. & Forni-Martins, E.R.** 2006b. Chromosomal studies in species of *Campomanesia* Ruiz & Pavón and *Psidium* L. (Myrtaceae) in the southeastern of Brazil. *Caryologia* 59: 7--13.
- Costa, I.R. & Forni-Martins, E.R.** 2007. Chromosome studies in *Gomidesia*, *Marlierea*, *Myrceugenia* and *Myrcia* (Myrtaceae, subtribe Myrciinae). *Kew Bulletin* 62: 113--118.
- Coutinho, L.M.** 1978. O conceito de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1: 17--23.
- De Wet, J.M.J.** 1980. Origins of polyploids. Pp. 3—15 in Lewis, W.H. (ed.), *Polyploidy: biological relevance*. New York: Plenum.
- De Wet, J.M.J.** 1986. Hybridization and polyploidy in Poaceae. Pp. 188—194 in Soderstron, T., Hilu, K.W., Campbell, C.S. & Barkworth, M.E. (eds.), *Grass: Systematics and Evolution*. London: Smithsonian Institution Press.
- Edwards, E.J., Osborne, C.P., Stromberg, C.A.E. & Smith, S.A.** 2010. The origins of C4 grasslands: integrating evolutionary and ecosystem science. *Science* 328: 587--591.
- Ehrendorfer, F.** 1970. Evolutionary pattern and strategies in seed plants. *Taxon* 19: 185--195.
- Flores, A.S., Corrêa, A.M., Forni-Martins, E.R. & Tozzi, A.M.G.A.** 2006. Chromosome numbers in brazilian species of *Crotalaria* L. (Leguminosae) and their taxonomic significance. *Bot. J. Linn. Soc.* 151: 271--277.
- Forni-Martins, E.R. & Martins, F.R.** 2000. Chromosome studies on Brazilian cerrado plants. *Genet. Mol. Biol.* 23: 947--955.
- Goldblatt, P.** 1993. *Biological relationships between Africa and South America*. New Haven: Yale Univ. Press.
- Gottsberger, G. & Silberbauer-Gottsberger, I.** 2006. *Life in the cerrado, a South American tropical seasonal ecosystem. Origin, structure, dynamics, and plant use*. Ulm: Reta

Verlag.

- Graham, A.** 2011. The age and diversification of terrestrial New World ecosystems through Cretaceous and Cenozoic time. *Am. J. Bot.* 98: 336--351.
- Grant, V.** 1981. *Plant Speciation*. New York: Columbia University Press
- Guerra, M.S.** 1988. *Introdução à citogenética geral*. Rio de Janeiro: Guanabara.
- Haffer, J. & Prance, G.T.** 2001. Impulsos climáticos da evolução na Amazônia durante o Cenozóico: sobre a teoria dos Refúgios da diferenciação biótica. *Amazoniana* 3: 579--607.
- Harlan, J.R. & De Wet, J.M.J.** 1975. On Ö Winge and a prayer: the origins of polyploidy. *Bot. Rev.* 41: 361—390
- Heringer, E.P., Barroso, G.M., Rizzo, J.A. & Rizzini, C.T.** 1977. A flora do cerrado. Pp. 211--232 in Ferri, M.G. (org.), *IV Simpósio sobre o Cerrado*. Belo Horizonte: Editora Itatiaia.
- Kao, R.H.** 2007. Origins and Widespread Distribution of co-existing Polyploids in *Arnica cordifolia* (Asteraceae). *Ann. Bot.* 101: 1—8
- Levin, D.A.** 1983. Polyploidy and novelty in flowering plants. *Am. Nat.* 122: 1—25
- Lewis, W.H.** 1980. Polyploidy in Angiosperms: Dicotyledons. Pp. 241—268 in: Lewis, W.H. (ed.), *Polyploidy*. U.S: Springer.
- Liu, B. & Wendel, J.F.** 2003. Epigenetic phenomena and the evolution of plant allopolyploids. *Mol. Phylog. Evol.* 29: 365--379.
- Lumaret, R., Guillermin, J., Maillet, J. & Verlaque, R.** 1997. Plant species diversity and polyploidy in islands of natural vegetation isolated in extensive cultivated lands. *Biodivers. Conserv.* 6: 591--613.
- Mansanares, M.E., Forni-Martins, E.R. & Semir, J.** 2002. Chromosome numbers in the genus *Lychnophora* Mart. Estudos cromossômicos em espécies de *Lychnophora*. *Caryologia* 55: 367--374.
- MacArthur, R.H. & Wilson, E.O.** 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton: Princeton University Press.
- McLoughlin, S.** 2001. The breakup history of Gondwana and its impact on pre-Cenozoic floristic provincialism. *Austr. J. Bot.* 49: 271--300.
- Morawetz, W.** 1990. Accumulation of polyploid species in the cerrado vegetation of Brazil as compared with the surrounding forests. In: *VIII Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo, Campinas. Programas e Resumos*: 49.
- Morley, R.J.** 2000. *Origin and evolution of tropical rain forests*. New York: Wiley & Sons.

- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B. & Kent, J.** 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853--858.
- Oliveira-Filho, A.T. & Fontes, M.A.L.** 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica* 32: 793--810.
- Osborn, T.C., Pires, J.C., Birchler, J.A., Auger, D.L., Chen, Z.J., Lee, H.S., Comai, L., Madlung, A., Liu, B. & Wendel, J.F.** 2003. Epigenetic phenomena and the evolution of plant allopolyploids. *Mol. Phylogenet. Evol.* 29: 365--379.
- Otto, S.P. & Whitton, J.** 2000. Polyploid incidence and evolution. *Annu. Rev. Genet.* 34: 401--437.
- Ratnam, J., Bond, W.J., Fensham, R.J., Hoffmann, W.A., Archibald, S., Lehmann, C.E.R., Anderson, M.T., Higgins, S.I. & Sankaran, M.** 2011. When is a 'forest' a savanna, and why does it matter? *Global Ecol. Biogeogr.* 20: 653--660.
- Ratter, J.A., Ribeiro, J.F. & Bridgewater, S.** 1997. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Ann. Bot.* 80: 223--230.
- Raven, P.H.** 1975. The Bases of Angiosperm Phylogeny: Cytology. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 62: 724--764.
- Rice, A., Glick, L., Abadi, S., Einhorn, M., Kopelman, N.M., Salman-Minkov, A., Mayzel, J., Chay, O. & Mayrose, I.** 2014. The Chromosome Counts Database (CCDB) – a community resource of plant chromosome numbers. *New phytol.* 1: 1--8.
- Rizzini, C.T.** 1963. A flora do cerrado: análise florística das savanas centrais. Pp 105—153 in Ferri, M.G. (org.) *Simpósio sobre o cerrado*. São Paulo: Editora Edgard Blücher.
- Sarmiento, G.** 1983. The savannas of tropical America. Pp. 245—288 in Bourlière, F. (ed.), *Ecosystems of the world - Tropical Savannas*. Amsterdam: Elsevier.
- Sarmiento, G., Goldstein, G. & Meinzer F.** 1985. Adaptive strategies of woody species in Neotropical savanas. *Biol. Rev* 60: 3156--355.
- Sharma & Talukdar.** 1960. Chromosome studies in members of the Iridaceae and their mechanism of speciation. *Genetica* 31: 340--384.
- Silva J.F., Fariñas M.R., Felfili J.M. & Klink C.A.** 2006. Spatial heterogeneity, land use, and conservation in the cerrado region of Brazil. *J. Biogeogr.* 33: 536--548.
- Simberloff, D.S. & Abele, L.G.** 1982. Refuge design and Island Biogeography Theory: effects of fragmentation. *Am. Nat.* 120: 41—40
- Simon, M.F., Grether, R., Queiroz, L.P., Skema, C. & Pennington, R.T.** 2009. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 106: 20359—20364

- Soltis, D.E. & Rieseberg, L.H.** 1986. Autopolyploidy in *Tolmiea menziesii* (Saxifragaceae): genetic insights from enzyme electrophoresis. *Am. J. Bot.* 73: 310--318.
- Soltis, D.E. & Soltis, P.A.** 1999. Polyploidy: recurrent formation and genome evolution. *Trends Ecol. Evol.* 14: 348--352.
- Soltis, D.E., Sinters, A.E., Zanis, M.J., Kim, S., Thompson, J.D., Soltis, P.S., RonseDecraene, L.P., Endress, P.K. & Farris, J.S.** 2003. Gunnerales are sister to other core eudicots: Implications for the evolution of pentamery. *American J. Bot.* 90: 461--470.
- Soltis, D.E., Soltis, P.S., Schemske, D.H., Hancock, H.F., Thompson, J.N., Husband, B.C. & Judd, W.S.** 2007. Autopolyploidy in angiosperms: have we grossly underestimated the number of species? *Taxon* 56: 13--30.
- Stebbins, G.L.** 1950. *Variation and Evolution in Plants*. New York: Columbia Univ. Press.
- Stebbins, G.L.** 1966. Chromosomal variation and evolution. *Science* 152: 1462--1469.
- Stebbins, G.L.** 1971. *Chromosomal Evolution in Higher Plants*. London: Edward Arnold.
- Terribile, L.C., Lima-Ribeiro, M.S., Bastos Araujo, M., Bizao, N., Collevatti, R.G., Dobrovolski, R., Franco, A.A., Guilhaumon, F., Lima, J.D.S., Murakami, D.M., Nabout, J.C., de Oliveira, G., de Oliveira, L.K., Rabelo, S.G., Rangel, T.F., Simon, L.M., Soares, T.N., de Campos Telles, M.P. & Felizola Diniz-Filho, J.A.** 2012. Areas of Climate Stability of Species Ranges in the Brazilian Cerrado: Disentangling Uncertainties Through Time. *Nat. Conserv.* 10: 152--159
- Thompson, J.D. & Lumaret, R.** 1992. The evolutionary dynamics of polyploid plants: origins, establishment and persistence. *Trends Ecol. Evol.* 7: 302--307.
- Vanichanon, A., Blake, N.K., Sherman, J.D. & Talbert, L.E.** 2003. Multiple origins of allopolyploid *Aegilops triuncialis*. *Theor. Appl. Genet.* 106: 804--810.
- Vanzolini, P.E.** 1963. Problemas faunísticos do Cerrado. Pp. 267--280 in Ferri, M.G (ed.), *Simpósio Sobre o Cerrado*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.
- Vosa, C.G.** 1985. Plant chromosome banding and cytotaxonomy. Pp. 17-25 in: Aguiar-Perecin, M.L.R., Martins, P.S. & Bandel, G. (ed.), *Tópicos de citogenética e evolução de plantas*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética.
- Vrba, E.S., Denton, G.H., Patridge, T.C. & Burckle L.H.** 1995. *Paleoclimate and evolution, with emphasis on human origins*. New Haven: Yale Univ. Press.
- Wendel, J.F.** 2000. Genome evolution in polyploids. *Plant Mol. Biol.* 42: 225--249.
- Werdeck FP, Nogueira C, Colli GR, Sites Jr JW, Costa GC.** 2012. Climatic stability in the Brazilian Cerrado: implications for biogeographical connections of South American savannas, species richness and conservation in a biodiversity hotspot. *J. Biogeogr.* 39: 1--12.

CAPÍTULO 1

Panorama do conhecimento do número cromossômico de táxons arbóreos de dois hotspots de diversidade do Brasil¹

Fernanda de Fátima Santos Soares, Eliana Regina Forni-Martins e Fernando Roberto Martins

¹ Artigo escrito conforme as normas da revista **Brazilian Journal of Botany**

Panorama do conhecimento do número cromossômico de táxons arbóreos de dois hotspots de diversidade do Brasil

The chromosome number of tree taxa of two Brazilian diversity hotspots: an overview

FERNANDA DE FÁTIMA SANTOS SOARES^{1*}, ELIANA REGINA FORNI-MARTINS²,
FERNANDO ROBERTO MARTINS²

¹Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Caixa Postal 6109, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 13083-970 Campinas, SP, Brasil.

²Departamento de Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Caixa Postal 6109, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 13083-970 Campinas, SP, Brasil.

*Corresponding author e.mail f153452@unicamp.br, telefone +55 (19)982416678

Resumo (Panorama do conhecimento do número cromossômico de táxons arbóreos de dois hotspots de diversidade do Brasil)

Estima-se que apenas 19% das angiospermas tenham o número cromossômico conhecido, sendo essa proporção menor ainda para a flora tropical. Aqui, realizamos uma análise da situação de estudos cariológicos de famílias, gêneros e espécies arbustivas e arbóreas do Cerrado e da Floresta Atlântica no Brasil, com o objetivo de saber o que já é conhecido e indicar táxons que ainda não foram estudados. Para isso, construímos um banco de metadados com 97 famílias, 432 gêneros e 1408 espécies para o Cerrado, e 103 famílias, 590 gêneros e 2751 espécies para a Floresta Atlântica, usando informações coletadas na literatura. Há informações citológicas para 90,7% das famílias, 65,2% dos gêneros e 29,2% das espécies do Cerrado; e para 90,3% das famílias, 57,7% dos gêneros e 19,0% das espécies da Floresta Atlântica. A menor proporção de táxons estudados na Floresta Atlântica decorre de sua maior riqueza florística em relação ao Cerrado. Das famílias ocorrentes no Cerrado e na Floresta Atlântica, onze (Achariaceae, Marcgraviaceae, Picramniaceae, Cardiopteridaceae, Goupiaceae, Picrodendraceae, Stemonuraceae, Polygalaceae, Calophyllaceae, Pentaphylacaceae e Schoepfiaceae) não têm o número básico x determinado, e em sete delas não há estudos dos gêneros e espécies ocorrentes no Cerrado e na Floresta Atlântica: Achariaceae (*Carpotroche*, *Lindackeria*), Marcgraviaceae (*Norantea*), Picramniaceae (*Picramnia*), Cardiopteridaceae (*Citronella*), Goupiaceae (*Goupia*), Picrodendraceae (*Piranhea*) e Stemonuraceae (*Discophora*). Cinco gêneros se destacaram por serem muito ricos em espécies, mas terem poucas espécies estudadas: *Myrcia*, *Miconia*, *Byrsonima*, *Erythroxylum* e *Eugenia*.

Palavras-chave: Bibliografia, Cerrado, citotaxonomia, estudos cromossômicos, Floresta Atlântica

Introdução

A Citotaxonomia vegetal associa a utilização de dados cariológicos à taxonomia de grupos de plantas, em diferentes níveis hierárquicos. O número cromossômico é o caráter mais amplamente utilizado na Citotaxonomia, por ser 1) bem conservado em populações panmíticas, 2) não ser influenciado por condições externas e por fases de desenvolvimento, ou idade dos indivíduos, e 3) de obtenção rápida, barata e fácil (Guerra 2008, 2012). As angiospermas apresentam grande amplitude de números cromossômicos, variando de $2n=4$ em seis espécies (Ruffini-Castiglione & Cremonini 2012), até valores próximos a $2n=640$ (em *Sedum suaveolens* Kimnach: Uhl, 1978). Há grupos de plantas com números cromossômicos conservados, como a família Myrtaceae, na qual a grande maioria das espécies apresenta $2n=22$ (Costa & Forni-Martins, 2006), ou em determinados gêneros, como *Echinodorus* e *Sagittaria*, da família Alismataceae, ambos com $2n = 22$ (Costa & Forni-Martins, 2003). Em outros grupos, há grande variação nos números cromossômicos. Por exemplo, em Asteraceae, o número cromossômico varia desde $2n = 4$ em *Brachyscome dichromosomatica* C.R. Cartere e *Xanthisma gracile* (Nutt.) D.R.Morgan & R.L.Hartman, até $2n = \text{ca. } 432$ em *Olearia albida* Hook. f. (Beuzenberg & Hair, 1984), mas o número mais frequente é $2n = 18$ (Semple & Watanabe, 2009).

Conhecendo os números cromossômicos, é possível fazer comparações de um grande número de espécies de um determinado táxon, o que possibilita reconhecer o número cromossômico básico (x) do grupo e, a partir daí, entender padrões evolutivos e resolver questões acerca da taxonomia e evolução das espécies (Raven, 1975; Guerra, 1990). O número cromossômico básico de um táxon representa o número de cromossomos do ancestral que deu origem a todos os números cromossômicos existentes nesse táxon. É estabelecido mediante a análise do conjunto de números cromossômicos das espécies de um táxon e de grupos irmãos (Guerra, 2008; Cusimano & al., 2011). Tradicionalmente, quando não há informação sobre a evolução do genoma de um táxon, o número cromossômico básico e correspondentes níveis de ploidia são inferidos como metade do menor número cromossômico somático ($2n$) do táxon. Entretanto Lysak & al. (2007) invalidaram essa prática, eles utilizaram CCP (comparative chromosome painting), uma técnica de localização cromossômica *in situ* de blocos ancestrais, em diferentes espécies de Brassicaceae e mostraram que essa técnica revela com mais precisão o número cromossômico básico de um grupo e sua história evolutiva.

O número cromossômico é um caráter cromossômico disponível para quase todas as famílias e para a maioria dos gêneros de plantas (Guerra, 2012). Apesar de sua importância, apenas 19% das espécies de angiospermas têm o número cromossômico conhecido, variando essa proporção entre 12% e 23%, dependendo do número de espécies de angiospermas assumido (Rice & al., 2014). Para a flora tropical a estimativa é ainda menor devido ao pequeno número de estudos, havendo lacunas de informações para muitos gêneros e até para algumas famílias endêmicas na América do Sul (Raven, 1975). Em regiões com alta diversidade, como é o caso da Floresta Atlântica e do Cerrado no Brasil, o conhecimento do número cromossômico pode auxiliar o entendimento de padrões evolutivos.

Devido ao elevado grau de riqueza e endemismo e grande risco de extinção iminente, a Floresta Atlântica e o Cerrado estão entre os 34 hotspots mundiais de biodiversidade (Myers & al., 2000). A Floresta Atlântica inclui várias formações, sendo as principais a floresta pluvial, a floresta estacional semidecídua e a floresta mista (Oliveira-Filho & Fontes, 2000). Estima-se que 5% da flora mundial esteja na Floresta Atlântica (Judd & al., 2009). Stehmann (2009) reconheceu nesse domínio 13.708 espécies e 1.782 gêneros agrupados em 208 famílias de angiospermas, incluindo todos os hábitos. No Cerrado, a distribuição da flora arbustivo-arbórea tem um forte padrão geográfico, constituindo distintas províncias florísticas com elevada heterogeneidade (Bridgewater & al., 2004), e em grande parte a vegetação do Cerrado está associada à floresta estacional (Silva & Bates, 2002). A riqueza da flora vascular de todas as formações ocorrentes na área do Cerrado é estimada entre 6.429 a 10.500 espécies (Mendonça & al., 1998) distribuídas em 1.521 gêneros e 193 famílias (Sano & al., 2008).

Como não há qualquer estudo prospectivo, sistemático e integrado sobre o conhecimento do número cromossômico de plantas do Brasil, é importante reunir informações esparsas na literatura. Isso possibilita não apenas fornecer um panorama do que é conhecido para as espécies brasileiras, mas também indicar táxons pouco ou nunca estudados em termos cariológicos e apontar caminhos para pesquisas futuras. Aqui, realizamos uma análise sobre a situação de estudos cariológicos de espécies, gêneros e famílias de angiospermas ocorrentes no Cerrado e na Floresta Atlântica. Nosso objetivo foi fornecer um panorama do conhecimento cariológico dos táxons arbóreos do Cerrado e da Floresta Atlântica e do desenvolvimento de seu estudo, indicando os táxons com número cromossômico conhecido, os que ainda não foram estudados, a contribuição de pesquisadores brasileiros e estrangeiros nos trabalhos e as instituições nas quais o maior número de trabalhos se concentra.

Materiais e Métodos

Coleta de dados

Para a construção do banco de dados sobre números cromossômicos, nós utilizamos dois bancos de dados construídos anteriormente por nossa equipe, um de espécies arbóreas da Floresta Atlântica *sensu lato* e outro de espécies silvestres do Cerrado *sensu lato*. O banco de dados de espécies da Floresta Atlântica é constituído por espécies arbóreas provenientes de 350 listas florísticas publicadas até março de 2012 em livros, relatórios governamentais, teses e artigos científicos, com informações claras sobre os procedimentos de coleta e fornecimento de coordenadas geográficas do local de estudo. O banco de dados de espécies do Cerrado é constituído por espécies de 480 listas em todas as províncias florísticas, a partir de levantamentos quantitativos da flora silvestre de fisionomias de cerrado *sensu lato*, incluindo o banco de dados compilado por Ratter & al. (2009).

Aplicamos um tratamento taxonômico nos bancos de dados, arranjando as famílias de acordo com o sistema APG III (APG, 2009), atualizando os binômios de acordo com seus sinônimos (<http://www.tropicos.org>) e retirando táxons exóticos (Moro & al., 2012). Aceitamos o hábito de crescimento atribuído a cada espécie pelo autor do trabalho original consultado. Espécies com plasticidade de hábito foram mantidas no banco de dados, desde que os autores originais as consideram sem como arbustivas ou arbóreas em seu levantamento. Por exemplo, espécies de *Adenocalymma*, *Allamanda*, *Anemopaegma*, *Banisteriopsis*, *Cardiopetalum*, *Fridericia*, *Forsteronia*, *Mikania*, *Paullinia*, *Pereskia*, *Serjania*, *Tetrapteryx* e *Vigna*, entre outras, embora cresçam como trepadeiras na maioria das localidades, podem apresentar hábito de arbustos escandentes em certos ambientes. Após o tratamento taxonômico, os bancos de dados da Floresta Atlântica e do Cerrado foram constituídos por 2751 e 1408 espécies arbustivo-arbóreas, respectivamente.

Construção do banco de dados cromossômicos

A partir dos bancos de dados florísticos, listamos as espécies, gêneros e famílias de plantas arbóreas silvestres das fisionomias de Cerrado *sensu lato* e da Floresta Atlântica *sensu lato*. A lista final apresentou 97 famílias, 432 gêneros e 1408 espécies para o Cerrado, e 103 famílias, 590 gêneros e 2751 espécies para a Floresta Atlântica. Com essa lista, investigamos o número cromossômico dos táxons mediante levantamentos da literatura. O levantamento de números cromossômicos foi feito inicialmente em obras de referência, como Bolkhoviskikh &

al. (1969), Moore (1973, 1974, 1977), Goldblatt (1981, 1984, 1985, 1988), Goldblatt e Johnson (1990, 1991, 1994, 1996, 1998), nos sites <http://www.iopb.org/> e CCDB (Rice & al., 2014; Chromosome Count DataBase, <http://ccdb.tau.ac.il/about>). O levantamento foi complementado por consulta a outras obras mais recentes, incluindo livros, artigos, dissertações e teses. Levantamos 1551 trabalhos datados de 1910 até 2014, sendo 703 relacionados a espécies do Cerrado e da Floresta Atlântica e o restante aos gêneros e famílias que ocorrem naqueles biomas.

Análise dos dados

Para a análise dos dados, construímos duas listas: uma com táxons da Floresta Atlântica e outra com táxons do Cerrado. Em cada lista, colocamos as espécies sob seus respectivos gêneros, e os gêneros sob suas respectivas famílias. Então, para cada táxon colocamos o número cromossômico e os respectivos autores. Com isso, avaliamos a intensidade de estudo em cada táxon. Para avaliar a evolução histórica dos estudos citotaxonômicos desses táxons, a contribuição de pesquisadores e as instituições com maior número de trabalhos, construímos uma tabela listando os trabalhos em ordem cronológica, considerando os táxons estudados e as instituições dos autores.

Resultados

Das famílias que têm espécies arbóreas no Cerrado e/ou na Floresta Atlântica quantas têm pelo menos uma espécie estudada?

Das 97 famílias que têm espécies lenhosas autossustentantes no Cerrado, há informações sobre o número cromossômico básico x de 90,72% (88 famílias). Das 103 famílias com esse hábito na Floresta Atlântica, 90,3% (93 famílias) têm estudos cromossômicos. Considerando o conjunto das 117 famílias nos dois biomas, 90,59% (106 famílias) têm algum estudo do número cromossômico feito no mundo. O número cromossômico básico x ainda não foi estipulado para onze famílias das que ocorrem no Cerrado e na Floresta Atlântica. Em sete delas, não há estudos para nenhum dos gêneros e espécies ocorrentes no Cerrado e na Floresta Atlântica: *Achariaceae* (*Carpotroche*, *Lindackeria*), *Marcgraviaceae* (*Norantea*), *Picramniaceae* (*Picramnia*), *Cardiopteridaceae* (*Citronella*), *Goupiaceae* (*Goupia*), *Picrodendraceae* (*Piranhea*), *Stemonuraceae* (*Discophora*). Embora não estudadas no Cerrado ou na Floresta Atlântica, as quatro famílias

restantes (Polygalaceae, Calophyllaceae, Pentaphylacaceae e Schoepfiaceae) tiveram o número básico xestipulado para alguns dos seus gêneros: *Monnina* e *Polygala* (Polygalaceae), *Calophyllum* e *Carapa* (Calophyllaceae), *Ternstroemia* (Pentaphylacaceae) e *Schoepfia* (Schoepfiaceae).

Algumas famílias se destacaram pelo número de gêneros estudados citogeneticamente (Tabela 1 em Suplemento Eletrônico): Fabaceae (76 gêneros no Cerrado, dos quais 54 foram estudados; 91 na Floresta Atlântica, 59 estudados), Rubiaceae (25 no Cerrado, 17 estudados; 34 na Floresta Atlântica, 20 estudados), Asteraceae (24 no Cerrado, 23 estudados; 20 na Floresta Atlântica, 14 estudados), Euphorbiaceae (14 no Cerrado, 9 estudados; 30 na Floresta Atlântica, 17 estudados), Malvaceae (14 no Cerrado, 11 estudados; 21 na Floresta Atlântica, 12 estudados), Myrtaceae (10 no Cerrado, 7 estudados; 18 na Floresta Atlântica, 13 estudados), Melastomataceae (13 no Cerrado, 8 estudados; 10 na Floresta Atlântica, 5 estudados), Annonaceae (11 no Cerrado, 5 estudados; 14 na Floresta Atlântica, 11 estudados), Solanaceae (4 no Cerrado, 3 estudados; 12 na Floresta Atlântica, 7 estudados), Moraceae (5 no Cerrado, 4 estudados; 11 na Floresta Atlântica, 7 estudados); Malpighiaceae (8 no Cerrado, 7 estudados; 7 na Floresta Atlântica, 5 estudados), Rhamnaceae (4 no Cerrado, 4 estudados; 6 na Floresta Atlântica, 4 estudados), Lecythidaceae, Lythraceae, Proteaceae e Verbenaceae (todos os gêneros ocorrentes no Cerrado e na Floresta Atlântica estudados). Muitas famílias têm sido extensivamente estudadas etêm o número cromossômico básico estipulado por vários autores, com destaque para as famílias Annonaceae, Asteraceae, Fabaceae, Malpighiaceae, Malvaceae, Myrtaceae e Rubiaceae.

Dos gêneros que têm espécies arbóreas no Cerrado e/ou na Floresta Atlântica quantos têm pelo menos uma espécie estudada?

Dos 432 e 590 gêneros com esse hábito ocorrentes no Cerrado e na Floresta Atlântica, 65,27% (282 gêneros) e 57,79% (341), respectivamente, têm número básico x conhecido. No conjunto dos 711 gêneros que ocorrem no Cerrado e/ou na Floresta Atlântica, 58,36% (426 gêneros) têm estudos citológicos. Alguns gêneros têm sido extensivamente estudados: *Abutilon*, *Acacia*, *Acosmium*, *Aeschynomene*, *Annona*, *Banisteriopsis*, *Bauhinia*, *Caesalpinia*, *Calliandra*, *Capsicum*, *Cassia*, *Clerodendron*, *Crotalaria*, *Croton*, *Cuphea*, *Dalbergia*, *Dioclea*, *Erythrina*, *Guatteria*, *Hedyosmum*, *Hisbiscus*, *Hybanthus*, *Indigofera*, *Ixora*, *Jatropha*, *Koanophyllon*, *Lantana*, *Leucaena*, *Lychnophora*, *Mikania*, *Mimosa*, *Ormosia*, *Oxalis*, *Paullinia*, *Physalis*, *Physocalymma*, *Piper*, *Piptadenia*, *Pithecellobium*, *Pittosporum*,

Polygala, *Prosopis*, *Psidium*, *Psychotria*, *Rauvolfia*, *Rollinia*, *Salix*, *Senna*, *Siparuna*, *Solanum*, *Tephrosia*, *Terminalia*, *Trema*, *Turnera*, *Vernonia*, *Vigna*, *Vitex*. Porém, dentre os gêneros ocorrentes no Cerrado e/ou na Floresta Atlântica, alguns não tiveram estudada nenhuma das espécies: *Abutilon*, *Clerodendron*, *Dioclea*, *Koanophyllon*, *Mikania*, *Polygala*, *Rauvolfia*, *Rollinia*, *Siparuna* e *Vigna*. Por outro lado, alguns desses gêneros tiveram estudadas todas as espécies ocorrentes no Cerrado e na Floresta Atlântica: *Aeschynomene* (*A. paniculata* Willd. ex Vogel e *A. sensitiva* Sw.), *Caesalpinia* (*C. echinata* Lam., *C. bracteosa* Tul., *C. férrea* Mart. ex Tul., *C. pyramidalis* Tul., *C. pulcherrima* (L.) Sw.), *Capsicum* (*C. annuum* L., *C. baccatum* L., *C. parvifolium* Sendtn.), *Crotalaria* (*C. holosericea* Nees & Mart., *C. stipularia* Desv., *C. vitellina* Kew Gawl.), *Hedyosmum* (*H. brasiliense* Mart. ex Miq.), *Hibiscus* (*H. furcellatus* Desr., *H. peruvianus* R.E.Fr), *Hybanthus* (*H. atropurpureus* (A. St.-Hil.) Taub., *H. communis* (A. St.-Hil.) Paula-Souza, *Indigofera* (*I. suffruticosa* Mill., *I. hirsuta* L.), *Leucaena* (*L. leucocephala* (Lam.) de Wit), *Oxalis* (*O. grisea* A. St.-Hil. & Naudin), *Physalis* (*P. pubescens* L.), *Pittosporum* (*P. undulatum* Vent.), *Prosopis* (*P. juliflora* (Sw.) DC.), *Salix* (*S. humboldtiana* Willd.), *Tephrosia* (*T. noctiflora* Bojer ex Baker). É importante destacar aqui também o gênero *Antonia*, que embora apresente estudos para duas de suas quatro espécies, possui uma espécie endêmica do Cerrado (*Antonia ovata*), sobre a qual não há estudos citológicos até o momento.

Alguns gêneros se destacaram por estarem representados por uma grande quantidade de espécies, mas poucas foram estudadas (Tabela 2 em Suplemento Eletrônico): *Myrcia* (33 espécies no Cerrado, das quais 5 foram estudadas; 77 espécies na Floresta Atlântica, 6 estudadas), *Miconia* (32 espécies no Cerrado, 10 estudadas; 69 espécies na Floresta Atlântica, 9 estudadas), *Byrsonima* (31 espécies no Cerrado, 7 estudadas; 25 espécies na Floresta Atlântica, 5 estudadas), *Erythroxylum* (28 espécies no Cerrado, 4 estudadas; 35 espécies na Floresta Atlântica, 2 estudadas), *Eugenia* (22 espécies no Cerrado, 9 estudadas; 122 espécies na Floresta Atlântica, 10 estudadas), dentre outros (Tabela 2 em Suplemento Eletrônico).

Situação dos estudos citotaxonômicos das espécies lenhosas do Cerrado e da Floresta Atlântica

Uma proporção de 29,26% (412) das 1408 espécies ocorrentes no Cerrado e de 19,08% (525) das 2751 espécies ocorrentes na Floresta Atlântica têm número cromossômico (n ou 2n) conhecido. A maioria dos estudos citológicos das espécies de Cerrado e da Floresta Atlântica foi realizada por autores da Índia, EUA, Áustria, Inglaterra, Japão, Alemanha e

França (54,7% dos trabalhos). A maior parte dos estudos foi feita por autores da Índia e dos EUA (44,5% dos trabalhos), situação que persistiu até o começo da década de 1980, com pequena participação de outros países do Hemisfério Norte. As instituições mais produtivas foram University of California, University of Texas e Missouri Botanical Garden nos EUA; University of Wien na Áustria; Royal Botanic Garden e The John Innes Horticultural Institution na Inglaterra; Kochi Women's University e Osaka University no Japão; University of Freiburg na Alemanha; Université de Paris na França e Universidade de Punjab na Índia.

A partir da década de 1980, a predominância de alguns países nos estudos citotaxonômicos diminuiu. Timidamente, os países do Hemisfério Sul começaram a contribuir, até que a partir de 2000 a contribuição desses países cresceu significativamente. Muitos estudos são provenientes da Argentina (9,7% dos trabalhos), sendo as instituições mais produtivas o Instituto de Botánica del Nordeste (principalmente) e Universidad Nacional de Córdoba. Na América do Sul, além da Argentina, o Brasil também contribuiu significativamente (18,3% dos trabalhos compilados), e há algumas contribuições do Equador, Venezuela e Uruguai. Há também estudos provenientes de instituições africanas de Gana e Nigéria. Outros registros são da China, Rússia, Arábia Saudita, Paquistão e Tailândia; e dos países europeus Bélgica, Dinamarca, Espanha, Holanda, República Tcheca e Suécia.

As contribuições do Brasil têm crescido bastante, perfazendo boa parte dos trabalhos sobre espécies do Cerrado e Floresta Atlântica. A maioria dos trabalhos se concentra na Universidade Estadual de Campinas, onde há estudos sobre os táxons Asteraceae, Bignoniaceae, Malpighiaceae, Melastomataceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Sapindaceae, Verbenaceae, *Alibertia*, *Anemopaegma*, *Banisteriopsis*, *Caryocar*, *Campomanesia*, *Crotalaria*, *Croton*, *Dahlstedtia*, *Eugenia*, *Eriotheca*, *Erythrina*, *Genipa*, *Lychnophora*, *Lychnophoriopsis*, *Machaerium*, *Magonia*, *Mimosa*, *Myrciaria*, *Paralychnophora*, *Pimenta*, *Plinia*, *Psidium*, *Psychotria*, *Rudgea verticillata* Ruiz & Pav., *Solanum*, *Vernonia* e *Vochysia*. A Universidade Federal do Rio Grande do Sul tem desenvolvido estudos sobre Fabaceae, *Butia*, *Chamaecrista*, *Jatropha*, *Lantana*, *Leucaena*, *Maytenus*, *Mimosa* e *Senna*. Muitas outras instituições, mesmo com menor quantidade de estudos, contribuíram: Embrapa (Velloziaceae, *Capsicum*, *Pilocarpus*), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Asteraceae, Fabaceae, *Anadenanthera colubrina* (Vell) Brenan, *Cybistax*), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo (Fabaceae, *Clusia*, *Crotalaria*, *Indigofera*, *Plantago*, *Stylosanthes*), Universidade Federal de Lavras (*Euterpe*, *Kielmeyera*, *Oenocarpus*, *Psidium* e *Senna*), Universidade Federal de Minas Gerais

(*Cratylia*), Universidade Federal de Juiz de Fora (*Lippia*), Universidade Federal do Rio de Janeiro (Malpighiaceae), Universidade Federal de Viçosa (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart., *Bixa*, *Jatropha*), Universidade Federal de Uberlândia (Malvaceae, *Eriotheca*), Universidade Federal de Pernambuco (Fabaceae, Rutaceae, *Manihot*, *Spondias*), Universidade Federal da Paraíba (Fabaceae), Universidade Federal do Ceará (Fabaceae), Universidade Federal da Bahia (*Crotalaria*), Universidade Estadual de Santa Cruz (*Caesalpinia*), Universidade Federal Rural de Pernambuco (*Solanum*, *Vernonieae*), Universidade Estadual de Feira de Santana (Apocynaceae), Universidade Federal de Roraima (*Acosmium* e *Leptolobium*), Universidade Estadual de Londrina (*Aegiphila*, *Citharexylum*, *Vernonia*, *Vitex*), Universidade Paranaense (*Alchornea*, *Cedrela fissilis* Vell.), Universidade Federal de Santa Maria (*Stylosanthes*, *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.), Universidade Estadual de Maringá (*Pilocarpus*), Universidade Federal de Santa Catarina (*Pterodon emarginatus* Vogel) e Universidade Federal do Espírito Santo (*Lippia*, *Psidium guajava* L.).

Discussão

A proporção de táxons, especialmente espécies, estudados no Cerrado foi pouco maior que na Floresta Atlântica. Essa pequena diferença deve-se à maior riqueza florística da Floresta Atlântica. Mas, em geral, não pode ser inferido que uma formação é mais conhecida citologicamente que a outra. Como esperado, a maioria das famílias avaliadas possui o número cromossômico básico conhecido. Raven (1975) observou que das 354 famílias reconhecidas por Cronquist (1968), apenas 44 não possuíam nenhum dado citogenético e que das famílias adicionais reconhecidas por Thorne (1968) e por Takhtajan (1969), 49 não haviam sido estudadas. Raven (1975) enfatizou que muitas dessas famílias com número cromossômico básico desconhecido são endêmicas do hemisfério sul. A ausência de dados cariológicos para muitos gêneros e espécies da flora brasileira pode ser resultado do fato de a Citotaxonomia ter se desenvolvido inicialmente em países do hemisfério norte, acumulando dados e estabelecendo modelos evolutivos baseados principalmente em táxons e floras temperadas (Guerra, 1990). Por exemplo, a família Polygalaceae foi registrada na lista de táxons endêmicos do Brasil (Giulietti & al., 2005), com dois gêneros e 31 espécies endêmicas, porém alguns de seus gêneros ocorrentes no Cerrado e na Floresta Atlântica não têm estudos cariológicos.

Nossos resultados corroboram Rice & al. (2014), que postularam que Asteraceae, a maior família de angiospermas, está entre os táxons mais estudados citologicamente, com conhecimento do número cromossômico de 11776 (32%) de suas 36700 espécies. Porém,

observamos que a maioria dos estudos referentes aos táxons mais extensivamente estudados foi conduzida por autores estrangeiros. No caso de Asteraceae, as maiores contribuições foram dadas por pesquisadores dos Estados Unidos (Stebbins & al., 1953; Raven & al., 1960; Raven & Kyhos, 1961; Solbrig & al., 1964; Raven, 1975). Entretanto, o fato de haver muitos estudos em Asteraceae não diminui a necessidade de estudos das populações brasileiras. Espécies que já foram cariologicamente estudadas em uma determinada região não passam a ser menos interessantes para a análise por pesquisadores de outra região, pois a investigação de várias populações de uma mesma espécie pode revelar desde estabilidade citológica até a existência de espécies ou raças crípticas (Guerra, 1990). Em relação ao número de famílias, uma proporção bem menor de gêneros foi estudada, e bem menor ainda de espécies, o que enfatiza a necessidade de estudos das espécies do Cerrado e da Floresta Atlântica.

O pequeno número de contagens cromossômicas para alguns gêneros pode ser atribuído à elevada riqueza de espécies e poucos autores contribuindo com a caracterização citológica desses gêneros. As poucas espécies pertencentes a esses gêneros estudadas, tiveram número cromossômico estipulado pelos mesmos autores, por exemplo os estudos cromossômico de espécies de *Myrcia* do Cerrado e Floresta Atlântica foram realizados por Costa & Forni-Martins (2006, 2007). Em *Miconia*, diferentes espécies foram estudadas por Solt & Wurdack (1980), Almeda (1997) e Goldenberg & Shepherd (1998). Poucos autores contribuindo dificulta contagens mais completas para esses gêneros, já que eles são representados por muitas espécies no Cerrado e na Floresta Atlântica. No caso de *Eugenia*, isso foi observado para as diferentes espécies estudadas e, além disso, uma única espécie, *Eugenia uniflora* L., foi estudada por vários autores (Bhaduri & Islam, 1949; Simmonds, 1954; Singhal, Gill & Bir, 1980; Singhal, Gill & Bir, 1984; Singhal & al., 1985; Pedrosa, 1999; Costa & Forni-Martins, 2007, 2008).

A maioria trabalhos mais antigos se restringia a contagens numéricas de cromossomos (Huskins & La-Cour, 1930; Skovsted, 1935; Spencer, 1955). Atualmente, é frequente encontrar trabalhos que aliam caracteres citológicos à taxonomia (e.g., Henriquez, 2014), e outros que utilizam informações de estudos anteriores para reconhecerem o número ancestral básico x dos táxons (Ito & al., 2000; Valcarcel & al., 2003; Semple & Watanabe, 2009). Alguns trabalhos, inclusive brasileiros, não têm apenas o foco na citotaxonomia, mas têm objetivos mais amplos, como, por exemplo, características anatômicas, embriológicas, palinológicas, reprodutivas e taxonômicas, além da caracterização citológica do táxon (Opler

& al., 1975; Oliveira & al., 1992; Boaventura & Piedade, 1993; Ferrucci & Urdampilleta, 2009; Nassar & al., 2010; Rodrigues & al., 2012).

Embora a contribuição de países da América Latina tenha aumentado nos últimos anos, a maioria dos estudos abrange poucos táxons. Frequentemente, esses estudos caracterizam apenas uma espécie ou gênero (por exemplo, Iltis & Cornejo, 2005; Contim & al. 2005), ao passo que estudos realizados por autores do hemisfério norte são mais abrangentes, e muitos, mesmo realizados há longa data, ainda são referência para estudos citotaxonômicos atuais (Wanscher, 1934; Stebbins, 1938; Bowden, 1940; Atchison, 1951; Mehra & Bawa, 1969; Raven, 1975; Goldblatt, 1976; Carr, 1978; Goldblatt, 1979; Lewis, 1980; Morawetz, 1986a).

Na década de 1920, foram realizadas as primeiras caracterizações cromossômicas de espécies do Cerrado e da Floresta Atlântica, feitas por pesquisadores estrangeiros. No Cerrado foram analisadas *Capsicum anuum* L. (Kostoff, 1926) e *Erythrochiton brasiliense* Ness & Mart (Heitz, 1926). Os autores, provenientes da Bulgária e da Alemanha, observaram $2n=12$ e $2n=89-90$, para as respectivas espécies. Na Floresta Atlântica, a primeira espécie caracterizada citologicamente foi *Physalis pubescens* L., num estudo realizado por autores franceses (de Vilmorin & Simonet, 1927). Em 1928, as espécies do Cerrado *Triplaris surinamensis* Cham. e da Floresta Atlântica *Triplaris weigeltiana* (Rchb.) Kuntze foram caracterizadas com $2n=22$ por um autor da University of Kiel, na Alemanha (Jaretsky, 1928). Em 1929, a espécie do Cerrado *Acacia farnesiana* (L.) Willd. foi caracterizada por um autor francês com $2n=109$ (Ghimpu, 1929). Muitas espécies características do Brasil (do Cerrado e da Floresta Atlântica) foram estudadas em outros países e até em outros continentes. Isso ocorre em espécies com ampla distribuição geográfica, ou em espécies introduzidas em outros países, visando ao seu aproveitamento econômico, principalmente como plantas ornamentais e na área de paisagismo.

Há muitos trabalhos feitos por pesquisadores estrangeiros que coletaram material botânico nos trópicos, incluindo espécies do Cerrado e da Floresta Atlântica. Gibbs & Ingram (1982) apresentaram números cromossômicos de 18 espécies do sudeste brasileiro, ocorrentes em florestas e no cerrado. Morawetz (1984) estudou espécies de dois gêneros de Annonaceae, *Duguetia* e *Xylopia*, determinando números cromossômicos de seis espécies e elaborando cariótipos de três delas. Ehrendorfer & al. (1984) fizeram uma análise cariológica de duas populações de espécies sul-americanas da família Caryocaraceae, uma em Botucatu (SP) e outra na Chapada dos Guimarães (MT). Morawetz (1986b) realizou a contagem dos cromossomos de 102 espécies arbóreas tropicais de 51 gêneros e 18 famílias. Arce (1992)

estudou *Albizia*, *Havardia* e *Pithecelobium* do Equador, Honduras, México e Guatemala. Dentre as espécies estudadas estava *Albizia niopoides* (Spruce ex. Benth) Burkart, espécie ocorrente no Cerrado e na Floresta Atlântica. Anderson (1993) caracterizou Malpighiaceae do neotrópico.

No Brasil, os estudos citológicos estavam inicialmente ligados à área da agronomia e genética (Guerra, 1990), com interesse em espécies cultivadas. Em 1935, foi criada a Seção de Citologia do Instituto Agrônomo de Campinas, tendo como foco principal a citogenética de *Coffea*, seguida por estudos em *Citrus* e *Manihot* (Cruz & al., 1993). Mesmo nas instituições agrônomicas, como o IAC e a Escola Superior de Agricultura Luiz de Querioz (ESALQ/USP), depois de um certo tempo, passou-se a dar alguma atenção à citogenética de espécies nativas. Na ESALQ, destaca-se o trabalho de Bandel (1974) em Fabaceae, que determinou o número cromossômico de 42 espécies, das quais cinco são características de florestas do interior paulista e 35 são típicas de cerrado.

Uma das primeiras contribuições das universidades brasileiras para a investigação de números cromossômicos de plantas de Cerrado e Floresta Atlântica é da Unesp, campus de São José do Rio Preto. Coleman & De Menezes (1980) apresentaram números cromossômicos de várias espécies ocorrentes no estado de São Paulo. Posteriormente, Coleman (1982) caracterizou o número cromossômico de 54 espécies de 33 gêneros e 20 famílias do estado de São Paulo, na maior parte coletadas na região de São José do Rio Preto. Na década de 1990, novos estudos começaram a ser publicados por pesquisadores brasileiros e, a partir de 2000, a contribuição do Brasil para a citotaxonomia cresceu, e muitos trabalhos foram publicados. Esse aumento do número de publicações pode ser atribuído à maior importância dada à Citotaxonomia, com a criação de novos programas de pós-graduação, provocando um aumento de profissionais querendo especializar-se, elevando o número de teses e dissertações e artigos publicados. Apesar disso, a maioria dos estudos tem avaliado apenas um táxon, por vezes apresentando dados de apenas uma espécie. Esse fato destaca a necessidade de trabalhos mais abrangentes, já que a flora brasileira é muito diversa e muito pouco estudada.

Referências Bibliográficas

- Almeda F.** 1997. Chromosome numbers and their evolutionary significance in some Neotropical and paleotropical Melastomataceae. *Biollania* 6:167--190.
- Anderson, W.R.** 1993. Chromosome numbers of neotropical Malpighiaceae. *Contrib. Univ. Mich. Herb.* 19:341--354.

- Angiosperm Phylogeny Group APG III.** 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linn. Soc.* 161:105--121.
- Arce, M.L.R.** 1992. New chromosome counts in neotropical *Albirea*, *Harrardia* and *Pithecellobium*, and a new combination for *Albirea* (Leguminosae-Mimosoideae). *Bot. J. Linn. Soc.* 108:269--274.
- Atchison, E.** 1951. Studies in the Leguminosae. VI. Chromosome Numbers Among Tropical Woody Species. *Am. J. Bot.* 38:538--546.
- Bandel, G.** 1974. Chromosome Numbers and Evolution in the Leguminosae. *Caryologia* 27:17--32.
- Bhaduri, P. N. & Islam A.S.** 1949. Cytogenetics of some common fruit trees 1. *Eugenia* species. *Proc. 36th Indian Sci. Cong.* 3:139.
- Boaventura, Y.M.S. & Piedade, L.H.** 1993. Floral biology and cytological analysis of *Brunfelsia nítida* Benth. (Solanaceae). *Rev. Bras. Genét.* 16:785--792.
- Bolkhoviskikh, Z., Grif, V., Matvejeva, T. & Zakharyeva, H.V.** 1969. *Chromosome number of flowering plants*. Moscou: VL Komarov Botanical Institute, Academy of Sciences of the USSR.
- Bowden, W.M.** 1940. Diploidy, Polyploidy, and Winter Hardiness Relationships in the Flowering Plants. *Am. J. Bot.* 27:357--371.
- Bridgewater, S., Ratter, J.A. & Ribeiro, J.F.** 2004. Biogeographic patterns, β -diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. *Biodivers. Conserv.* 13: 2295--2318.
- Carr, G.D.** 1978. Chromosome Numbers of Hawaiian Flowering Plants and the Significance of Cytology in Selected Taxa. *Am. J. Bot.* 65: 236--242.
- Coleman, J.R. & DeMenezes, E.M.** 1980. Chromosome numbers in Leguminosae from the state of Sao Paulo, Brazil. *Rhodora* 82:475--481.
- Coleman, J.R.** 1982. Chromosome numbers of Angiosperms collected in the state of Sao Paulo. *Rev. Bras. Genet.* 5:533--549.
- Contim, L.A.S., de Carvalho, C.R., Martins, F.A. & de Freitas, D.V.** 2005. Nuclear DNA content and karyotype of Rosewood (*Aniba rosaeodora*). *Genet. Mol. Biol.* 28:754--757.
- Costa, J.Y. & Forni-Martins, E.R.** 2003. Karyology of some Brazilian species of Alismataceae. *Bot. J. Linn. Soc.* 143:159--164.
- Costa, J.Y. & Forni-Martins, E.R.** 2006. Chromosome studies in species of *Eugenia*, *Myrciaria* and *Plinia* (Myrtaceae) from south-eastern Brazil. *Aust. J. Bot.* 54:409--415.
- Costa, J.Y. & Forni-Martins, E.R.** 2007. Chromosome studies in *Gomidesia*, *Marlierea*, *Myrceugenia* and *Myrcia* (Myrtaceae, subtribe Myrciinae). *Kew Bulletin*. 62: 113--118.
- Costa, J.Y. & Forni-Martins, E.R.** 2008. Nuclear genome size variation in fleshy-fruited Neotropical Myrtaceae. *Plant Syst. Evol.* 276:209--217.
- Cronquist, A.** 1968. *The Evolution and Classification of Flowering Plants*. Boston: Houghton Mifflin.

- Cusimano, N., Sousa, A. & Renner, S.S.** 2011. Maximum likelihood inference implies a high, not a low, ancestral haploid chromosome number in Araceae, with a critique of the bias introduced by 'x'. *Ann. Bot.* 1:1--12.
- Cruz, N.D., Boaventura, Y.M.S., Conagin, C.H.T.M., Dutihl, J.H.A., Forni-Martins, E.R., Medina, D.M., Mendes A.J.T., Pierozzi, N.I., Pinto-Maglio, C.A.F.** 1993. *Citogenética vegetal: cinquenta e três anos de pesquisa na Seção de Citologia do Instituto Agronômico*. Documentos IAC 27. Campinas: Instituto Agronômico.
- de Vilmorin, R. & Simonet, M.** 1927. Variations du nombre des chromosomes chez quelques solanees. *C. R. Acad. Sci.* 184:164--166.
- Ehrendorfer, F., Morawetz, W. & Dawe, J.** 1984. The neotropical angiosperm families Brunelliaceae and Caryocaraceae: First karyosystematical data and affinities. *Pl. Syst. Evol.* 145:183--191.
- Ferrucci, M.S. & Urdampilleta, J.D.** 2009. *Toulicia crassifolia* (Sapindaceae, Sapindeae): caracteres carpológicos, seminales, distribución y citogenética. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 44:387--392.
- Gibbs, P.E. & Ingram, R.** 1982. Chromosome numbers of some Brazilian flowering plants. *Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh* 40:399-407.
- Giulietti, A.M., Harley, R.M., Queiroz, L.P., Wanderley, M.G.L. & Berg, C.V.D.** 2005. Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. *Megadiversidade* 1:52--61.
- Goldblatt, P.** 1976. New or Noteworthy Chromosome Records in the Angiosperms. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 63:889--895.
- Goldblatt, P.** 1979. Miscellaneous Chromosome Counts in Angiosperms, II. Including New Family and Generic Records. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 66:856--861.
- Goldblatt, P.** 1981. Index to Plant Chromosome Numbers 1975-1978. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 5:1--553.
- Goldblatt, P.** 1984. Index to Plant Chromosome Numbers 1979-1981. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 8:1--432.
- Goldblatt, P.** 1985. Index to Plant Chromosome Numbers 1982-1983. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 13: 1--224.
- Goldblatt, P.** 1988. Index to Plant Chromosome Numbers 1984-1985. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 23:1--264.
- Goldblatt, P. & Johnson, D.E.** 1990. Index to Plant Chromosome Numbers 1986-1987. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 30:1--242.
- Goldblatt, P. & Johnson, D.E.** 1991. Index to Plant Chromosome Numbers 1988-1989. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 40:1--238.
- Goldblatt, P. & Johnson, D.E.** 1994. Index to plant chromosome numbers 1990-1991. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 51:1-267.

- Goldblatt, P. & Johnson, D.E.** 1996. Index to plant chromosome numbers 1992-1993. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 58:1--276.
- Goldblatt, P. & Johnson, D.E.** 1998. Index to Plant Chromosome Numbers 1994-1995. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 69:1--208.
- Goldenberg, R. & G. J. Shepherd.** 1998. Studies on the reproductive biology of Melastomataceae in "cerrado" vegetation. *Pl. Syst. Evol.* 211: 13--29.
- Guerra, M.** 1990. A situação da citotaxonomia de Angiospermas nos trópicos e, em particular, no Brasil. *Acta Bot. Bras.* 4:75--86.
- Guerra, M.** 2008. Chromosome numbers in plant cytotaxonomy: concepts and implications. *Cytogenet. Genome Res.* 120:339--250.
- Guerra, M.** 2012. Cytotaxonomy: the end of childhood. *Plant Biosyst.* 3:1--146.
- Ghimpu, M.V.** 1929. Contribution a` l'étude chromosomique des acacias. *C. R. Acad. Sci.* 188:1429--1341.
- Heitz, E.** 1926. Der Nachweis der Chromosomen. Vergleichende Studien fiber ihre Zahl, Gr66e und Form im Pflanzenreich. *Zeitschr. Bot.* 18:625--681.
- Henriquez, C.L., Arias, T., Pires, J.C., Croat, T.B. & Schaal, B.A.** 2014. Phylogenomics of the plant family Araceae. *Mol. Phylogenet. Evol.* 75:91--102.
- Huskins, C.L. & La-Cour, L.** 1930. Chromosome Numbers in Capsicum. *Amer. Nat.* 64:382--384.
- Iltis, H.H. & Cornejo, X.** 2005. Studies in Capparaceae XXII. Capparid sclerophylla, a Novelty from Arid Coastal Peru and Ecuador. *Novon* 15:429--437.
- Ito, M., Yahara, T. & King, R.M.** 2000. Molecular Phylogeny of Eupatorieae (Asteraceae) Estimated from cpDNA RFLP and its Implication for the Polyploid Origin Hypothesis of the Tribe. *J. Plant Res.* 113:91--96.
- Jaretsky, R.** 1928. Histologische and karyologische studien an Polygonaceen. *Jahrb. Wiss. Bot.* 69:357--490.
- Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A., Stevens, P.F. & Donoghue, M.J.** 2009. *Sistemática vegetal: um enfoque filogenético*. Porto Alegre: Artmed.
- Kostovv, D.** 1926. Die Bildung der Pollen Kerner bei einigen Varieteten von Capsicum annum. *Jahrb. Univ. Sofia* 4:101--126.
- Lewis, W.H.** 1980. Polyploidy in Angiosperms: Dicotyledons. Pp 241--268 in Lewis, W.H. (ed.), *Poliploidy*. New York: Plenum Press.
- Lysak, M.A., Cheung, K., Kitchke, M. & Bures, P.** 2007. Ancestral Chromosomal Blocks Are Triplicated in Brassiceae Species with Varying Chromosome Number and Genome Size. *Plant Physiol.* 145: 402--410.
- Marhold, K. & Kempa, M.** 2004 (last updated Jun 2015). IOPB: International Organization of Plant Biosystematics. <http://www.iopb.org/> (acessed 20 May 2014).
- Mehra, P.N. & Bawa, K.S.** 1969. Chromosomal Evolution in Tropical Hardwoods. *Evolution* 23:466--481.
- Mendonça, R.C., Felfili, J.M., Walter, B.M.T., Silva Júnior, M.C., Rezende, A.V., Filgueiras, T.S. & Nogueira, P.E.** 1998. Flora vascular do cerrado. Pp. 287--556

- in Almeida, M.S. & Almeida, S.P. (ed.), *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina: EMBRAPA-CEPAC.
- Moore, R.J.** 1973. Index to Plant Chromosome Numbers 1967-1971. *Reg. Veget.* 90:1--539.
- Moore, R.J.** 1974. Index to Plant Chromosome Numbers 1972. *Reg. Veget.* 91:1--108.
- Moore, R.J.** 1977. Index to Plant Chromosome Numbers 1973-1974. *Reg. Veget.* 96:1--257.
- Morawetz, W.** 1984. How stable are genomes of tropical woody plants? Heterozygosity in C-banded karyotypes of *Porcelia* as compared with *Annona* (Annonaceae) and *Drimys* (Winteraceae). *Pl. Syst. Evol.* 145:29--39.
- Morawetz, W.** 1986a. Systematics and karyoevolution in Magnoliidae: Tetrameranthus as compared with other Annonaceae genera of the same chromosome number. *Pl. Syst. Evol.* 154:147--173.
- Morawetz, W.** 1986b. Remarks on karyological differentiation patterns in tropical woody plants. *Pl. Syst. Evol.* 152:49--100.
- Moro, M.F., Souza, V.C., Oliveira-Filho, A.T., Queiroz, L.P., Fraga, C.N., Rodal, M.J.N., Araújo, F.S. & Martins, F.R.** 2012. Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia. *Acta Bot. Bras.* 26:981--989.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B. & Kent, J.** 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853--858.
- Nassar, N.M.A., Hashimoto, D.Y., Ribeiro, D.G.** 2010. Genetic, embryonic and anatomical study of an interspecific cassava hybrid. *Genet. Mol. Res.* 9: 532--538.
- Oliveira, P.E., Gibbs, P.E., Barbosa, A.A. & Talavera, S.** 1992. Contrasting breeding systems in two *Eriotheca* (Bombacaceae) species of the Brazilian cerrados. *Pl. Syst. Evol.* 179:207--219.
- Oliveira-Filho, A.T. & Fontes, M.A.L.** 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica* 32: 793--810.
- Opler, P.A., Baker, H.G. & Frankie, G.W.** 1975. Reproductive Biology of Some Costa Rican *Cordia* Species (Boraginaceae). *Biotropica* 7:234--247.
- Pedrosa, A.** 1999. Citogenética de angiospermas coletadas em Pernambuco - V. *Acta Bot. Brasil.* 13: 49--60.
- Ratter, J.A., Bridgewater, S., Ribeiro, J.F., Fonseca-Filho, J., Rodrigues da Silva, M., Milliken, W., Pullan, M., Pott, A., Oliveira-Filho, A.T., Durigan, G. & Pennington, R.T.** 2009. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation IV: Presentation of a Revised Data-Base of 367 Areas. <http://cerrado.rbge.org.uk/cerrado/download/download.php/> (accessed 12 Apr 2014).
- Raven, P.H.** 1975. The Bases of Angiosperm Phylogeny: Cytology. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 62:724--764.
- Raven, P.H. & Kyhos, D.W.** 1961. Chromosome Numbers in Compositae. II. Helenieae. *Am. J. Bot.* 48:842--850.
- Raven, P.H., Solbrig, O.T., Kyhos, D.W. & Snow, R.** 1960. Chromosome Numbers in Compositae. I. Astereae. *Am. J. Bot.* 47:124--132.

- Rice, A., Glick, L., Abadi, S., Einhorn, M., Kopelman, N.M., Salman-Minkov, A., Mayzel, J., Chay, O. & Mayrose, I. 2014. The Chromosome Counts Database (CCDB) – a community resource of plant chromosome numbers. *New phytol.* 1:1--8.
- Rodrigues, P.S., Souza, M.M. & Corrêa, R.X. 2012. Karyomorphology of *Caesalpinia* Species (Caesalpinioideae: Fabaceae) from Caatinga and Mata Atlantica Biomes of Brazil. *Journal Plant Studies* 1:82--91.
- Ruffini-Castiglione, M. & Cremonini, R. 2012. A fascinating island: $2n = 4$. *Plant Biosyst.* 146: 711--726.
- Sano, S.M., Almeida, S.P. & Ribeiro J.F. 2008. *Cerrado: Ecologia e Flora*. Brasília: Embrapa.
- Semple, J.C. & Watanabe, K. 2009. A review of chromosome numbers in Asteraceae with hypothesis on chromosomal base number evolution. Pp. 61--72 in Semple, J.C. & Watanabe, K. (ed.), *Systematics, evolution and biogeography of Compositae*. Vienna: International Association for Plant Taxonomy.
- Silva, J.M.C. & Bates, J.M. 2002. Biogeographic patterns and conservation in the South American cerrado: a tropical savanna hotspot. *BioScience* 52:225--233.
- Simmonds, N. W. 1954. Chromosome behaviour in some tropical plants. *Heredity* 8: 139--145.
- Singhal, V. K., Gil, B.S. & Bir, S.S. 1980. Chromosome number reports LXVII. *Taxon* 29: 355-357.
- Singhal, V. K., Gil, B.S. & Bir, S.S. 1984. Cytology of cultivated woody species (Polypetaleae). *Proc. Indian Sci. Congr. Assoc.* 71: 143--144.
- Singhal, V. K., Gil, B.S. & Bir, S.S. 1985. Cytology of woody species. *Proceedings of the Indian Acad. Sci.* 94: 607--617.
- Skovsted, A. 1935. Chromosome numbers in the Malvaceae. *Indian Journal of Genetics* 31:263--296.
- Solbrig, O.T., Anderson, L.C. & Kyhos, D.W. 1964. Chromosome Numbers in Compositae V. Astereae II. *Am. J. Bot.* 51:513--519.
- Solt, M.L., & Wurdack J.J. 1980. Chromosome number in the Melastomataceae. *Phytologia* 47: 199--220.
- Spencer, J.L. 1955. A Cytological Study of the Cactaceae of Puerto Rico. *Bot. Gazette* 117:33--37.
- Stebbins, G.L. 1938. Cytological Characteristics Associated with the Different Growth Habits in the Dicotyledons. *Am. J. Bot.* 25:189--198.
- Stebbins, G.L. 1953. Chromosomes and phylogeny in the Compositae, tribe Cichorieae. *Univ. Calif. Publ. Bot.* 26: 401--430.
- Stehmann, J.R., Forzza, R.C., Salino, A., Sobral, M., Costa, D.P. & Kamino, L.H.Y. 2009. Diversidade taxonômica na Floresta Atlântica. Pp. 3--12 in Stehmann, J.R., Forzza, R.C., Salino, A., Sobral, M., Costa, D.P. & Kamino, L.H.Y. (ed.), *Plantas da Floresta Atlântica*. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Takhtajan, A. 1969. *Flowering Plants: Origin and Dispersal*. Washington: Smithsonian Institution.

- Thorne, R.F.** 1968. Synopsis of a putatively phylogenetic classification of the flowering plants. *Aliso* 6:57--66.
- Tropicos.org.** 2015. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org/> (accessed 12 Apr 2015).
- Uhl, C.H.** 1978. Chromosomes of Mexican Sedum II. Section Pachysedum. *Rhodora* 80: 491-512.
- Valcárcel, V., Fiz, O. & Vargas, P.** 2003. Chloroplast and nuclear evidence for multiple origins of polyploids and diploids of *Hedera* (Araliaceae) in the Mediterranean basin. *Mol. Phylogenet. Evol.* 27:1--20.
- Wanscher, J.H.** 1934. The Basic Chromosome Number of the Higher Plants. *New phytol.* 33:101--126.

Suplemento Eletrônico

Tabela 1- Famílias de angiospermas com o total de gêneros ocorrentes no Cerrado e na Floresta Atlântica e o número de gêneros com estudos cromossômicos publicados.

Famílias do Cerrado	Total de gêneros	Gêneros estudados	Famílias da Floresta Atlântica	Total de gêneros	Gêneros estudados
Fabaceae	76	54	Fabaceae	91	59
Rubiaceae	25	17	Rubiaceae	34	20
Asteraceae	24	23	Euphorbiaceae	30	17
Euphorbiaceae	14	9	Malvaceae	21	12
Malvaceae	14	11	Asteraceae	20	14
Melastomataceae	13	8	Myrtaceae	18	13
Arecaceae	12	4	Sapindaceae	18	9
Anacardiaceae	11	6	Lauraceae	15	8
Annonaceae	11	7	Annonaceae	14	11
Apocynaceae	11	6	Arecaceae	13	6
Myrtaceae	10	7	Bignoniaceae	13	7
Sapindaceae	10	5	Rutaceae	13	4
Bignoniaceae	8	4	Solanaceae	12	7
Malpighiaceae	8	7	Apocynaceae	11	5
Rutaceae	8	5	Moraceae	11	7
Celastraceae	7	2	Anacardiaceae	10	4
Lamiaceae	7	3	Celastraceae	10	4
Lauraceae	6	3	Melastomataceae	10	5
Burseraceae	5	3	Sapotaceae	9	2
Chrysobalanaceae	5	2	Nyctaginaceae	8	2
Lythraceae	5	5	Phyllanthaceae	8	2
Moraceae	5	4	Cactaceae	7	4
Sapotaceae	5	1	Clusiaceae	7	2
Boraginaceae	4	3	Lamiaceae	7	4
Combretaceae	4	2	Malpighiaceae	7	5
Loganiaceae	4	2	Salicaceae	7	3
Olacaceae!	4	2	Capparaceae	6	1
Polygalaceae	4	2	Lecythidaceae	6	6
Primulaceae	4	4	Primulaceae	6	4
Rhamnaceae	4	4	Rhamnaceae	6	4
Salicaceae	4	2	Araliaceae	5	4
Solanaceae	4	3	Burseraceae	5	4
Verbenaceae	4	4	Chrysobalanaceae	5	3
Vochysiaceae	4	0	Meliaceae	5	2
Acanthaceae	3	2	Olacaceae	5	3

Cactaceae	3	2	Urticaceae	5	3
Calophyllaceae	3	1	Verbenaceae	5	5
Dilleniaceae	3	0	Vochysiaceae	5	2
Lecythidaceae	3	3	Humiriaceae	4	0
Loranthaceae	3	3	Monimiaceae	4	2
Meliaceae	3	2	Polygalaceae	4	0
Nyctaginaceae	3	0	Violaceae	4	2
Bixaceae	2	2	Calophyllaceae	3	2
Cannabaceae	2	2	Combretaceae	3	2
Capparaceae	2	1	Ochnaceae	3	1
Caricaceae	2	1	Phytolaccaceae	3	1
Clusiaceae	2	1	Polygonaceae	3	2
Connaraceae	2	0	Proteaceae	3	3
Convolvulaceae	2	2	Simaroubaceae	3	1
Humiriaceae	2	0	Acanthaceae	2	2
Passifloraceae	2	2	Achariaceae	2	0
Phyllanthaceae	2	1	Bixaceae	2	2
Polygonaceae	2	2	Boraginaceae	2	2
Proteaceae	2	2	Cannabaceae	2	2
Simaroubaceae	2	0	Caricaceae	2	1
Achariaceae	1	0	Connaraceae	2	0
Amaranthaceae	1	0	Cunoniaceae	2	0
Aquifoliaceae	1	1	Dichapetalaceae	2	1
Araceae	1	0	Ericaceae	2	1
Araliaceae	1	1	Loganiaceae	2	1
Caryocaraceae	1	1	Lythraceae	2	2
Cleomaceae	1	1	Oleaceae	2	1
Clethraceae	1	1	Trigoniaceae	2	1
Cunoniaceae	1	0	Ulmaceae	2	2
Dichapetalaceae	1	0	Achatocarpaceae	1	0
Ebenaceae	1	1	Adoxaceae	1	1
Elaeocarpaceae	1	1	Aquifoliaceae	1	1
Erythroxylaceae	1	1	Canellaceae	1	1
Hypericaceae	1	0	Cardiopteridaceae	1	0
Icacinaceae	1	0	Caryocaraceae	1	1
Krameriaceae	1	1	Chloranthaceae	1	1
Lacistemataceae	1	1	Clethraceae	1	1
Marcgraviaceae	1	0	Dilleniaceae	1	0
Menispermaceae	1	0	Ebenaceae	1	1
Myristicaceae	1	0	Elaeocarpaceae	1	1
Ochnaceae	1	0	Erythroxylaceae	1	1

Oleaceae	1	0	Escalloniaceae	1	1
Opiliaceae	1	0	Goupiaceae	1	0
Orchidaceae!	1	1	Griselinaceae	1	1
Orobanchaceae	1	0	Hernandiaceae	1	0
Oxalidaceae	1	1	Hypericaceae	1	1
Pedaliaceae!	1	1	Icacinaceae	1	0
Pentaphylacaceae	1	1	Lacistemataceae	1	1
Picramniaceae	1	0	Magnoliaceae	1	1
Piperaceae	1	1	Marantaceae	1	1
Poaceae	1	1	Myristicaceae	1	0
Santalaceae	1	1	Opiliaceae	1	0
Schoepfiaceae	1	1	Passifloraceae	1	1
Scrophulariaceae	1	0	Pentaphylacaceae	1	0
Siparunaceae	1	1	Picramniaceae	1	0
Styracaceae	1	1	Picrodendraceae	1	0
Symplocaceae	1	1	Piperaceae	1	1
Theaceae	1	0	Pittosporaceae	1	1
Thymelaeaceae	1	0	Putranjivaceae	1	1
Trigoniaceae	1	0	Sabiaceae	1	1
Urticaceae	1	1	Schoepfiaceae	1	0
Velloziaceae	1	1	Siparunaceae	1	0
			Stemonuraceae	1	0
			Styracaceae	1	1
			Symplocaceae	1	1
			Theaceae	1	0
			Thymelaeaceae	1	1
			Winteraceae	1	1

Tabela 2. Gêneros de angiospermas com o total espécies ocorrentes no Cerrado e na Floresta Atlântica e o número de espécies com estudos cromossômicos publicados.

Gêneros do Cerrado	Total de espécies	Espécies estudadas	Gêneros da Floresta Atlântica	Total de espécies	Espécies estudadas
<i>Myrcia</i>	33	5	<i>Eugenia</i>	122	10
<i>Miconia</i>	32	10	<i>Myrcia</i>	77	6
<i>Byrsonima</i>	31	7	<i>Ocotea</i>	74	1
<i>Senna</i>	29	15	<i>Miconia</i>	69	9
<i>Erythroxylum</i>	28	4	<i>Inga</i>	43	4
<i>Mimosa</i>	26	17	<i>Solanum</i>	39	14
<i>Eugenia</i>	22	9	<i>Erythroxylum</i>	35	2
<i>Chamaecrista</i>	20	4	<i>Ficus</i>	31	7
<i>Bauhinia</i>	19	4	<i>Pouteria</i>	31	1
<i>Cordia</i>	16	5	<i>Psychotria</i>	29	10
<i>Ocotea</i>	16	1	<i>Maytenus</i>	28	1
<i>Croton</i>	14	1	<i>Licania</i>	26	1
<i>Solanum</i>	14	8	<i>Mollinedia</i>	26	0
<i>Aspidosperma</i>	13	0	<i>Piper</i>	26	5
<i>Psidium</i>	13	5	<i>Byrsonima</i>	25	5
<i>Annona</i>	12	2	<i>Machaerium</i>	25	13
<i>Casearia</i>	12	0	<i>Marlierea</i>	25	2
<i>Kielmeyera</i>	12	1	<i>Aspidosperma</i>	22	0
<i>Licania</i>	12	0	<i>Campomanesia</i>	22	7
<i>Andira</i>	11	1	<i>Croton</i>	22	2
<i>Hymenaea</i>	11	9	<i>Casearia</i>	19	0
<i>Eremanthus</i>	10	0	<i>Cordia</i>	19	3

<i>Helicteres</i>	10	4	<i>Cupania</i>	19	1
<i>Ouratea</i>	10	1	<i>Myrceugenia</i>	19	7
<i>Vitex</i>	10	1	<i>Nectandra</i>	19	0
<i>Vochysia</i>	10	2	<i>Tibouchina</i>	19	5
<i>Campomanesia</i>	9	4	<i>Trichilia</i>	19	1
<i>Combretum</i>	9	0	<i>Annona</i>	18	2
<i>Cupania</i>	9	1	<i>Calyptranthes</i>	18	4
<i>Jacaranda</i>	9	1	<i>Myrsine</i>	18	1
<i>Machaerium</i>	9	7	<i>Ouratea</i>	18	1
<i>Stryphnodendron</i>	9	1	<i>Swartzia</i>	18	0
<i>Zanthoxylum</i>	9	0	<i>Vochysia</i>	18	1
<i>Aegiphila</i>	8	1	<i>Coccoloba</i>	17	0
<i>Guapira</i>	8	0	<i>Psidium</i>	17	4
<i>Hirtella</i>	8	0	<i>Senna</i>	17	10
<i>Inga</i>	8	2	<i>Symplocos</i>	17	0
<i>Lippia</i>	8	5	<i>Ilex</i>	16	7
<i>Myrsine</i>	8	0	<i>Bauhinia</i>	15	4
<i>Protium</i>	8	0	<i>Faramea</i>	15	0
<i>Symplocos</i>	8	0	<i>Guatteria</i>	14	0
<i>Alibertia</i>	7	2	<i>Jacaranda</i>	14	1
<i>Calliandra</i>	7	0	<i>Rudgea</i>	14	1
<i>Coccoloba</i>	7	0	<i>Chrysophyllum</i>	13	0
<i>Copaifera</i>	7	2	<i>Leandra</i>	13	0

<i>Cordia</i>	7	0	<i>Lonchocarpus</i>	13	3
<i>Himatanthus</i>	7	1	<i>Zanthoxylum</i>	13	0
<i>Ilex</i>	7	2	<i>Guapira</i>	12	0
<i>Manihot</i>	7	4	<i>Plinia</i>	12	1
<i>Maytenus</i>	7	0	<i>Tachigali</i>	12	0
<i>Pouteria</i>	7	1	<i>Allophylus</i>	11	3
<i>Qualea</i>	7	0	<i>Baccharis</i>	11	4
<i>Simaba</i>	7	0	<i>Chomelia</i>	11	0
<i>Swartzia</i>	7	0	<i>Clusia</i>	11	3
<i>Syagrus</i>	7	1	<i>Handroanthus</i>	11	0
<i>Tabebuia</i>	7	5	<i>Hirtella</i>	11	0
<i>Attalea</i>	6	2	<i>Protium</i>	11	0
<i>Banisteriopsis</i>	6	2	<i>Qualea</i>	11	0
<i>Diospyrus</i>	6	0	<i>Senegalia</i>	11	3
<i>Duguetia</i>	6	1	<i>Sloanea</i>	11	0
<i>Ficus</i>	6	2	<i>Styrax</i>	11	3
<i>Leandra</i>	6	1	<i>Terminalia</i>	11	1
<i>Terminalia</i>	6	1	<i>Cinnamomum</i>	10	0
<i>Tibouchina</i>	6	2	<i>Couepia</i>	10	0
<i>Tocoyena</i>	6	1	<i>Coussarea</i>	10	2
<i>Turnera</i>	6	2	<i>Diospyros</i>	10	1
<i>Vernonia</i>	6	3	<i>Persea</i>	10	2
<i>Acacia</i>	5	2	<i>Piptocarpha</i>	10	3
<i>Caesalpinia</i>	5	5	<i>Andira</i>	9	1

<i>Callisthene</i>	5	0	<i>Brosimum</i>	9	0
<i>Chomelia</i>	5	0	<i>Dalbergia</i>	9	4
<i>Connarus</i>	5	0	<i>Daphnopsis</i>	9	0
<i>Eriotheca</i>	5	2	<i>Duguetia</i>	9	0
<i>Guatteria</i>	5	0	<i>Luehea</i>	9	2
<i>Handroanthus</i>	5	0	<i>Myrciaria</i>	9	4
<i>Jatropha</i>	5	2	<i>Roupala</i>	9	0
<i>Luehea</i>	5	1	<i>Vismia</i>	9	0
<i>Mouriri</i>	5	0	<i>Vitex</i>	9	1
<i>Neea</i>	5	0	<i>Xylopia</i>	9	2
<i>Pilosocereus</i>	5	2	<i>Cestrum</i>	8	0
<i>Piptadenia</i>	5	3	<i>Euplassa</i>	8	0
<i>Psychotria</i>	5	2	<i>Kielmeyera</i>	8	1
<i>Rudgea</i>	5	1	<i>Matayba</i>	8	0
<i>Schefflera</i>	5	0	<i>Neea</i>	8	0
<i>Styrax</i>	5	3	<i>Abarema</i>	7	1
<i>Vernonanthura</i>	5	2	<i>Aegiphila</i>	7	0
<i>Vismia</i>	5	0	<i>Beilschmiedia</i>	7	0
<i>Xylopia</i>	5	1	<i>Helicteres</i>	7	4
<i>Albizia</i>	4	2	<i>Hymenaea</i>	7	7
<i>Bredemeyera</i>	4	0	<i>Ixora</i>	7	1
<i>Caryocar</i>	4	2	<i>Manilkara</i>	7	0
<i>Chrysophyllum</i>	4	1	<i>Micropholis</i>	7	0
<i>Cuphea</i>	4	2	<i>Mimosa</i>	7	7

<i>Dipteryx</i>	4	1	<i>Ormosia</i>	7	1
<i>Enterolobium</i>	4	2	<i>Piptadenia</i>	7	3
<i>Eriope</i>	4	0	<i>Schefflera</i>	7	0
<i>Gochnatia</i>	4	0	<i>Simira</i>	7	0
<i>Heteropterys</i>	4	2	<i>Syagrus</i>	7	1
<i>Lychnophora</i>	4	3	<i>Tabebuia</i>	7	2
<i>Mabea</i>	4	0	<i>Tovomita</i>	7	0
<i>Matayba</i>	4	0	<i>Vernonanthura</i>	7	2
<i>Mezilaurus</i>	4	0	<i>Xylosma</i>	7	0
<i>Persea</i>	4	1	<i>Albizia</i>	6	3
<i>Piptocarpha</i>	4	2	<i>Attalea</i>	6	3
<i>Pseudobombax</i>	4	3	<i>Banara</i>	6	0
<i>Sclerolobium</i>	4	1	<i>Bathysa</i>	6	0
<i>Strychnos</i>	4	0	<i>Callisthene</i>	6	0
<i>Virola</i>	4	0	<i>Ceiba</i>	6	3
<i>Agonandra</i>	3	1	<i>Connarus</i>	6	0
<i>Allophylus</i>	3	1	<i>Copaifera</i>	6	2
<i>Anacardium</i>	3	1	<i>Cryptocarya</i>	6	0
<i>Anadenanthera</i>	3	2	<i>Eriotheca</i>	6	1
<i>Astrocaryum</i>	3	0	<i>Guarea</i>	6	0
<i>Baccharis</i>	3	1	<i>Guettarda</i>	6	1
<i>Brosimum</i>	3	0	<i>Lacistema</i>	6	1
<i>Buchenavia</i>	3	0	<i>Meriania</i>	6	0

<i>Calyptranthes</i>	3	1	<i>Picramnia</i>	6	0
<i>Cariniana</i>	3	1	<i>Pisonia</i>	6	0
<i>Cecropia</i>	3	0	<i>Siphoneugena</i>	6	0
<i>Clidemia</i>	3	2	<i>Sorocea</i>	6	0
<i>Clusia</i>	3	2	<i>Tabernaemontana</i>	6	1
<i>Cnidoscolus</i>	3	0	<i>Talisia</i>	6	2
<i>Cochlospermum</i>	3	3	<i>Virola</i>	6	0
<i>Crotalaria</i>	3	3	<i>Zollernia</i>	6	0
<i>Dalbergia</i>	3	1	<i>Actinostemon</i>	5	0
<i>Davilla</i>	3	0	<i>Aiouea</i>	5	1
<i>Eschweilera</i>	3	0	<i>Alchornea</i>	5	2
<i>Esenbeckia</i>	3	0	<i>Buchenavia</i>	5	0
<i>Guettarda</i>	3	0	<i>Calliandra</i>	5	1
<i>Lafoensia</i>	3	2	<i>Cecropia</i>	5	1
<i>Leptolobium</i>	3	1	<i>Chamaecrista</i>	5	0
<i>Lonchocarpus</i>	3	1	<i>Citharexylum</i>	5	1
<i>Micropholis</i>	3	0	<i>Cordia</i>	5	0
<i>Myrciaria</i>	3	2	<i>Dendropanax</i>	5	0
<i>Pithecellobium</i>	3	0	<i>Enterolobium</i>	5	2
<i>Pterodon</i>	3	2	<i>Eremanthus</i>	5	0
<i>Rollinia</i>	3	0	<i>Erythrina</i>	5	4
<i>Rourea</i>	3	0	<i>Geonoma</i>	5	0

<i>Ruellia</i>	3	0	<i>Himatanthus</i>	5	1
<i>Salacia</i>	3	0	<i>Manihot</i>	5	2
<i>Sapium</i>	3	1	<i>Mouriri</i>	5	0
<i>Senegalia</i>	3	1	<i>Neomitranthes</i>	5	0
<i>Spondias</i>	3	3	<i>Palicourea</i>	5	3
<i>Stachytarpheta</i>	3	1	<i>Pavonia</i>	5	0
<i>Tabernaemontana</i>	3	0	<i>Peltogyne</i>	5	0
<i>Trichilia</i>	3	1	<i>Phyllanthus</i>	5	0
<i>Triplaris</i>	3	2	<i>Pilocarpus</i>	5	5
<i>Vellozia</i>	3	2	<i>Pourouma</i>	5	0
<i>Zollernia</i>	3	0	<i>Pseudopiptadenia</i>	5	0
<i>Abarema</i>	2	0	<i>Quiina</i>	5	0
<i>Acrocomia</i>	2	1	<i>Schinus</i>	5	3
<i>Aeschynomene</i>	2	2	<i>Simaba</i>	5	0
<i>Alchornea</i>	2	1	<i>Siparuna</i>	5	0
<i>Allamanda</i>	2	1	<i>Spondias</i>	5	3
<i>Astronium</i>	2	1	<i>Strychnos</i>	5	0
<i>Bocageopsis</i>	2	1	<i>Stryphnodendron</i>	5	1
<i>Bocoa</i>	2	0	<i>Weinmannia</i>	5	0
<i>Butia</i>	2	1	<i>Amaioua</i>	4	1
<i>Cambessedesia</i>	2	0	<i>Ardisia</i>	4	0

<i>Camptosema</i>	2	2	<i>Astronium</i>	4	0
<i>Capparis</i>	2	0	<i>Bougainvillea</i>	4	1
<i>Cassia</i>	2	1	<i>Celtis</i>	4	1
<i>Cathedra</i>	2	0	<i>Centrolobium</i>	4	1
<i>Cedrela</i>	2	2	<i>Cereus</i>	4	2
<i>Ceiba</i>	2	1	<i>Combretum</i>	4	0
<i>Cenostigma</i>	2	0	<i>Coussapoa</i>	4	0
<i>Cereus</i>	2	2	<i>Crysophyllum</i>	4	0
<i>Cestrum</i>	2	0	<i>Cynophalla</i>	4	1
<i>Chaetocarpus</i>	2	0	<i>Dimorphandra</i>	4	1
<i>Chloroleucon</i>	2	0	<i>Eschweilera</i>	4	0
<i>Cinnamomum</i>	2	0	<i>Heteropterys</i>	4	2
<i>Colubrina</i>	2	1	<i>Mabea</i>	4	0
<i>Cratylia</i>	2	2	<i>Oxandra</i>	4	0
<i>Cybianthus</i>	2	0	<i>Parapiptadenia</i>	4	1
<i>Desmoncus</i>	2	0	<i>Parinari</i>	4	1
<i>Dimorphandra</i>	2	1	<i>Pera</i>	4	0
<i>Diptychandra</i>	2	0	<i>Poincianella</i>	4	0
<i>Ephedranthus</i>	2	0	<i>Pseudobombax</i>	4	3
<i>Erythrina</i>	2	2	<i>Rauvolfia</i>	4	0
<i>Exellodendron</i>	2	0	<i>Rhamnidium</i>	4	1
<i>Faramea</i>	2	0	<i>Salacia</i>	4	0
<i>Ferdinandusa</i>	2	0	<i>Sapium</i>	4	1

<i>Heisteria</i>	2	0	<i>Seguieria</i>	4	0
<i>Hibiscus</i>	2	2	<i>Stephanopodium</i>	4	0
<i>Lacistema</i>	2	1	<i>Sterculia</i>	4	1
<i>Lantana</i>	2	2	<i>Syzygium</i>	4	2
<i>Lecythis</i>	2	0	<i>Verbesina</i>	4	0
<i>Lindackeria</i>	2	0	<i>Ziziphus</i>	4	1
<i>Luetzelburgia</i>	2	0	<i>Agonandra</i>	3	0
<i>Manilkara</i>	2	0	<i>Alseis</i>	3	0
<i>Maprounea</i>	2	0	<i>Anaxagorea</i>	3	0
<i>Marcetia</i>	2	1	<i>Aniba</i>	3	0
<i>Martiodendron</i>	2	0	<i>Aureliana</i>	3	0
<i>Nectandra</i>	2	0	<i>Bactris</i>	3	0
<i>Norantea</i>	2	0	<i>Brunfelsia</i>	3	1
<i>Ormosia</i>	2	1	<i>Cassia</i>	3	3
<i>Palicourea</i>	2	2	<i>Cedrela</i>	3	3
<i>Peltogyne</i>	2	0	<i>Chionanthus</i>	3	0
<i>Pera</i>	2	0	<i>Citronella</i>	3	0
<i>Phoradendron</i>	2	0	<i>Cnidoscolus</i>	3	0
<i>Phyllanthus</i>	2	0	<i>Couratari</i>	3	0
<i>Polygala</i>	2	0	<i>Cybianthus</i>	3	0
<i>Randia</i>	2	0	<i>Dasyphyllum</i>	3	2
<i>Rauvolfia</i>	2	0	<i>Esenbeckia</i>	3	0
<i>Remijia</i>	2	0	<i>Galipea</i>	3	0

<i>Rhynchanthera</i>	2	1	<i>Garcinia</i>	3	0
<i>Sacoglottis</i>	2	0	<i>Gochnatia</i>	3	0
<i>Schinus</i>	2	2	<i>Heisteria</i>	3	0
<i>Schoepfia</i>	2	0	<i>Henriettea</i>	3	0
<i>Sebastiana</i>	2	0	<i>Huberia</i>	3	0
<i>Simarouba</i>	2	0	<i>Humiriastrum</i>	3	0
<i>Simira</i>	2	0	<i>Jacaratia</i>	3	1
<i>Siphoneugena</i>	2	0	<i>Jatropha</i>	3	0
<i>Sterculia</i>	2	2	<i>Lafoensia</i>	3	2
<i>Stylosanthes</i>	2	2	<i>Lamanonia</i>	3	0
<i>Tapirira</i>	2	0	<i>Lecythis</i>	3	1
<i>Tetragastris</i>	2	0	<i>Licaria</i>	3	0
<i>Toulicia</i>	2	1	<i>Luetzelburgia</i>	3	0
<i>Tournefortia</i>	2	1	<i>Lytocaryum</i>	3	0
<i>Trigonía</i>	2	0	<i>Margaritopsis</i>	3	0
<i>Vatairea</i>	2	0	<i>Moldenhawera</i>	3	0
<i>Waltheria</i>	2	1	<i>Pachira</i>	3	1
<i>Wunderlichia</i>	2	0	<i>Pausandra</i>	3	0
<i>Ximenia</i>	2	1	<i>Pilosocereus</i>	3	2
<i>Xylosma</i>	2	0	<i>Posoqueria</i>	3	1
<i>Zeyheria</i>	2	1	<i>Pseudolmedia</i>	3	0
<i>Ziziphus</i>	2	1	<i>Randia</i>	3	0
<i>Abelmoschus</i>	1	1	<i>Rinorea</i>	3	0

<i>Abuta</i>	1	0	<i>Stylogyne</i>	3	0
<i>Acalypha</i>	1	0	<i>Tocoyena</i>	3	1
<i>Acosmium</i>	1	0	<i>Toulicia</i>	3	0
<i>Acritopappus</i>	1	1	<i>Triplaris</i>	3	1
<i>Actinostemon</i>	1	0	<i>Turnera</i>	3	1
<i>Adenocalymma</i>	1	0	<i>Abutilon</i>	2	0
<i>Aiouea</i>	1	0	<i>Acalypha</i>	2	0
<i>Allagoptera</i>	1	0	<i>Acosmium</i>	2	2
<i>Aloysia</i>	1	1	<i>Adenocalymma</i>	2	0
<i>Amaioua</i>	1	0	<i>Agarista</i>	2	0
<i>Amburana</i>	1	1	<i>Algernonia</i>	2	0
<i>Anaxagorea</i>	1	0	<i>Alibertia</i>	2	1
<i>Anemopaegma</i>	1	1	<i>Almeidea</i>	2	0
<i>Antonia</i>	1	0	<i>Anadenanthera</i>	2	1
<i>Apeiba</i>	1	1	<i>Artocarpus</i>	2	2
<i>Apterokarpos</i>	1	0	<i>Ateleia</i>	2	0
<i>Apuleia</i>	1	1	<i>Austrocritonia</i>	2	0
<i>Aspilia</i>	1	0	<i>Blepharocalyx</i>	2	1
<i>Ateleia</i>	1	0	<i>Bunchosia</i>	2	0
<i>Aureliana</i>	1	0	<i>Calycophyllum</i>	2	0
<i>Austroplenckia</i>	1	0	<i>Capsicum</i>	2	1

<i>Ayenia</i>	1	0	<i>Cariniana</i>	2	1
<i>Barjonia</i>	1	0	<i>Caryocar</i>	2	1
<i>Barnebya</i>	1	1	<i>Chaetocarpus</i>	2	0
<i>Barnebydendron</i>	1	0	<i>Cheiloclinium</i>	2	0
<i>Bixa</i>	1	1	<i>Chloroleucon</i>	2	0
<i>Blepharocalyx</i>	1	1	<i>Christiana</i>	2	0
<i>Bonyunia</i>	1	0	<i>Cinnamodendron</i>	2	0
<i>Bougainvillea</i>	1	1	<i>Clarisia</i>	2	0
<i>Bowdichia</i>	1	0	<i>Clethra</i>	2	0
<i>Brickellia</i>	1	0	<i>Colubrina</i>	2	1
<i>Bronwenia</i>	1	0	<i>Crepidosperrum</i>	2	0
<i>Bunchosia</i>	1	1	<i>Critoniopsis</i>	2	0
<i>Bursera</i>	1	0	<i>Dahlstedtia</i>	2	2
<i>Cabrlea</i>	1	0	<i>Deguelia</i>	2	0
<i>Calea</i>	1	1	<i>Dilodendron</i>	2	0
<i>Calophyllum</i>	1	1	<i>Diploptropis</i>	2	0
<i>Calycolpus</i>	1	0	<i>Dipteryx</i>	2	1
<i>Calycophyllum</i>	1	0	<i>Emmotum</i>	2	0
<i>Capsicum</i>	1	1	<i>Endlicheria</i>	2	0
<i>Caraipa</i>	1	0	<i>Exostyles</i>	2	0
<i>Cardiopetalum</i>	1	0	<i>Fridericia</i>	2	0
<i>Celastrus</i>	1	0	<i>Genipa</i>	2	2

<i>Celtis</i>	1	0	<i>Glycydendron</i>	2	0
<i>Centratherum</i>	1	1	<i>Guazuma</i>	2	1
<i>Centrolobium</i>	1	1	<i>Gymnanthes</i>	2	0
<i>Chaunochiton</i>	1	0	<i>Helietta</i>	2	0
<i>Cheiloclinium</i>	1	0	<i>Heliocarpus</i>	2	0
<i>Chiococca</i>	1	0	<i>Hieronyma</i>	2	0
<i>Chrysobalanus</i>	1	0	<i>Hybanthus</i>	2	2
<i>Chrysolaena</i>	1	1	<i>Hyptidendron</i>	2	0
<i>Cleome</i>	1	1	<i>Lantana</i>	2	1
<i>Clethra</i>	1	0	<i>Leptolobium</i>	2	2
<i>Clibadium</i>	1	1	<i>Lindackeria</i>	2	0
<i>Cocos</i>	1	1	<i>Lippia</i>	2	1
<i>Commiphora</i>	1	0	<i>Lithrea</i>	2	2
<i>Copernicia</i>	1	0	<i>Macropelplus</i>	2	0
<i>Couepia</i>	1	0	<i>Maprounea</i>	2	0
<i>Coussarea</i>	1	1	<i>Melicoccus</i>	2	1
<i>Coutarea</i>	1	0	<i>Meliosma</i>	2	0
<i>Cranocarpus</i>	1	0	<i>Metrodorea</i>	2	0
<i>Crateva</i>	1	1	<i>Myrcianthes</i>	2	0
<i>Curatella</i>	1	1	<i>Myrocarpus</i>	2	0
<i>Cyanthillium</i>	1	1	<i>Neocalyptrocalyx</i>	2	0
<i>Cybistax</i>	1	1	<i>Neoraputia</i>	2	0

<i>Cyclolobium</i>	1	0	<i>Oreopanax</i>	2	0
<i>Daphnopsis</i>	1	0	<i>Parkia</i>	2	1
<i>Declieuxia</i>	1	0	<i>Paullinia</i>	2	1
<i>Delonix</i>	1	1	<i>Pereskia</i>	2	2
<i>Dialium</i>	1	0	<i>Peritassa</i>	2	0
<i>Diatenopteryx</i>	1	1	<i>Philyra</i>	2	0
<i>Dictyoloma</i>	1	0	<i>Pithecellobium</i>	2	1
<i>Dilodendron</i>	1	0	<i>Platymiscium</i>	2	0
<i>Diplusodon</i>	1	0	<i>Poecilanthe</i>	2	0
<i>Ditassa</i>	1	0	<i>Pradosia</i>	2	0
<i>Dodonaea</i>	1	1	<i>Pterocarpus</i>	2	1
<i>Doliocarpus</i>	1	0	<i>Pterodon</i>	2	2
<i>Duroia</i>	1	0	<i>Quararibea</i>	2	0
<i>Elaeis</i>	1	1	<i>Ruprechtia</i>	2	1
<i>Emmotum</i>	1	0	<i>Rustia</i>	2	0
<i>Eriosema</i>	1	0	<i>Sacoglottis</i>	2	0
<i>Erythrochiton</i>	1	1	<i>Samanea</i>	2	1
<i>Esterhazyia</i>	1	0	<i>Serjania</i>	2	2
<i>Euplassa</i>	1	0	<i>Simarouba</i>	2	0
<i>Evolvulus</i>	1	0	<i>Stillingia</i>	2	0
<i>Forsteronia</i>	1	1	<i>Tapirira</i>	2	0
<i>Genipa</i>	1	1	<i>Ternstroemia</i>	2	0

<i>Godmania</i>	1	0	<i>Tetragastris</i>	2	0
<i>Gomphrena</i>	1	0	<i>Tetrorchidium</i>	2	0
<i>Guadua</i>	1	0	<i>Tontelea</i>	2	0
<i>Guazuma</i>	1	1	<i>Tovomitopsis</i>	2	0
<i>Habenaria</i>	1	1	<i>Trattinnickia</i>	2	0
<i>Hancornia</i>	1	1	<i>Trema</i>	2	1
<i>Harpalyce</i>	1	0	<i>Trigonia</i>	2	0
<i>Helietta</i>	1	0	<i>Unonopsis</i>	2	1
<i>Heliotropium</i>	1	0	<i>Urbanodendron</i>	2	0
<i>Heterocondylus</i>	1	0	<i>Urera</i>	2	1
<i>Holocalyx</i>	1	0	<i>Vantanea</i>	2	0
<i>Humiria</i>	1	0	<i>Varronia</i>	2	0
<i>Hypenia</i>	1	0	<i>Vatairea</i>	2	0
<i>Hyptidendron</i>	1	0	<i>Zeyheria</i>	2	1
<i>Hyptis</i>	1	0	<i>Acacia</i>	1	0
<i>Indigofera</i>	1	1	<i>Acanthocladus</i>	1	0
<i>Ipomoea</i>	1	1	<i>Acca</i>	1	1
<i>Jacaratia</i>	1	1	<i>Achatocarpus</i>	1	0
<i>Justicia</i>	1	1	<i>Acnistus</i>	1	1
<i>Krameria</i>	1	0	<i>Acrocomia</i>	1	1
<i>Ladenbergia</i>	1	0	<i>Adelia</i>	1	0
<i>Laetia</i>	1	0	<i>Aloysia</i>	1	1
<i>Lamanonia</i>	1	0	<i>Amanoa</i>	1	1
<i>Laplacea</i>	1	0	<i>Amburana</i>	1	0
<i>Leonotis</i>	1	1	<i>Ampelocera</i>	1	0

<i>Lessingianthus</i>	1	0	<i>Amphilophium</i>	1	0
<i>Lithraea</i>	1	1	<i>Amphirrhox</i>	1	1
<i>Macairea</i>	1	0	<i>Anacardium</i>	1	1
<i>Maclura</i>	1	0	<i>Andradea</i>	1	0
<i>Magonia</i>	1	1	<i>Anisocapparis</i>	1	0
<i>Malpighia</i>	1	1	<i>Aparisthmium</i>	1	0
<i>Mauritia</i>	1	1	<i>Apeiba</i>	1	1
<i>Mauritiella</i>	1	0	<i>Apuleia</i>	1	1
<i>Microlicia</i>	1	0	<i>Aralia</i>	1	0
<i>Mikania</i>	1	0	<i>Arapatiella</i>	1	0
<i>Moldenhawera</i>	1	0	<i>Astrocaryum</i>	1	0
<i>Mollia</i>	1	0	<i>Astrocasia</i>	1	0
<i>Monnina</i>	1	0	<i>Austroeupatorium</i>	1	1
<i>Moutabea</i>	1	0	<i>Averrhoidium</i>	1	0
<i>Myracrodruon</i>	1	0	<i>Bagassa</i>	1	0
<i>Nerium</i>	1	1	<i>Balfourodendron</i>	1	1
<i>Nopalea</i>	1	1	<i>Barnebya</i>	1	0
<i>Oxalis</i>	1	1	<i>Barnebydendron</i>	1	0
<i>Oxandra</i>	1	0	<i>Barringtonia</i>	1	1
<i>Parkia</i>	1	0	<i>Basiloxylon</i>	1	0
<i>Peltaea</i>	1	0	<i>Bastardiopsis</i>	1	1

<i>Peltophorum</i>	1	1	<i>Behuria</i>	1	0
<i>Periandra</i>	1	1	<i>Bernardinia</i>	1	0
<i>Phanera</i>	1	0	<i>Bixa</i>	1	1
<i>Phthirusa</i>	1	0	<i>Bocagea</i>	1	0
<i>Physocalymma</i>	1	0	<i>Bocoa</i>	1	0
<i>Picramnia</i>	1	0	<i>Boehmeria</i>	1	1
<i>Pilocarpus</i>	1	1	<i>Bowdichia</i>	1	1
<i>Piper</i>	1	0	<i>Brasiliopuntia</i>	1	1
<i>Piriqueta</i>	1	0	<i>Bredemeyera</i>	1	0
<i>Pithecoseris</i>	1	1	<i>Brugmansia</i>	1	0
<i>Plathymenia</i>	1	1	<i>Butia</i>	1	1
<i>Platonia</i>	1	0	<i>Byttneria</i>	1	0
<i>Platycyamus</i>	1	0	<i>Cabrlea</i>	1	0
<i>Platymiscium</i>	1	0	<i>Caesalpinia</i>	1	1
<i>Platypodium</i>	1	0	<i>Calophyllum</i>	1	1
<i>Plenckia</i>	1	0	<i>Capparidastrium</i>	1	0
<i>Poeppigia</i>	1	0	<i>Carapa</i>	1	0
<i>Pogonophora</i>	1	0	<i>Cardiopetalum</i>	1	0
<i>Poikilacanthus</i>	1	0	<i>Carpotroche</i>	1	0
<i>Poincianella</i>	1	0	<i>Caryodendron</i>	1	0
<i>Porophyllum</i>	1	0	<i>Cathedra</i>	1	0
<i>Pradosia</i>	1	0	<i>Cavanillesia</i>	1	0

<i>Priogymnanthus</i>	1	0	<i>Cenostigma</i>	1	0
<i>Prockia</i>	1	1	<i>Chrysochlamys</i>	1	0
<i>Pseudolmedia</i>	1	0	<i>Clavija</i>	1	0
<i>Psittacanthus</i>	1	1	<i>Clerodendrum</i>	1	0
<i>Psyllocarpus</i>	1	0	<i>Cochlospermum</i>	1	1
<i>Pterocarpus</i>	1	1	<i>Commiphora</i>	1	0
<i>Pterogyne</i>	1	1	<i>Copernicia</i>	1	1
<i>Pteroleps</i>	1	0	<i>Coutarea</i>	1	0
<i>Rapanea</i>	1	0	<i>Crataeva</i>	1	1
<i>Rhamnidium</i>	1	1	<i>Curatella</i>	1	1
<i>Rhamnus</i>	1	0	<i>Curitiba</i>	1	0
<i>Richeria</i>	1	0	<i>Cybistax</i>	1	1
<i>Rolandra</i>	1	1	<i>Cyclolobium</i>	1	0
<i>Rosenbergiodendron</i>	1	1	<i>Cymbopetalum</i>	1	0
<i>Roupala</i>	1	0	<i>Cyrtocarpa</i>	1	0
<i>Salvertia</i>	1	0	<i>Cytharexylum</i>	1	0
<i>Salzmannia</i>	1	0	<i>Dialium</i>	1	0
<i>Samanea</i>	1	0	<i>Diatenopteryx</i>	1	1
<i>Sapindus</i>	1	1	<i>Diclidanthera</i>	1	0
<i>Schinopsis</i>	1	0	<i>Dictyoloma</i>	1	0
<i>Scoparia</i>	1	1	<i>Dimerostemma</i>	1	0
<i>Siparuna</i>	1	0	<i>Dioclea</i>	1	0

<i>Sloanea</i>	1	0	<i>Diplokeleba</i>	1	0
<i>Sorocea</i>	1	0	<i>Diploon</i>	1	0
<i>Spigelia</i>	1	0	<i>Diplopterys</i>	1	0
<i>Spiranthera</i>	1	0	<i>Discocarpus</i>	1	0
<i>Stigmaphyllon</i>	1	1	<i>Discophora</i>	1	0
<i>Stylogyne</i>	1	0	<i>Disocactus</i>	1	0
<i>Symphyopappus</i>	1	1	<i>Dodonaea</i>	1	1
<i>Syzygium</i>	1	1	<i>Drimys</i>	1	1
<i>Taccarum ?</i>	1	0	<i>Drypetes</i>	1	0
<i>Tachigali</i>	1	0	<i>Duranta</i>	1	0
<i>Talisia</i>	1	1	<i>Duroia</i>	1	0
<i>Tapura</i>	1	0	<i>Dyssochroma</i>	1	1
<i>Ternstroemia</i>	1	0	<i>Ecclinusa</i>	1	0
<i>Thiloa</i>	1	0	<i>Elaeis</i>	1	1
<i>Thyrsodium</i>	1	0	<i>Ephedranthus</i>	1	0
<i>Tococa</i>	1	1	<i>Eriope</i>	1	0
<i>Tontelea</i>	1	0	<i>Erisma</i>	1	0
<i>Trattinickia</i>	1	0	<i>Escallonia</i>	1	0
<i>Trema</i>	1	0	<i>Euterpe</i>	1	1
<i>Trembleya</i>	1	1	<i>Exellodendron</i>	1	0
<i>Trichogonia</i>	1	0	<i>Fraunhoferia</i>	1	0
<i>Trischidium</i>	1	0	<i>Gallesia</i>	1	0
<i>Trixis</i>	1	0	<i>Gaylussacia</i>	1	0
<i>Unonopsis</i>	1	0	<i>Geissanthus</i>	1	0
<i>Varronia</i>	1	0	<i>Geissospermum</i>	1	0

<i>Vigna</i>	1	0	<i>Glaziovina</i>	1	0
<i>Wittmackanthus</i>	1	0	<i>Goniorrhachis</i>	1	0
			<i>Goupia</i>	1	0
			<i>Grazielodendron</i>	1	1
			<i>Griselinia</i>	1	0
			<i>Guibourtia</i>	1	0
			<i>Gustavia</i>	1	1
			<i>Hamelia</i>	1	1
			<i>Hancornia</i>	1	1
			<i>Hebeclinium</i>	1	1
			<i>Helicostylis</i>	1	0
			<i>Hennecartia</i>	1	1
			<i>Heterocondylus</i>	1	0
			<i>Hillia</i>	1	0
			<i>Hippocratea</i>	1	1
			<i>Holocalyx</i>	1	0
			<i>Hololepis</i>	1	0
			<i>Hornschuchia</i>	1	0
			<i>Hortia</i>	1	1
			<i>Humiria</i>	1	0
			<i>Hydrogaster</i>	1	0
			<i>Hymenolobium</i>	1	0
			<i>Hyptis</i>	1	0
			<i>Indigofera</i>	1	1
			<i>Joannesia</i>	1	1
			<i>Justicia</i>	1	0
			<i>Koanophyllon</i>	1	0

			<i>Lacmellea</i>	1	0
			<i>Lacunaria</i>	1	0
			<i>Laplacea</i>	1	0
			<i>Lepidaploa</i>	1	1
			<i>Lessingianthus</i>	1	0
			<i>Leucaena</i>	1	1
			<i>Leucochloron</i>	1	0
			<i>Libidibia</i>	1	0
			<i>Machaonia</i>	1	0
			<i>Maclura</i>	1	0
			<i>Macoubea</i>	1	0
			<i>Macrolobium</i>	1	0
			<i>Macrothumia</i>	1	0
			<i>Macrotorus</i>	1	0
			<i>Magnolia</i>	1	0
			<i>Magonia</i>	1	1
			<i>Malanea</i>	1	0
			<i>Malouetia</i>	1	0
			<i>Mansoa</i>	1	1
			<i>Margaritaria</i>	1	1
			<i>Martiodendron</i>	1	0
			<i>Melanopsidium</i>	1	0
			<i>Melanoxylon</i>	1	0
			<i>Metternichia</i>	1	0

			<i>Mezilaurus</i>	1	0
			<i>Micrandra</i>	1	0
			<i>Microlobius</i>	1	0
			<i>Microtachys</i>	1	0
			<i>Molopanthera</i>	1	0
			<i>Monilicarpa</i>	1	0
			<i>Morithamnus</i>	1	0
			<i>Myracrodruon</i>	1	0
			<i>Myroxylon</i>	1	1
			<i>Myrrhinium</i>	1	1
			<i>Naucleopsis</i>	1	0
			<i>Neoptychocarpus</i>	1	0
			<i>Ocimum</i>	1	1
			<i>Oenocarpus</i>	1	1
			<i>Olmedia</i>	1	0
			<i>Omphalea</i>	1	0
			<i>Ossaea</i>	1	0
			<i>Pachystroma</i>	1	0
			<i>Panopsis</i>	1	0
			<i>Paralychnophora</i>	1	1
			<i>Paratecoma</i>	1	0
			<i>Paypayrola</i>	1	0
			<i>Peixotoa</i>	1	0

			<i>Peltophorum</i>	1	1
			<i>Phanera</i>	1	0
			<i>Phyllostemonodaphne</i>	1	0
			<i>Phyllostylon</i>	1	0
			<i>Physalis</i>	1	1
			<i>Physocalymma</i>	1	1
			<i>Phytolacca</i>	1	1
			<i>Picrasma</i>	1	0
			<i>Pimenta</i>	1	1
			<i>Piranhea</i>	1	0
			<i>Pittosporum</i>	1	1
			<i>Pityrocarpa</i>	1	0
			<i>Plathymenia</i>	1	1
			<i>Platycyamus</i>	1	0
			<i>Platypodium</i>	1	0
			<i>Plenckia</i>	1	0
			<i>Poeppigia</i>	1	0
			<i>Pogonophora</i>	1	0
			<i>Pogonopus</i>	1	0
			<i>Polyandrocos</i>	1	1
			<i>Porcelia</i>	1	0
			<i>Praecereus</i>	1	1
			<i>Priogymnanthus</i>	1	0
			<i>Pristimera</i>	1	0

			<i>Prockia</i>	1	1
			<i>Prosopis</i>	1	1
			<i>Pseudima</i>	1	0
			<i>Pterogyne</i>	1	1
			<i>Ramisia</i>	1	0
			<i>Raulinoreitzia</i>	1	0
			<i>Ravenia</i>	1	0
			<i>Reichenbachia</i>	1	0
			<i>Rhamnus</i>	1	0
			<i>Rhodostemonodaphne</i>	1	0
			<i>Richeria</i>	1	0
			<i>Ronabea</i>	1	0
			<i>Ruellia</i>	1	1
			<i>Salix</i>	1	1
			<i>Salvertia</i>	1	0
			<i>Salzmannia</i>	1	0
			<i>Sambucus</i>	1	1
			<i>Sapindus</i>	1	1
			<i>Sarcaulus</i>	1	0
			<i>Savia</i>	1	0
			<i>Schaefferia</i>	1	0
			<i>Schinopsis</i>	1	0
			<i>Schizolobium</i>	1	1
			<i>Schoepfia</i>	1	0
			<i>Scutia</i>	1	0
			<i>Scyphonychium</i>	1	0

			<i>Sebastiana</i>	1	0
			<i>Secondatia</i>	1	1
			<i>Securidaca</i>	1	0
			<i>Senefeldera</i>	1	0
			<i>Sessea</i>	1	0
			<i>Sideroxylon</i>	1	0
			<i>Sparattanthelium</i>	1	0
			<i>Sparattosperma</i>	1	0
			<i>Sphinctanthus</i>	1	0
			<i>Spirotheca</i>	1	0
			<i>Stachyarrhena</i>	1	0
			<i>Stiffia</i>	1	1
			<i>Stromanthe</i>	1	0
			<i>Sweetia</i>	1	0
			<i>Symphonia</i>	1	0
			<i>Tacinga</i>	1	1
			<i>Tapura</i>	1	0
			<i>Tassadia</i>	1	0
			<i>Tecoma</i>	1	1
			<i>Tephrosia</i>	1	1
			<i>Tetrapanax</i>	1	1
			<i>Tetrapteryx</i>	1	0
			<i>Tetrastylidium</i>	1	0
			<i>Theobroma</i>	1	1
			<i>Thyrsodium</i>	1	0

			<i>Trembleya</i>	1	1
			<i>Trigoniodendron</i>	1	0
			<i>Trigynaea</i>	1	0
			<i>Tripterodendron</i>	1	0
			<i>Vachellia</i>	1	1
			<i>Vassobia</i>	1	1
			<i>Vataireopsis</i>	1	0
			<i>Warszewiczia</i>	1	0
			<i>Williamodendron</i>	1	0
			<i>Ximenia</i>	1	1
			<i>Zygia</i>	1	0

Análise comparativa do número cromossômico da flora lenhosa do Cerrado e da Floresta Atlântica do Brasil*

FERNANDA DE FÁTIMA SANTOS SOARES¹, ELIANA REGINA FORNI-MARTINS²,
FERNANDO ROBERTO MARTINS²

¹Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Caixa Postal 6109, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 13083-970 Campinas, SP, Brasil.

²Departamento de Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Caixa Postal 6109, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 13083-970 Campinas, SP, Brasil.

*** Artigo escrito conforme as normas da revista Evolution (da Wiley)**

*Corresponding author e.mail f153452@unicamp.br, telefone +55 (19)982416678

RESUMO

Investigamos o papel do número cromossômico na evolução de espécies arbóreas do Cerrado a partir da Floresta Atlântica. Utilizamos bancos de dados (103 famílias, 590 gêneros e 2.751 espécies da Floresta Atlântica e 97 famílias, 432 gêneros e 1.408 espécies do Cerrado) e levantamos o número cromossômico na literatura. Com número cromossômico conhecido, 80 famílias, 195 gêneros e 177 espécies foram comuns; 14 famílias, 74 gêneros e 240 espécies ocorreram apenas no Cerrado; e 22 famílias, 146 gêneros e 348 espécies ocorreram apenas na Floresta Atlântica. Os números cromossômicos não diferiram entre as duas formações. Nas famílias não comuns, a distribuição dos números x foi simétrica e platicúrtica no Cerrado e assimétrica negativa e leptocúrtica na Floresta Atlântica. Nos gêneros do Cerrado, a proporção de disploidia foi maior e a de poliploidia foi menor que na Floresta Atlântica. Nas espécies, a frequência de números $21 < 2n < 40$ foi maior e a de $2n > 60$ foi menor que no Cerrado. Embora uma pequena proporção de espécies tenha se especiado *in situ* por poliploidia e haja uma tendência não significativa a maiores números $2n$ no Cerrado, a maioria das espécies teria se tornado poliploide por origem múltipla a partir, principalmente, de gêneros disploides. Explicamos esses resultados admitindo que a flora silvestre do Cerrado teria uma origem politópica e policrônica em decorrência dos eventos climáticos e geológicos do Cenozoico.

Palavras-chaves: Cerrado, Evolução, Floresta Atlântica, Número cromossômico

INTRODUÇÃO

Embora haja muitos mecanismos de evolução, todos eles decorrem, em última instância, de modificações no nível dos genes e/ou no nível dos cromossomos. Num clado, o ancestral comum tem um número cromossômico básico x que origina os números cromossômicos diploides $2n$ de todos os integrantes do clado. Se a evolução de um ou mais integrantes do clado ocorre sem alteração do número de cromossomos, seu número diploide será $2n = 2x$, caracterizando a euploidia, o número diploide mais baixo no clado. Neste caso, os mecanismos de evolução podem decorrer de fenômenos isolados e/ou sinérgicos de alterações de um ou mais genes (mutações), novas interações entre genes (epistasia e/ou pleiotropia) e de deleções, duplicações, recombinações, inversões e translocações de segmentos dos cromossomos, sem alteração do número de cromossomos. Se, na evolução de um ou mais integrantes do clado, houver alteração do número cromossômico, o número diploide resultante será $2n = dx$, em que d pode ser um número inteiro igual ou maior que 2 ou outro número não inteiro qualquer (disploidia). Poliploidia refere-se à alteração do tamanho do genoma por adição de um ou mais conjuntos completos de cromossomos. Disploidia refere-se à adição ou perda de um ou poucos cromossomos, podendo ou não haver alteração do tamanho do genoma, que, neste caso, pode aumentar ou diminuir. Essa maneira de calcular a ploidia considera apenas a copa da árvore filogenética das angiospermas, isto é, apenas os táxons existentes atualmente. Considerando toda a história evolutiva das angiospermas, Stebbins (1950) postulou que qualquer espécie existente com $2n > 22$ é poliploide.

A importância relativa da poliploidia e da disploidia difere marcadamente entre gêneros herbáceos e lenhosos. A disploidia contribui com 23% da taxa média de aumento na diversidade do cariótipo em ervas, ao passo que em plantas lenhosas ela responde por apenas 5% (Levin et al. 1976). Na evolução das plantas, a poliploidia é uma das alterações cromossômicas numéricas mais frequentes e importantes (Levin et al. 1976, Jiao et al. 2011), afetando de 30% a 80% das espécies e atingindo cerca de 50% das angiospermas, especialmente quando consideramos como poliploides espécies com $2n > 22$ (Stebbins 1950). A poliploidia pode ser dividida em autopoliploidia e alopoliploidia. De acordo com Parisod et al. (2010), autopoliploides surgem dentro de uma única espécie, dobrando genomas homólogos estruturalmente semelhantes (AAAA), ao passo que alopoliploides surgem via hibridação interespecífica e duplicação subsequente de genomas não homólogos (AABB). Estima-se que a taxa de formação de autopoliploides é maior que a de alopoliploides, sugerindo que autopoliploides são muito mais comuns do que tradicionalmente imaginado

(Ramsey e Schemske 1998, Parisod et al. 2010). Porém, nem sempre um grande número de cromossomos indica derivação do táxon. Por exemplo, paleopoliploides (poliploides com origem antiga cujos ancestrais diploides se extinguíram) podem ter números cromossômicos maiores que táxons especiados mais recentemente. Além disso, uma espécie disploide com menor número de cromossomos pode ser derivada em relação a outra com mais cromossomos, e todo um grupo taxonômico pode especiar-se mediante disploidia.

Na maioria dos táxons, são observadas espécies poliploides, bem como “raças” e populações poliploides de uma mesma espécie (Nehra et al. 1983, Morawetz 1984, Lewis 1980). A poliploidia pode implicar em mudanças de caracteres relacionados a metabolismo, taxas de desenvolvimento, regulação gênica e tolerância fisiológica, que podem alterar interações bióticas, tolerâncias ecológicas e facetas do isolamento reprodutivo (Otto e Whitton 2000). Porém, os padrões de diferenciação do número de cromossomos em angiospermas ainda são controversos (Morawetz 1986). De acordo com Stebbins (1950), uma grande proporção de poliploidia seria característica das regiões mais frias, de grandes altitudes e latitudes, mas Morawetz (1986) observou que a frequência de poliploidia em níveis infragenéricos ou infraspecíficos é muito maior em angiospermas arbóreas tropicais do que foi anteriormente assumido. Adicionalmente, em um estudo comparando os números cromossômicos da flora de Nova Zelândia e Itália, países com latitudes semelhantes, Peruzzi et al. (2011) sugeriram que gradientes bioclimáticos são determinantes do aumento dos números cromossômicos. Anteriormente, Morawetz (1990) já havia generalizado a relação entre a poliploidia e fatores ambientais restritivos em qualquer região, salientando a importância da poliploidia na especiação de plantas tropicais sujeitas a condições ecológicas extremas, como as que ocorrem no Cerrado brasileiro.

As plantas do Cerrado brasileiro sofrem estresse nutricional permanente em decorrência da falta de nutrientes e da presença de teores tóxicos de alumínio, ferro e manganês no solo (Malavolta e Kliemann 1985), estresse hídrico estacional decorrente de uma estação seca severa (Ratter et al. 1997) e estresse pirético recorrente causado por incêndios, que têm ocorrido durante todo o tempo evolutivo do Cerrado (Simon et al. 2009). O Cerrado brasileiro é a mais extensa savana neotropical (Furley 1999), sua flora é distribuída em províncias com alto grau de endemismo (Ratter et al. 1997), ocorre associada a florestas estacionais em quase toda sua extensão e é a mais ameaçada dentre todas as floras do Brasil (Silva et al. 2006). Exceto *Antonia* (Loganiaceae) e *Magonia* (Sapindaceae), todos os gêneros da flora silvestre (arbustos e árvores) do Cerrado são os mesmos que ocorrem na Floresta

Atlântica (principalmente) e na Floresta Amazônica (Rizzini 1963, Heringer et al. 1977). Esse fato levou à ideia de que a flora silvestre do Cerrado teria surgido recentemente, com espécies evoluídas *in situ* a partir de linhagens originadas da floresta (Hoffmann e Franco 2003, Simon 2009). Entretanto, alguns autores postularam que a vegetação da savana é muito antiga no Neotrópico, considerando que tanto fisionomias florestais quanto savânicas já estariam presentes no final do Cretáceo e início do Paleoceno (Sarmiento 1983).

Oscilações climáticas durante todo o Cenozoico, especialmente no Quaternário, causaram variações na umidade, pluviosidade e temperatura, provocando expansões e retrações alternadas de áreas ocupadas ora por savanas, ora por florestas (Haffer 1969, Vanzolini e Williams 1970, Brown Jr. e Ab'Saber 1979). A expansão alternada de formações xerófilas ou higrófilas coincidiu com oscilações do clima para mais seco-frio ou mais úmido-quente, respectivamente, causando eventos de intensa especiação em florestas e cerrados (Axelrod 1992). Assim, fluxos gênicos das florestas úmidas (Amazônica e, especialmente, Atlântica) para a savana poderiam ter ocorrido em pulsos ao longo do tempo evolutivo, resultando na grande diversidade da flora silvestre do Cerrado observada atualmente (Sarmiento 1983). A influência da Floresta Atlântica na flora do Cerrado ocorre mediante conexão florística com as florestas estacionais (Oliveira Filho e Fontes 2000). Esse mecanismo explica a alta riqueza de espécies do Cerrado, que teria agido como um centro para o fornecimento de espécies para outras regiões savânicas da América do Sul (Sarmiento 1983) e implica em que a maior parte da flora silvestre do cerrado é derivada da flora das florestas, especialmente da Floresta Atlântica.

No Brasil, durante o Cenozoico, oscilações para clima seco-frio ou úmido-quente desencadearam processos biogeográficos alternados de vicariância e dispersão (Perret et al. 2006). Durante oscilações para clima mais seco, a dispersão seria o processo predominante na savana em expansão, mas a vicariância predominaria na floresta em retração, acontecendo o inverso nas oscilações para clima mais úmido. A especiação por vicariância ou alopatria é um fenômeno frequente em táxons filogeneticamente relacionados, como espécies de um gênero, ou subespécies de uma espécie (Nelson e Platnick 1981). Como consequência, ocorrem casos de vicariância envolvendo espécies que emergiram a partir de um mesmo estoque gênico ancestral, com distribuição disjunta entre diferentes formações vegetacionais, ou entre diferentes fisionomias de uma mesma formação, como o Cerrado (Heringer et al. 1977). Acredita-se que a diferenciação das espécies de um par vicariante esteja mais relacionada a alterações em nível gênico do que cromossômico, com acúmulo gradual de diferenças ao

longo do tempo evolutivo (Heringer et al. 1977). A especiação por dispersão poderia ocorrer em condições de alopatria (menos frequentemente) ou em condições de simpatria (mais frequentemente, e.g Turchetto et al. 2015), envolvendo poliploidia, por exemplo. A probabilidade de estabelecimento e dispersão, ou seja, a taxa de evolução e especiação é principalmente uma função da estrutura do sistema reprodutivo e da capacidade de dispersão de populações (Levin 1976). Populações com fluxo de pólen restrito e/ou autofertilidade parcial e com diáporos adaptados à dispersão a longa distância têm as maiores taxas evolutivas. Esta combinação de caracteres promove diferenciação interpopulacional rápida, com interrupção abrupta do fluxo gênico entre as populações (Levin 1976, Lawson e Jensen 2006).

Morawetz (1990) observou que certas famílias (por exemplo, Malvaceae e Clusiaceae) têm espécies com os maiores números de cromossomos no Cerrado, que espécies do mesmo gênero (por exemplo, espécies de *Annona*, *Cochlospermum*, *Roupala*) mostram números cromossômicos mais altos no Cerrado do que em florestas, e que espécies de alguns gêneros (*Duguetia* e *Kielmeyera*) têm citótipos poliploides no Cerrado. Com base nessas observações, postulou que o Cerrado teria uma origem mais recente do que as florestas circundantes. No entanto, a amostra utilizada por Morawetz (1990) foi pequena, pois envolveu um número reduzido de gêneros, comprometendo conclusões mais amplas. A hipótese de Morawetz (1990) vem sendo contestada, apesar de coincidir com as indicações de Sarmiento (1983), Hoffman e Franco (2003) e Simon et al.(2009) sobre a origem da flora do Cerrado a partir da floresta.

Com o acúmulo de informações sobre números cromossômicos de plantas de Cerrado e de floresta, Forni-Martins e Martins (2000) argumentaram contra a hipótese de Morawetz (1990). Eles mencionaram que altos números cromossômicos ocorrem também em outras formações vegetacionais, como nas famílias Malvaceae e Meliaceae, esta última pouco representada no Cerrado. Além disso, há famílias cujas espécies têm diferentes níveis de ploidia, como Malpighiaceae. Lombello e Forni-Martins (2001, 2002) mostraram que neopoliploides de Malpighiaceae com números n múltiplos de 10 ocorrem tanto no Cerrado (*Banisteriospsis* spp.) quanto na floresta (*Mascagnia* spp.). Forni-Martins e Martins (2000) sugeriram que teria ocorrido troca bidirecional de elementos entre o Cerrado e a floresta durante o tempo evolutivo, levando à especiação de linhagens florestais no Cerrado e à especiação de linhagens do Cerrado na floresta. Essa sugestão foi reforçada com os resultados obtidos em

Myrtaceae, em que espécies poliploides ocorrem em diferentes formações vegetacionais, como Cerrado, floresta e campo rupestre (Costa e Forni-Martins 2006).

Nosso objetivo é investigar a hipótese de que a variação do número cromossômico teria um papel importante na evolução de espécies da flora silvestre do Cerrado a partir de linhagens provenientes da Floresta Atlântica *sensu lato*. Se a variação do número cromossômico foi importante na evolução de táxons silvestres do Cerrado e se o fluxo gênico foi unidirecional da floresta para o Cerrado (Morawetz 1990, Simon et al. 2009), esperamos que os números cromossômicos sejam diferentes entre o Cerrado e a Floresta Atlântica. Se o fluxo gênico ocorreu tanto no sentido da floresta para o Cerrado quanto no sentido inverso, esperamos que espécies congêneras pertencentes a gêneros com muitas espécies no Cerrado e na Floresta Atlântica tenham números cromossômicos semelhantes. Para atingir esse objetivo, propomos as seguintes questões como guias da investigação:

- 1) Famílias não comuns apresentam diferenças nos números cromossômicos? Como varia o número cromossômico básico x das famílias ocorrentes no Cerrado e na Floresta Atlântica? A distribuição é gaussiana simétrica, ou tem desvio (assimetria)? Se houver assimetria, o desvio se dá no sentido de maiores ou menores números?
- 2) Como varia o número cromossômico básico x dos gêneros comuns e não comuns ao Cerrado e à Floresta Atlântica? A distribuição segue uma curva gaussiana simétrica em ambas as formações, ou há assimetria na distribuição? Esperamos que os gêneros apresentem o mesmo padrão que as famílias. A variação do número cromossômico básico x dos gêneros se dá de modo diferente entre o Cerrado e a Floresta? A proporção das ploidias (euploidia, diploidia, disploidia e poliploidia) é diferente entre os gêneros das duas formações?
- 3) Espécies do Cerrado têm números $2n$ semelhantes aos de espécies do mesmo gênero na Floresta Atlântica? Considerando o número cromossômico básico x dos gêneros comuns ao Cerrado e à Floresta Atlântica, a proporção das ploidias difere entre as formações vegetacionais?
- 4) Como varia o número cromossômico $2n$ das espécies comuns e não comuns ao Cerrado e à Floresta Atlântica? Como se distribuem os números cromossômicos dessas espécies? A distribuição segue uma curva gaussiana simétrica em ambas as formações, ou há assimetria na distribuição? Se houver assimetria na distribuição, a tendência é positiva ou negativa? Essa tendência é a mesma para espécies das duas formações? A proporção de disploidia ou poliploidia é diferente entre espécies das diferentes formações?

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta de dados–florística

Para definir a lista de espécies incluídas em nosso estudo, utilizamos dois bancos de dados construídos anteriormente por nossa equipe, um de espécies arbóreas da Floresta Atlântica *sensu lato* e outro de espécies silvestres do Cerrado *sensu lato*. O banco de dados de espécies da Floresta Atlântica é constituído por 2.751 espécies arbóreas (103 famílias, 590 gêneros) em 350 listas florísticas publicadas até março de 2012 em livros, relatórios governamentais, dissertações, teses e artigos científicos, com informações claras sobre os procedimentos de coleta e fornecimento de coordenadas geográficas do local de estudo. O banco de dados de espécies do Cerrado é constituído por 1.408 espécies (97 famílias, 432 gêneros) em 480 listas em todas as províncias florísticas, a partir de levantamentos quantitativos da flora silvestre de fisionomias de Cerrado *sensu lato*, incluindo o banco de dados compilado por Ratter *et al.* (2009). Na construção desses bancos de dados, aceitamos o hábito de crescimento atribuído a cada espécie pelo autor do trabalho original consultado. Como consideramos apenas o Cerrado e a Floresta Atlântica, não temos certeza se certo táxon é exclusivo de uma dessas formações. Assim, denominamos táxons comuns as famílias, gêneros e espécies que ocorrem no Cerrado e na Floresta Atlântica; e denominamos táxons não comuns as famílias, gêneros e espécies que não ocorreram no Cerrado ou na Floresta Atlântica, conforme o caso. Enfatizamos que um táxon não comum ao Cerrado ou à Floresta Atlântica pode ocorrer em qualquer outra formação vegetacional.

Construção do banco de dados – números cromossômicos

A partir da listagem das espécies arbustivo-arbóreas do Cerrado e da Floresta Atlântica, atribuímos o número cromossômico a cada táxon mediante levantamento da literatura. O levantamento de números cromossômicos foi feito inicialmente em obras de referência, como Bolkhoviskikh *et al.* (1969), Moore (1973, 1974 e 1977), Goldblatt (1981, 1984, 1985, 1988) e Goldblatt e Johnson (1990, 1991, 1994, 1996, 1998) e nos sites IOPB (<http://www.iopb.org/>) e CCDB (Rice & *al.*, 2014; Chromosome Count DataBase, <http://ccdb.tau.ac.il/about>). O levantamento foi complementado por consulta a outras obras

gerais mais recentes, incluindo livros, artigos, dissertações e teses, tendo sido levantados 1551 trabalhos datados de 1910 até 2014, sendo 703 relacionados a espécies do Cerrado e da Mata Atlântica (Apêndice, Tabela 1) e o restante a gêneros e famílias que ocorrem naquelas formações.

Análise dos dados

No nível de família, comparamos a distribuição de frequência do número cromossômico básico x das famílias não comuns ao Cerrado com o das famílias não comuns à Floresta Atlântica. No nível de gênero, fizemos a mesma comparação considerando o número cromossômico básico x dos gêneros não comuns. No caso de gêneros e famílias com vários números básicos x , escolhemos o número estipulado pelo trabalho publicado mais recentemente. Em casos em que o trabalho mais recente estipulava mais de um número x para o gênero ou família, consideramos o número que conferia um resultado mais parcimonioso, ou seja, que não implicava alteração do número x de gêneros e famílias nem disploidia de espécies. Nessas distribuições de frequência, usamos um intervalo de classe igual a 6. No nível de espécies, comparamos a distribuição de frequência do número cromossômico $2n$ entre as espécies não comuns usando um intervalo de classe igual a 20. A frequência do número cromossômico foi indicada pelo número de famílias, gêneros ou espécies, conforme o caso.

Comparamos as distribuições de frequência mediante os valores de normalidade, assimetria e curtose. Estimamos a normalidade da distribuição pelo teste de Kolmogorov-Smirnov com o auxílio do software BioEstat 4.0 (Ayres et al. 2005). Para estimar a assimetria (A) da distribuição, consideramos o segundo coeficiente de assimetria A de Pearson, dado pela fórmula (Afonso e Nunes 2005):

$$A = 3(Me-Md)/s$$

em que

Me= Média,

Md= Mediana,

s= desvio padrão

Embora a simetria ocorra quando o coeficiente é zero, resultados de $0 < A < 0,15$ foram considerados simétricos por apresentarem assimetria fraca (Macerau 2012). Valores maiores

que 0,15 são assimétricos com desvio para a direita (assimetria positiva), e menores são assimétricos com desvio para a esquerda, isto é, assimetria negativa (Macerau 2012). Para estimar a curtose das distribuições, usamos o coeficiente de Fisher g_2 , em que um valor menor, igual ou maior que zero indica uma curva platicúrtica, mesocúrtica ou leptocúrtica, respectivamente (Casella e Berger 2010). Uma curva platicúrtica é achatada, uma mesocúrtica não é achatada nem pontiaguda (é semelhante à curva normal), e uma leptocúrtica é pontiaguda.

Para a curtose (g_2) foi utilizada a seguinte fórmula (Sokal e Rohlf 2012):

$$g_2 = \frac{(n+1)n \sum (x_i - \bar{x}/s)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} - \frac{3(n-1)}{(n-2)(n-3)}$$

Onde: n=número de táxons

s=desvio padrão da amostra

x_i =número cromossômico

$\bar{x}$ =média da amostra

Para testar se g_2 difere significativamente de zero, primeiro calculamos s_{g_2} :

$$S_{g_2} = \sqrt{[24n(n-1)^2]/[(n-3)(n-2)(n+3)(n+5)]}$$

Depois, calculamos a razão entre g_2 e s_{g_2} . Se o valor da razão g_2/s_{g_2} for igual ou maior que +1,960, a distribuição é leptocúrtica; se for igual ou menor que -1,960, a distribuição é platicúrtica; se estiver entre +1,960 e -1,960, a distribuição é mesocúrtica.

Considerando cada conjunto de números cromossômicos referentes a famílias, gêneros e espécies, aplicamos o teste de Mann-Whitney-Willcoxon (Sokal e Rohlf 2012) para investigar se os números cromossômicos diferiam entre o Cerrado e a Floresta Atlântica. O teste de Mann-Whitney-Willcoxon é indicado para comparar amostras com tamanhos diferentes e distribuições que podem ou não ser normais, como é nosso caso. Aplicamos esse teste para investigar também se espécies do mesmo gênero tinham números cromossômicos diferentes no Cerrado e na Floresta Atlântica. Para isso, consideramos apenas os gêneros comuns que tivessem pelo menos cinco espécies não comuns a cada uma das formações.

Embora o conjunto dos números cromossômicos pudesse não diferir entre o Cerrado e a Floresta Atlântica, admitimos que uma ou mais classes de números cromossômicos pudesse ser diferente. Para investigar essa possibilidade, aplicamos testes de qui-quadrado (Zar 1999) considerando a frequência de cada classe da distribuição no Cerrado como a frequência observada e a frequência na Floresta Atlântica como a esperada nos níveis de família, gênero e espécie.

Para testar diferenças de ploidia de gêneros entre as duas formações, consideramos os gêneros não comuns em cada formação pertencentes a famílias comuns e dividimos o número básico x do gênero pelo x da família. Se o resultado dessa divisão fosse um número inteiro igual a um, indicaria euploidia (os números básicos do gênero e da família eram iguais); se fosse um número inteiro maior que um, indicaria poliploidia; e se fosse um número não inteiro, indicaria disploidia. Para investigar diferenças de ploidia das espécies entre as formações, consideramos gêneros comuns que tivessem cinco ou mais espécies não comuns em cada formação. Então, dividimos o número $2n$ de cada espécie pelo número x de seu respectivo gênero: um resultado igual a 2 indicaria euploidia (o número diploide mais baixo no grupo); um número inteiro maior que 2 indicaria poliploidia; e um número não inteiro indicaria disploidia. No caso de gêneros com vários números básicos x , escolhemos o número estipulado pelo trabalho publicado mais recentemente. Se o trabalho mais recente estipulava vários x , na maioria das vezes o resultado da divisão do x do gênero pelo x da família era sempre um número não inteiro, indicando disploidia independentemente do número x escolhido. Por isso, não foi necessário escolher um determinado número x , já que o resultado seria sempre disploidia, como, por exemplo, em *Clerodendrum* (Lamiaceae) na Floresta Atlântica e *Chiococca* (Rubiaceae) no Cerrado (Tabela 1). Em caso de citótipos de espécies, todos foram considerados. A cada nível taxonômico aplicamos um teste de qui-quadrado de homogeneidade (Zar 1999). Em todas as análises, consideramos $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS

1) Famílias não comuns possuem números cromossômicos básicos diferentes no Cerrado e na Floresta Atlântica? Como varia o número cromossômico básico x das famílias ocorrentes no Cerrado e na Floresta Atlântica? A distribuição é gaussiana simétrica, ou tem desvio (assimetria)? Se houver assimetria, o desvio se dá no sentido de maiores ou menores números?

Das 116 famílias com número cromossômico básico conhecido, 14 não eram comuns à Floresta Atlântica, 22 não eram comuns ao Cerrado e 80 eram comuns às duas formações. Nas famílias comuns, o número cromossômico básico variou entre cinco e 23; nas famílias não comuns com a Floresta Atlântica, variou entre seis e 19; e nas famílias não comuns com o Cerrado, variou entre cinco e 18. Considerando o conjunto dos números cromossômicos básicos das famílias não comuns, não encontramos diferenças entre o Cerrado e a Floresta (Mann-Whitney-Willcoxon; n Cerrado= 12; n Floresta= 18; $U=83$; $p=0,2899$). Das 14 famílias ocorrentes apenas no Cerrado, 12 gêneros possuem número básico conhecido e três não; e das 22 famílias ocorrentes apenas na Floresta Atlântica, conhece-se o número básico x de 18 gêneros e não se conhece o x de oito gêneros. Os números cromossômicos básicos das famílias comuns ao Cerrado e à Floresta Atlântica não apresentaram distribuição normal ($n=85$, desvio máximo $dm=0,175$; valor crítico $vc=0,147$; $p<0,05$). A distribuição geral dos números cromossômicos foi assimétrica com desvio à direita ($A=0,430$; Fig.1A) e leptocúrtica (curtose = 1,99; Tabela 2), indicando que a frequência se concentrou em uma pequena amplitude de números cromossômicos, mas a distribuição se estendeu em direção a números cromossômicos altos (Fig. 1.A). Nas famílias do Cerrado (não comuns à Floresta Atlântica), a distribuição foi normal ($n=15$, $dm=0,157$; $vc=0,338$; $p>0,05$; Fig.1B), simétrica ($A=0,09$) e platicúrtica (curtose = -1,19). As famílias da Floresta Atlântica (não comuns ao Cerrado) apresentaram distribuição normal ($n=18$, $dm=0,152$; $vc=0,309$; $p>0,05$; Fig.1C), assimétrica negativa ($A=-0,46$) e leptocúrtica (curtose = -1,15). Essas diferenças indicam que, no Cerrado, uma larga amplitude de números cromossômicos tem alta frequência (curva platicúrtica), ao passo que na Floresta Atlântica a maior frequência se concentra numa estreita amplitude de números cromossômicos (curva leptocúrtica) e se estende em direção a números pequenos (assimetria negativa, Tabela 2). Não houve variação da frequência de classes de números cromossômicos das famílias não comuns entre o Cerrado e a Floresta Atlântica (qui-quadrado calculado $X^2_{calc}=0,485$; graus de liberdade $gl=2$; $p=0,784$).

2) *Como varia o número cromossômico básico x dos gêneros comuns e não comuns ao Cerrado e à Floresta Atlântica? A distribuição segue uma curva gaussiana simétrica em ambas as formações, ou há assimetria na distribuição? A variação do número cromossômico básico x dos gêneros se dá de modo diferente entre o Cerrado e a floresta? A proporção das ploidias (euploidia, diploidia, disploidia, poliploidia) é diferente entre os gêneros das duas formações?*

Dos 415 gêneros com número cromossômico básico conhecido, 74 não foram comuns à Floresta Atlântica (ocorreram apenas ao Cerrado), 146 não foram comuns ao Cerrado (ocorreram apenas na Floresta Atlântica) e 195 foram comuns às duas formações. Nos gêneros comuns, o número cromossômico variou entre cinco e 46; nos gêneros não comuns com a Floresta Atlântica, variou entre cinco e 43; e nos gêneros não comuns com o Cerrado, variou entre cinco e 58. Considerando o conjunto dos gêneros não comuns, não encontramos diferenças dos números cromossômicos básicos x entre o Cerrado e a Floresta Atlântica (n Cerrado= 105; n Floresta Atlântica= 128; $U=6618,5$; $p=0,8428$). Tanto no Cerrado quanto na Floresta Atlântica, os números cromossômicos básicos dos gêneros comuns e não comuns não apresentaram distribuição normal pelo teste Kolmogorov-Smirnov (Cerrado: $n=81$, $dm=0,164$; $vc=0,151$; $p<0,05$; Floresta: $n=166$, $dm=0,172$; $vc=0,105$; $p<0,01$; Comuns: $n=203$, $dm=0,178$; $vc=0,095$; $p<0,05$). A distribuição foi assimétrica com desvio para a direita nas duas formações ($A_{comuns}=0,752$; $A_{Cerrado}=0,806$; $A_{Floresta}=0,672$; Fig. 1D a 1F) e leptocúrtica (curtose: Cerrado=26,05; Floresta=9,91; comuns=13,74; Tab.2). Não houve diferenças significativas na frequência das diferentes classes de números cromossômicos dos gêneros não comuns entre o Cerrado e a Floresta (X^2 calc= 1,9; $gl=4$; $p=0,754$).

Houve diferença na proporção de ploidia entre gêneros do Cerrado e da Floresta Atlântica (X^2 calc= 12,96; $gl=2$; $p=0,002$; Tabela 3). No Cerrado, a proporção de gêneros euploides (0,126) foi bem menor que o esperado ao acaso, a proporção de disploides (0,825) foi maior que o esperado, e a proporção de poliploides foi de 0,049. Na floresta Atlântica houve proporções de 0,370 de euploides, 0,579 de disploides e 0,051 de poliploides. Gêneros de famílias com alta riqueza mostraram diferentes níveis de ploidia em cada formação. Por exemplo, na família Asteraceae, dos 18 gêneros do Cerrado 17 evoluíram por disploidia e apenas um por poliploidia, ao passo que dos 20 gêneros da Floresta Atlântica 17 são disploides e três são euploides. A maior parte dos gêneros de Fabaceae tem disploidia (38 no Cerrado e 41 na Floresta), seguida de poliploidia (sete no Cerrado e 10 na Floresta) e euploidia (cinco no Cerrado e quatro na Floresta). Todos os gêneros de Euphorbiaceae ocorrentes no Cerrado e na Floresta Atlântica têm disploidia, sendo o x do gênero sempre menor que o x da família. Em Malvaceae, os gêneros são euploides (três no Cerrado e quatro na floresta), disploides (seis no Cerrado e sete na floresta) e poliploides (dois no Cerrado e um na floresta) em relação ao x da família.

3) *Espécies do Cerrado têm números 2n semelhantes aos de espécies do mesmo gênero na Floresta Atlântica? Considerando o número cromossômico básico x dos gêneros comuns ao Cerrado e à Floresta Atlântica, a proporção das ploidias difere entre as formações vegetacionais?*

Das 240 espécies não comuns à Floresta Atlântica (encontradas apenas no Cerrado) com número cromossômico conhecido, 171 pertencem a gêneros comuns, e das 348 espécies não comuns ao Cerrado (encontradas apenas na Floresta Atlântica) com número cromossômico conhecido, 243 pertencem a gêneros comuns. O conjunto dos números cromossômicos no Cerrado ($28 \pm 1,71$ – mediana $\pm$ semiamplitude do intervalo de confiança a 95%) e na Floresta Atlântica ($28 \pm 1,12$) foi estatisticamente similar (teste de Mann-Whitney-Willcoxon: n Cerrado= 62; n Floresta Atlântica= 107; U=3183; p=0,663; Fig. 1J e 1K). Houve diferenças significativas da frequência de classes de números cromossômicos das espécies cogenéricas entre o Cerrado e a Floresta. Na Floresta, a frequência de espécies com número cromossômico 21 a 40 foi maior que o esperado ao acaso, ao passo que a frequência de espécies com número superior a 60 foi menor que o esperado ao acaso ($X^2 \text{ calc} = 34,56$; gl=4; p=0,00058e-3; Tabela 4).

A proporção de ploidia não diferiu entre espécies cogenéricas de Cerrado e Floresta Atlântica ($X^2 \text{ calc} = 1,20$; gl=2; p=0,546; Tabela 5). No Cerrado, a proporção de espécies cogenéricas euploides foi 0,617, a de espécies disploides foi 0,174 e de poliploides foi 0,209. Na floresta Atlântica, houve proporções de 0,669 de diploides, 0,154 de disploides e 0,177 de poliploides. Espécies do gênero *Hymenaea* têm apenas euploidia, ao passo que espécies de *Machaerium* têm disploidia (cinco no Cerrado e nove na floresta) e poliploidia (uma no Cerrado e quatro na floresta), *Mimosa* tem espécies euploides (24 no Cerrado e oito na Floresta), disploides (duas no Cerrado e duas na Mata atlântica) e poliploides (oito no Cerrado e duas na Floresta). As famílias Lauraceae e Myrtaceae possuem gêneros euploides, mas espécies de *Eugenia* (Myrtaceae) têm variação de ploidia, com espécies euploides (uma no Cerrado e 20 na floresta), disploides (uma no Cerrado e duas na floresta) e poliploides (quatro no Cerrado e 14 na floresta).

4) *Como varia o número cromossômico 2n das espécies comuns e não comuns ao Cerrado e à Floresta Atlântica? Como se distribuem os números cromossômicos dessas espécies? A distribuição segue uma curva gaussiana simétrica em ambas as formações, ou há assimetria*

na distribuição? Se houver assimetria na distribuição, a tendência é mais positiva ou negativa? Essa tendência é a mesma para espécies das duas formações? A proporção de disploidia ou poliploidia é diferente entre espécies das diferentes formações?

Das 765 espécies com número cromossômico conhecido, 240 não foram comuns à Floresta Atlântica (ocorreram apenas no Cerrado), 348 não foram comuns ao Cerrado (ocorreram apenas na Floresta Atlântica) e 177 foram comuns às duas formações vegetais. Nas espécies comuns, o número cromossômico $2n$ variou entre 12 e 153; nas espécies não comuns com a Floresta Atlântica, variou entre 10 e 134; e nas espécies não comuns com o Cerrado, variou entre seis e 276. De acordo com o resultado do teste de Mann-Whitney-Willcoxon, os números cromossômicos $2n$ das espécies não comuns não diferiram significativamente (n Cerrado= 168; n Floresta= 235; $U=19689$; $p=0,964$) entre o Cerrado ($30 \pm 2,983$) e a Floresta ($26 \pm 2,212$). Tanto no Cerrado quanto na Floresta os números cromossômicos das espécies comuns e não comuns não apresentaram distribuição normal (Cerrado: $n=307$, $dm=0,187$; $vc=0,077$; $p<0,01$; Floresta: $n=296$, $dm=0,219$; $vc=0,079$; $p<0,01$; Comuns: $n=283$, $dm=0,254$; $vc=0,08$; $p<0,01$), com assimetria positiva (A comuns=1,187; A Cerrado=1,007; A Floresta=1,256; Fig.1G a 1I) e leptocúrtica (curtose: Cerrado=17,25; Floresta Atlântica = 6,46; Tabela2). As espécies comuns tiveram distribuição mesocúrtica (curtose=1.083). Não encontramos variação na proporção de ploidia entre as duas formações (X^2 calc= 4,967; $gl=2$; $p=0,0829$). No Cerrado, a proporção de espécies euploides foi 0,676, disploides 0,205 e poliploides 0,119. Na floresta Atlântica houve proporções de 0,646 de euploides, 0,236 de disploides e 0,118 de poliploides, sendo euploide a maioria das espécies comuns e não comuns. Houve diferenças significativas da frequência de classes de números cromossômicos das espécies entre o Cerrado e a Floresta Atlântica. Na Floresta, a frequência de espécies com número cromossômico 21 a 40 foi maior que o esperado ao acaso, ao passo que a frequência de espécies com número superior a 60 foi menor que o esperado ao acaso (X^2 calc=56,55; $gl=4$; $p=0.00812e-8$; Tabela 6).

Resumindo, embora o conjunto dos números cromossômicos não tenha apresentado diferenças significativas entre as duas formações, encontramos diferenças nos níveis de família, gênero e espécie. Nas famílias não comuns, a distribuição de frequência dos números cromossômicos básicos x foi simétrica e platicúrtica no Cerrado e assimétrica negativa e leptocúrtica na Floresta Atlântica. Nos gêneros do Cerrado, a proporção de disploidia foi maior e a proporção de poliploidia foi menor que na Floresta Atlântica. Nas espécies cogenéricas da Floresta Atlântica e no conjunto das espécies comuns ao Cerrado e à Floresta

Atlântica, a frequência de números $2n$ entre 21 e 40 foi maior e a frequência de números cromossômicos maiores que 60 foi menor que no Cerrado.

Discussão

Estatisticamente, não houve diferenças dos números cromossômicos das famílias, gêneros e espécies entre o Cerrado e a Floresta Atlântica. Esse resultado parece rejeitar a hipótese de Morawetz (1990), que assumiu que o Cerrado tem números cromossômicos maiores que a Floresta Atlântica, e, portanto, suas espécies teriam vindo da Floresta e seriam originadas mais recentemente. Entretanto, não podemos rejeitar totalmente essa hipótese, pois detectamos uma tendência a maiores números cromossômicos no Cerrado. Essa tendência foi indicada por quatro principais resultados, enumerados a seguir. (1) A distribuição de frequência dos números cromossômicos das famílias não comuns foi normal em ambas as formações, mas foi simétrica e platicúrtica no Cerrado e foi leptocúrtica com simetria negativa na Floresta Atlântica. Isso indica que, no Cerrado, a frequência distribui-se igualmente tanto em direção aos números maiores que a média quanto aos menores, ao passo que na Floresta a maior frequência está concentrada numa classe de números e se estende em direção aos números mais baixos. (2) Tanto no Cerrado quanto na Floresta, as espécies não comuns apresentaram distribuição leptocúrtica positiva, mas na Floresta a frequência da classe de $2n = 21-40$ foi significativamente maior e da classe $2n > 60$ foi significativamente menor que no Cerrado. Esse resultado indica que pequena parte das espécies do Cerrado tem números cromossômicos bem mais altos que na Floresta, especialmente os números $2n$ maiores que 60. (3) Embora a diferença não tenha sido estatisticamente significativa, a mediana dos números cromossômicos das espécies no Cerrado foi mais alta (30 ± 3) que na Floresta (26 ± 2), indicando uma tendência a números cromossômicos maiores no Cerrado. (4) Nos gêneros não comuns, a proporção da disploidia (82,5 %) foi significativamente maior e a da poliploida (12,6%) foi significativamente menor no Cerrado que na Floresta. Considerando que apenas *Antonia* (Loganiaceae) e *Magonia* (Sapindaceae) sejam os únicos gêneros endêmicos da flora silvestre do Cerrado, esse resultado indica que grande parte das espécies do Cerrado originou-se de estoques disploides vindos de várias formações (incluindo a Floresta Atlântica) que se especiaram no Cerrado.

Nossos resultados mostram que a evolução da maioria dos gêneros não comuns à Floresta Atlântica teria ocorrido principalmente por disploidia. Este resultado contrasta a idéia de Levin et al. (1976) de que a disploidia contribui pouco para a diversidade do cariótipo de plantas lenhosas e que a poliploidia seria uma das alterações mais frequentes (Levin et al.

1976, Jiao et al. 2011). A importância da disploidia e da poliploidia na origem e evolução das plantas é bem reconhecida, embora esta última seja mais estudada. O sucesso de um indivíduo ou população depende da sua capacidade de competir com outros indivíduos ou populações no habitat disponível. Clausen e Hiesey (1958) demonstraram que raças ecológicas são unidades biológicas reais, e que as características adaptativas que distinguem diferentes ecótipos são controladas por numerosos genes. Clausen (1959, 1967) indicou que os diferentes genes que regulam adaptação são distribuídos entre vários cromossomos. Tal sistema genético favorece a ressegregação das combinações de genes parentais e permite a existência de ecótipos vizinhos sem que eles percam sua identidade. O sistema também pode dar origem a completamente novas combinações de genes que podem se adaptar a novos habitats. O sucesso de tais genótipos híbridos não depende apenas da disponibilidade de um habitat adequado, mas também de sua capacidade de perpetuar-se. A disploidia e a poliploidia fornecem meios convenientes de preservar tais genótipos (De Wet 1971).

A maior proporção de gêneros displóides no Cerrado pode ser interpretada como um fator que possibilitou o sucesso das espécies nesse ambiente. Darlington (1956) postulou que determinados tipos de habitats demandam tendências evolutivas peculiares, como alterações no número cromossômico. A disploidia desempenha um papel importante na evolução de táxons, e vários processos já foram descritos. Em Sapindaceae, a variação numérica dos cromossomos indica que a disploidia pode ter desempenhado um papel importante na evolução de toda a família (Lombello e Forni-Martins 1998). Em Fabaceae, esse mecanismo tem um papel muito importante na evolução do gênero *Senna* (Biondo et al. 2005). *Oxalis*, um gênero de Oxalidaceae encontrado no Cerrado, tem seu número básico $x=5$ derivado por disploidia (Vaio et al. 2013). A elevada proporção de disploidia em gêneros de Asteraceae do Cerrado e da Floresta Atlântica é uma característica comum na família como um todo (Vallès et al. 2012). A disploidia ocorre em 214 gêneros, cerca de 21,9% dos gêneros com número cromossômico conhecido em Asteraceae (Semple e Watanabe 2009), o que torna a disploidia num evento citogenético expressivo na evolução dessa família (Weiss-Schneeweiss et al. 2003). De acordo com Bandel (1974), a maioria das espécies de Fabaceae é diploide. Bandel (1974) encontrou que 17,29% das espécies de Caesalpinioideae (onde o gênero *Hymenaea* está inserido) são diploides e 82,71 % são poliploides. Na tribo Faboideae (que inclui o gênero *Machaerium*) 69,82% das espécies são diploides e 30,18% são poliploides. Na tribo Mimosoideae (que inclui os gêneros *Mimosa* e *Erithryna*) a grande maioria das espécies é poliploide. Nossos resultados são coerentes com os encontrados por esses autores, pois

observamos euploidia em *Hymenaea* e poliploidia em *Machaerium*, *Mimosa* e *Erithryna*. A variação do número cromossômico ocorre nos níveis de subfamília, gênero e tribos, e em cada tribo há uma variação típica, com uma distribuição de frequência característica, indicando que a evolução das espécies de cada tribo acontece independentemente dentro das subfamílias de Fabaceae. A variação do número cromossômico entre tribos de uma mesma subfamília de Fabaceae é uma indicação de que vários ramos evolutivos são formados no nível genérico (Bandel 1974).

Encontramos algumas famílias que tiveram gêneros com um mesmo número básico x , ao passo que esse número variou muito em gêneros de outras famílias. Por exemplo, Lauraceae é uma família com número cromossômico uniforme, no nível euploide (Okada e Tanaka 1975, Garcia 2011). Embora gêneros da família Myrtaceae encontrados no Cerrado e na Floresta Atlântica tivessem apresentado um número básico constante ($x=11$), outros estudos relataram espécies com variados níveis de ploidia (por exemplo Souza et al. 2015). Na subtribo Phyllanthinae da família Euphorbiaceae, Webster e Ellis (1962) encontraram uma tendência a números cromossômicos mais altos, mas observaram que essa tendência não ocorria em toda a família. Nossos resultados confirmam essa observação, pois os gêneros de Euphorbiaceae do Cerrado e da Floresta Atlântica apresentaram disploidia com tendência à redução, ou seja, os números cromossômicos básicos dos gêneros são menores que o da família. As disploidias descendentes em plantas são mais comuns que as disploidias ascendentes (Levin 2002, Guerra 2012). Silvestrini et al. (2013) postularam que o gênero *Croton* evoluiu por disploidia, e nossos resultados corroboram essa afirmação. Em Malvaceae nós observamos gêneros euploides, disploides e poliploides, resultado encontrado também por Bhatt e Dasgupta (1976), que postularam que diferentes níveis de ploidia da família, acompanhados por alterações estruturais em diferentes combinações podem guiar o curso da evolução dentro da família.

Estatisticamente, os números cromossômicos das espécies silvestres foram semelhantes entre o Cerrado e a Floresta Atlântica. Firetti-Leggieri et al. (2011) concluíram que números cromossômicos semelhantes sugerem uma relação próxima entre táxons, e que números cromossômicos diferentes implicam maior distância de parentesco devido ao grande isolamento reprodutivo entre esses táxons. Forni-Martins e Martins (2000) concluíram que números cromossômicos semelhantes no Cerrado e na Floresta Atlântica podem indicar uma concomitante evolução nessas duas formações, com fluxos genéticos bidirecionais entre elas. Nossos resultados mostram a grande afinidade florística entre o Cerrado e a Floresta

Atlântica, concordando com muitos artigos publicados até o presente (p. ex. Oliveira-Filho e Fontes 2000).

Na literatura, encontram-se duas explicações para o surgimento de diferentes números cromossômicos em plantas. Uma delas diz que o número cromossômico se diferencia no surgimento do táxon (Sttebins 1971, Soltis et al. 2008). Segundo essa hipótese, esperaríamos que não houvesse diferença do número cromossômico nos níveis de famílias e de gêneros, posto que a grande maioria desses táxons é comum ao Cerrado e à Floresta Atlântica. De fato, nossos resultados mostram que os números básicos de famílias e gêneros não diferiram entre o Cerrado e a Floresta. Porém, se as espécies silvestres do Cerrado evoluíram *in situ* (Simon et al. 2009), esperaríamos que elas apresentassem números cromossômicos diferentes entre o Cerrado e a Floresta Atlântica. Nossos resultados mostram que os números cromossômicos das espécies também não diferiram entre o Cerrado e a Floresta. Portanto, não temos elementos para aceitar a hipótese de que o número cromossômico das espécies do Cerrado e da Floresta Atlântica tenha se diferenciado no seu surgimento. Entretanto, encontramos diferenças entre essas formações na forma da distribuição dos números cromossômicos das famílias, da proporção de tipos de ploidia dos gêneros e na frequência de certas classes de números cromossômicos das espécies.

Outra explicação considera que muitos táxons têm origem múltipla, de modo que espécies poliploides podem ter se originado mais de uma vez (Leitch e Bennet 1997). De acordo com De Wet (1971), o genoma de um indivíduo com ploidia pode incluir genomas básicos derivados de um único indivíduo parental, de indivíduos aparentados dentro de uma população, de indivíduos de diferentes populações dentro de uma espécie, de espécies diferentes dentro de um gênero, ou mesmo de espécies de gêneros relacionados. Aceitando essa explicação, esperaríamos que espécies poliploides predominassem igualmente no Cerrado e na Floresta Atlântica. De fato, a distribuição dos tipos de ploidia foi semelhante entre essas formações, mas no procedimento que adotamos, definimos a ploidia das espécies em relação ao número básico do respectivo gênero. De acordo com esse critério, predominaram espécies euploides tanto no Cerrado (62%) quanto na Floresta (67%). Porém, a poliploidia de espécies a que De Wett (1971) e Leitch e Bennet (1997) se referiram considerou o limite de $2n > 22$ (Stebbins 1950) baseado na história evolutiva das angiospermas. Além disso, muitas espécies tradicionalmente consideradas diplóides sofreram eventos de duplicação do genoma no passado e agora são paleopoliploides (Blanc e Wolf, 2004). Por exemplo, Jiao et al. (2011) encontraram que eventos de duplicação genômica

foram intensamente concentrados em torno de 319 (para as plantas com sementes) e 192 (para as angiospermas) milhões de anos atrás, significando que mudanças do número cromossômico ocorreram em linhagens ancestrais pouco antes da diversificação das angiospermas. De acordo com Jiao et al. (2011), esses eventos de duplicação do genoma ancestral resultaram na diversificação dos genes reguladores importantes para sementes e desenvolvimento da flor, sugerindo que eles estavam envolvidos em grandes inovações, que, em última análise contribuíram para a ascensão e eventual dominância das angiospermas. Segundo Otto e Whitton (2000), poliploidias antigas são especialmente difíceis de detectar, pois o tempo apaga os sinais de duplicação: a segregação dissômica é re-estabelecida, rearranjos perturbam a sentença cromossômica, e silenciamento ou diferenciações gênicas obscurecem a duplicação genômica. A duplicação do genoma desempenha um papel importante na evolução das plantas e pode alterar drasticamente a composição genética, morfologia, fisiologia e ecologia de uma planta dentro de apenas uma ou algumas gerações (Beest et al. 2012, Hegarty e Hiscock 2008). Os efeitos diretos da poliploidização podem predispor espécies à melhor adaptação às condições mais severas em ambientes novos, e um genoma versátil, com elevada heterogeneidade de ploidia intraespecífica, pode aumentar o potencial de novidade evolutiva e/ou mudanças no modo de reprodução (Beest et al. 2012). Se as espécies que surgiram na floresta passaram por eventos de poliploidia e são paleopoliploides, elas teriam uma capacidade maior na invasão e conquista de novos ambientes, sendo então capazes de sobreviver e gerar novas espécies no Cerrado.

Do ponto de vista sistemático, múltiplas origens dopoliploidismo podem oferecer uma explicação importante para espécies poliploides taxonomicamente complexas, especialmente quando as espécies progenitoras diploides prováveis têm ampla distribuição geográfica. Baseados em dados moleculares, Soltis e Soltis (1993) encontraram origens diferentes de várias espécies poliploides estudadas em detalhe, mesmo numa escala geográfica local e num curto intervalo de tempo. Se espécies poliploides podem ter origens múltiplas, esperamos que a maioria das espécies do Cerrado e da Floresta Atlântica seja poliploide e que a maioria dos gêneros e uma proporção não desprezível de espécies sejam comuns às duas formações. Aceitando o limiar de Stebbins (1950) de $2n > 22$ para a poliploidia, a grande maioria das espécies do Cerrado e da Floresta Atlântica é poliploide. Dos 432 gêneros com número cromossômico básico conhecido, 312 foram comuns à Floresta Atlântica e das 1408 espécies do Cerrado, 1232 foram comuns à Floresta Atlântica. Esses resultados parecem corroborar a ideia de Leitch e Bennet (1997).

Para explicar a origem múltipla das espécies do Cerrado, é necessário admitir que o fluxo de linhagens não foi unidirecional da floresta para a savana, como postularam Simon et al. (2009), mas que o fluxo ocorreu nos dois sentidos, como admitido por Forni-Martins e Martins (2000). A bidirecionalidade do fluxo seria decorrente da alternância entre climas quente-úmidos (com retração da savana e expansão da floresta) e climas frios-secos (com retração da floresta e expansão das savanas), no Terciário e principalmente no Quaternário, como já descrito por Goldblatt 1993; Vrba et al. 1995 e Haffer e Prance 2001. Essas oscilações climáticas tiveram seus efeitos modulados por grandes eventos geológicos concomitantes (Colli 2006). As oscilações climáticas ocorreram várias vezes no Cenozoico, e nos eventos de retração da vegetação predominariam os processos de especiação associados à vicariância, ao passo que nos eventos de expansão da vegetação predominariam os processos de especiação associados à dispersão (Perret et al. 2006). Tal como atualmente, o clima não era homogêneo na América do Sul durante o Cenozoico, de modo que em algumas regiões o clima podia ser quente-úmido, ao passo que em outras regiões, o clima podia ser frio-seco (e.g. Burnham e Graham 1999, Ortiz-Jaureguizar e Cladera 2006, Graham 2011). Da mesma maneira, eventos geológicos diferentes ocorreram simultaneamente em regiões diferentes da América do Sul (Colli 2006). Como a savana e a floresta ocupavam dimensões continentais no Cenozoico (e.g. Graham 2011), processos de dispersão poderiam estar ocorrendo numa região enquanto processos de vicariância poderiam estar ocorrendo em outra região, sugerindo uma origem politópica das espécies do Cerrado e da Floresta Atlântica. Além disso, como as oscilações climáticas foram recorrentes no Cenozoico, as espécies do Cerrado e da Floresta Atlântica podem ter tido uma origem policrônica, isto é, decorrente de vários eventos de especiação ao longo do tempo.

Concluimos que, embora uma pequena proporção de espécies do Cerrado tenha se especiado *in situ* por poliploidia e haja uma tendência estatisticamente não significativa a maiores números $2n$ no Cerrado, a grande maioria das espécies teria se tornado poliploide (*sensu* Stebbins 1950) por origem múltipla a partir, principalmente, de gêneros diploides. A origem múltipla do poliploidismo das espécies teria sido decorrente dos eventos alternados de retração e expansão da vegetação associados às oscilações climáticas e eventos geológicos do Cenozoico, durante os quais predominariam os processos de especiação por vicariância ou por dispersão. A fraca barreira ecológica entre o ambiente da savana e da floresta (Simon e Pennington 2012) teria permitido um fluxo gênico bidirecional entre o Cerrado e a Floresta Atlântica, que teria ocorrido em eventos repetidos no espaço e no tempo. Como resultado

desses eventos politópicos e policrônicos, teria resultado uma flora silvestre fortemente provincial no Cerrado e uma microtopia das espécies da Floresta Atlântica (Caiafa e Martins, 2010), e tanto a flora quanto os números cromossômicos das famílias, gêneros e espécies teriam se tornado semelhantes entre o Cerrado e Floresta Atlântica.

Agradecimentos

A Igor Aurélio Silva (*in memoriam*) e Bruno Almozara Aranha pelo fornecimento dos bancos de dados e à CAPES (Coordination for the Improvement of Higher Level -or Education- Personnel) pela bolsa de mestrado concedida a F.F.S Soares.

REFERÊNCIAS

- Afonso, A., e Nunes, C. 2005. Apontamentos de Introdução às Probabilidades e à Estatística. 1st ed. Vol.1. Universidade de Évora, Évora, Portugal.
- Ayres, M., Ayres, M.J., Ayres, D.L., e Santos, S.A. 2005. BioEstat 4.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. 5 ed. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Belém, Brasil.
- Bandel, G. 1974. Chromosome Numbers and Evolution in the Leguminosae. *Caryologia* 27: 17-32.
- Beest, M., Roux, J.J., Richardson, D.M., Brysting, A.K., Suda, J., Kubesova, M., e Pysek, P. 2012. The more the better? The role of polyploidy in facilitating plant invasions. *Ann. Bot.* 109: 19-45.
- Bennett, M.D. 1987. Ordered disposition of parental genomes and individual chromosomes in reconstructed plant nuclei, and their implications. *Somatic. Cell. Mol. Genet.* 13: 463-466.
- Bhatt, R.P., e Dasgupta, A. 1976. Cytotaxonomy of Malvaceae I. Chromosome number and Karyotype analysis of Hibiscus, Azanza and Urena. *Cytologia* 41: 207-217.
- Biondo, E., Miotto, S.T.S., e Schifino-Wittmann, M.T. 2005. Citogenética de espécies arbóreas da subfamília Caesalpinioideae – Leguminosae do sul do Brasil. *Ciência Florestal* 15: 241-248.
- Blanc, G., e Wolfe, K.H. 2004. Widespread paleopolyploidy in model plant species inferred from age distributions of duplicate genes. *Plant Cell*. 16: 1667-1678.
- Bolkhoviskikh, Z., Grif, V., Matvejeva, T., e Zakharyeva, H.V. 1969. Chromosome number of flowering plants. VL Komarov Botanical Institute, Academy of Sciences of the USSR, Moscou, Russia.

- Burnham, R.J., e Graham, A. 1999. The history of Neotropical vegetation: new developments and status. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 86: 546-589.
- Caiafa A.N., e Martins F.R. 2010. Forms of rarity of tree species in the southern Brazilian Atlantic forest. *Biodivers. Conserv.* 19:2597-2618.
- Casella, G., e Berger, R.L. 2010. Inferência estatística: Tradução da 2ª edição norte-americana. 2nd ed. Centage Learning, São Paulo, Brasil.
- Colli, G.R. 2006. As origens e a diversificação da herpetofauna do Cerrado. In: Scariot, A., Soulsa-Silva, J.C. e Felfili, J.M. (org.) *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil.
- Costa, I.R., e Forni-Martins, E.R. 2006. Chromosomal studies in species of the genera *Eugenia*, *Myrciaria* e *Plinia* (Myrtaceae) from southeastern Brazil. *Aust. J.Bot.* 54: 409-415.
- Clausen, J. 1959. Gene systems regulating characters of ecological races and subspecies. *Proc. 10th Int. Congr. Genet.* 1: 434-443.
- Clausen, J. 1967. Biosystematic Consequences of Ecotypic and Chromosomal Differentiation. *Taxon* 16: 271-279.
- Clausen, J., e Hiesey, W.M. 1958. Experimental studies on the nature of species. IV. Genetic structure of ecological races. Publication 615. Carnegie Institute of Washington, Washington, U.S.A.
- Darlington, C.D. 1956. Natural Populations and the Breakdown of Classical Genetics. *Biological Sciences* 145: 350-364.
- De Souza, A.G, Resende, L.V., De Lima, I.P., Martins, L.S.S. & Techio, V.H. 2015. Chromosome number and nuclear DNA amount in *Psidium* spp. resistant and susceptible to *Meloidogyne enterolobii* and its relation with compatibility between rootstocks and commercial varieties of guava tree. *Plant Syst. Evol.* 301: 231-237.
- De Wet, J.M.J. 1971. Polyploidy and evolution in plants. *Taxon* 20: 29-35.
- Elaine, B., Miotto, S.T.S., Schifino-Wittmann, M.T., e Castro, B. 2005. Cytogenetics and Cytotaxonomy of Brazilian Species of *Senna* Mill. (Cassieae - Caesalpinioideae - Leguminosae). *Caryologia* 58: 152-163.
- Firetti-Leggieri, F., Costa, I.R., Forni-Martins, E.R., Lohmann, L.G., e Semir, J. 2011. Chromosome studies in Bignonieae (Bignoniaceae): the first records of polyploidy in *Anemopaegma* Mart. ex Meisn. *Cytologia* 76: 185-191.
- Forni-Martins, E.R., e Martins, F.R. 2000. Chromosome studies on Brazilian cerrado plants. *Genet. Mol. Biol.* 23: 947-955.

- Goldblatt, P. 1993. Biological relationships between Africa and South America. Yale Univ. Press, New Haven, U.S.A.
- Garcia, A.V. 1975. Cytogenetic studies in the genus *Persea* (Lauraceae). I. Karyology of seven species. *Can. J. Genet. Cytol.* 17: 173-180.
- Goldblatt, P. 1981. Index to Plant Chromosome Numbers 1975-1978. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 5: 1-553.
- Goldblatt, P. 1984. Index to Plant Chromosome Numbers 1979-1981. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 8:1-432.
- Goldblatt, P. 1985. Index to Plant Chromosome Numbers 1982-1983. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 13: 1-224.
- Goldblatt, P. 1988. Index to Plant Chromosome Numbers 1984-1985. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 23: 1-264.
- Goldblatt, P., e Johnson, D.E. 1990. Index to Plant Chromosome Numbers 1986-1987. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 30: 1-242.
- Goldblatt, P., e Johnson, D.E. 1991. Index to Plant Chromosome Numbers 1988-1989. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 40: 1-238.
- Goldblatt, P., e Johnson, D.E. 1994. Index to plant chromosome numbers 1990-1991. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 51:1-267.
- Goldblatt, P., e Johnson, D.E. 1996. Index to plant chromosome numbers 1992-1993. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 58: 1-276.
- Goldblatt, P., e Johnson, D.E. 1998. Index to Plant Chromosome Numbers 1994-1995. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. *Missouri Bot. Gard.* 69:1-208.
- Graham, A. 2011. The age and diversification of terrestrial New World ecosystems through Cretaceous and Cenozoic time. *Am. J. Bot.* 98:336-351.
- Grant, V. 1982a. Periodicities in the chromosome numbers of the angiosperms. *Bot. Gaz.* 143: 379-389.
- Grant, V. 1982b. Chromosome number patterns in primitive angiosperms. *Bot. Gaz.* 143: 390-394.
- Guerra, M. 2000. Chromosome number variation and evolution in monocots. In: Wilson, K.L., e Morrison, D.A. (eds.), *Monocots: Systematics and Evolution*, 1st ed., vol.1,

- pp.125-134. Proceedings of the Second International Conference on the Comparative Biology of the Monocots, Melbourne: CSIRO.
- Guerra, M. 2012. Cytotaxonomy: the end of childhood. *Plant Biosystems* 146: 703-710.
- Haffer, J., e Prance, G.T. 2001. Impulsos climáticos da evolução na Amazônia durante o Cenozóico: sobre a teoria dos Refúgios da diferenciação biótica. *Amazoniana* 3: 579-607.
- Hamrick, J.L., Linhart, Y.B., e Mitton J.B. 1979. Relationships Between Life History Characteristics and Electrophoretically Detectable Genetic Variation in Plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 10: 173-200.
- Hegarty M.J., e Hiscock, S.J. 2008. Genomic Clues to the Evolutionary Success of Review Polyploid Plants. *Curr. Biol.* 18: 435-444.
- Heringer, E.P., Barroso, G.M., Rizzo, J.A., e Rizzini, C.T. 1977. A flora do cerrado. In: Ferri, M.G. (org.), IV Simpósio sobre o Cerrado, pp.211-232. Editora Itatiaia, Belo Horizonte, Brasil.
- Hoffmann, W.A., e Franco, A.C. 2003. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically-independent contrasts. *J. Ecol.* 91: 475-484.
- Jiao, Y., Wickett, N.J., Ayyampalayam, S., Chanderbali, A.S., Landherr, L., Ralph, P.E., Tomsho, L.P., Hu, Y., Liang, H., Soltis, P.S., Soltis, D.E., Clifton, S.W., Schlarbaum, S.E., Schuster, S.C., Ma, H., Leebens-Mack, J., e de Pamphilis, C.W. 2011. Ascestral polyploidy in seed plants and angiosperms. *Nature* 473: 97-102.
- Lawson, D. e Jensen, H.J. 2006. The species-area relationship and evolution. *J. Teor. Biol.* 241:590-600.
- Leitch, I.J., e Bennet, M.D. 1997. Poliploidy in angiosperms. *Trends plant sci.* 2: 470-476.
- Levin, D.A, e Wilson A.C. 1976. Rates of evolution in seed plants: Net increase in diversity of chromosome numbers and species numbers through time. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 73:2086-2090.
- Levin, D.A. 2002. The role of chromosomal change in plant evolution. Oxford University Press, New York, U.S.A.
- Lewis, W.H. 1980. Polyploidy in Angiosperms: Dicotyledons. In: Lewis, W.H. (ed.), *Polyploidy*, pp.241-268. Plenum Press, New York, U.S.A.
- Lombello, R.A., e Forni-Martins, E.R. 1998. Chromosomal studies and evolution in Sapindaceae. *Caryologia* 51: 81-93.
- Lombello, R.A., e Forni-Martins, E.R. 2001. Cytological studies on *Banisteriopsis* C.B. Robinson ex Small and *Heteropterys* Kunth (Malpighiaceae). *Cytologia* 66: 253-259.

- Lombello, R.A., e Forni-Martins, E.R. 2002. Cytogenetics of twelve species of Malpighiaceae A. Juss. *Caryologia* 55: 239-248.
- Macerau, W.M.O. 2012. *Comparações das distribuições χ^2 estável, normal, t de student e laplace assimétricas*. Dissertação de mestrado. 1st ed. Vol.1. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil.
- Malavolta, E. & Kliemann, H.J. 1985. *Desordens nutricionais no cerrado*. 1st ed. Vol.1. POTAFOS, Piracicaba, Brasil.
- Marhold, K. & Kempa, M. 2004. IOPB: International Organization of Plant Biosystematics. Available at <http://www.iopb.org/>. Accessed May 20, 2014).
- Moore, R.J. 1973. Index to Plant Chromosome Numbers 1967-1971. *Reg. Veget.* 90: 1-539.
- Moore, R.J. 1974. Index to Plant Chromosome Numbers 1972. *Reg. Veget.* 91: 1-108.
- Moore, R.J. 1977. Index to Plant Chromosome Numbers 1973-1974. *Reg. Veget.* 96: 1-257.
- Morawetz, W. 1984. How stable are genomes of tropical woody plants? Heterozygosity in C-banded karyotypes of *Porcelia* as compared with *Annona* (Annonaceae) and *Drimys* (Winteraceae). *Plant Syst.Evol.* 145: 29-39.
- Morawetz, W. 1986. Remarks on karyological differentiation patterns in tropical woody plants. *Plant Syst.Evol.* 152: 49-100.
- Morawetz, W. 1990. Accumulation of polyploid species in the cerrado vegetation of Brazil as compared with the surrounding forests. In: VIII Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo, Campinas. Programas e Resumos: 49.
- Nehra, N.S., Sareen, P.K., e Chitkara, S.D. 1983. Cytological studies in genus *Zizyphus*. *Cytologia* 48: 103-107.
- Okada, H., e Tanaka, R. 1975. Karyological Studies in Some Species of Lauraceae. *Taxon* 24: 271-280.
- Ortiz-Jaureguizar E., e Cladera G.A. 2006. Paleoenvironmental evolution of Southern South America during the Cenozoic. *J. Arid Environ.* 66:498-532.
- Otto, S.P., e Whitton, J. 2000. Polyploid incidence and evolution. *Annu. Rev. Genet.* 34: 401-437.
- Parisod, C., Holderegger, R., e Brochmann, C. 2010. Evolutionary consequences of autopoliploidy. *New Phytol.* 186: 5-17.
- Perret, M., Chautems, A., e Spichiger, R. 2006. Dispersal-vicariance analyses in the tribe Sinningieae (Gesneriaceae): a clue to understanding biogeographical history of the Brazilian Atlantic forest. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 93:340-358.

- Peruzzi, L., Dawson, M.I., e Bedini, G. 2011. Chromosome number variation in two antipodean floras. *AoB Plants* 20: 1-10.
- Ramsey, J., e Schemske, D.W. 1998. Pathways, mechanisms, and rates of polyploid formation in flowering plants. *Annu. Rev. Ecol.Syst.* 29: 467--501.
- Ratter, J.A., Ribeiro, J.F., e Bridgewater, S. 1997. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Ann. Bot.* 80:223-230.
- Ratter, J.A., Bridgewater, S., Ribeiro, J.F., Fonseca-Filho, J., Rodrigues da Silva, M., Milliken, W., Pullan, M., Pott, A., Oliveira-Filho, A.T., Durigan, G., e Pennington, R.T. 2009. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation IV: Presentation of a Revised Data-Base of 367 Areas. Available at <http://cerrado.rbge.org.uk/cerrado/download/download.php/>. Accessed Apr 12, 2014).
- Rice, A., Glick, L., Abadi, S., Einhorn, M., Kopelman, N.M., Salman-Minkov, A., Mayzel, J., Chay, O., e Mayrose, I. 2014. The Chromosome Counts Database (CCDB) – a community resource of plant chromosome numbers. *New phytol.* 1:1-8.
- Rizzini, C.T. 1963. A flora do cerrado: análise florística das savanas centrais. In Ferri, M.G. (org.), *Simpósio sobre o cerrado*, pp.105-153. Editora Edgard Blücher, São Paulo, Brasil.
- Semple, J.C., e Watanabe, K. 2009. A review of chromosome numbers in Asteraceae with hypotheses on chromosomal base number evolution. In: Funk, V.A., Susanna, A., Stuessy, T.F, e Bayer, R.J. (eds.), *Systematics, evolution and biogeography of Compositae*, pp.61-72. International Association for Plant Taxonomy, Vienna, Austria.
- Silva, J.F., Fariñas, M.R., Felfili, J.M., e Klink, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use, and conservation in the cerrado region of Brazil. *J. Biogeogr.* 33:536-548.
- Silvestrini, M., Pinto-Maglio, C.A.F., Zucchi, M.I., e Flavio, A.M.S. 2013. Cytogenetics and characterization of microsatellite loci for a South American pioneer tree species, *Croton floribundus*. *Genome* 56: 743-751.
- Simon, M.F., e Pennington, T. 2012. Evidence for adaptation to fire regimes in the tropical savannas of the Brazilian Cerrado. *Int. J. Plant Sci.* 173:711-723.
- Simon, M.F., Grether, R., Queiroz, L.P., Skema, C., Pennington, R.T., e Hughes, C.E. 2009. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 106: 20359-20364.
- Sokal, R.R., e Rohlfm F. 2012. *Biometry*. 4th ed. W.H Freeman and Company, New York, U.S.A.
- Soltis, D.E., e Soltis, P.S. 1993. Molecular data and the dynamic nature of polyploidy. *Crit Rev Plant Sci* 12: 243-273.

- Soltis, D.E., Bell, C.D., Kim, S., e Soltis, P.S. 2008. Origin and early evolution of angiosperms. *Ann. NY Acad. Sci.* 1133: 3-25.
- Stebbins, G.L. 1950. *Variation and Evolution in Plants*. 1st ed. Vol.1. Columbia Univ. Press, New York, U.S.A.
- Stebbins, G.L. 1971. *Chromosomal Evolution in Higher Plants*. 1st ed. Vol.1. Arnold, London, U.K .
- Turchetto, C., Lima, J.S., Rodrigues, D.M., Bonatto, S.L. e Freitas, L.B. 2015. Pollen dispersal and breeding structure in a hawkmoth-pollinated Pampa grasslands species *Petunia axillaris* (Solanaceae). *Ann. Bot.* 25:1-10.
- Vaio, M., Gardner, A., Emswiler, E., e Guerra, M. 2013. Molecular phylogeny and chromosome evolution among the creeping herbaceous *Oxalis* species of sections *Corniculatae* and *Ripariae* (Oxalidaceae). *Mol. Phylogenet. Evol.* 68: 199-211.
- Vallès, J., Pellicer, J., Sánchez-Jiménez, I., Hidalgo, O., Vitales, D., Garcia, S.& Martín, J., e Garnatje, T. 2012. Polyploidy and other changes at chromosomal level and in genome size: Its role in systematics and evolution exemplified by some genera of Anthemideae and Cardueae (Asteraceae). *Taxon* 61: 841-851.
- Vrba, E.S., Denton, G.H., Patridge, T.C., e Burckle L.H. 1995. *Paleoclimate and evolution, with emphasis on human origins*. New Haven: Yale Univ. Press.
- Webster, G., e Ellis, J.R. 1962. Cytotaxonomic studies in the Euphorbiaceae, subtribe Phyllanthinae. *Am. J. Bot.* 49: 14-18.
- Weiss-Schneeweiss, H., Stuessy, T.F., Siljak-Yakovlev, S., Baeza, C.M., e Parker, J. 2003. Karyotype evolution in South American species of *Hypochaeris* (Asteraceae, Lactuceae). *Plant Syst. Evol.* 241: 171-184.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. 4th. Prentice Hall, New Jersey, U.S.A

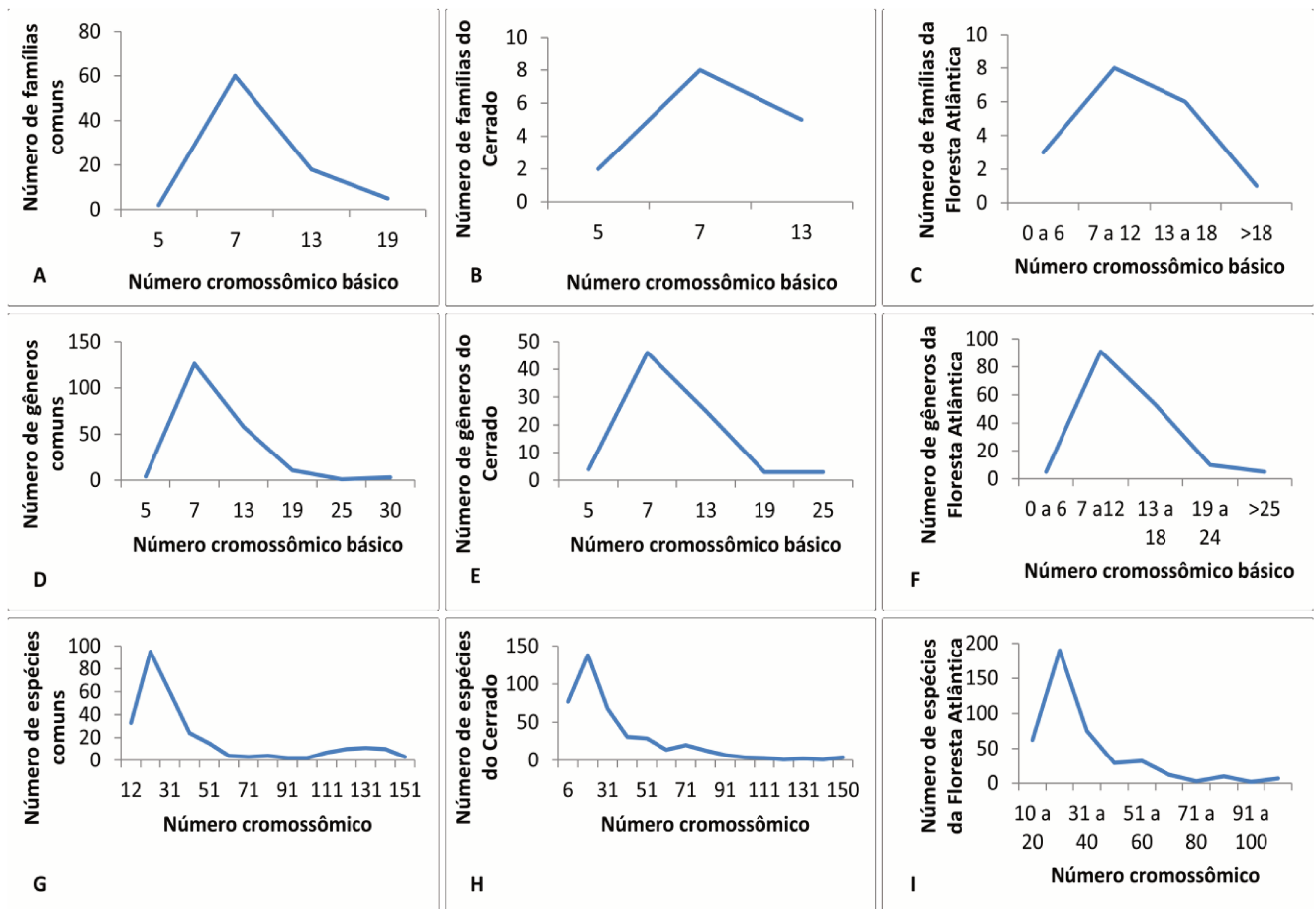


Figura 1. Distribuição dos números cromossômicos de famílias (A a C), gêneros (D a F) e espécies (G a I) ocorrentes no Cerrado (B, E, H), na Floresta Atlântica (C, F, I) e comuns a essas duas formações vegetais (A, D e G).

Tabela 1. Famílias e gêneros do Cerrado e da Floresta Atlântica com seus respectivos números cromossômicos básicos x. Os números em negrito foram usados nas análises. Táxons destacados em vermelho não são comuns entre as duas formações, e os não destacados são comuns.

Famílias Cerrado	Gêneros Cerrado	Famílias Mata Atlântica	Gêneros Mata Atlântica
Acanthaceae (7, 8, 9)	Justicia (6, 7, 8, 9)	Acanthaceae (7, 8, 9)	Justicia (6, 7, 8, 9)
	Ruellia (17)		Ruellia (17)
Amaranthaceae (7, 9, 13, 16)	Gomphrena (8, 13)	Adoxaceae (18)	Sambucus (18, 19)
Anacardiaceae (7 a 16)	Anacardium (7)	Anacardiaceae (7 a 16)	Anacardium (7)
	Lithraea (15)		Schinopsis (14)
	Schinopsis (14)		Schinus (7, 14)
	Schinus (7, 14)		Spondias (16)
	Spondias (16)	Annonaceae (7, 8, 9)	Anaxagorea (7, 8)
Annonaceae (7, 8, 9)	Anaxagorea (7, 8)		Annona (7, 14)
	Annona (7, 14)		Bocagea (9)
	Duguetia (8)		Cymbopetalum (7, 9)
	Guatteria (7, 14)		Duguetia (8)
	Rollinia (7, 8, 24)		Guatteria (7, 14)
	Unonopsis (7, 14)		Hornschuchia (9)
	Xylopia (8)		Unonopsis (7, 14)
Apocynaceae (11)	Allamanda (9)		Porcelia (9)
	Aspidosperma (17)		Trigynaea (9)
	Rauvolfia (11)		Xylopia (8)
	Tabernaemontana (11)		Aspidosperma (17)
Aquifoliaceae (20)	Ilex (20)	Apocynaceae (11)	Geissospermum (10, 11)
Araceae (7, 8, 14, 16, 18)	Taccarum (17)		Lacmellea (11)
Araliaceae (11, 12)	Schefflera (12)		Malouetia (11)
Arecaceae (8, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18)	Butia (16)		Rauvolfia (11)
	Mauritia (18)		Secondatia (10, 12)
	Mauritiella (18)		Tabernaemontana (11)
Asteraceae (8, 9, 10, 12)	Acritopappus (9)	Aquifoliaceae (20)	Ilex (20)
	Aspilia (14, 17)	Araliaceae (11, 12)	Aralia (12)
	Baccharis (9)		Dendropanax (12)
	Brickellia (9)		Oreopanax (12)
	Calea (9, 16, 17, 18, 19)		Schefflera (12)
	Centratherum (9, 16)		Tetrapanax (12)
	Chrysolaena (10, 20)	Arecaceae (8, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18)	Butia (16)
	Clibadium (8, 16)		Euterpe (18)
	Cyathillium (9)		Geonoma (14)
	Eremanthus (15, 17, 18)		Lytocaryum (16)
	Gochnatia (11)		Oenocarpus (18)
	Heterocondylus (10)		Polyandrococos (16)
	Lessingianthus (16, 20)		Austrocritonia (10)
		Asteraceae (8, 9, 10, 12)	

	Lychnophora (17, 18, 19)		Austroeupatorium (10)
	Mikania (17, 18, 19, 20)		Baccharis (9)
	Piptocarpha (17)		Bactris (15)
	Pithecoseris (12)		Critoniopsis (10, 17)
	Porophyllum (11, 12)		Dasyphyllum (9, 27)
	Rolandra (25)		Eremanthus (15, 17, 18)
	Symphyopappus (10)		Gochnatia (11)
	Trichogonia (10)		Hebeclinium (10, 16)
	Trixis (8, 9)		Heterocondylus (10)
	Vernonanthura (17)		Koanophyllon (10)
	Vernonia (9, 10, 14, 15, 16, 17, 31)		Lepidaploa (14, 15, 16, 17)
Bignoniaceae (7, 11, 13, 15, 18, 19, 20)	Anemopaegma (20)		Lessingianthus (16, 20)
	Handroanthus (19, 20)		Paralychnophora (18, 19)
	Jacaranda (18)		Piptocarpha (17)
	Tabebuia (10, 20)		Raulinoreitzia (10)
Bixaceae (7, 8)	Bixa (7, 8)		Stiffia (9, 27)
	Cochlospermum (6)		Verbesina (16, 17, 18, 34)
Boraginaceae (4, 8, 9, 12)	Cordia (7, 8, 9)		Vernonanthura (17)
	Heliotropium (8, 9, 11, 13)	Bignoniaceae (7, 11, 13, 15, 18, 20)	Handroanthus (19, 20)
	Tournefortia (12, 13)		Jacaranda (18)
Burseraceae (11, 12, 13, 23)	Bursera (11, 12)		Mansoa (7)
	Commiphora (12, 13)		Tabebuia (10, 20)
	Protium (11)		Tecoma (17, 18)
Cactaceae (11)	Cereus (11)	Bixaceae (7, 8)	Bixa (7, 8)
	Nopalea (11)		Cochlospermum (6)
Calophyllaceae	Calophyllum (8, 16)	Boraginaceae (4, 8, 9, 12)	Cordia (7, 8, 9)
Cannabaceae (10)	Celtis (10)	Burseraceae (11, 12, 13, 23)	Commiphora (12, 13)
	Trema (10)		Protium (11)
Capparaceae (10, 11, 17)	Capparis (14)	Cactaceae (11)	Brasiliopuntia (11)
Caricaceae (9)			Cereus (11)
Caryocaraceae (23)	Caryocar (23)		Pereskia (11)
Celastraceae (8, 9, 10, 12, 14)	Celastrus (23)		Praecereus (11)
	Salacia (14)		Tacinga (11)
Chrysobalanaceae (10, 11)	Chrysobalanus (11)	Canellaceae (13)	Cinnamodendron (11)
	Hirtella (10, 12)		

Cleomaceae (8, 9)	Cleome (12)	Calophyllaceae	Calophyllum (8, 16)
Clethraceae (8, 16)	Clethra (8)		Carapa (29)
Clusiaceae (7, 8, 9, 10)	Clusia (30)	Cannabaceae (10)	Celtis (10)
Combretaceae (12, 13)	Combretum (12, 13)		Trema (10)
	Terminalia (12)	Capparaceae (10, 11, 17)	Cynophalla (14)
Connaraceae (12, 13, 14)		Caryocaraceae (23)	Caryocar (23)
Convolvulaceae (7, 15)	Evolvulus (12, 13)	Celastraceae (8, 9, 10, 12, 14)	Salacia (14)
	Ipomoea (15)		Hippocratea (14)
Ebenaceae (12, 15)	Diospyrus (15)	Chloranthaceae (8, 12 a 19)	Hedyosmum (8)
Elaeocarpaceae (12, 13, 14, 15)	Sloanea (13)	Chrysobalanaceae (10, 11)	Hirtella (10, 12)
Erythroxylaceae (12)	Erythroxylum (12)		Parinari (10)
Euphorbiaceae (6, 7, 8, 9, 10, 11, 13)	Acalypha (7, 10)	Clethraceae (8, 16)	Clethra (8)
	Alchornea (9)	Clusiaceae (7, 8, 9, 10)	Clusia (30)
	Chaetocarpus (9, 18)		Garcinia (8, 9, 12, 16)
	Cnidoscolus (9)	Combretaceae (12, 13)	Combretum (12, 13)
	Croton (7, 8, 9, 10)		Terminalia (12)
	Jatropha (5, 6, 11)	Cunoniaceae (12, 15, 16)	Weinmannia (15)
	Manihot (9, 18)	Ebenaceae (12, 15)	Diospyrus (15)
	Sapium (11)	Elaeocarpaceae (12, 13, 14, 15)	Sloanea (13)
	Sebastiania (6, 7)	Ericaceae (12)	Gaylussacia (12)
Fabaceae (4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14)	Acacia (13)	Erythroxylaceae (12)	Erythroxylum (12)
	Acosmium (9)	Escalloniaceae (12, 14, 15 e 16)	Escallonia (12)
	Aeschynomene (10)	Euphorbiaceae (6, 7, 8, 9, 10, 11, 13)	Acalypha (7, 10)
	Albizia (13)		Alchornea (9)
	Amburana (22)		Caryodendron (9)
	Anadenanthera (13, 14)		Chaetocarpus (9, 18)
	Andira (10)		Cnidoscolus (9)
	Apuleia (12)		Croton (7, 8, 9, 10)
	Bauhinia (7, 8, 12, 13, 14)		Glycydendron (9)
	Bowdichia (9)		Jatropha (5, 6, 11)
	Caesalpinia (11, 12)		Joannesia (11)
	Calliandra (4, 8, 11)		Manihot (9, 18)
	Campomanesia (11)		Micrandra (9)
	Cassia (7, 8, 12, 13, 14)		Omphalea (11)
	Centrolobium (9, 10)		Philyra (11)
	Chamaecrista (7, 8)		Sapium (11)
	Copaifera (12)		Sebastiania (6, 7)
	Cranocarpus (10)		Stillingia (15)
	Crotalaria (7, 8, 9, 10)	Fabaceae (4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14)	Acacia (13)

	Cyclolobium (9)		Acosmium (9)
	Dalbergia (10)		Albizia (13)
	Dimorphandra (13, 14)		Amburana (22)
	Enterolobium (13)		Anadenanthera (13, 14)
	Eriosema (11)		Andira (10)
	Erythrina (12, 21)		Apuleia (12)
	Hymenaea (12)		Bauhinia (7, 8, 12, 13, 14)
	Indigofera (4, 6, 7, 8)		Bowdichia (9)
	Inga (13)		Caesalpinia (11, 12)
	Leptolobium (9)		Calliandra (4, 8, 11)
	Lonchocarpus (11)		Campomanesia (11)
	Machaerium (10)		Cassia (7, 8, 12, 13, 14)
	Mimosa (12, 13)		Centrolobium (9, 10)
	Ormosia (8, 9)		Chamaecrista (7, 8)
	Parkia (13)		Copaifera (12)
	Peltophorum (7, 13, 14)		Cyclolobium (9)
	Periandra (11)		Dahlstedtia (11)
	Phanera (14)		Dalbergia (10)
	Piptadenia (13)		Dimorphandra (13, 14)
	Pithecellobium (13)		Dioclea (11, 12)
	Plathymenia (13)		Enterolobium (13)
	Platymiscium (16)		Erythrina (12, 21)
	Platypodium (8)		Grazielodendron (10)
	Pterocarpus (10, 11)		Hymenaea (12)
	Pterodon (8)		Indigofera (4, 6, 7, 8)
	Pterogyne (10)		Inga (13)
	Samanea (7, 13)		Leptolobium (9)
	Sclerolobium (9)		Leucaena (13, 14, 26, 28)
	Senegalia (13)		Libidibia (12)
	Senna (7, 14)		Lonchocarpus (11)
	Stryphnodendron (13)		Machaerium (10)
	Stylosanthes (10)		Macrolobium (12)
	Swartzia (8)		Microlobius (14)
	Tachigali		Mimosa (12, 13)
	Vigna (10, 11)		Myroxylon (13)
Krameriaceae (6)	Krameria (6)		Ormosia (8, 9)
Lacistemataceae (11)	Lacistema (11, 22)		Parapiptadenia (13)
Lamiaceae (7, 8, 10)	Eriope (20)		Parkia (13)
	Hyptis (7, 8)		Peltophorum (7, 13, 14)
	Vitex (6, 8, 11, 12, 13, 15, 16, 17)		Phanera (14)
Lauraceae (7, 12, 15)	Aiouea (12)		Piptadenia (13)
	Cinnamomum (12)		Pithecellobium (13)

	Persea (12)		Plathymenia (13)
Lecythidaceae (13, 16, 17, 18)	Cariniana (17)		Platymiscium (16)
	Eschweilera (17)		Platypodium (8)
	Lecythis (17)		Poecilanthé (9)
Loganiaceae (6, 8, 10, 11)	Spigelia (8, 13)		Prosopis (13, 14)
	Strychnos (11, 12)		Pseudopiptadenia (13)
Loranthaceae (10, 12)	Phthirusa (8)		Pterocarpus (10, 11)
	Psittacanthus (8)		Pterodon (8)
Lythraceae (8)	Cuphea (6, 7, 8, 9, 11, 12)		Pterogyne (10)
	Diplusodon (8, 15)		Samanea (7, 13)
	Lafoensia (8, 10)		Schizolobium (7, 12)
	Physocalymma (8)		Senegalia (13)
Malpighiaceae (5, 6, 10)	Banisteriopsis (5, 10)		Senna (7, 14)
	Barnebya (6, 10)		Stryphnodendron (13)
	Bunchosia (10)		Swartzia (8)
	Byrsonima (6, 12)		Tachigali
	Heteropterys (5)		Tephrosia (11, 12, 13, 16)
	Malpighia (5, 10)	Griselinaceae (6, 12, 18)	Griselinia (9, 18)
	Stigmaphyllon (5, 10)	Hernandiaceae (15, 18, 20)	Sparattanthelium (15)
Malvaceae (5, 6, 7, 8, 9, 13)	Abelmoschus (11, 12, 13)	Lacistemataceae (11)	Lacistema (11, 22)
	Apeiba (9)	Lamiaceae (7, 8, 10)	Clerodendrum (12, 13, 15, 23, 24, 25, 26)
	Eriotheca (46)		Eriope (20)
	Guazuma (8)		Hyptis (7, 8)
	Helicteres (9)		Ocimum (6, 8, 12)
	Hibiscus (6, 7, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 39)		Vitex (6, 8, 11, 12, 13, 15, 16, 17)
	Luehea (9)	Lauraceae (7, 12, 15)	Aiouea (12)
Melastomataceae (6, 7, 9, 11, 12)	Peltaea (25)		Aniba (12)
	Pseudobombax (36)		Beilschmiedia (12)
	Sterculia (20)		Cinnamomum (12)
	Waltheria (7)		Cryptocarya (12)
	Clidemia (17)		Endlicheria (12)
	Leandra (17)		Persea (12)
	Miconia (17)	Lecythidaceae (13, 16, 17, 18)	Barringtonia (13)
	Microlicia (12)		Cariniana (17)
	Mouriri (12)		Couratari (17)
	Rhynchanthera (10)		Gustavia (17)

	Tibouchina (9)		Eschweilera (17)
	Trembleya (12)		Lecythis (17)
Meliaceae (7, 11, 12, 13, 14)	Cedrela (7, 12, 13, 14, 23, 25, 27, 28)	Loganiaceae (6, 8, 10, 11)	Strychnos (11, 12)
	Trichilia (14, 23, 25)	Lythraceae (8)	Lafoensia (8, 10)
Moraceae (4, 7, 8, 13, 14)	Brosimum (13)		Physocalymma (8)
	Ficus (13)	Magnoliaceae (15, 19)	Magnolia (19)
	Maclura (14)	Malpighiaceae (5, 6, 10)	Barnebya (6, 10)
	Pseudolmedia (14)		Bunchosia (10)
Myrtaceae (6, 11)	Calyptranthes (11)		Byrsonima (6, 12)
	Eugenia (11)		Diplopterys (10)
	Myrcia (11)		Heteropterys (5)
	Myrciaria (11)		Peixotoa (5, 10)
	Psidium (11)		Tetrapteryx (5)
	Syzygium (11)	Malvaceae (5, 6, 7, 8, 9, 13)	Abutilon (7, 8, 9)
Ochnaceae (7, 12, 13, 14)	Ouratea (10, 12, 14)		Apeiba (9)
Olacaceae (10, 12, 13, 19)	Heisteria (19)		Bastardiopsis (7)
	Ximenia (13)		Byttneria (13)
Oxalidaceae (7, 11, 12)	Oxalis (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14)		Eriotheca (46)
Passifloraceae! (6, 9, 11, 12)	Piriqueta (7)		Guazuma (8)
	Turnera (5, 7, 13)		Helicteres (9)
Pentaphylacaceae	Ternstroemia (10)		Luehea (9)
Phyllanthaceae (13)	Phyllanthus (8, 9, 13)		Pseudobombax (36)
Piperaceae (11, 12, 16)	Piper (12, 13)		Pavonia (7)
Poaceae (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)	Guadua (12)		Sterculia (20)
Polygonaceae (8, 10, 11, 12)	Monnina (5, 9, 10)		Theobroma (8, 10)
	Polygala (17, 23)	Marantaceae (6, 13)	Stromanthe (9, 11)
Polygonaceae	Coccoloba (11)	Melastomataceae (6, 7, 9, 11, 12)	Henriettea (28)
	Triplaris (11)		Leandra (17)
Proteaceae (7, 14)	Euplassa (14)		Miconia (17)
	Roupala (7)		Mouriri (12)
Rhamnaceae (9, 10, 12, 13)	Colubrina (8, 12)		Tibouchina (9)
	Rhamnidium (12)		Trembleya (12)
	Rhamnus (12)	Meliaceae (7, 11, 12, 13, 14)	Cedrela (7, 12, 13, 14, 23, 25, 27, 28)
	Ziziphus (10, 12)		Trichilia (14, 23, 25)
Rubiaceae (2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 20, 22)	Alibertia (11)	Monimiaceae (18, 19, 22)	Hennecartia (19)

	Amaioua (11)	Moraceae (4, 7, 8, 13, 14)	Mollinedia (19)
	Calycophyllum (17)		Artocarpus (14)
	Chiococca (12, 14)		Brosimum (13)
	Coussarea (11)		Clarisia (14)
	Coutarea (8, 9)		Ficus (13)
	Declieuxia (10)		Maclura (14)
	Faramea (11)		Pseudolmedia (14)
	Guettarda (11)	Myrtaceae (6, 11)	Acca (11)
	Ladenbergia (17, 18)		Calyptanthus (11)
	Palicourea (11)		Eugenia (11)
	Psychotria (11, 12, 17, 22 e 34)		Marlierea (11)
	Randia (11)		Myrcia (11)
	Remijia (17)		Myrciaria (11)
	Rudgea (11)		Myrceugenia (11)
	Simira (11)		Myrrhinium (11)
	Tocoyena (11)		Pimenta (11)
			Psidium (11)
Rutaceae (6, 7, 8, 9, 10, 11)	Erythrochiton (58)		Syzygium (11)
	Esenbeckia (32)	Nyctaginaceae (9, 10, 13, 17)	Pisonia (17)
	Pilocarpus (22)	Ochnaceae (7, 12, 13, 14)	Ouratea (10, 12, 14)
	Zanthoxylum (18)	Olacaceae (10, 12, 13, 19)	Heisteria (19)
Salicaceae (6, 7, 11, 19)	Prockia (9)		Ximenia (13)
	Xylosma (10)		
Santalaceae (5, 6, 7)	Phoradendron (14)	Oleaceae (11, 13, 14, 23)	Chionanthus (23)
Sapindaceae (7, 11, 12, 13, 15, 16)	Allophylus (14)	Passifloraceae! (6, 9, 11, 12)	Turnera (5, 7, 13)
	Cupania (16)	Pentaphylacaceae	Ternstroemia (10)
	Dodonaea (14, 15, 16)	Phyllanthaceae (13)	Margaritaria (13)
	Magonia (15)		Savia (13)
	Sapindus (15)	Phytolaccaceae (9)	Phytolacca (9)
	Toulicia (14)	Piperaceae (11, 12, 16)	Piper (12, 13)
Sapotaceae (10, 11, 12, 13, 14)	Pouteria (12, 13)	Pittosporaceae (12)	Pittosporum (6, 12)
Schoepfiaceae	Schoepfia (12)	Polygonaceae (8, 10, 11, 12)	Ruprechtia (7, 14)
Siparunaceae (22)	Siparuna (11, 22)	Polygonaceae	Coccoloba (11)
Solanaceae (6, 12, 16)	Capsicum (12, 13)		Triplaris (11)
	Cestrum (8)	Primulaceae (5, 8)	Ardisia (23)
	Solanum (12, 14, 15, 23)		Clavija (18, 20)
Styracaceae (8, 12)	Styrax (8)	Proteaceae (7, 14)	Euplassa (14)
Symplocaceae (11)	Symplocos (11)		Roupala (7)
Urticaceae (7, 8, 13, 14)	Cecropia (14)	Putranjivaceae (7)	Drypetes (10)
Velloziaceae (8, 9)	Vellozia (8)	Rhamnaceae (9, 10, 12, 13)	Colubrina (8, 12)

		Toulicia (14)
	Sapotaceae (10, 11, 12, 13, 14)	Pouteria (12, 13) Sideroxylon (11, 13)
	Schoepfiaceae	Schoepfia (12)
	Siparunaceae (22)	Siparuna (11, 22)
	Solanaceae (6, 12, 16)	Brugmansia (12) Brunfelsia (11) Capsicum (12, 13) Cestrum (8) Dyssochroma (12) Metternichia (13) Physalis (12) Sessea (8) Solanum (12, 14, 15, 23) Vassobia (12)
	Styracaceae (8, 12)	Styrax (8)
	Symplocaceae (11)	Symplocos (11)
	Ulmaceae (10, 11, 14)	Ampelocera (14) Phyllostylon (14)
	Urticaceae (7, 8, 13, 14)	Boehmeria (13, 14, 21) Cecropia (14) Coussapoa (14) Urera (13)
	Verbenaceae (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 18, 19)	Aloysia (8, 9) Cytharexylum (19) Duranta (8, 9, 10) Lantana (11, 12) Lippia (3, 5) Citharexylum (9, 19)
	Violaceae (6, 7, 10, 11)	Hybanthus (4, 6, 8) Rinorea (12)
	Vochysiaceae (11, 12)	Vochysia (11, 12)
	Winteraceae (7, 6, 13, 19, 43)	Drimys (13, 43)

Tabela 2. Características da distribuição de frequência dos números cromossômicos de famílias, gêneros e espécies do Cerrado e da Floresta Atlântica e comuns a essas duas formações.

		Tipo de distribuição	Assimetria	Curtose
Famílias	Comuns	Não normal	Assimetria para a direita	Leptocúrtica
	Cerrado	Normal	Simetria	Platicúrtica
	Floresta Atlântica	Normal	Assimetria para a esquerda	Leptocúrtica
Gêneros	Comuns	Não normal	Assimetria para a direita	Leptocúrtica

	Cerrado	Não normal	Assimetria para a direita	Leptocúrtica
	Floresta Atlântica	Não normal	Assimetria para a direita	Leptocúrtica
Espécies	Comuns	Não normal	Assimetria para a direita	Mesocúrtica
	Cerrado	Não normal	Assimetria para a direita	Leptocúrtica
	Floresta Atlântica	Não normal	Assimetria para a direita	Leptocúrtica
	Cerrado cogenéricas	Não normal	Assimetria para a direita	Leptocúrtica
	Floresta Atlântica cogenéricas	Não normal	Assimetria para a direita	Leptocúrtica

Tabela 3. Valores de frequência observados e esperados da ploidia de gêneros do Cerrado e da Floresta Atlântica. X^2 calculado =12,96; X^2 tabelado =5,99.

	Euploide(Obs/Esp)	Poliploide (Obs/Esp)	Disploide (Obs/Esp)
Cerrado	8/18.36	3/3.16	52/41.47
Floresta	50/39.63	7/6.83	79/91.57

Tabela 4. Valores observados e esperados da frequência de classes de números cromossômicos das espécies cogenéricas do Cerrado e da Floresta Atlântica X^2 calculado=12,01; X^2 tabelado=9,48.

	0-20	21-40	41-60	61-80	>81
Espécies cogenéricas do Cerrado	61/55,87	157/191,27	49/45,13	25/10,74	25/13,96
Espécies cogenéricas da floresta	52	178	42	10	13

Tabela 5. Valores observados e esperados de ploidia de espécies cogenéricas do Cerrado e da Floresta Atlântica. X^2 calculado =1,207; X^2 tabelado = 5,99.

	Diplóide (Obs/Esp)	Poliploide (Obs/Esp)	Displóide (Obs/Esp)
Espécies cogenéricas do Cerrado	110/115,25	37/33,72	31/29,02
Espécies cogenéricas da floresta	160/154,74	42/45,27	37/38,97

Tabela 6. Valores observados e esperados de frequência de classes de números cromossômicos das espécies do Cerrado e a Floresta Atlântica. $X^2_{\text{calculado}}=24,58$; $X^2_{\text{tabelado}}=9,48$.

	0-20	21-40	41-60	61-80	81 a 100	>101
Espécies do Cerrado	77/60,38	206/258,1	60/60,38	34/14,60	20/11,68	15/6,81
Espécies da floresta	62	265	62	15	12	7

Conclusões

Embora tenha crescido o número de estudos cromossômicos realizados por universidades brasileiras nas últimas décadas, a maioria desses estudos avaliam poucos táxons, por vezes apresentando dados de apenas um gênero ou uma espécie. Isso destaca a necessidade de trabalhos mais abrangentes, já que a flora brasileira é diversa e pouco estudada. No Cerrado, os números cromossômicos são conhecidos para 90,7% das famílias, 65,2% dos gêneros e 29,2% das espécies, e na Floresta Atlântica para 90,3% das famílias, 57,7% dos gêneros e 19,0% das espécies. Onze famílias que ocorrem nas duas formações não apresentam número cromossômico básico (x) determinado: Achariaceae, Marcgraviaceae, Picramniaceae, Cardiopteridaceae, Goupiaceae, Picrodendraceae, Stemonuraceae, Polygalaceae, Calophyllaceae, Pentaphylacaceae e Schoepfiaceae. Sete dessas famílias não possuem estudos para nenhum de seus gêneros nem espécies ocorrentes no Cerrado e na Floresta Atlântica: Achariaceae (*Carpotroche*, *Lindackeria*), Marcgraviaceae (*Norantea*), Picramniaceae (*Picramnia*), Cardiopteridaceae (*Citronella*), Goupiaceae (*Goupia*), Picrodendraceae (*Piranhea*), Stemonuraceae (*Discophora*). Alguns dos gêneros mais ricos possuem poucas espécies estudadas: *Myrcia*, *Miconia*, *Byrsonima*, *Erythroxylum*, *Eugenia*. Dos táxons com número cromossômico conhecido, 80 famílias, 195 gêneros e 177 espécies foram comuns. Os números cromossômicos $2n$ das espécies, x de gêneros e x de famílias do Cerrado e a Floresta não diferem. Não houve variação da frequência de classes de números cromossômicos das famílias e gêneros não comuns entre o Cerrado e a Floresta Atlântica, mas houve variação nas espécies. Na Floresta, a frequência de espécies com número cromossômico 21 a 40 é maior que o esperado ao acaso, ao passo que a frequência de espécies com número superior a 61 é menor que o esperado ao acaso. No Cerrado, a proporção de gêneros diplóides é bem menor que o esperado ao acaso, e a proporção de gêneros displóides é maior que o esperado ao acaso. Embora uma pequena proporção de espécies do Cerrado tenha se especiada *in situ* por poliploidia e haja uma tendência estatisticamente não significativa a maiores números $2n$ no Cerrado, a grande maioria das espécies teria se tornado poliploide por origem múltipla a partir, principalmente, de gêneros displóides.

Apêndice

Tabela 1: Trabalhos de números cromossômicos de espécies consultados.

Autor	Ano	Táxon	Origem (Universidade/País)
-------	-----	-------	----------------------------

Heitz	1926	<i>Erythrochiton brasiliense</i>	Institut für allgemeine Botanik, Hamburg
Kostoff	1926	<i>Capsicum</i>	Sofia University, Bulgária
Vilmorin e Simonet	1927	<i>Physalis</i>	França
Jaretsky	1928	Polygonaceae	University of Kiel, Alemanha
Vilmorin e Simonet	1928	Solanaceae	França
Ghimpu	1929	<i>Acacia</i>	Université de Paris, França
Ghimpu	1930	<i>Acacia, Medicago, Vitis, Quercus</i>	Université de Paris, França
Huskins e La- Cour	1930	<i>Capsicum</i>	John Innes-horticultural Institution, Inglaterra
Huskins	1930	<i>Capsicum</i>	John Innes-horticultural Institution, Inglaterra
Kawakami, I.	1930	Fabaceae	Japão
Cooper	1931	<i>Bougainvillea glabra</i>	University of Wisconsin, U.S.A
Sugiura	1931	Vários	Tokyo Imperial University, Japão
Sax e Abbe	1932	<i>Ximenia americana</i>	Maine Agricultural Experiment Station, U.S.A
Yamamoto e Sakai	1932	Solanaceae	Hokkaido Imperial University, Japão
Condit	1933	<i>Ficus</i>	Subtropical Horticulture, Índia
Teshima	1933	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Hokkaido Imperial University, Japão
Junell	1934	Vários	Universidade de Uppsala, Suécia
Tischler	1934	<i>Ximenia americana</i>	Botanisches Institut der Universität, Alemanha
Tokunaga	1934	Solanaceae	Japão

Matsuura& Sutô	1935	Vários	Hokkaido Imperial University, Japão
Fothergill	1936	<i>Urera</i>	King's College, Inglaterra
Heyn	1936	<i>Ceiba</i>	Alemanha
Sugiura	1936	Vários	Osaka High School, Japão
Sugiura	1936	<i>Vitex</i>	Osaka High School, Japão
Fagerlind	1937	Rubiaceae	Alemanha
Senn	1938	Fabaceae	U.S.A
Takagi	1938	Some ornamental plants	Japão
Bowden	1940	Vários	University of Virginia, U.S.A
Jacob	1940	<i>Cassia, Delonix</i>	University of London, Inglaterra
Perak	1940	<i>Manihot</i>	Argentina
Raghavane Srinivasan	1940	Scrophulariaceae	Annamalai University, Índia
Kumar & Ranadive	1941	<i>Annona</i>	College of Agriculture, Índia
Pal <i>et al.</i>	1941	<i>Capsicum</i>	Índia
Raghavan & Rangaswamy	1941	Rubiaceae	Annamalai University, Índia
Love, A. & Love, D.	1942	<i>Xymenia americana</i>	
Christensen e Bamford	1943	<i>Capsicum anuum</i>	U.S.A
Perry	1943	Euphorbiaceae	University of Virginia, U.S.A
Ratera	1944	<i>Brunfelsia australis</i>	Argentina
Venkatasubban	1944	<i>Tecoma stans</i>	Índia
Eres& Saura	1945	<i>Ilex</i>	Universidad de Buenos Aires, Argentina

Asana & Adatia	1945	Annonaceae	Índia
Bowden	1945	Vários	University of Virginia, U.S.A
Janaki Ammal	1945	Vários	John Innes Horticultural Institution, Merton
Occhioni	1945	<i>Cinnamodendron</i>	Brasil
Poucques	1945	Fabaceae	França
Venkatasubban	1945	Bignoniaceae	Madras Christian College, Índia
Satô	1946	<i>Elaeis</i>	Japão
Dalay	1947	<i>Capsicum</i>	França
Delay	1947	Fanerógamas	França
Atchison	1947	Myrtaceae	University of Virginia, U.S.A
Atchison	1947	<i>Erythrina</i> (Fabaceae)	University of Virginia, U.S.A
Covas & Schnack	1947	Vários	Argentina
Schnack & Covas	1947	<i>Phytolacca</i>	Argentina
Wilson	1947	<i>Bougainvillea</i>	U.S.A
Atchinson	1948	<i>Acacia</i>	
Bowden	1948	Annonaceae	Canadá
Smith-White	1948	Myrtaceae	University of Sydney, Austrália
Tjio	1948	<i>Ceiba pentera</i>	Swedish Seed Association, Suécia
Tjio	1948	Vários	Swedish Seed Association, Suécia
Bhaduri e Islam	1949	<i>Eugenia</i>	Índian Agricultural Research Institute, Índia
Covas	1949	Antófitas	Argentina
Covas	1949	<i>Dimorphera mollis</i>	Argentina
Sampath& Ramanathan	1949	Índian plants	Índia

Stebbins&Paddock	1949	<i>Solanum nigrum</i>	University of California, U.S.A
Wood	1949	Revisão de Tephrosia	Harvard University, U.S.A
Covas	1950	<i>Enterolobium</i>	Argentina
Maugini	1950	<i>Piper</i>	Istituto Botanico dell'Università di Firenze, Itália
Sinha	1950	<i>Capsicum</i>	Índia
Atchison	1951	Vários	University of North Carolina, U.S.A
Atchison	1951	Vários	University of North Carolina, U.S.A
Britton	1951	Boraginaceae	The Bley Experimental Farm, U.S.A
Kishore, H	1951	Vários	Índia
Menzel	1951	<i>Physalis</i>	University of Virginia, U.S.A
Singh	1951	Vários	Índia
Smith e Heiser	1951	<i>Capsicum</i>	University of California,U.S.A
Kumar e Ranade	1952	<i>Psidium</i>	Índia
Frahm-Leliveld	1953	Fabaceae	Laboratory of Tropical Agriculture, Amsterdam
Heiser e Smith	1953	<i>Capsicum</i>	University of California,U.S.A
Islam	1953	<i>Annona</i>	University of Sind, Paquistão
Joshi e Hardas	1953	<i>Abelmoschus</i>	Division of Botany, Indian Agricultural Research Institute, Nova Delhi
Katagiri	1953	Cactaceae	U.S.A
Maugini	1953	<i>Piper</i>	University of Florence, Itália
Bouharmont	1954	<i>Cecropia concolor</i>	Université catholique de Louvain, Bélgica

Cherubini	1954	<i>Prosopis</i>	Centro de Documentación e Información Forestal, Argentina
Gottschalk	1954	<i>Physalis</i>	Max Planck Institute for Plant Breeding Research, Alemanha
Honsell	1954	<i>Calodendron capense</i> Thunb. E <i>Pilocarpus pennatifolius</i> Lem.	Istituto di Botanica generale della Facoltà di Agraria di Portici dell'Università di, Itália
Simmonds	1954	Vários	Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad, B.W.I.
Schnack & Covas	1955	<i>Phytolacca</i>	Argentina
Sen e Sahni	1955	<i>Lantana camara</i>	Indian Institute of Technology, Índia
Spencer	1955	Cactaceae	Department of Agriculture Mayaguez, Porto Rico
Teon e Chei	1955	<i>Lantana camara</i>	University of Delhi, Índia
Heiser	1956	Vários	Indiana University, U.S.A
Joshi e Hardas	1956	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Division of Botany, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi
Pawaret al.	1956	<i>Annona</i>	Índia
Ahuja e Natarajan	1957	Vários	Índia
Fhram-Lelilved	1957	Fabaceae	State Agricultural University Wageningen, Holle
Kaprovickas	1957	Malvaceae	Argentina
Mangenot & Mangenot	1957	Vários	França
Natarajan e Ahuja	1957	<i>Lantana</i> (Verbenaceae)	Índia
Smith e Heiser	1957	<i>Capsicum</i>	University of California, U.S.A
Berger et al.	1958	Fabaceae	Fordhar University, U.S.A

Bovet	1958	<i>Ximenia</i>	Canadá
Cocucci	1958	<i>Ruprechtia laxiflora</i>	Univ. Nacional de Córdoba, Argentina
Mangenot & Mangenot	1958	Vários	França
Patil	1958	Vários	Índia
Roy e Jha	1958	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Patna University, Índia
Sharma e Bhattacharyya	1958	<i>Acacia</i>	Calcutta University, Índia
Copele	1959	<i>Schinus molle</i>	U.S.A
Hair e Beuzenberg	1959	<i>Dodonea</i>	Department of Scientific e Industrial Research, Nova Zelândia
Ninan	1959	<i>Bougainvillea spectabilis</i>	
Rai	1959	<i>Solanum</i>	Bose Institute, Índia
Ramirez	1959	<i>Solanum greiflorum</i>	Univ. of Minnesota, U.S.A
Bose & Choudhury	1960	<i>Lippia alba</i>	Presidency College, Calcutta, Índia
Frham-Leliveld	1960	Fabaceae	State Agricultural University, The Netherlands
Irwin e Turner	1960	Revisão de <i>Cassia</i> e estabelecimento de X	University of Texas, U.S.A
Miège	1960	Vários táxons africanos	França
Milovidov	1960	<i>Capsicum anuum</i>	Alemanha
Raghavane Arora	1960	<i>Lantana</i>	Central Botanical Laboratory, Allahabad, Índia
Sharma & Bhattacharyya	1960	Vários	University of Calcutta, Índia
Dahlgren e Glassman	1961	<i>Copernicia</i>	University of Illinois, U.S.A

Diers	1961	<i>Croton</i>	From the Botanisches Institut der Universität Köln, Alemanha
Guervin	1961	Sapindaceae	França
Lewis	1961	<i>Lantana</i>	Washington University, U.S.A
Mulligan	1961	Vários	Canadá
Ohta	1961	<i>Capsicum</i>	Kihara Institute for Biological Research, Japão
Sobti e Singh	1961	Vários	Regional Research Laboratory, Índia
Turner & Irwin	1961	Vários	University of Texas, U.S.A
Favarger	1962	<i>Tibouchina</i>	Université de Neuchâtel, Suíça
Lewis	1962	Rubiaceae	Stephen F. Austin State College, U.S.A
Lewis <i>et al.</i>	1962	Some angiosperms of the southern United States e Mexico	Washington University, U.S.A
Mangenot & Mangenot	1962	Vários	França
Miller e Webster	1962	<i>Cnidoscolus e Jatropha</i>	Purdue University, U.S.A
Morton	1962	Labiatae	University of Ghana, Gana
Nea	1962	Vários	Central Arid Zone Res. Inst., Índia
Ohta	1962	<i>Capsicum</i>	Kihara Institute for Biological Research, Japão
Roy & Jha	1962	<i>Myrtaceae</i>	Índia
Shibata	1962	<i>Aeschynomene sensitiva</i>	
Webster e Ellis	1962	Euphorbiaceae	Purdue University, Indiana e University College, Inglaterra
Chuang <i>et al.</i>	1963	Vários	Illinois State University, U.S.A

Gadella e Kliphuis	1963	Varios	Amsterdam
Heiser	1953	<i>Acnistus arborescens</i>	Indiana University of Bloomington, U.S.A
Heiser, C.B	1963	<i>Solanum</i>	Indiana University of Bloomington, U.S.A
LeCoq	1963	<i>Coussapoa, Ficus</i>	França
Menzel & Wilson	1983	<i>Hibiscus</i>	Florida State University, U.S.A
Ramam e Kesavan	1963	Rosaceae	Agricultural College e Research Institute, Índia
Sharma e Mukhopadhyay	1963	Verbenaceae	Calcutta University, Índia
Cocucci	1964	<i>Butia paraguayensis</i>	Argentina
Condit	1964	<i>Ficus</i>	Subtropical Horticulture, Índia
Hunter	1964	<i>Chrysolaena</i>	Murray State College, U.S.A
Pal	1964	<i>Leonotis</i>	Índia
Turner e King	1964	Asteraceae (Mexican e Central American species)	The University of Texas, U.S.A
Gros	1965	<i>Bixa, Pittosporum</i>	França
Huynh	1965	<i>Vernonia</i>	Université de Neuchâtel, Suíça
Mousel	1965	<i>Eugenia</i>	U.S.A
Harvey	1966	<i>Waltheria indica</i>	University of Birmingham, Inglaterra
Magoon, Krishnan & Bai	1966	<i>Manihot esculenta</i>	Central Tuber Crops Research Institute, Índia
Miller e Webster	1966	Euphorbiaceae	Eastern Kentucky University e University of California, U.S.A
Naithani & Srivastava	1966	<i>Psidium guajava</i>	Allahabad University, Allahabad, Índia

Pancho	1966	<i>Ficus</i>	Mariano Marcos State University, Filipinas
Shopova	1966	<i>Capsicum</i>	Faculty of Natural e Mathematic Sciences, Iugoslávia
Baquar	1967	Solanaceae	Central Laboratories P.C.S.I.R, Paquistão
Bir e Sidhu	1967	Fabaceae	Punjab University, Índia
Cameron	1967	<i>Stylosanthes</i>	Austrália
Cristobal	1967	Malvales	Instituto de Botánica del Nordeste, Argentina
Datta	1967	Vários	Índia
Di Fulvio	1967	Vários	Argentina
Elias	1967	<i>Bougainvillea spectabilis</i>	
Harvey	1967	<i>Waltheria indica</i>	University of Birmingham, Inglaterra
Hsu	1967	Vários	Taiwania
Nowickie	1967	Vários	Smithsonian Institution, U.S.A
Roe	1967	Solanaceae	University of Northern Colorado, U.S.A
Roe	1967	<i>Solanum</i>	University of Northern Colorado, U.S.A
Sharma e Sarkar	1967	Vários	University of Calcutta, Índia
Turner, Powell e Cuatrecasas	1967	Asteraceae	University of Texas, U.S.A
Baker e Baker	1968	Bombacaceae	University of California, U.S.A
Chauhan	1968	<i>Cestrum</i>	Índia
Coleman	1968	Asteraceae	UNESP, Brasil
Datta	1968	<i>Capsicum annuum</i>	Índia

Ehrendorfer <i>et al.</i>	1968	Magnoliales	Institute of Systematic Botany e Botanical Garden of the University, Áustria
Hsu	1968	Vascular plants of Taiwan	Taiwania
Schmer	1968	<i>Manihot esculenta</i>	U.S.A
Sharma e Sarkar	1968	Vários	University of Calcutta, Índia
Bolkhovskikh <i>et al.</i>	1969	Vários	Rússia
Coleman e Smith	1969	Vários	UNESP, Brasil
Gadella <i>et al.</i>	1969	Vários	Max Planck Institute for Biophysical Chemistry, Alemanha
Ghosh	1969	<i>Bursera serrata</i>	Charuchera College, Índia
Krukoff	1969	<i>Erythrina</i>	New York Botanical Garden, U.S.A
Magoon, Krishnan & Bai	1969	<i>Manihot esculenta</i>	Central Tuber Crops Research Institute, Índia
Mehra e Bawa	1969	Vários	Panjab University, Índia
Mehra e Hans	1969	Vários	Panjab University, Índia
Mehra e Khosla	1969	Vários	Panjab University, Índia
Menzel & Wildon	1969	<i>Hibiscus</i>	Florida State University, U.S.A
Mulligan e Porsild	1969	Plants from Canadá	Canadá
Nevling	1969	Vários from Porton Rico	University of Illinois, U.S.A
Raghuvanshii e Chauhan	1969	Apocynaceae	Lucknow University, Índia
Thakure Singh	1969	<i>Annona</i>	Índia

Brücher	1970	<i>Solanum</i>	Gesellschaft für Agrarische Entwicklungshilfe, Alemanha
Coleman	1970	Asteraceae	UNESP, Brasil
Eshbaugh	1970	<i>Capsicum baccatum</i>	Miami University, U.S.A
Fritsch	1970	Vários from Cuba	Kubanischen Akademie der Wissenschaften, Cuba
Lewis e Oliver	1970	Vários	Washington University, U.S.A
Novak & Bethlach	1970	<i>Capsicum anuum</i>	Vegetable Research Institute, Índia
Raghuvanshii e Chauhan	1970	Apocynaceae	Lucknow University, Índia
Reddi	1970	Sorghum	Ehra University, Índia
Sharma	1970	<i>Cassia, Cleome</i>	Botanical Survey of Índia, Índia
Singh & Roy	1970	<i>Trigonella, Indigofera, ePhaseolus</i>	Punjab University, Índia
Bancilhon	1971	<i>Phyllanthus</i>	França
Davidse	1971	Vários	Iowa State University, U.S.A
Gill	1971	West-Himalayan bicarpellate species	University of Waterloo, Canadá
Mehra e Hans	1971	Fabaceae	Punjab University, Índia
Raman <i>et al.</i>	1971	<i>Psidium guajava</i>	Agricultural College e Research Institute, Índia
Styles e Vosa	1971	Meliaceae	University of Oxford, U.S.A
Averett e Powell	1972	<i>PhysalisseSolanum</i>	University of Texas, U.S.A
Beel	1972	Fabaceae	Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil
Basett e Crompton	1972	Vários	University of Guelph, Canadá
Chennaveeraiah e Patil	1972	<i>Crotalaria</i>	Karnatak University, Índia

Edmonds	1972	<i>Solanum</i>	University of Cambridge, U.S.A
Fritsch	1972	Vários from Cuba	Kubanischen Akademie der Wissenschaften, Cuba
Gadella	1972	Vários táxons da África	Instituut voor systematische plantkunde, Netherlands
Guha	1972	Lythraceae	Índia
Hans	1972	Moraceae	U.S.A
Majumder e Mukkerjee	1972	<i>Psidium guajava</i>	Calcutta University, Índia
Mehra	1972	Vários	Panjab University, Índia
Mehra e Hans	1972	Vários	Panjab University, Índia
Mehra e Khosla	1972	Combrataceae e Myrtaceae	Panjab University, Índia
Mehra, Khosla e Sareen	1972	Aceraceae, Hippocastanaceae, Sapindaceae e Staphyleaceae	Panjab University, Índia
Sarkar, DATTA & Chatterjee	1972	Vários	University of Freiburg, Alemanha
Sinha, Prasad e Keswami	1972	Plantas medicinais	Ranchi University, Índia
Bawa	1973	Vários	University of Massachusetts, U.S.A
Bir e Kumari	1973	Vários	Punjab University, Índia
Di Fulvio	1973	Vários from Argentina	Argentina
Gill <i>et al.</i>	1973	North-West Indian Euphorbiaceae	Punjab University, Índia
Hans	1973	Revisão de outros estudos de Euphorbiaceae	Kitwe, Zambia
Kubitzki	1973	Dileniaceae neotropical	Alemanha

Lee e Tse	1973	<i>Hymenaea</i>	University of California, U.S.A
Mehra e Sareen	1973	Vários from Hymalaia	Panjab University, Índia
Sarkar <i>et al.</i>	1973	Vários	University of Freiburg, Alemanha
Beel	1974	Fabaceae	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Brasil
Jones Jr.	1974	Vernonieae (Asteraceae)	The University of Georgia, U.S.A
Lee e Langenheim	1974	Vários	University of California, U.S.A
Reddi e Rao	1974	<i>Capsicum anuum</i>	Agricultural College, Índia
Sareen, Kant e Pratap	1974	<i>Prosopis</i>	Índia
Vij, Singh e Sachdeva	1974	Vários	Punjab University, Índia
Windler	1974	<i>Crotalaria</i>	Towson State College, U.S.A
Auquier e Renard	1975	Vários	Université de Liège, Bélgica
Garcia	1975	<i>Persea</i> (Lauraceae)	Kyoto University, Japão
Hamant <i>et al.</i>	1975	Acacia	Universite Paul Sabatier, França
Hunziker, Poggio, Naranjo, Palacios & ERADA	1975	<i>Prosopis</i>	Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina
Mukherjee	1975	<i>Bixaeflacourtia</i>	Índia
Opler <i>et al.</i>	1975	<i>Cordia</i>	Fish e Wildlife Service, U.S.A
Sarkar, Datta, Raychodhury & Das	1975	<i>Pachira</i>	University of Calcutta, Índia
Vasudevan	1975	Varios	Índia
Cristobal	1976	<i>Byttneria rhamnifolia</i>	UNNE-CONICET, Argentina

King <i>et al.</i>	1976	Eupatorieae (Asteraceae)	Smithsonian Institution, U.S.A
Mehra	1976	Vários	Punjab University, Índia
Nair & Kuriachan	1976	<i>Abelmoschus</i>	Índia
Al-Mayah & Al-Shehbaz	1977	Fabaceae	University of Baghdad, Iraque
Bir e Kumari	1977	Fabaceae	Punjab University, Índia
Cruz <i>et al.</i>	1977	<i>Magnolia ovata</i>	Brasil
Di Fulvio	1977	<i>Cereus</i>	Argentina
Ferneez	1977	Vários	UNNE-CONICET, Argentina
Krishnan	1977	<i>Bixa</i>	Índia
Sanjappa & Bhatt	1977	Vários	University of Baroda, Índia
Sarkar <i>et al.</i>	1977	<i>Senna</i>	Índia
Vanni	1977	<i>Aeschynomene</i>	UNNE, Argentina
Bhiravamurty	1978	<i>Solanum americanum</i>	Department of Environmental Sciences, Waltair, Índia
Bir & Kumari	1978	<i>Calliera tweediei</i>	Punjab University, Índia
Bir, Kumari, Shoree & Sagoo	1978	<i>Capsicum</i>	Punjab University, Índia
Indira & Abraham	1978	<i>Capsicum anuum</i>	University of Kerala, Índia
Kaastra	1978	<i>Esenbeckia, Pilocarpus</i>	Nederle
Kelley	1978	<i>Vernonia</i>	U.S.A
Khosla	1978	Vários	Índia
Nassar	1978	Vários	UNB, Brasil
Sarkar <i>et al.</i>	1978	Vários	University of Freiburg, Alemanha
Vachova e Ferakova	1978	<i>Ximenia</i>	Czechoslovakia

Bir & Kumari	1979	Vários	Punjab University, Índia
Dehgan & Webster	1979	<i>Jatropha</i> (Euphorbiaceae)	University of Florida, U.S.A
Gill <i>et al.</i>	1979	Vários	Punjab University, Índia
Goldblatt, P. & A. H. Gentry	1979	Bignoniaceae	Missouri Botanical Garden, U.S.A
Goldblatt e Gentry	1979	<i>Tecoma</i>	Missouri Botanical Garden, U.S.A
Jones	1979	Vernonieae (Asteraceae)	University of Georgia, U.S.A
Jos & Nair	1979	<i>Cassava</i>	Central Tuber Crops Research Institute, Índia
Khoshoo	1979	Vários	National Botanical Research Institute, Lucknow
Koul, Karihaloo & Langer	1979	<i>Lantana camara</i>	University of Jammu, Índia
Mamidwar <i>et al.</i>	1979	<i>Abelmoschus</i>	Marathwada Agricultural University, Índia
Mukherjee, e Ware	1979	<i>Ximenia</i>	Índia
Rai	1979	<i>Anacardium</i>	Calicut University, Índia
Rao	1979	<i>Tephrosia</i>	Ehra University, Índia
Turner <i>et al.</i>	1979	Asteraceae from South American	University of Texas, U.S.A
Venkateswarlu & Rao	1979	<i>Physalis pubescens</i>	Department of Botany, Ehra University, Índia
Bir & Neelam	1980	<i>Capsicum</i>	Punjab University, Índia
Cawood & Jones	1980	Solanaceae	University of Reading, Inglaterra
Coleman & De Menezes	1980	Fabaceae	UNESP, Brasil

Kothari, Ninant & Kuriachan	1980	Vários	Índia
Krishnappa e Munirajappa	1980	<i>Guazuma, Waltheria</i>	Índia
Nassar	1980	Vários	UNB, Brasil
Peey & Pal	1980	Vários	National Botanical Research Institute, Índia
Rao & Ganapathi	1980	<i>Solanum nigrum</i>	Department of Botany, Bharathidasan University, Índia
Rao, Siddiqui & Khan	1980	<i>Solanum nigrum</i> complex.	Índia
Siddiqui	1980	<i>Solanum nigrum</i>	Índia
Singh	1980	<i>Ocimum</i>	Índia
Solt & Wurdack	1980	Melastomataceae	U.S.A
Singhal, Gill & Bir	1980	<i>Eugenia</i>	Punjab University, Índia
Vachova e Ferakova	1980	<i>Ximenia</i>	Czechoslovakia
WEEDIN & POWELL	1980	Vários	Division of Math e Sciences, Community College of Aurora, U.S.A
Yadava, K. S. & A. K. Singh	1980	<i>Indigofera</i> L. Bull.	University of Jodhpur, Índia
Balamani & Rao	1981	Vários	Índia
Bedi, Bir e Gill	1981	Rubiaceae	Punjabi University, Índia
Coile e Jones	1981	Revisão de <i>Lychnophora</i>	Missouri Botanical Garden, U.S.A
Fernández Casas	1981	Vários from Bolivia	Universidad Autónoma de Madrid, Espanha
Ferrucci	1981	<i>Cupania, Serjania</i>	UNNE-CONICET, Argentina
Ferrucci	1981	Sapindaceae	UNNE-CONICET, Argentina

Gill, Bir & Bedi	1981	Euphorbiaceae	Punjab University, Índia
Gill, Bir e Singhal	1981	<i>Annona</i>	Punjab University, Índia
Honfi & Daviña	1981	<i>Parapiptadenia rigida</i>	Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Argentina
Kondo <i>et al.</i>	1981	Vários from U.S.A	U.S.A
Kuriachan	1981	<i>Capsicum baccatum</i>	University of Kerala, Índia
Lerum	1981	<i>Myrceugenia</i>	Arizona State University, U.S.A
Meshram, Narkhede & Deshmukh	1981	<i>Capsicum anuum</i>	Punjabrao Krishi Vidyapeeth, Índia
Morawetz	1981	Vários	Universidade de Viena, Áustria
Rao & Mwasumbi	1981	Vários	Department of Botany, University of Dar es Salaam, Tanzania
Sanjappa e Dasgupta	1981	<i>Senna</i>	University of Baroda, Índia
Siddiqui	1981	<i>Solanum nigrum</i>	Índia
Teixeira Ormond, Silva & Castells	1981	Malpighiaceae	UFRJ, Brasil
Aquino e Filho	1982	<i>Caesalpinia ferrea</i>	Brasil
Cherubini	1982	Algumas espermatófitas	Argentina
Choudhary & Roy	1982	Verbenaceae	Department of Botany, T.N.B. College, Bhagalpur, Índia
Coleman	1982	Vários from São Paulo	UNESP, Brasil
Ganapathi & Rao	1982	<i>Solanum nigrum</i> e <i>Solanum americanum</i>	Department of Botany, Bharathidasan University, Índia
Gibbs & Ingram	1982	Vários from Brasil	Inglaterra
Gill e Husaini	1982	Fabaceae from Nigeria	University of Benin, Nigéria

Gibbs e Ingram	1982	Vários from Brazil	Royal Botanic Gardens, Inglaterra
Gupta e Agarwal	1982	<i>Indigofera</i>	Meerut University, Índia
Hans	1982	<i>Parinari</i>	Zambia
Jones	1982	Asteraceae	University of Georgia, U.S.A
Koshy & Mathew	1982	<i>Cleome</i>	University of Kerala, Índia
Krishnappa & Reshme	1982	Vários	University of Mysore, Índia
Lepper	1982	vários	Universidad Friedrich Schiller, Alemanha
Sarkar <i>et al.</i>	1982	Vários	Índia
Siddiqui	1982	<i>Solanum</i>	Índia
Saggoo & Bir	1982	Vários	Punjabi University, Índia
Siddiqui	1982	<i>Solanum nigrum</i>	Índia
Singh & Sharma	1982	<i>Ocimum</i>	Índia
Spies	1982	<i>Antheophora pubescens</i>	University of the Free State, África do Sul
Spies & Stirton	1982	Vários	University of the Free State, África do Sul
Trivedi & Thakur	1982	<i>Scoparia dulcis</i>	Punjabi University, Índia
Agarwal & Gupta	1983	<i>Tephrosia</i>	Meerut University, Índia
Arbo e Fernández	1983	<i>Turnera</i>	UNNE-CONICET, Argentina
Bhiravamurthy & Rethy	1983	<i>Solanum nigrum</i>	Department of Environmental Sciences, Waltair, Índia
Bir & Chattha	1983	<i>Tecoma stans</i>	Índia
Bir & Srikanth	1983	<i>Waltheria</i>	Índia
Cheran & Bhavanean	1983	Vários	Department of Botany, University of Kerala, Índia
Kurz	1983	Lauraceae	Alemanha

Lydia Prasad & Rao	1983	<i>Physalis pubescens</i>	Índia
Menzel, Fryxell & Wilson	1983	<i>Hibiscus</i>	Florida State University, U.S.A
Navaneetham & Ayyangar	1983	<i>Jatropha</i>	Índia
Nazeer & Madhusoodanan	1983	<i>Mimosa pudica</i>	Rubber Research Institute of Índia, Índia
Rao & Kumar	1983	<i>Capsicum anuum</i>	Ehra University, Índia
Rao e Kumar	1983	<i>Solanum nigrum</i>	Ehra University, Índia
Saggoo	1983	Bicarpellatae	Punjabi University, Índia
Sarkar	1983	Vários	University of Freiburg, Alemanha
Sarkar, Datta, Mallick & Chatterjee	1983	Vários	University of Freiburg, Alemanha
Trivedi & Trivedi	1983	Vários	Punjabi University, Índia
Vanni	1983	Fabaceae	UNNE, Argentina
Verma & Raina	1983	<i>Crotalaria</i>	University of Jodhpur, Índia
Dehgan	1984	<i>Jatropha</i> (Euphorbiaceae)	University of Florida, U.S.A
Ehrendorfer <i>et al.</i>	1984	Brunelliaceae e Caryocaraceae	Universität Wien, Áustria
Goldblatt	1984	Vários	Missouri Botanical Garden, U.S.A
Jos, Bai & Nair	1984	<i>Cassava</i>	Central Tuber Crops Research Institute, Índia
Maglio, Forni-Martins & Cruz	1984	<i>Caryocar, Eriotheca, Magonia</i>	Unicamp, Brasil
Guerra	1984	Rutaceae	Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Goldblatt	1984	<i>Trembleya parviflora</i>	Missouri Botanical Garden, U.S.A
Morawetz	1984	<i>Porcelia, Annona, Drimys, Xylopia</i>	University of Vienna, Áustria
Sauer e Ehrendorfer	1984	Annonaceae	Universitgot Tiibingen, Alemanhae Universitgt Wien, Áustria
Singhal & Gill	1984	<i>Dodonea</i>	Punjab University, Índia
Singhal, Gill & Bir	1984	<i>Eugenia</i>	Punjab University, Índia
Spies	1984	<i>Lantana camara</i>	University of the Free State, África do Sul
Stace & Cameron	1984	<i>Stylosanthes</i>	The University of Western Australia, Austrália
Tanksley	1984	<i>Capsicum anuum</i>	Cornell University, U.S.A
Trivedi	1984	Vários	Punjabi University, Índia
Vembu	1984	Lamiaceae	Índia
Verma, Kesavacharyulu & Raina	1984	<i>Crotalaria</i>	University of Jodhpur, Índia
Bedi, Gill & Birr	1985	Vários	Punjabi University, Índia
Bir & Chatha	1985	<i>Diospyros</i>	Índia
Dutta	1985	<i>Coffea</i>	Índia
Ferruci	1985	<i>Allophylus eSerjania</i>	UNNE-CONICET, Argentina
Gill e Husaini	1985	Fabaceae	University of Benin, Nigeria
Koshy & Mathew	1985	<i>Cleome</i>	University of Kerala, Índia
Laan & Arends	1985	Apocynaceae	Agricultural University, The netherles
Aparicio e Silvestre	1985	Vários from Espanha	Universidad de Sevilla, Spain

Hunziker <i>et al.</i>	1985	Vários from south america	Instituto de Botánica Darwinion, Argentina
Khosla & Sobti	1985	<i>Ocimum</i>	Regional Research Laboratory, Índia
Rozenblum, Waisman e Hunziker.	1985	<i>Baccharis punctulata</i>	Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Argentina
Singhal <i>et al.</i>	1985	Polypetalae	Punjab University, Índia
Trivedi & Trivedi	1985	<i>Scoparia dulcis</i>	Punjabi University, Índia
Vieira, Aguiar-Perecin & Martins	1985	<i>Stylosanthes</i>	Universidade de São Paulo, Brasil
Vijayakumar & Subramanian	1985	Myrtaceae	Annamalai University, Índia
Carvalho e Beel	1986	<i>Attalea eichleri</i>	Brasil
Chatha & Bir	1986	Vários	Punjabi University, Índia
Dalgaard	1986	Vários	University of Copenhagen, Dinamarca
Devadas, Rajam & Subhash	1986	<i>Capsicum anuum</i>	Yale University, U.S.A
Freitas, Schifino & Hutton	1986	<i>Lantana</i> spp.	UFRGS, Brasil
Gill e Husaini	1986	Fabaceae	University of Benin, Nigéria
Guerra	1986	Vários from Pernambuco	Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Ganapathi & Rao	1987	<i>Solanum</i>	Department of Botany, Bharathidasan University, Índia
Husaini e Gill	1986	Fabaceae (Mimosoideae)	University of Benin, Nigéria
Khosla & Sobti	1986	<i>Ocimum</i>	Regional Research Laboratory, Índia

Leuenberger	1986	<i>Pereskia</i>	Freie Universität Berlin, Alemanha
Madhusoodanan e Nazeer	1986	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Índian Cardamom Research Institute e Rubber Research Institute of Índia, Índia
Morawetz	1986	Vários	Universität Wien, Áustria
Morawetz	1986	Magnoliideae, Annonaceae	Universität Wien, Áustria
Ohri e Kumar	1986	Vários	National Botanical Research Institute, Índia
Ohri, Kumar e Pal	1986	<i>Cassia</i>	National Botanical Research Institute, Índia
Singh & Sharma	1986	<i>Ocimum gratissimum</i> e <i>O. viride</i>	Índia
Siqueira & Guerra	1986	<i>Plantago major</i> e <i>Indigofera hirsuta</i>	USP, Brasil
Srivastav & Raina	1986	<i>Tephrosia</i>	University of Delhi, Índia
Sundberg, Cowan e Turner	1986	Asteraceae	University of Texas, U.S.A
Tobe <i>et al.</i>	1986	Lythraceae	Chiba University, Japão
Vembu & Ayyangar	1986	<i>Hyptis suaveolens</i> e <i>Leonotis nepetifolia</i>	Índia
Yeh <i>et al.</i>	1986	Fabaceae	China
Battistin & Martins	1987	<i>Stylosanthes</i>	Departamento de Biologia da UFSM, Brasil
Chatha & Bir	1987	Vários from Índia	Punjab University, Índia
Fernández	1987	<i>Turnera</i>	UNNE-CONICET, Argentina
Galiano e Hunziker	1987	Asteraceae	Argentina
Gaviria	1987	<i>Cordia</i>	Venezuela

Gill e Omoigui	1987	Asteraceae	University of Benin, Nigéria
Graham	1987	<i>Cuphea</i> (Lythraceae)	Kent State University, U.S.A
Krishnan & Ayyangar	1987	<i>Bixa</i>	Índia
Lakshmi & Nalini	1987	<i>Capsicum anuum</i>	Nagarjuna University, Índia
Morrison	1987	<i>Acacia suaveolens</i>	University of Technology Sydney, Austrália
Niklas	1987	<i>Ilex paraguariensis</i>	Argentina
Ohri & Khoshoo	1987	<i>Ficus</i>	National Botanical Research Institute, Índia
Patil	1987	<i>Crotalaria</i>	Índia
Piovano	1987	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	Universita La Sapienza, Itália
Rao, Harini & Kumar	1987	<i>Capsicum</i>	Ehra University, Índia
Samuel	1987	<i>Piper</i>	University of Reading, Reino Unido
Selvaraj	1987	Rubiaceae	Annamalai University, Índia
Smith & Jones	1987	<i>Piptocarpha</i> subgenus <i>Hypericoides</i>	Wake Forest University, U.S.A
Vieira, Aguiar- Perecin & Martins	1987	<i>Stylosanthes</i>	Universidade de São Paulo, Brasil
Chata e Bir	1988	Verbenaceae	Punjabi University, Índia
Choudhary & Choudhary	1988	<i>Caesalpiniaceae</i>	Sukhadia University, Índia
Gibbs, Semir & Cruz	1988	<i>Ceiba</i>	The University St. Erews, Inglaterra
Goldblatt e Poston	1988	Velloziaceae	Missouri Botanical Garden e Howard University, U.S.A
Huang <i>et al.</i>	1988	<i>Stylosanthes guianensis</i>	

Palomino e Scheinvar.	1988	Cactaceae	Universidad Nacional Autónoma de México, México
Pan & Brewbaker	1988	<i>Leucaena</i> spp.	University of Hawaii, U.S.A
Philip & Mathew	1988	Rubiaceae	Índia
Poggio, Greizerstein & Botta	1988	Verbenaceae	Centro de Investigaciones Genéticas, Buenos Aires, Argentina
Sehu & Mann	1988	Vários	Punjab University, Índia
Singh, Sahi & Roy	1988	<i>Solanum nigrum</i> complex	Centre of Advanced Study in Botany, Banaras Hindu University, Índia
Sinha, Sinha & Sharma.	1988	Vários	Índia
Alves e Custódio	1989	Fabaceae from Ceará	Universidade Federal do Ceará, Brasil
Bairiganjan e Patnaik	1989	Fabaceae	Utkal University, Índia
Beg, Khan & Ahmad	1989	<i>Solanum nigrum</i>	Aligarh Muslim University, Índia
Bohs, L. A.	1989	<i>Solanum</i>	University of Utah, U.S.A
Choudhary & Choudhary	1989	<i>Caesalpiniaceae</i>	Sukhadia University, Índia
Custódio <i>et al.</i>	1989	<i>Crotalaria</i>	Brasil
Fernández e Arbo	1989	<i>Turnera</i>	UNNE-CONICET, Argentina
Forni-Martins <i>et al.</i>	1989	<i>Alibertia</i>	Unicamp, Brasil
Ge <i>et al.</i>	1989	Vários from Sheong province	Japão
Goldblatt	1989	Asteraceae, Bignoniaceae, Proteaceae e Fabaceae	Missouri Botanical Garden, U.S.A

Graham	1989	<i>Cuphea</i> (Lythraceae)	Kent State University, U.S.A
Huang <i>et al.</i>	1989	<i>Delonix, Dodonea</i>	University of Florida, U.S.A
Huber e Baltisberger	1989	<i>Anacardium</i>	Geobotanisches Institut, Suíça
Khosla	1989	Lecythidaceae	Índia
Kowal	1989	Lecythidaceae	University of Wisconsin, U.S.A
Kumari, Sagoo e Kaur	1989	<i>Indigofera hirsuta</i>	Punjab University, Índia
Lakshmi, Prakash, Harini & Rao	1989	<i>Capsicum</i>	Nagarjuna University, Índia
Limaye & Patil	1989	<i>Capsicum</i>	M.A.C.S. Research Institute, Índia
Morawetz & Samuel	1989	Hamamelidae	University of Viena, Áustria
Oliveira & Aguiar-Perecin	1989	<i>Crotalaria</i>	Unicamp, Brasil
Pierozzi & da/Cruz	1989	<i>Genipa americana</i>	Unicamp, Brasil
Robinson <i>et al.</i>	1989	Eupatorieae (Asteraceae)	Smithsonian Institution, U.S.A
Sehu & Mann	1989	<i>Acacia</i>	Punjab University, Índia
Sarkar	1989	Vários	Índia
Beltrão e Guerra	1990	Vários from Pernambuco	Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Daniel, Chuang & Baker	1990	Acanthaceae	California Academy of Sciences, U.S.A
Datta & De	1990	Índian Annonaceae	University of Calcutta, Índia
Diniz da Cruz <i>et al.</i>	1990	<i>Clusia</i>	Instituto Agrônomo de Campinas, Brasil

Fernández, Canelada, García & Wüschmidt	1990	<i>Urera caracasana</i>	UNNE-CONICET, Argentina
Gill <i>et al.</i>	1990	Vários	Punjab University, Índia
Hemmer & Morawetz	1990	Sapindaceae	Universitat Wien, Áustria
Heubl, Gaviria & Wanner	1990	<i>Cordia</i> (Boraginaceae)	Alemanha
Kumari e Bir	1990	Papilionaceae (Fabaceae)	Punjab University, Índia
Lakshmi, Harini & Prakash	1990	<i>Capsicum anuum</i>	Nagarjuna University, Índia
Meenakumari & Kuriachan	1990	<i>Tibouchina</i>	Índia
Singhal e Gill	1990	Anacardiaceae	Punjab University, Índia
Soltis e Soltis	1990	Vários	Washington State University, U.S.A
Baltisberger	1991	Greek plants	Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Suíça
Carvalho <i>et al.</i>	1991	Vários from Pernambuco, Brazil	Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA/EMBRAPA, Brasil
Chen <i>et al.</i>	1991	Fabaceae	China
Freitas e Schiffno-Witmann	1991	<i>Leucaena</i>	UFRGS, Brasil
Ganapathi, Sudhakaran & Kulothungan	1991	<i>Physalis</i>	Department of Botany, Bharathidasan University Tiruchirappalli, Índia
Gill e Obembe	1991	Vários	University of Benin, Nigéria
Kiehn <i>et al.</i>	1991	<i>Anacardium</i>	Alemanha
Mangotra & Koul	1991	<i>Crotalaria</i>	University of Jammu, Índia

Morawetz	1991	Styracaceae	BotanischerGarten der Universität, Áustria
Piovano e Bernardello	1991	Acanthaceae	Instituto Multidisciplinario de Biologia Vegetal, Argentina
Ruas <i>et al.</i>	1991	<i>Vernonia</i>	Universidade Estadual de Londrina, Brasil
Singh, Singh & Sharma	1991	<i>Capsicum</i>	Índian Institute os Technology Kanpur, Índia
Benko-Iseppon	1992	Caprifoliaceae	Wien, Formal– und Naturwiss. Fak. Univ. Wien., Áustria
Datta, Meal & Bhattacharya	1992	(Fabaceae)	Department of Botany, Visva-Bharati University, West Bengal, Índia
Forni-Martins <i>et al.</i>	1992	Vários (Brazilian Cerrado)	Unicamp, Brasil
Hahn, Bai e Asiedu	1992	<i>Manihot esculenta</i>	
Moscone	1992	<i>Vassobia breviflora</i>	Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV), Argentina
Ojha & Dayal	1992	<i>Lantana</i>	Ranchi University, Índia
Oliveira et al.	1992	<i>Eriotheca</i>	Jardim Botânico de Brasília, Brasil
Pagliarini & Pereira	1992	<i>Pilocarpus pennatifolius</i>	UniversidadeEstadualde Maringá, Brasil
Rico Arce	1992	<i>Albizia niopoides</i>	
Sinha& Sharma	1992	<i>Ipomoea</i> spp.	Department of Botany, Patna University, Índia
Trivedi & Trivedi	1992	Vários	Punjabi University, Índia
Eerson	1993	Malpighiaceae	University of Michigan, U.S.A
Berg e Greilhuber	1993	<i>Cestrum</i>	University of Vienna, Áustria

Chen	1993	<i>Annona, Carica, Citrus</i>	China
Daniel e Chuang	1993	Acanthaceae	California Academy of Sciences e Illinois State University, U.S.A
Devi	1993	<i>Capsicum</i>	Annamalai University, Índia
George & Bhavanean	1993	<i>Cassia</i>	Índia
Guerra	1993	Vários	Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Khatoon & Ali	1993	Vários	University of Karachi, Paquistão
Morton	1993	Flora of Cameroon Mountain	University of Waterloo, Canadá
Moscone	1993	<i>Capsicum</i>	Instituto Multidisciplinario de Biologia Vegetal (IMBIV), Argentina
Moscone, Lambrou, Hunziker & Ehrendorfer	1993	<i>Capsicum</i>	Instituto Multidisciplinario de Biologia Vegetal (IMBIV), Argentina
Mukherjee & Sharma	1993	Acacia	University of Calcuta, Índia
Murín	1993	<i>Capsicum</i>	Slovak
Oginuma, Kato, Tobe, Mathenge & Juma	1993	vários	Faculty of Human Life e Environmental Science, Kochi Women's University, Kochi, Japão
Pringle e Murray	1993	<i>Solanum</i>	University of Aucke, Nova Zelândia
Puff <i>et al.</i>	1993	Rubiaceae	University of Vienna, Áustria
Solis-Neffa e Fernández	1993	<i>Turnera</i>	UNNE-CONICET, Argentina
Uchiyama, H. & T. Koyama	1993	<i>Myrciaria dubia</i>	Nihon University · College of Bioresource Sciences, Japão

Bernardello, Heiser & Piazzano	1994	<i>Solanum</i>	Argentina
Jahan <i>et al.</i>	1994	Fabaceae	University of Karachi, Paquistão
Jarollímová	1994	Várias de Cuba	Academy of Sciences of the Czech Republic, Czech Republic
Lakshmi, Nalini & Srivalli	1994	<i>Capsicum annuum</i>	Nagarjuna University, Índia
Röser	1994	Palmaceae	Martin Luther University Halle- Wittenberg, Alemanha
Sorensson & Brewbaker	1994	<i>Leucaena</i> spp.	University of Hawaii at Manoa, U.S.A
Thoppil & Jose	1994	<i>Ocimum</i>	Department of Botany, University of Calicut, Thenjipalam, Índia
Corazza-Nunes <i>et al.</i>	1995	<i>Aloysia</i>	Brasil
Forni-Martins <i>et al.</i>	1995	Vários (Brazilian Cerrado)	Unicamp, Brasil
Hanson	1995	<i>Inga</i> (Fabaceae)	Royal Botanic Gardens, Inglaterra
Moscone, Loidl, Ehrendorfer & Hunziker	1995	<i>Capsicum</i>	University of Vienna, Áustria
Oginuma e Tobe	1995	Moraceae e Cecropiaceae	Kochi Women's University e Kyoto University, Japão
Sinha, Sinha & Sharma	1995	<i>Lantana camara</i>	Department of Botany, Patna University, Índia
Watanabe <i>et al.</i>	1995	Eupatorieae (Asteraceae)	Japão, U.S.A
Dematteis	1996	<i>Chrysolaena</i>	Instituto de Botánica del Nordeste (UNNE -CONICET), Argentina

Forni-Martins e Cruz	1996	<i>Erythrina</i> (Fabaceae)	Unicamp, Brasil
Khatoon & Ali	1996	<i>Albizia</i>	University of Karachi, Paquistão
Kiehn e Lorence	1996	<i>Psychotria, Guettarda</i>	University of Vienna, Áustria
Moscone, Lambrou & Ehrendorfer	1996	<i>Capsicum</i>	University of Vienna, Áustria
Phulari & Dixit	1996	<i>Capsicum anuum</i>	Índia
Silva e Davide	1996	<i>Kielmeyera coriacea</i>	Universidade Federal de Lavras, Brasil
Soontornchainaksang e Chaiyasut	1996	Vários da Tailândia	Mahidol University e Chulalongkorn University, Tailândia
Wulff <i>et al.</i>	1996	Asteraceae	Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, U.B.A, Argentina
Almeda	1997	Myrtales	California Academy of Science, U.S.A
Badr, Khalifa, Aboel-Atta & Abou-El-Enain	1997	Solanaceae	Tanta University, Arábia Saudita
Bukhari	1997	<i>Acacia e Prosopis</i>	University of Helsink, Finlândia
Dematteis	1997	Asteraceae	Instituto de Botánica del Nordeste (UNNE -CONICET), Argentina
Dematteis	1997	<i>Vernonia</i>	Instituto de Botánica del Nordeste (UNNE -CONICET), Argentina
De Melo <i>et al.</i>	1997	Velloziaceae	EMBRAPA-CPATSA, Brasil
Ferrucci & Neffa	1997	Sapindaceae	UNNE-CONICET, Argentina
Honfi & Daviña	1997	<i>Anadenanthera colubrinavar. cebil</i>	Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Argentina

Oginuma, Kuroki, Li & Kondo	1997	<i>Dodonaea viscosa</i>	Kochi Women's University, Japão
Pierozzi & Mendaçolli	1997	<i>Genipa</i> L. (Rubiaceae)	Unicamp, Brasil
Pinto-Maglio, Pierozzi, Castro & Soares-Scott	1997	Rubiaceae	Instituto agrônomo de Campinas, Brasil
Röser <i>et al.</i>	1997	Arecaceae	University of Vien, Áustria
Solís Neffa e Ferrucci	1997	<i>Serjania</i>	UNNE-CONICET, Argentina
Erada <i>et al.</i>	1998	Verbenaceae	Universidad Nacional de Tucumán, Argentina
Erade & Forni-Martins	1998	Myrtaceae	Unicamp, Brasil
Daniel & Chuang	1998	Acanthaceae	University of Michigan, U.S.A
Dematteis e Ferneez	1998	<i>Vernonia</i> (Asteraceae)	UNNE-CONICET, Argentina
Forni-Martins <i>et al.</i>	1998	<i>Solanum paniculatum</i>	Unicamp, Brasil
Goldenberg & Shepherd	1998	Melastomataceae	Unicamp, Brasil
Lombello e Forni-Martins	1998	Sapindaceae	Unicamp, Brasil
Lombello e Forni-Martins	1998	Vários	Unicamp, Brasil
Mathew, Mathew & Pushpangadan	1998	Piperaceae	Tropical Botanic Garden e Research Institute, Índia
Piazzano	1998	Bignoniaceae	Argentina
Solís Neffa & Ferrucci	1998	<i>Sapindus saponaria</i>	

Vembu & Sampathkumar	1998	<i>Ocimum</i>	Índia
Zanín <i>et al.</i>	1998	<i>Acacia</i>	Universidad Nacional de SanLuis, Argentina
Zhang	1988	<i>Capsicum</i>	
Alexeeva	1999	<i>Capsicum</i>	Rússia
Auler & Battistin	1999	<i>Apuleia leiocarpa</i>	Universidade Federal de Santa Maria, Brasil
Barbosa e Yamamoto	1999	<i>Vochysia</i>	Unicamp, Brasil
Carr <i>et al.</i>	1999	Asteraceae	University of Hawaii at Manoa, U.S.A
Carvalho <i>et al.</i>	1999	<i>Manihot esculenta</i>	Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Kavitha & Vembu	1999	<i>Manihot esculenta</i>	Índia
Moro <i>et al.</i>	1999	<i>Eugenia</i>	Brasil
Moscone	1999	<i>Capsicum</i>	University of Vienna, Áustria
Oliveira e Aguiar-Perecin	1999	<i>Crotalaria</i>	Universidade Federal da Bahia, Brasil
Pedrosa <i>et al.</i>	1999	Vários from Pernambuco, Brazil	Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Seijo	1999	<i>Mimosa</i>	UNNE, Argentina
Seijo e Vanni	1999	<i>Aeschynomene</i>	UNNE, Argentina
Sengupta Pal & Datta	1999	<i>Capsicum</i>	University of Kalyani, Índia
Soontornchainaks aeng e Chaiyasut	1999	Euphorbiaceae from Thaile	Mahidol University, Tailândia
Acosta & Moscone	2000	<i>Dyssochroma viridiflora</i>	UNNE-CONICET, Argentina

Azkue	2000	<i>Oxalis</i>	Cmtm de Estudios Fannacoldgicos y Botdnicos (CEFTBO), Argentina
Forni-Martins e Martins	2000	Vários	Unicamp, Brasil
Skorupa	2000	<i>Pilocarpus</i> (Rutaceae)	EMBRAPA, Brasil
Graham e Cavalcanti	2001	Lythraceae	Kent State University, U.S.A e Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasil
Hanson <i>et al.</i>	2001	Vários	Royal Botanic Gardens, Inglaterra
Lombello e Forni-Martins	2001	<i>Banisteriopsis</i>	Universidade Estadual de Campinas, Brasil
Mansanares <i>et al.</i>	2001	<i>Lychnophora</i>	Unicamp, Brasil
Simmons <i>et al.</i>	2001	Celastraceae	Colorado State University, U.S.A
Carvalho e Guerra	2002	<i>Manihot</i>	Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Dematteis	2002	<i>Vernonia</i> (Asteraceae)	Instituto de Botánica del Nordeste (UNNE -CONICET), Argentina
Lombello e Forni-Martins	2002	Malpighiaceae	Unicamp, Brasil
Mansanares <i>et al.</i>	2002	<i>Lychnophora</i> (Asteraceae)	Unicamp, Brasil
Mendonça-Filho <i>et al.</i>	2002	<i>Machaerium</i> (Fabaceae)	Unicamp, Brasil
Molero <i>et al.</i>	2002	Vários	University of Barcelona, Barcelona, Spain, Espanha
Teixeira <i>et al.</i>	2002	<i>Dahlstedtia</i> (Fabaceae)	Unicamp, Brasil
Wilkins e Chappill	2002	Malvaceae	University of Western Australia, Austrália

Chen <i>et al.</i>	2003	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> , <i>Manihot esculenta</i>	Chinese Academy of Sciences, China
Las Peñas	2003	<i>Cordia</i>	Argentina
Satyanarayan, Sahoo & Das	2003	Vários	Cytogenetics Laboratory, Regional Plant Resource Centre, Índia
Correa e Forni-Martins	2004	Rubiaceae	Unicamp, Brasil
Costa e Forni-Martins	2004	Myrtaceae	Unicamp, Brasil
Greizerstein	2004	<i>Ilex</i>	Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, (UBA), Argentina
Gunn	2004	Fez a filogenia de Arecaceae	Missouri Botanical Garden, U.S.A
Lombello e Pinto-Maglio	2004	<i>Rudgea verticilata</i>	UNICAMP, Brasil
Lunardi <i>et al.</i>	2004	<i>Maytenus</i> (Celastraceae)	Universidade Federal do Rio Gree do Sul, Brasil
Souza e Benko-Iseppon	2004	Caesalpinoideae e Papilionioideae	Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Varela <i>et al.</i>	2004	Fabaceae	Universidade Federal do Ceará, Brasil
Yi <i>et al.</i>	2004	Araliaceae	U.S.A
Acosta	2005	<i>Solanum e Lycianthes rantonnei</i> (Solanaceae)	Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
Biondo <i>et al.</i>	2005	Fabaceae	Universidade Federal do Rio Gree do Sul, Brasil
Biondo <i>et al.</i>	2005	<i>Senna</i>	Universidade Federal do Rio Gree do Sul, Brasil
Carvalho <i>et al.</i>	2005	<i>Bixa orellana</i>	Universidade Federal de Viçosa, Brasil

Dias Breao	2005	Verbenaceae	Unicamp, Brasil
Gaiero & Mazzella	2005	Arecaceae	Uruguai
Iltis e Cornejo	2005	Capparaceae	University of Wisconsin, U.S.A e Universidad de Guayaquil, Equador
Tapia-Pastrana e Gómez-Acevedo	2005	<i>Pithecellobium dulce</i>	UNAM, México
Vargas	2005	<i>Acosmium</i>	
Almada <i>et al.</i>	2006	<i>Crotalaria</i> (Fabaceae)	Universidad Nacional de Misiones, Argentina
Almeida <i>et al.</i>	2006	<i>Bixa</i>	Universidade Federal de Viçosa, Brasil
Biondo <i>et al.</i>	2006	<i>Chamaecrista</i>	Universidade Federal do Rio Gree do Sul, Brasil
Cequea	2006	<i>Capsicum anuum</i>	Universidad de Oriente, Cuba
Chiarini	2006	<i>Solanum</i> subgen. <i>Leptostemonum</i> (Solanaceae)	Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (CONICET- UNC), Córdoba, Argentina
Costa e Forni- Martins	2006	<i>Campomanesia</i> e <i>Psidium</i> (Myrtaceae)	Unicamp, Brasil
Costa e Forni- Martins	2006	<i>Eugenia</i> , <i>Myrciaria</i> e <i>Plinia</i> (Myrtaceae)	Unicamp, Brasil
Flores	2006	<i>Crotalaria</i>	Unicamp, Brasil
Mukherjee e Datta	2006	<i>Ocimum</i>	Kalyani University, Índia
Oginuma e Tobe	2006	Laurales	Kochi Women's University, Japão
Pozzobon <i>et al.</i>	2006	<i>Capsicum</i> (Solanaceae)	Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasil
Viccini <i>et al.</i>	2006	<i>Lippia</i> (Verbenaceae)	Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil

Aliyu & Awopetu	2007	<i>Anacardium occidentale</i>	Cocoa Research Institute of Nigeria, Nigéria
Arakaki <i>et al.</i>	2007	Cactaceae	University of Florida, U.S.A
Breão <i>et al.</i>	2007	Vários	Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
Vargas <i>et al.</i>	2007	<i>Cratylia</i>	Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
Costa e Forni-Martins	2007	Myrtaceae	Unicamp, Brasil
Correa e Forni-Martins	2007	Psychotrieae	Unicamp, Brasil
Corrêa	2007	Rubioideae (Rubiaceae)	Unicamp, Brasil
de Souza Almeida <i>et al.</i>	2007	<i>Spondias</i>	Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Éder-Silva <i>et al.</i>	2007	Várias do nordeste brasileiro	UFPB, Brasil
Mansanares <i>et al.</i>	2007	<i>Lychnophoriopsis</i> e <i>Paralychnophora</i> (Asteraceae)	Unicamp, Brasil
Mansanares <i>et al.</i>	2007	<i>Lychnophora</i> (Asteraceae)	Unicamp, Brasil
Melloni	2007	Vários	UNESP, Brasil
Oliveira	2007	<i>Vernonia</i>	Unicamp, Brasil
Ortolani	2007	<i>Cybistax</i>	Universidade Estadual Paulista, Brasil
Watanabe <i>et al.</i>	2007	Asteraceae	Kobe University, Japão
Carvalho <i>et al.</i>	2008	<i>Jatropha</i>	Universidade Federal de Viçosa, Brasil
Costa <i>et al.</i>	2008	Myrtaceae	Unicamp, Brasil
Costa e Forni-Martins	2008	<i>Pimenta</i>	Unicamp, Brasil

SCHMELZER & GURIB-FAKIM	2008	<i>Alchornea</i>	Orstom, Genetic Laboratory, Nigéria
Angulo e Dematteis	2009	<i>Vernonanthura membranacea</i>	UNNE-CONICET, Argentina
Breao <i>et al.</i>	2009	<i>Aloysia virgata</i>	
Corrêa <i>et al.</i>	2009	<i>Butia</i> (Arecaceae)	Universidade Federal do Rio Gree do Sul, Brasil
Costa	2009	Myrteae	Unicamp, Brasil
Dahmer <i>et al.</i>	2009	<i>Jatropha</i>	UFRGS, Brasil
Ferrucci e Urdampilleta	2009	<i>Toulicia</i> (Sapindaceae)	UNNE-CONICET, Argentina e Unicamp, Brasil
Rodrigues <i>et al.</i>	2009	<i>Acosmium</i> <i>eLeptolobium</i> (Fabaceae)	Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR; Brasil
Santos <i>et al.</i>	2009	Apocynaceae	Universidade Estadual de Feira de Santana, Brasil
Corrêa e Forni-Martins	2010	Psychotria (Rubiaceae)	Unicamp, Brasil
Ferreira <i>et al.</i>	2010	<i>Senna</i>	Universidade Federal de Lavras, Brasil
Kiehn	2010	Rubioideae (Rubiaceae)	University of Vienna, Áustria
Melloni	2010	Espécies com potencial madeireiro	UNESP, Brasil
Ortolani <i>et al.</i>	2010	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Universidade Estadual Paulista, Brasil
Salles-de-Mello	2010	Asteraceae (Vernonieae)	Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
Yuyama <i>et al.</i>	2010	<i>Aegiphila</i> , <i>Vitex</i> <i>eCitharexylum</i>	Universidade Estadual de Londrina, Brasil
Abreu <i>et al.</i>	2011	<i>Acrocomia aculeata</i>	Universidade Federal de Viçosa, Brasil

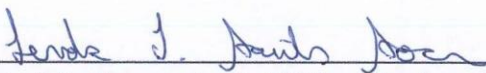
Campos <i>et al.</i>	2011	<i>Lippia</i>	Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
Dahmer <i>et al.</i>	2011	<i>Mimosa</i>	Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
Firetti-Leggieri <i>et al.</i>	2011	<i>Anemopaegma</i> (Bignoniaceae)	Unicamp, Brasil
Grossi <i>et al.</i>	2011	<i>Cedrela fissilis</i>	Universidade Paranaense, Brasil
Melo <i>et al.</i>	2011	<i>Solanum</i>	Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
Nwangburuka <i>et al.</i>	2011	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Babcock University, Nigéria
Oliveira	2011	<i>Euterpe</i>	Universidade Federal de Lavras, Brasil
Olkoski e Wittmann	2011	<i>Mimosa</i> (Fabaceae)	Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
Pierre <i>et al.</i>	2011	<i>Lippia</i>	Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
Coser <i>et al.</i>	2012	<i>Psidium guajava</i>	Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
Dutra <i>et al.</i>	2012	<i>Pterodon emarginatus</i>	Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
Godoy <i>et al.</i>	2012	<i>Alchornea</i>	Universidade Paranaense, Brasil
Oliveira <i>et al.</i>	2012	<i>Vernonia</i> (Asteraceae)	Unicamp, Brasil
Oliveira	2012	<i>Oenocarpus</i> (Arecaceae)	Universidade Federal de Lavras, Brasil
Rai <i>et al.</i>	2012	<i>Croton</i>	Índia
Rodrigues <i>et al.</i>	2012	<i>Caesalpinia</i> (Fabaceae)	Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil
Santos <i>et al.</i>	2012	Fabaceae	Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Vega e Dematteis	2012	<i>Vernonia</i> (Asteraceae, Vernonieae)	Instituto de Botánica del Nordeste (UNNE-CONICET), Argentina
Via do Pico e Dematteis	2012	<i>Chrysolaena</i>	Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
Dahmer <i>et al.</i>	2013	<i>Mimosa</i>	Unicamp, Brasil
Resende <i>et al.</i>	2013	<i>Senna</i>	Universidade Federal de Lavras, Brasil
Silvestrini <i>et al.</i>	2013	<i>Croton floribundus</i>	Unicamp, Brasil
Marinho <i>et al.</i>	2014	<i>Eriotheca</i> (Malvaceae)	Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Marinho <i>et al.</i>	2014	Bombacoideae (Malvaceae)	Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Souza <i>et al.</i>	2014	<i>Psidium</i>	University of Lavras, Brasil

Profa. Dra. Rachel Meneguello
Presidente
Comissão Central de Pós-Graduação
Declaração

As cópias de artigos de minha autoria ou de minha co-autoria, já publicados ou submetidos para publicação em revistas científicas ou anais de congressos sujeitos a arbitragem, que constam da minha Dissertação/Tese de Mestrado/Doutorado, intitulada **Análise comparativa do número cromossômico da flora lenhosa do Cerrado e Floresta Atlântica**, não infringem os dispositivos da Lei n.º 9.610/98, nem o direito autoral de qualquer editora.

Campinas, 12 de Janeiro de 2016

Assinatura : 
Nome do(a) autor(a): **Fernanda de Fátima Santos Soares**
RG n.º 16301940

Assinatura : 
Nome do(a) orientador(a): **Fernando Roberto Martins**
RG n.º

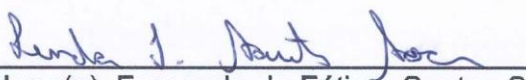


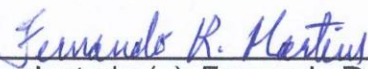
COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
INSTITUTO DE BIOLOGIA
Universidade Estadual de Campinas
Caixa Postal 6109. 13083-970, Campinas, SP, Brasil
Fone (19) 3521-6378. email: cpgib@unicamp.br



DECLARAÇÃO

Em observância ao **§5º do Artigo 1º da Informação CCPG-UNICAMP/001/15**, referente a Bioética e Biossegurança, declaro que o conteúdo de minha Dissertação de Mestrado, intitulada ***“Análise comparativa do número cromossômico da flora lenhosa do Cerrado e Floresta Atlântica”***, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Instituto de Biologia da Unicamp, não versa sobre pesquisa envolvendo seres humanos, animais ou temas afetos a Biossegurança.

Assinatura: 
Nome do(a) aluno(a): Fernanda de Fátima Santos Soares

Assinatura: 
Nome do(a) orientador(a): Fernando Roberto Martins

Data: 12 de Janeiro de 2016