



# Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: história, área de estudos e metodologia

*Flora of the cangas of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil: history, study area and methodology*

Pedro Lage Viana<sup>1,9</sup>, Nara Furtado de Oliveira Mota<sup>2</sup>, André dos Santos Bragança Gil<sup>1</sup>, Alexandre Salino<sup>3</sup>, Daniela Cristina Zappi<sup>4</sup>, Raymond Mervyn Harley<sup>1,5</sup>, Anna Luiza Ilkiu-Borges<sup>1</sup>, Ricardo de Souza Secco<sup>1</sup>, Thais Elias Almeida<sup>6</sup>, Mauricio Takashi Coutinho Watanabe<sup>4</sup>, João Ubiratan Moreira dos Santos<sup>7</sup>, Marcelo Trovó<sup>8</sup>, Clóvis Maurity<sup>4</sup> & Ana Maria Giuliatti<sup>4</sup>

## Resumo

No final da década de 1960, pesquisadores do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) iniciaram as coletas botânicas na Serra dos Carajás, resultando em um expressivo acervo e interessantes descobertas sobre a flora local, marcada por endemismos e pressão por atividades mineradoras. Em 2014, foi estabelecido o projeto “Flora das cangas da Serra dos Carajás” através da cooperação entre o MPEG e o Instituto Tecnológico Vale de Desenvolvimento Sustentável (ITVDS), visando especialmente a elaboração da flora das cangas da FLONA Carajás. Um acervo de cerca de quinze mil exsicatas, depositadas principalmente nos herbários MG e BHCB além de HCJS, INPA, IAN, NY e RB constitui a base para o desenvolvimento da flora. Até o momento, a flora inclui 151 famílias de angiospermas, gimnospermas, licófitas e samambaias e briófitas (musgos e hepáticas). Neste trabalho apresentamos um breve histórico dos estudos botânicos na região, caracterização da área de estudo, e procedimentos metodológicos adotados no desenvolvimento do projeto. Também, constitui a introdução para o volume 1 da Flora das cangas de Carajás composto por 55 famílias, sendo quatro de briófitas, duas de licófitas, oito de samambaias, uma de gimnospermas e 40 de angiospermas, incluindo 139 gêneros e 248 espécies.

**Palavras-chave:** Amazônia, campos ferruginosos, campos rupestres, florística, taxonomia.

## Abstract

Back in 1960 researchers from the Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) began to study the Serra dos Carajás, resulting in an important collection, giving interesting insights in the local flora. During the last decades, intensification of expeditions to the FLONA Carajás was driven by the discovery of a high number of endemic species, coupled with mining pressure in the area. The project “Flora das cangas da Serra dos Carajás” was established in 2014 through the collaboration between MPEG and Vale Institute of Technology – Sustainable Development (ITVDS), which aimed to record systematically the knowledge of the flora associated with the cangas of the Serra dos Carajás. Nearly fifteen thousand exsiccateae currently held at several herbaria (MG, BHCB, HCJS, INPA, IAN, NY and RB) served as the base for the compilation of this flora that includes, so far, 151 families including bryophytes, ferns and seed plants. Here we present a short history of the botanical studies carried out in the region, as well as the characterization of the study area and the methodology followed by this project. This introductory chapter heads the first volume of the Flora of the cangas of the Serra de Carajás, presenting the first 55 plant families, four of bryophytes (two of mosses and two liverworts), two of lycophytes, eight of ferns, one gymnosperm and 40 families angiosperms, treating 139 genera and 248 species.

**Keywords:** Amazon, *campos rupestres*, floristics, ironstone savannas, taxonomy.

<sup>1</sup> Museu Paraense Emílio Goeldi, Coord. Botânica, Av. Perimetral 1901, 66077-830, Belém, PA, Brasil.

<sup>2</sup> Museu Paraense Emílio Goeldi, Coord. Botânica, Prog. Capacitação Institucional, Av. Perimetral 1901, 66077-830, Belém, PA, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Inst. Ciências Biológicas, Depto. Botânica, 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>4</sup> Instituto Tecnológico Vale de Desenvolvimento Sustentável, R. Boaventura da Silva 955, 66055-090, Belém, PA, Brasil.

<sup>5</sup> Herbarium, Royal Botanic Gardens Kew, Richmond, Surrey, TW9 3AB, UK.

<sup>6</sup> Universidade Federal do Oeste do Pará, Herbário HSTM e Inst. Ciências da Educação, Av. Marechal Rondon s.n., 68.040-070, Santarém, PA, Brasil.

<sup>7</sup> Universidade Federal Rural da Amazônia, Inst. Ciências Agrárias, Av. Presidente Tancredo Neves 2501, 66077-830, Belém, PA, Brasil

<sup>8</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Inst. Biologia, Depto. Botânica, Ilha do Fundão, 21941-590, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

<sup>9</sup> Autor para correspondência: pedroviana@museu-goeldi.br

## Introdução

O Domínio Fitogeográfico da Amazônia situa-se na porção norte da América do Sul e ocupa aproximadamente 6 milhões de km<sup>2</sup>, em nove países, e com a maioria de sua extensão dentro do território brasileiro (ter Steege *et al.* 2013). Predominantemente representado por formações florestais, existem também nesse domínio áreas abertas, como savanas, campinaranas e campos rupestres (Pires & Prance 1985), distribuídas de forma esparsa e isolada pela matriz florestal.

Por sua extensão, dificuldade de acesso e história de investigação científica relativamente recente, a flora da Amazônia é a menos conhecida dentre os domínios fitogeográficos brasileiros (BFG 2015). É notável a presença de amplas lacunas de conhecimento florístico ao longo da Amazônia brasileira, o que é refletido pela baixa densidade de coletas, com menos de 0,18 espécimes coletados por quilômetro quadrado na região norte (predominantemente amazônica) (BFG 2015; Nic Lughadha & Morim 2015). Não obstante, diversos novos táxons foram descritos recentemente, fruto de esforços realizados em áreas pontuais, como, por exemplo, na Serra do Cristalino, estado do Mato Grosso (*e.g.*, Vanderplank & Zappi 2011; Frisby & Hind 2014), Serra do Aracá (*e.g.*, Grant *et al.* 2006; Michelangeli & Goldenberg 2014) e Reserva Ducke, no Amazonas (*e.g.*, Lombardi 2007; Boeira *et al.* 2012; Souza *et al.* 2015), Serra do Cachimbo (Harley 2013) e Serra dos Carajás, no estado do Pará (*e.g.*, Dittrich *et al.* 2014; Salino *et al.* 2014; Salas *et al.* 2015; Araujo & Chautems 2015; Almeda *et al.* 2016; Pereira *et al.* 2016; Nunes *et al.* 2016).

A Serra dos Carajás é um complexo montanhoso localizado no sudeste do estado do Pará, caracterizado pela riqueza de recursos minerais, relevo acidentado e presença de platôs de afloramentos de rochas ferruginosas isolados. Este complexo montanhoso, também referido como Província Mineral de Carajás, inclui partes dos municípios de São Felix do Xingu, Ourilândia do Norte, Curianópolis, Eldorado dos Carajás, Parauapebas, Canaã dos Carajás e Água Azul do Norte, sendo os três últimos desmembrados do município de Marabá (Silva 2006).

Após a descoberta dos afloramentos ferríferos por geólogos da United States Steel, em 1967, vários e diversificados depósitos minerais foram descobertos, incluindo depósitos de minério de ferro de escala mundial, de manganês, níquel

laterítico e sulfetado, cobre-ouro, entre outros, destacando a região da Serra dos Carajás como uma das maiores províncias minerais do mundo (Freitas 1986; Santos 1986). Entre as décadas de 1960 e 1980, esta região foi alvo de intenso fluxo migratório facilitado pela implantação da estrutura viária da Rodovia Belém-Brasília, atual BR-222. O crescimento demográfico também foi impulsionado pela construção da hidrelétrica de Tucuruí (cerca de 260 km de Marabá), pela descoberta de ouro em Serra Pelada e pela implementação do projeto Ferro Carajás, mais tarde alocado no audacioso Programa Grande Carajás (Silva 2006).

A Floresta Nacional de Carajás (FLONA Carajás) foi criada em fevereiro de 1998. Posteriormente, outras unidades de conservação foram criadas no entorno da FLONA Carajás, sendo estabelecido o Mosaico de Carajás, que inclui também a Floresta Nacional de Itacaiúnas, Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, Reserva Biológica de Tapirapé, Área de Proteção Ambiental do Igarapé Gelado e Terra Indígena Xicrin do Catetê, somando aproximadamente 12.000 km<sup>2</sup> (STCP 2016). Este mosaico resguarda parte da floresta amazônica no sul do estado do Pará e, especialmente na FLONA Carajás, inclui as áreas abertas de cangas, que correspondem aos afloramentos ferríferos, onde se estabelece uma vegetação rupestre ou aquática. Essas formações representam cerca de 5% da área da FLONA Carajás e estão diretamente associadas às jazidas de ferro da região (STCP 2016). Tais afloramentos abrigam uma flora especializada, caracterizada por adaptações ao ambiente peculiar e presença de espécies endêmicas.

As leis ambientais brasileiras para a liberação da atividade de mineração determinam que os projetos propostos suportem a conservação da biota e os serviços a ela associados, ao mesmo tempo que produzam o menor impacto possível sobre o ambiente. Ainda, processos de licenciamento ambiental, especialmente em unidades de conservação na categoria de uso sustentável, demandam detalhados estudos diagnósticos e de avaliação de impactos ambientais para apreciação do órgão que emite as licenças. Em relação à FLONA Carajás, o conhecimento sistematizado da flora e autenticado por especialistas, além de preencher uma importante lacuna de conhecimento botânico, é imprescindível para subsidiar estudos em diversas abordagens, seja para estudos de espécies ameaçadas, raras, endêmicas, seja para utilização de espécies nativas em recuperação de áreas degradadas, seja para determinação de áreas

para conservação. Tendo em vista a necessidade de aprofundar e sistematizar o conhecimento sobre a flora das cangas da Serra dos Carajás, foi idealizado o projeto “Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil”, fruto da cooperação entre o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e o Instituto Tecnológico Vale - Desenvolvimento Sustentável (ITVDS). Este projeto conta com a colaboração de 74 botânicos taxonomistas do Brasil e do exterior. Apresentamos nesse trabalho um histórico dos estudos botânicos na região, caracterização da área estudada, a metodologia empregada para elaboração e publicação das monografias taxonômicas, além de uma lista de famílias botânicas registradas, até o momento, nas cangas da Serra dos Carajás, destacando o número de gêneros e espécies das famílias publicadas no primeiro volume da flora

### Histórico de estudos botânicos na Serra dos Carajás

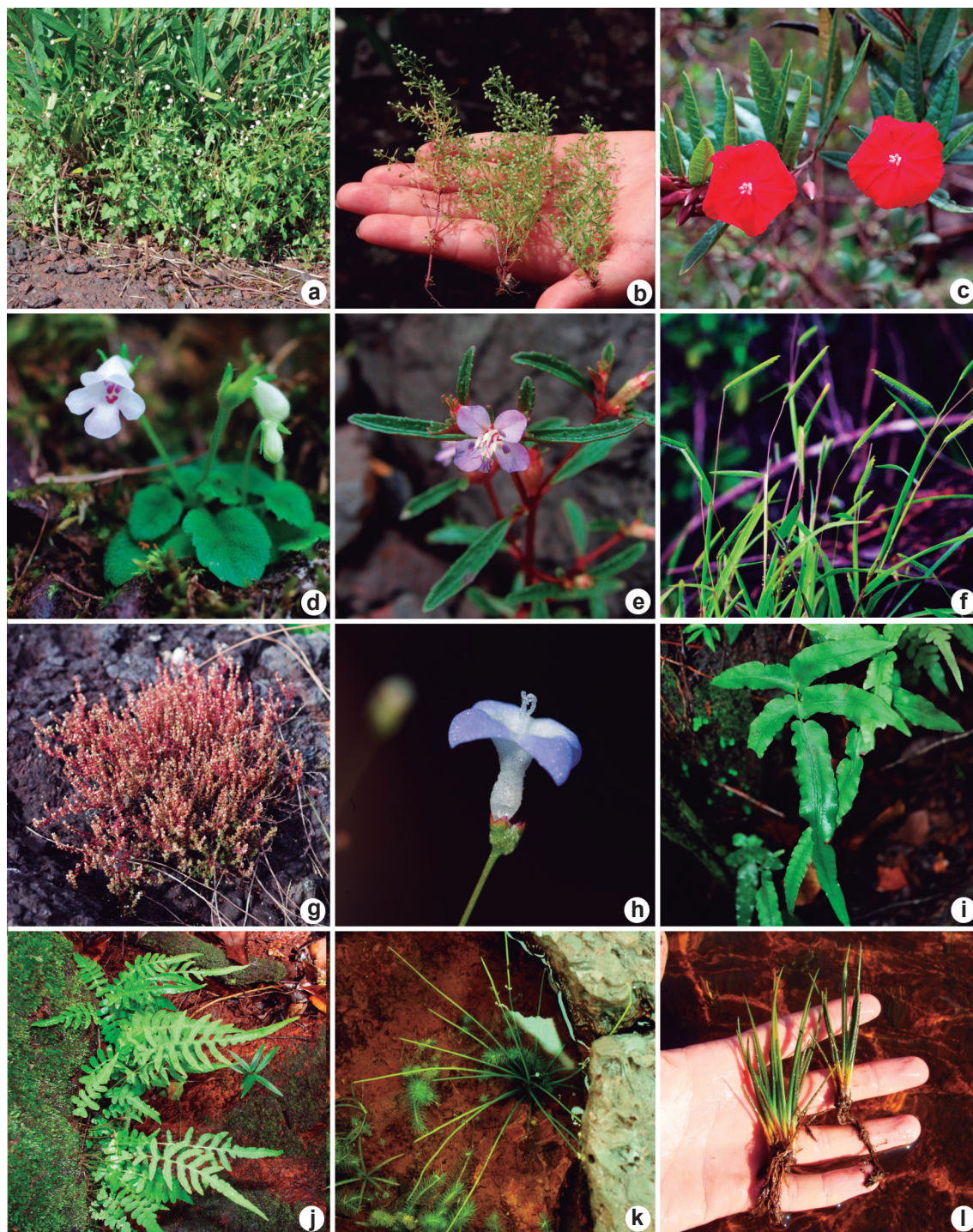
O início das investigações botânicas na Serra dos Carajás é relativamente recente. As primeiras coletas registradas datam de 1969, quando o botânico Paulo Bezerra Cavalcante (MPEG) realizou sua primeira expedição à região para coleta de material. Por meio de seus registros, foram descobertos e posteriormente descritos gêneros e diversas espécies até então desconhecidas para a ciência (ver Fig. 1a-l), como *Monogereion carajensis* G.M. Barroso & R.M. King (Fig. 1a) (Barroso & King 1971), *Parapiqueria cavalcantei* R.M. King & H. Rob. (Fig. 1b) e *Cavalcantia glomerata* (G.M. Barroso & R.M. King) R.M. King & H. Rob. (King & Robinson 1980a; King & Robinson 1980b), pertencentes à família Asteraceae, *Ipomoea cavalcantei* D. Austin (Fig. 1c) e *I. carajasensis* D. Austin (Austin 1981), Convolvulaceae, *Centrosema carajasense* P. Cavalcante (Cavalcante 1970), pertencente às Fabaceae e *Perama carajensis* J.H. Kirkbr. (Fig. 1h) (Kirkbride 1980), Rubiaceae.

Nos anos seguintes, as coletas de material botânico na região foram intensificadas por pesquisadores do MPEG, com o apoio da Companhia Vale do Rio Doce. Decorrente desses esforços, a publicação da listagem florística pioneira para a vegetação de canga da Serra dos Carajás (Secco & Mesquita 1983) serviu como base para estudos com diversas abordagens, destacando-se os estudos florísticos (Silva *et al.* 1986a, 1986b; Secco & Lobo 1988; Silva 1991; Lisboa & Ilkiu-Borges 1996), de ecologia vegetal (Silva *et al.* 1987; Salomão *et al.* 1988; Silva &

Rosa 1989; Silva *et al.* 1996), de fitogeografia (Porto & Silva 1989; Cleef & Silva 1994). Neste contexto, destaca-se o estudo de Silva (1991), no qual a autora lista 58 famílias, 145 gêneros e 232 espécies para a vegetação de canga. Nesta listagem, 31% dos táxons não foram identificados até o nível de espécie ou carecem de confirmação na determinação. Grande parte do material botânico testemunho desses trabalhos encontra-se depositado no herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi (MG), incluindo vários materiais-tipo. Com base nesse acervo, algumas novas espécies foram descritas, como *Ipomoea marabaensis* Austin & Secco (Convolvulaceae) (Austin & Secco 1988) e *Alchornea fluviatilis* Secco (Euphorbiaceae) (Secco 1993). No mesmo período, iniciou-se uma série de publicações sobre a flora rupestre da Serra dos Carajás, conduzida por pesquisadores do MPEG, constando de tratamentos florísticos para táxons ocorrentes nas cangas da região. Esta iniciativa se restringiu a uma publicação sobre a família Fabaceae (Silva 1993) e sobre alguns gêneros de Poaceae: *Axonopus* (Bastos 1991), *Ichnanthus* (Bastos 1993), *Mesosetum* e *Thrasya* (hoje sinônimo de *Paspalum*) (Bastos 1992).

A partir do final de 2007, consultores, professores e estudantes vinculados ao herbário BHCB, da Universidade Federal de Minas Gerais, desenvolveram estudos sobre a flora das cangas de Carajás, visando, principalmente, a elaboração de relatórios do impacto ambiental nas abrangências da FLONA Carajás. As análises florísticas e fitossociológicas desta vegetação resultaram num incremento de aproximadamente 5.000 amostras, depositadas no acervo do BHCB. Duplicatas provenientes destes estudos foram incorporadas a outros importantes herbários brasileiros (MG, IAN e RB), ampliando o acervo de Carajás nestas instituições. Com base nas coletas realizadas durante estes estudos, diversas novas espécies foram descritas, e entre elas, várias consideradas endêmicas para a região, como: *Blechnum areolatum* V.A.O. Dittrich & Salino (Fig. 1i) e *B. longipilosum* V.A.O. Dittrich & Salino (Fig. 1j) (Blechnaceae) (Dittrich *et al.* 2012); *Isoetes cangae* J.B.S. Pereira, Salino & Stützel (Fig. 1k) e *I. serracarajensis* J.B.S. Pereira, Salino & Stützel (Fig. 1l) (Isoetaceae) (Pereira *et al.* 2016), *Borreria elaiosulcata* E.L. Cabral & L.M. Miguel e *B. carajasensis* E.L. Cabral & L.M. Miguel (Rubiaceae) (Cabral *et al.* 2012); *Philodendron carajasense* E.G. Gonç. & A.J. Arruda (Araceae) (Gonçalves & Arruda 2013); *Sinningia minima*





**Figura 1** – Algumas espécies de plantas vasculares consideradas endêmicas da Serra dos Carajás – a. *Monogereion carajensis*; b. *Parapiqueria cavalcantei*; c. *Ipomoea cavalcantei*; d. *Sinningia minima*; e. *Brasilianthus carajasensis*; f. *Paspalum carajasense*; g. *Carajasia cangae*; h. *Perama carajensis*; i. *Blechnum areolatum*; j. *Blechnum longipilosum*; k. *Isoetes cangae*; l. *Isoetes serracarajensis* (Fotos: a-c, e-h, j, Pedro Viana; d,l, Nara Mota; i,k, André Arruda).

A.O. Araujo & Chautems (Gesneriaceae) (Fig. 1d) (Araújo & Chautems 2015), além de *Carajasia cangae* R.M.Salas, E.L. Cabral & Dessein (Rubiaceae) (Fig. 1g) (Salas *et al.* 2015) e *Brasilianthus carajasensis* Almeda & Michelangeli (Melastomataceae) (Fig. 1e) (Almeda *et al.* 2016), dois novos gêneros monoespecíficos. Apesar da descrição dessas novas espécies, a maior parte das coleções feitas em Carajás permaneceu nos herbários, aguardando para ser estudada detalhadamente e de forma sistemática.

Em 2014, pesquisadores do MPEG tiveram aprovação de auxílio financeiro do CNPq para iniciar a elaboração da Flora de Carajás, um projeto a médio-longo prazo. No início de 2015, o MPEG e o ITVDS firmaram um Acordo de Cooperação Técnica para o desenvolvimento do projeto “Flora das cangas da Serra dos Carajás” visando a retomada dos estudos sistemáticos sobre essa flora, uma parceria público-privada que permitiria uma produção muito mais rápida de resultados. Este novo projeto visa a publicação completa da flora em pelo menos dois volumes, incluindo briófitas (musgos e hepáticas), samambaias e licófitas, gimnospermas e angiospermas ocorrentes nas cangas da região. Ademais, prevê a compilação dos acervos de herbários representativos da flora da região, em um banco de dados autenticado, incluindo também as novas coletas que estão sendo realizadas durante o desenvolvimento do atual projeto. O desenvolvimento dos estudos florísticos têm demonstrado que, além dos tratados monográficos das famílias, deve ser feita a reavaliação da riqueza e composição da flora das cangas da Serra dos Carajás. A elaboração de uma lista atualizada dos táxons endêmicos, raros e ameaçados encontrados na região, embasada na flora autenticada, ainda inexistente na literatura e é imprescindível para o desenvolvimento de estudos mais aprofundados com essas espécies, visando a sua conservação.

#### Serra dos Carajás: caracterização física

A Serra dos Carajás é constituída por um conjunto de serras recortadas e alinhadas segundo a direção W-NW e E-SE, limitada a leste pelos rios Araguaia-Tocantins, a oeste pelo Rio Xingu, a norte pela Serra do Bacajá e a sul pela Serra dos Gradaús (Hirata *et al.* 1982). De acordo com o modelo geotectônico para a América do Sul, a região, também referida como Província Mineral de Carajás, está inserida no Escudo do Brasil Central na porção sudeste do Cráton Amazônico (Hasui *et al.* 1984).

Segundo Ab’Saber (1986), os eventos supergênicos registrados no Sul do Pará remontam aos processos de aplainamento da região ocorridos desde o pré-Cretáceo, a partir do arrasamento de terrenos pré-cambrianos soerguidos, gerando planícies que sofreram posteriores soerguimentos e dissecações, e uma série de superfícies de aplainamento descontínuas.

Esse processo evolutivo é considerado como o principal responsável pela formação de expressivas coberturas lateríticas na região, tendo como principal consequência o enriquecimento expressivo em ferro a partir das rochas da formação ferrífera bandada, sejam elas itabiritos ou jaspelitos. Nesse contexto, os platôs da Serra dos Carajás e os altiplanos adjacentes estão sustentados em parte por coberturas lateríticas detríticas (cangas), constituídas essencialmente de fragmentos relictuais de hematita/magnetita, uma evidência de que a origem dessas coberturas se deu a partir da alteração intempérica das formações ferríferas bandadas (Beisiegel *et al.* 1973). As estruturas e texturas dessas crostas lateríticas detríticas estão ligadas aos processos erosivos que ocorreram durante o evento de aplainamento, atualmente representantes da superfície de cimeira (Maurity & Kotschoubey 1995).

No contexto regional do sul do Pará, a Serra dos Carajás destaca-se na paisagem pelas elevações entre 500 e 700 m de altitude com topos ligeiramente aplainados, ocorrendo também, com menor frequência, morros colinosos e serras com cristas aguçadas. Nos estudos que definiram o Distrito Ferrífero de Carajás (Resende & Barbosa 1972), a Serra dos Carajás foi setorizada em quatro conjuntos principais de serras: Serra Norte (platôs N1 a N9); Serra Sul (platôs S1 a S45); Serra Leste (platôs SL1 a SL3) e Serra de São Félix (platôs SF1 a SF3). Alguns platôs recebem nomes específicos, como a Serra da Bocaina e Serra do Tarzan, ambas pertencentes à Serra Sul (Mota *et al.* 2015). Neste trabalho foram incluídas na amostragem os platôs localizados nos municípios de Canaã dos Carajás e Parauapebas (Serra Norte e Serra Sul, incluindo Serra da Bocaina e Serra do Tarzan) (Fig 2).

O clima atual da região se enquadra no tipo Aw de Köppen (Alvares *et al.* 2013), possuindo como característica marcante um índice pluviométrico anual elevado e a presença de um período bem definido de estiagem. O regime pluviométrico apresenta um ciclo unimodal, com verão chuvoso que se inicia em outubro, atinge o máximo no período de janeiro a março e termina em maio, e



inverno seco. Os totais de precipitação registrados na região, da ordem de 2.033 milímetros ao ano, são extremamente altos, ocorrendo durante o ano cerca de 140 dias com chuva, sendo que 3/4 da precipitação total anual ocorre nos três meses mais chuvosos. A temperatura média mensal varia entre 25,1° C e 26,3° C, sendo a mínima absoluta situada entre 15,6° C e 18,3° C e registrada entre os meses de julho e outubro, e a máxima entre 34,3° C e 38,1° C, que pode ocorrer nos demais meses.

O regime de umidade apresenta altos valores durante todo o ano. A média mensal da umidade relativa do ar varia entre 76,8 e 88,5 %. A insolação média mensal apresenta máximo nos meses de junho a agosto quando atinge cerca de 200 horas.

### A vegetação de canga na Serra dos Carajás

Inserida no domínio fitogeográfico da Amazônia, a região de Carajás abriga vegetação campestre numa matriz dominada por formações florestais que variam desde as florestas ombrófilas sempre verdes até as estacionais, com diferentes graus de deciduidade, algumas com grande riqueza de trepadeiras e cipós. Sobre os platôs cobertos por afloramentos ferruginosos na região, encontra-se um rico mosaico de fitofisionomias predominantemente abertas associadas diretamente ao substrato rochoso. Rizzini (1979) foi o primeiro a caracterizar o tipo de vegetação sobre rochas ferruginosas na Serra dos Carajás e região do Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais, com a aplicação do termo “canga”, também adotado por Secco & Mesquita (1983) em seu estudo sobre a vegetação na Serra Norte, em Carajás. Alguns autores (Silva *et al.* 1986a, 1986b; Silva & Rosa 1990; Silva 1991) utilizam o termo “campo rupestre”, mais frequentemente associado à vegetação encontrada sobre afloramentos quartzíticos da Cadeia do Espinhaço (Giulietti *et al.* 1997), geralmente a altitudes superiores a 1000 m acima do nível do mar. Porto & Silva (1989) propõem a denominação “savana metalófila” em alusão à potencial capacidade de tolerância e retenção de metais pesados das espécies de plantas que ocorrem nesse ambiente. No presente trabalho, é utilizado o termo “canga” para se referir à vegetação que ocorre associada às rochas ferruginosas na Serra dos Carajás.

De maneira geral, as cangas de Carajás abrigam um rico mosaico de fitofisionomias (Fig. 3), que incluem vegetação rupícola, associada a rochas expostas; campos gramíneos e savanas,

que ocorrem onde o substrato rochoso está mais fragmentado; vegetação higrófila, associada a riachos e lagoas, perenes ou sazonais; e os capões de floresta decídua ou semi-decídua associados a áreas com maior acúmulo de matéria orgânica sobre o substrato ferruginoso. Em todas as suas variantes fitofisionômicas, observa-se uma notável sazonalidade da fisionomia das cangas, com a presença marcante de diversas espécies herbáceas anuais e efêmeras durante o período chuvoso e uma tendência à deciduidade do componente arbustivo e arbóreo no período mais seco.

Mota *et al.* (2015) descrevem detalhadamente as variantes fitofisionômicas das cangas da Serra dos Carajás, com base em características do solo, presença de espécies predominantes e em relação à associação a corpos de água. As fitofisionomias foram organizadas em três grandes grupos, dos quais os dois primeiros são subdivididos em subgrupos: vegetação rupestre ferruginosa (vegetação rupestre arbustiva, campo rupestre sobre canga couraçada, campo rupestre sobre canga nodular, mata baixa); vegetação hidromórfica (campos brejosos, lagoas temporárias, lagoas perenes, cursos d’água intermitentes, buritizais e buritiranais, mata paludosa); e finalmente, florestas associadas às serras ferruginosas.

### Metodologia de trabalho e organização das monografias

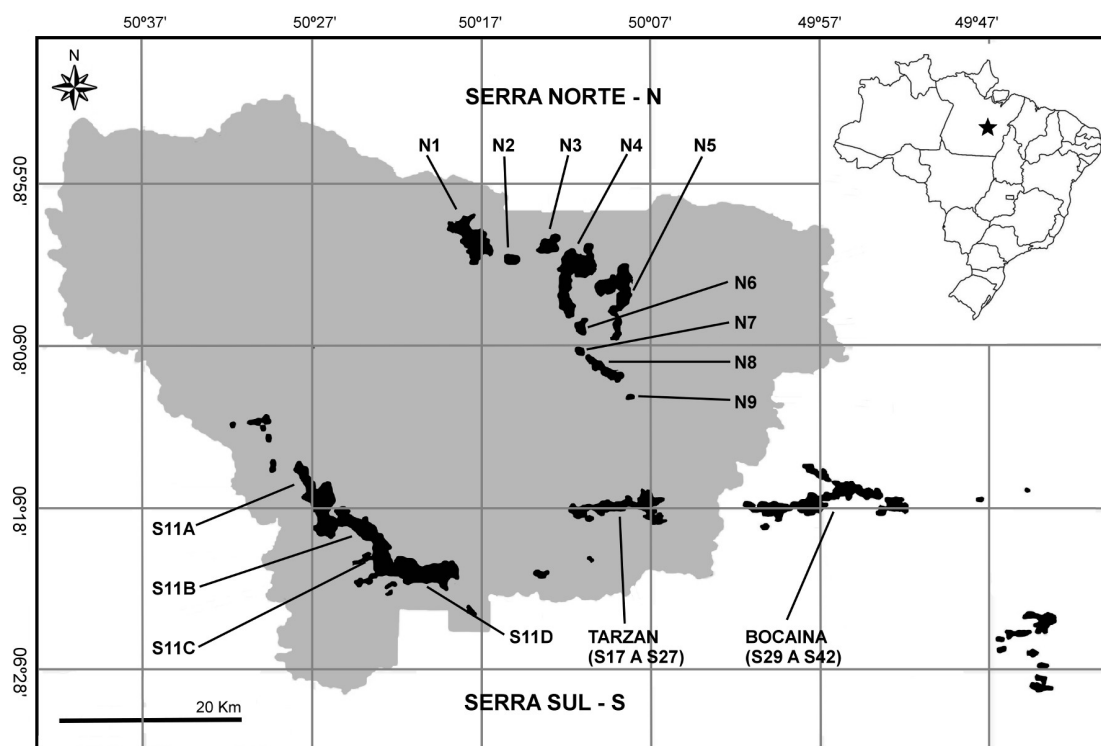
O projeto “Flora das cangas da Serra dos Carajás” foi planejado para ser desenvolvido no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017. O projeto destina-se à elaboração e publicação de monografias taxonômicas para todas as famílias botânicas que compõem a flora das áreas de canga da Serra dos Carajás, nos municípios de Parauapebas e Canaã dos Carajás (Fig. 2). Fazem parte do escopo da Flora as famílias de briófitas (musgos e hepáticas), licófitas e samambaias, gimnospermas e angiospermas, que incluem espécies nativas e/ou naturalizadas na área. Apenas as espécies registradas para a canga (*sensu* Mota *et al.* 2015) foram incluídas, seja em formações campestres, savânicas, florestais ou aquáticas.

Os acervos dos herbários MG e BHCB, que concentram grande volume de material oriundo das cangas de Carajás, servem como base para os tratamentos taxonômicos. Os materiais provenientes da área de estudo foram separados por família e disponibilizados, como empréstimo, aos taxonomistas colaboradores convidados para a elaboração das monografias. Além desses herbários,

espécimes de Carajás podem ser encontrados nos herbários HCJS, IAN, INPA, K, MBM, NY e RB e foram examinados pelos autores das monografias, quando possível. Se necessário, material adicional proveniente de outros herbários foi examinado e incluído nas monografias pelos autores.

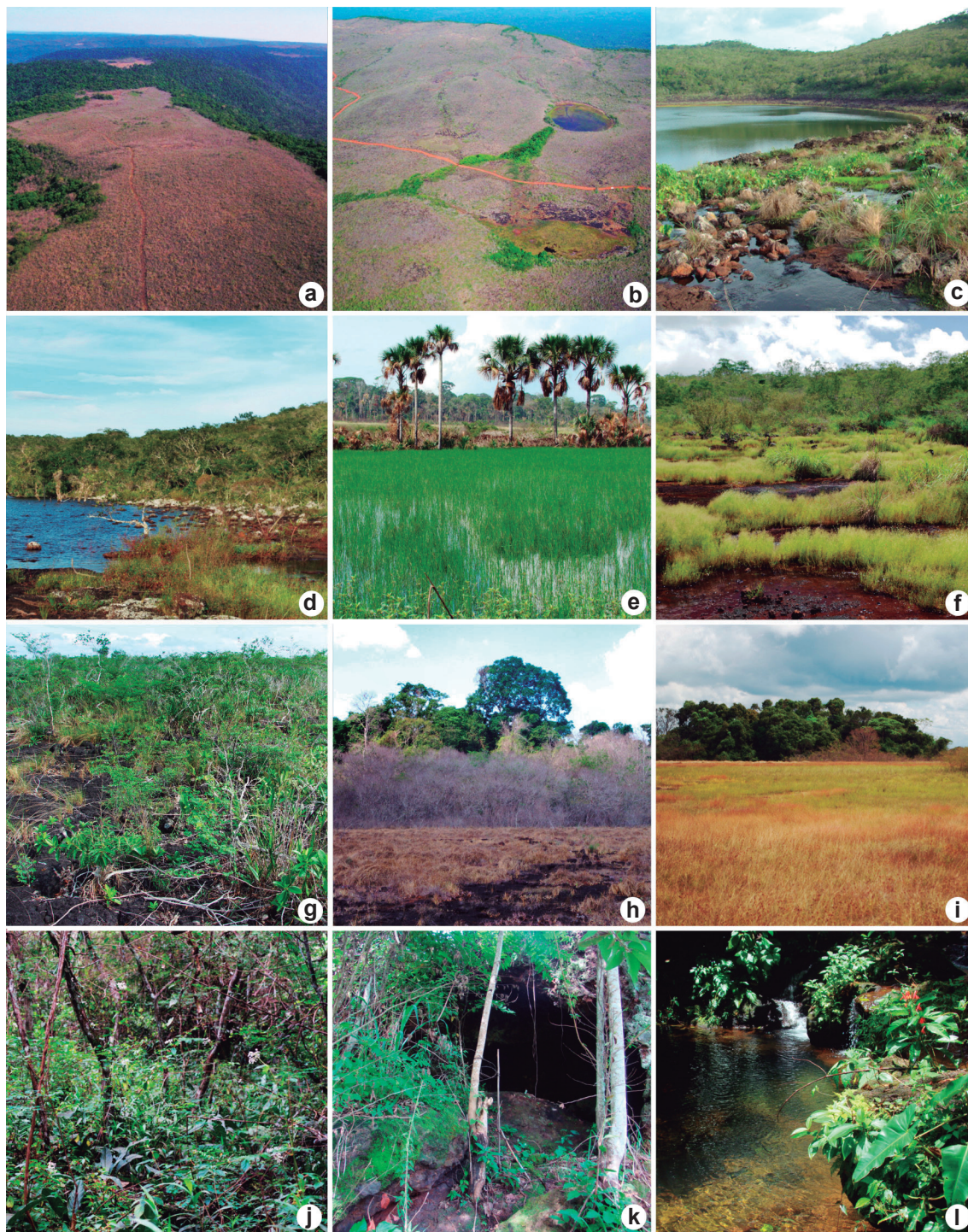
A partir de março de 2015, foi estabelecido um plano de coletas mensais ao longo das formações de canga da Serra dos Carajás para incrementar o acervo disponível para a realização dos tratamentos taxonômicos, assim como aportar dados sobre a fenologia e distribuição das espécies na área, obtenção de material fotográfico para ilustração, além de armazenamento de tecidos vegetais para estudos anatômicos e moleculares. Todo o material coletado está sendo incorporado ao acervo do herbário MG. As duplicatas estão sendo enviadas a taxonomistas especialistas colaboradores do projeto e, posteriormente, a outros herbários. Participaram desse conjunto de atividades pesquisadores, técnicos, bolsistas e alunos do MPEG, assim como pesquisadores, técnicos e bolsistas do ITVDS.

Para cada família, será elaborado um artigo de tratamento taxonômico para as espécies que ocorrem na área delimitada da Serra dos Carajás. As monografias seguem as normas gerais desse periódico, às quais foi acrescentada uma padronização para o conjunto das famílias. Cada monografia inclui uma breve caracterização de família e gênero(s), chaves de identificação, descrição das espécies por ordem alfabética, prancha ilustrativa com caracteres diagnósticos (desenhos e/ou fotografias), lista de material selecionado (no máximo um por platô de canga), comentários sobre distribuição geográfica, taxonomia e morfologia das espécies e lista de exsicatas (contendo todos os espécimes analisados). Os dados de distribuição geográfica das espécies, por estados no Brasil, foram obtidos de BFG (2015), Flora do Brasil 2020 em construção ou da literatura especializada (neste caso, obrigatoriamente referida na monografia). Os dados de distribuição, por platô, na área de estudos, foram baseados exclusivamente nos registros disponíveis em herbário.



**Figura 2** – Localização da região da Serra dos Carajás (estrela), limites da FLONA Carajás (cinza) e identificação dos principais afloramentos / platôs de canga (preto) na área de estudos.





**Figura 3** – Diversos ambientes associados às cangas da Serra dos Carajás – a-b. fotografias aéreas de afloramentos ferruginosos, Serra Sul; c-d. vegetação rupestre em borda de lagoa, na Serra Sul; e. campos brejosos com presença de *Mauritia flexuosa* (Arecaeae), ao fundo; f. profusão de *Trichantheicum rivale* (Poaceae), uma gramínea anual, sobre substrato rochoso na estação chuvosa; g. vegetação rupestre arbustiva sobre canga; h. vegetação rupestre e transição para capão florestal, estação seca; i. campos limpos e capão florestal, estação chuvosa; j. vegetação em interior de capão florestal; k. vegetação associada a entrada de caverna em canga; l. vegetação associada a curso de água sobre rochas ferruginosas (Fotos: a-b. Leonardo Vianna; c,d,f-h,j. Pedro Viana; e,i,k. Nara Mota).



Para musgos e hepáticas estão sendo adotados os sistemas de classificação de Goffinet *et al.* (2009) e Crandall-Stotler *et al.* (2009), respectivamente. Para as licófitas e samambaias, adotou-se o sistema PPG I (2016). Para as angiospermas, está sendo seguido o sistema APG IV (2016).

As monografias serão publicadas como números especiais da revista *Rodriguésia*, sendo este o volume 1 e os demais com previsão de publicação até dezembro de 2017.

### Dados gerais sobre as coleções científicas de Carajás

Uma das primeiras atividades do projeto foi a reunião dos dados de oito herbários que incluem espécimes de Carajás, incluindo as áreas de cangas e florestas. Além de aproximadamente 13.000 exsicatas do MG e BHCB, foram reunidos dados dos herbários HCJS, IAN, INPA, K, MBM, NY e RB, somando mais de 15.000 espécimes. Essa compilação, depois de limpeza ortográfica e taxonômica, permitiu a elaboração de uma listagem com vouchers, composta de 2.300 nomes de espécies de plantas vasculares. Para as áreas de cangas foram compiladas 571 espécies, sendo cinco de licófitas, 62 de samambaias, uma de gimnospermas e 503 de angiospermas. Esse banco de dados está sendo alimentado com a contribuição de novas coletas realizadas durante o desenvolvimento do projeto, ao mesmo tempo que está sendo atualizado e autenticado através da colaboração dos especialistas envolvidos no projeto.

Durante esse projeto, as coletas na FLONA Carajás foram iniciadas em março de 2015 e foram realizadas também nos meses de abril, maio, julho, setembro, outubro, dezembro de 2015 e de fevereiro a setembro de 2016. Também foram realizadas coletas em outras áreas de canga no Pará tendo sido coletados, desde o início do projeto, cerca de 3.000 números envolvendo todos os grupos estudados, geralmente com três a cinco duplicatas. Todo o material coletado já está incluído no banco de dados, com 8.800 amostras para o herbário MG. Mais de 50% das coletas recentes tiveram folhas incluídas em gel de CTAB ou sílica gel, contribuindo para a formação de um banco de DNA do ITVDS, que se destina inicialmente a elaboração do barcoding molecular dos gêneros das cangas de Carajás, entre outras aplicações ecológicas e evolutivas, e também para auxiliar nos processos de identificação de espécimes.

As coletas de briófitas estudadas somam 1.600 amostras, sendo 347 coletadas em canga

especificamente para essa flora, e 1.253 amostras que já se encontravam depositadas no herbário MG, das quais 188 foram registradas em vegetação de canga por vários coletores. Os estudos publicados até o presente abrangeram principalmente os musgos (13 famílias e 27 gêneros) e algumas poucas hepáticas (duas famílias e dois gêneros) em vegetação de canga (Lisboa & Ilkiu-Borges 1996; Moraes & Lisboa 2006). Nesse volume, são apresentadas monografias de duas famílias de musgos, incluindo três gêneros e quatro espécies, e duas famílias de hepáticas, com dois gêneros e duas espécies, do total de 20 famílias previstas para as briófitas (Tab. 1).

O principal acervo de licófitas e samambaias encontra-se no herbário BHCB, com cerca de 900 amostras. No entanto, englobando todos os herbários, estão registrados aproximadamente 1.300 espécimes, distribuídos em 24 famílias e 64 gêneros, representados em todas as fitofisionomias da FLONA Carajás. Para as cangas de Carajás foram levantadas 20 famílias, 37 gêneros e cerca de 67 espécies. Dessas, 10 famílias, 24 gêneros e 32 espécies fazem parte do volume 1 da flora (Tab. 1).

Para as angiospermas são registradas 151 famílias para a FLONA Carajás. Apesar de nosso banco atual incluir 503 espécies, estimamos a ocorrência de 111 famílias e pelo menos 600 espécies para as cangas da FLONA Carajás. Neste volume são apresentadas 40 famílias, em 119 gêneros e 220 espécies, incluindo famílias como Cyperaceae e Asteraceae que estão entre as mais ricas (Tab. 2).

### Considerações Finais

O estudo taxonômico minucioso da flora das cangas de Carajás será a base para ações de conservação de toda a biota que ocorre nas formações ferruginosas do estado do Pará. É possível que o número total de espécies da flora, quando concluída, atinja quase 10% das 7.071 espécies referidas para o estado do Pará (BFG 2015; Prado *et al.* 2015; Costa & Peralta 2015).

Além de valorizar a importância das coleções taxonômicas como repositório de dados de biodiversidade, o presente estudo ressalta o papel crucial de taxonomistas na caracterização acurada e organização de uma flora regional. Através da sistematização da informação e do resgate de registros do passado, este estudo contribui para disponibilização de informação correta e autenticada, substituindo listas desatualizadas e propiciando o uso dessa informação para os

**Tabela 1** – Lista de famílias de gimnospermas, licófitas e samambaias e briófitas registradas nas cangas da Serra dos Carajás. Para as famílias com monografias publicadas no volume 1 desta flora, são indicados o(s) autor(es) responsáveis e riqueza de gêneros e espécies. As famílias assinaladas com um asterisco (\*) estão com suas monografias em processo de elaboração.

<b>Família</b>	<b>Autor(es)</b>	<b>Gêneros</b>	<b>Espécies</b>
Gimnospermas			
Gnetaceae	Nara Mota & Ana Maria Giulietti	1	1
	Total de táxons tratados no volume 1	1	1
Licófitas e samambaias			
Anemiaceae*			
Aspleniaceae	Ingridy Moura, André Arruda & Alexandre Salino	1	4
Blechnaceae*			
Cyatheaceae	Alexandre Salino & André Arruda	1	1
Dennstaedtiaceae	Alexandre Salino & André Arruda	1	1
Dryopteridaceae	Ingridy Moura & Alexandre Salino	4	4
Hymenophyllaceae*			
Isoetaceae*			
Lindsaeaceae*			
Lomariopsidaceae*			
Lycopodiaceae	Alexandre Salino & André Arruda	1	1
Lygodiaceae	Alexandre Salino & André Arruda	1	1
Oleandraceae	Alexandre Salino & André Arruda	1	1
Ophioglossaceae*			
Polypodiaceae*			
Pteridaceae	Ingridy Moura & Alexandre Salino	9	10
Schizaeaceae*			
Selaginellaceae	Luiz A. Góes-Neto, Julieta Pallos & Alexandre Salino	1	2
Tectariaceae*			
Thelypteridaceae	Luíza Moura, André Arruda & Alexandre Salino	4	7
	Total de táxons tratados no volume 1	24	32
Briófitas (Musgos e Hepáticas)			
Bartramiaceae	Fúvio Oliveira da Silva & Anna Luiza Ilkiu-Borges	1	2
Bryaceae*			
Calymperaceae*			
Calypogeiaceae	Anna Luiza Ilkiu-Borges & Fúvio Oliveira da Silva	1	1
Cephaloziellaceae*			
Fissidentaceae*			
Frullaniaceae*			
Hypnaceae*			
Lejeuneaceae*			
Lepidoziaceae	Anna Luiza Ilkiu-Borges & Fúvio Oliveira da Silva	1	1
Leucobryaceae*			



Família	Autor(es)	Gêneros	Espécies
Lophocoleaceae*			
Orthotrichaceae*			
Pilotrichaceae*			
Plagiochilaceae*			
Potiaceae*			
Pterobryaceae*			
Sematophyllaceae*			
Stereophyllaceae	Fúvio Oliveira da Silva & Anna Luiza Ilkiu-Borges	2	2
Thuidiaceae*			
Total de táxons tratados no volume 1		5	6

mais variados fins. O desenvolvimento da flora das cangas de Carajás também desencadeou uma série de outros estudos que estão em andamento, principalmente envolvendo o aprofundamento do conhecimento da distribuição das espécies consideradas ameaçadas, endêmicas e raras, e também das invasoras. Essas espécies-chave estão sendo estudadas através de levantamentos fenológicos, das interações ecológicas e dos serviços ecossistêmicos prestados, com auxílio de análises moleculares e populacionais visando contribuir para o aumento do conhecimento de cunho ecológico e/ou evolutivo.

Durante os últimos trinta anos, foram publicadas muitas listagens florísticas no Brasil, listando todas as espécies para uma dada região ou enfocando apenas certas formas de vida (árvores, epífitas). Tais esforços subsidiaram a preparação da primeira listagem abrangente da flora brasileira (Forzza *et al.* 2010, 2012; BFG 2015), desde a histórica Flora Brasiliensis. Listas completas (muitas das quais representam a base para floras completas regionais ou estaduais em andamento) estão historicamente concentradas no leste do Brasil (BFG 2015), com apenas poucos exemplos, como o de Ribeiro *et al.* (1999), estudando a região norte e o domínio Amazônico.

O conhecimento detalhado apresentado por floras descritivas faz-se agora necessário para facilitar a diferenciação entre as espécies de plantas encontradas no Brasil, que detém o maior número de espécies registradas até o momento, perfazendo aproximadamente 10% da flora mundial (BFG 2015; Zappi *et al.* 2015). O projeto Flora do Brasil 2020 (Flora do Brasil 2020, em construção) reúne mais de 700 colaboradores preparando uma

flora *on-line* com objetivo de cumprir a meta 1 da Estratégia Global para Conservação das Plantas, assinada pelo governo brasileiro. Nesse contexto, a maior lacuna de conhecimento de flora no Brasil é a região Amazônica. Desse modo, diversas floras regionais tradicionais como a Flora da Serra do Cipó (Giulietti *et al.* 1987; Pirani *et al.* 2015), do Pico das Almas (Stannard 1995) e de Grão Mogol (Pirani *et al.* 2003), e estaduais, como a Flora Ilustrada Catarinense (Reitz 1965; FIC 2016), Flora de São Paulo (Wanderley *et al.* 2001-2016), Bahia (Giulietti *et al.* 2006), Sergipe (Prata *et al.* 2013; 2015) e do Distrito Federal (Cavacanti & Ramos 2001), subsidiam conhecimento para que a comunidade botânica possa realizar a grande tarefa de organizar, diferenciar e descrever as espécies ocorrentes no país. Esses tratamentos florísticos concentram-se nos biomas de Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica. Por outro lado, menos da metade dos tratamentos que compõem a única flora regional da Amazônia, a Flora da Reserva Ducke (Hopkins 2005), foram publicados. No estado do Pará, ainda não foi elaborada uma flora detalhada, descritiva e com ampla abrangência taxonômica, para nenhuma área. O presente projeto, com previsão de três anos de duração e ampla abrangência taxonômica, apresenta um modelo de trabalho colaborativo, fruto de uma iniciativa pública-privada, eficiente para organização da flora, em uma região marcada por extensa lacuna de conhecimento florístico. É importante também ressaltar que os acervos pré-existentes nos herbários estudados foram determinantes neste processo. Este estudo e outros com abordagens similares, mas envolvendo intenso trabalho de campo na Amazônia, são estratégicos para que esta lacuna seja atenuada.

**Tabela 2** – Lista de famílias de angiospermas registradas nas cangas da Serra dos Carajás. Para as famílias com monografias publicadas no volume 1 desta flora, são indicados o(s) autor(es) responsáveis e riqueza de gêneros e espécies. As famílias assinaladas com um asterisco (\*) estão com suas monografias em processo de elaboração.

<b>Família</b>	<b>Autor(es)</b>	<b>Gêneros</b>	<b>Espécies</b>
Alismataceae	Climbiê Hall & André Gil	2	2
Acanthaceae*			
Alstroemeriaceae	Ana Kelly Koch	1	1
Amaranthaceae*			
Anacardiaceae*			
Annonaceae	Adriana Lobão	2	2
Apocynaceae*			
Araceae*			
Arecaceae*			
Aristolochiaceae*			
Asteraceae	Ana Paula Cruz, João Ubiratan dos Santos & Pedro Viana	26	34
Balanophoraceae	Julia Meirelles	2	2
Begoniaceae	Ludovic Kollmann	1	4
Bignoniaceae*			
Bromeliaceae	Raquel Monteiro & Rafaela Forzza	7	12
Burmanniaceae	Ana Maria Giulietti	1	2
Burseraceae*			
Cabombaceae	Carla Lima & André Gil	1	2
Cactaceae*			
Calophyllaceae	Lucas Marinho & André Amorim	1	1
Caryocaraceae	Clebiana Nunes & André Gil	1	1
Caryophyllaceae*			
Celastraceae	Júlio Lombardi	4	4
Ceratophyllaceae*			
Chrysobalanaceae*			
Cleomaceae*			
Clusiaceae*			
Combretaceae*			
Commelinaceae	Lidyanne Aona, Grênivel Costa & Maria do Carmo Amaral	5	9
Connaraceae*			
Convolvulaceae	Rosângela Simão-Bianchini, Liziane Vasconcelos & Mayara Pastore	8	17
Cordiaceae*			
Costaceae*			
Cucurbitaceae	Vera Klein, Climbiê Hall & André Gil	4	6
Cyperaceae	Clebiana Nunes, André Gil & Maria de Nazaré Bastos	12	45



<b>Família</b>	<b>Autor(es)</b>	<b>Gêneros</b>	<b>Espécies</b>
Dilleniaceae*			
Dioscoriaceae*			
Eriocaulaceae*			
Erythroxylaceae*			
Euphorbiaceae*			
Fabaceae*			
Gentianaceae*			
Gesneriaceae*			
Haloragaceae*			
Heliconiaceae*			
Humiriaceae*			
Hydrocharitaceae	Climbiê Hall & André Gil	2	2
Hypericaceae*			
Iridaceae	Rafaella Damasceno & André Gil	1	1
Lacistemataceae	Lucas Marinho & André Amorim	1	1
Lamiaceae	Raymond Harley	8	16
Lauraceae*			
Lentibulariaceae*			
Linderniaceae	Andre Vitto Scatinga & Nara Mota	1	3
Loganiaceae	Daniela Zappi & Robberson Setúbal	2	4
Loranthaceae*			
Lythraceae	Taciana Cavalcanti, Marlon Facco & Laiana Brauner	1	3
Malpighiaceae*			
Malvaceae*			
Marantaceae*			
Marcgraviaceae*			
Mayacaceae	Nara Mota & Ana Kelly Koch	1	3
Melastomataceae*			
Menispermaceae*			
Menyanthaceae	Ana Maria Giulietti	1	1
Metteniusaceae	Ana Paula Cruz & Pedro Viana	1	1
Moraceae*			
Myrtaceae*			
Nyctaginaceae*			
Nymphaeaceae*			
Ochnaceae*			
Olacaceae*			
Onagraceae*			
Opiliaceae*			
Orchidaceae*			

<b>Família</b>	<b>Autor(es)</b>	<b>Gêneros</b>	<b>Espécies</b>
Orobanchaceae*			
Oxalidaceae*			
Passifloraceae	Anna Kelly Koch & Anna Luiza Ilkiu-Borges	1	4
Peraceae*			
Phyllanthaceae	Ricardo Secco & João Silveira	1	5
Phytolaccaceae	Julia Meirelles	1	1
Picramniaceae	José Rubens Pirani & Marcelo Devecchi	1	2
Piperaceae*			
Plantaginaceae*			
Poaceae*			
Podostemaceae*			
Polygalaceae	José Floriano Pastore & João Silveira	4	6
Polygonaceae*			
Pontederiaceae	Danilo Souza & Ana Maria Giulietti	1	2
Portulacaceae*			
Primulaceae*			
Proteaceae	Climbiê Hall	1	1
Ranunculaceae	Ana Maria Giulietti & Carla Lima	1	1
Rubiaceae*			
Rutaceae*			
Salicaceae*			
Santalaceae*			
Sapindaceae*			
Sapotaceae*			
Simaroubaceae	Marcelo Devecchi & José Rubens Pirani	2	3
Smilacaceae*			
Solanaceae*			
Styracaceae	Pedro Viana & Nara Mota	1	2
Thymelaeaceae	Nara Mota & Ana Maria Giulietti	1	1
Trigoniaceae*			
Turneraceae*			
Urticaceae	André Gaglioti, Renata Almeida-Scabbia & Sérgio Romaniuc Neto	5	7
Velloziaceae*			
Verbenaceae*			
Vitaceae	Julio Lombardi	1	4
Vochysiaceae*			
Xyridaceae	Nara Mota & Maria das Graças Wanderley	1	2
Total de táxons tratados no volume 1		119	220



Com base no atual conhecimento sobre a flora do País, o domínio da Amazônia é o que possui a maior proporção de espécies arbóreas em relação a outras formas de vida (herbáceas, arbustivas, lianas), ou 1:2 (BFG 2015), enquanto a Floresta Atlântica apresenta proporção de 1:4, ou seja, uma árvore para quatro espécies não arbóreas. O desconhecimento da flora das várias e diversas áreas abertas na Amazônia brasileira - campinaranas, savanas, campos rupestres quartzíticos, campos rupestres areníticos, inselbergues, cangas, dentre outros - provavelmente exerce influência na baixa proporção de espécies herbáceas referida para flora amazônica (BFG 2015). Os resultados obtidos até o momento sobre a flora da Serra dos Carajás, onde predominam espécies herbáceas e arbustivas, destoam do padrão de 1:2. Ao término deste projeto, após a compilação completa das espécies ocorrentes em canga na Serra dos Carajás, será possível estabelecer uma visão comparativa desta flora com outras áreas de formações rupestres já inventariadas na Amazônia, como o Parque Estadual do Cristalino (Zappi *et al.* 2011) e a Serra do Aracá (Prance & Johnson 1992). Também, será de grande importância para a comparação com outras áreas de cangas e de campos rupestres na Amazônia e em outras partes do país onde essas ocorram, e esperamos que seja um incentivo para novos inventários em áreas com flora ainda inexplorada.

### Agradecimentos

Agradecemos ao Museu Paraense Emílio Goeldi e ao Instituto Tecnológico Vale, a estrutura e apoio fundamentais ao desenvolvimento do projeto. Ao projeto objeto do convênio MPEG/ITVDS/FADESP (01205.000250/2014-10) e ao projeto aprovado pelo CNPq (processo 455505/2014-4), o financiamento. Ao Programa de Capacitação Institucional (MPEG/MCTI) e a Chamada nº13/2015 MCTI/CNPq/VALE-ITV - Formação de Recursos Humanos no Setor de Mineração, as bolsas de curta e longa duração concedidas ao longo do projeto. Ao CNPq, as bolsas de produtividade concedidas. Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas ênfase Botânica Tropical - UFRA/MPEG e alunos que desenvolveram seus projetos alinhados a esta flora. Às Dras. Marlúcia Bonifácio Martins (MPEG) e Vera Lúcia Imperatriz Fonseca (ITVDS), o empenho em formalizar o Acordo de Cooperação Técnica entre o MPEG e ITVDS. Aos curadores e equipes técnicas dos

herbários consultados, o acesso aos materiais e a eficiência na distribuição dos empréstimos para os pesquisadores colaboradores. Ao ICMBio, especialmente ao Frederico Drumond Martins, a licença de coleta concedida e suporte nos trabalhos de campo. Aos desenhistas Alex Pinheiro, João Silveira, Carlos Alvares, Carla Lima, a confecção das ilustrações que irão compor as monografias da flora de Carajás. Agradecemos também às bolsistas Alice Hiura e Julieta Pallos, a manutenção do banco de dados da flora de Carajás nos herbários MG e BHCB, respectivamente. Aos 74 taxonomistas do Brasil e do exterior que se comprometeram com a confecção das monografias. O primeiro autor agradece ao Me. Leonardo Vianna da Costa e Silva e Me. Fernando dos Santos Marino, a oportunidade e dedicação aos estudos da flora de Carajás. Agradecemos ao corpo editorial da Rodriguésia, especialmente a Simone Bittencourt, o apoio e confiança; ao Dr. Júlio A. Lombardi, a colaboração na editoração de artigos deste volume, e a todos os revisores externos. Um agradecimento final é feito ao Dr. Vidal de Freitas Mansano, por seu extremo empenho na concretização deste volume especial.

### Referências

- Ab'saber, A.N. 1986. Geomorfologia da região. *In*: Almeida, J.M.G (org.). Carajás: desafio político, ecologia e desenvolvimento. CNPq, Brasília. Pp 88-124.
- Almeda, F.; Michelangeli, F.A. & Viana, P.L. 2016. *Brasilianthus* (Melastomataceae), a new monotypic genus endemic to ironstone outcrops in the Brazilian Amazon. *Phytotaxa* 273: 269-282.
- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M. & Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22: 711-728.
- APG. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181: 1-20.
- Araujo, A.O. & Chautems, A. 2015. A new species of *Sinningia* (Gesneriaceae) and additional floristic data from Serra dos Carajás, Pará, Brazil. *Phytotaxa* 227: 158-166.
- Austin, D.F. 1981. Novidades nas Convolvulaceae da flora amazônica. *Acta Amazonica* 11: 291-295.
- Austin, D.F. & Secco, R.S. 1988. *Ipomoea marabaensis*, nova Convolvulaceae da Serra dos Carajás (PA). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica* 4: 187-194.
- Barroso, G.M. & King, R.M. 1971. New taxa of Compositae (Eupatorieae) from Brazil. *Brittonia* 23: 118-121.

- Bastos, M.N.C. 1991. A flora “rupestre” da Serra de Carajás (Gramineae). II gênero *Axonopus* P. Beauv. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica 7: 473-483.
- Bastos, M.N.C. 1992. A flora “rupestre” da Serra dos Carajás (Gramineae) - I Estudo taxonômico das espécies dos gêneros *Mesosetum* Steud. e *Thrasya* H.B.K. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica 8: 45-56.
- Bastos, M.N.C. 1993. A flora “rupestre” da Serra de Carajás (Gramineae) - III gênero *Ichnanthus* Beauv. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Serie Botânica 9: 279-293.
- Biesiegel, W.R.; Bernardelli, A.L.; Drumond, N.; Ruff, A.W. & Tremaine, J.W. 1973. Geologia e recursos minerais da Serra do Carajás. Revista Brasileira Geociências 3: 215-242.
- BFG. 2015. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. Rodriguésia 66: 1085-1113.
- Boeira, A.S.P.; Vicentini, A. & Ribeiro, J.E.L.S. 2012. Three new species of *Sloanea* L. (Elaeocarpaceae) from the Central Amazon, Brazil. Brazilian Journal of Botany 35: 119-123.
- Cabral, E.L.; Miguel, L.M. & Viana, P.L. 2012. Two new species of *Borreria* (Rubiaceae) from Brazil, with new distributional records for Pará state and a key to species with transversally sulcate seeds. Annales Botanici Fennici 49: 209-215.
- Cavalcante, P.B. 1970. *Centrosema carajasense*, uma nova Leguminosae da Amazônia brasileira. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica 37: 1-4.
- Cavalcanti, T.B. & Ramos, A.E. 2001. O projeto Flora do Distrito Federal, Brasil. In: Cavalcanti, T.B. & Ramos, A.E. (orgs.). Flora do Distrito Federal, Brasil. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília. Pp. 11-42.
- Cleef, A. & Silva, M.F.F. 1994. Plant communities of the Serra dos Carajás (Pará), Brazil. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica 10: 269-281.
- Costa, D.P. & Peralta, D.F. 2015. Bryophytes diversity in Brazil. Rodriguésia 66: 1063-1071.
- Crandall-Stotler, B.; Stotler, R.E. & Long, D.G. 2009. Morphology and classification of the Marchantiophyta I. In: Goffinet, B. & Shaw, A.J. (eds.). Bryophyte Biology. University Press Cambridge, Cambridge. Pp. 1-54.
- Dittrich, V.A.O.; Salino, A. & Almeida, T.E. 2012. Two new species of the fern genus *Blechnum* with partially anastomosing veins from Northern Brazil. Systematic Botany 37: 38-42.
- Flora do Brasil. 2020 [em construção]. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em 27 outubro 2016.
- FIC. 2016. Enciclopédia Flora Ilustrada Catarinense. Disponível em <<http://hbriai.webnode.com.br/products/enciclopedia-flora-ilustrada-catarinense-fic/>>. Acesso em 27 outubro 2016.
- Forzza, R.C.; Baumgratz, J.F.A.; Bicudo, C.E.M.; Canhos, D.A.L.; Carvalho Jr., A.A.; Costa, A.F.; Costa, D.P.; Hopkins, M.; Leitman, P.M.; Lohmann, L.G.; Maia, L.C.; Martinelli, G.; Menezes, M.; Morim, M.P.; Nadruz-Coelho, M.A.; Peixoto, A.L.; Pirani, J.R.; Prado, J.; Queiroz, L.P.; Souza, V.C.; Stehmann, J.R.; Sylvestre, L.; Walter, B.M.T. & Zappi, D. (eds.). 2010. Catálogo de plantas e fungos do Brasil. 2 vols. Andrea Jakobsson Estúdio / Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1699p.
- Forzza, R.C.; Baumgratz, J.F.A.; Bicudo, C.E.M.; Canhos, D.; Carvalho Jr., A.A.; Nadruz-Coelho, M.A.; Costa, A.F.; Costa, D.P.; Hopkins, M.; Leitman, P.M.; Lohmann, L.G.; Lughadha, E.N.; Maia, L.C.; Martinelli, G.; Menezes, M.; Morim, M.P.; Peixoto, A.L.; Pirani, J.R.; Prado, J.; Queiroz, L.P.; Souza, S.; Souza, V.C.; Stehmann, J.R.; Sylvestre, L.S.; Walter, B.M.T. & Zappi, D.C. 2012. New Brazilian floristic list highlights conservation challenges. BioScience 62: 39-45.
- Freitas, M.L.D. 1986. Algumas considerações sobre a região-programa. In: Almeida, J.M.G. (org.). Carajás: desafio político, ecologia e desenvolvimento. CNPq, Brasília. Pp 22-29.
- Frisby, S.F. & Hind, D.J.N. 2014. *Ichthyothere sasakiae*, (Compositae: Heliantheae: Milleriinae), a new species from the Amazonian campo rupestre of northern Mato Grosso state, Brazil. Kew Bulletin 69: 9504
- Giulietti, A.M.; Menezes, N.L.; Pirani, J.R.; Meguro, M.; & Wanderley, M.G.L. 1987. Flora da Serra do Cipó: caracterização e lista de espécies. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 9: 1-151.
- Giulietti, A.M.; Queiroz, L.P.; Silva, T.R.S.; França, F.; Guedes, M.L. & Amorim, A.M. 2006. Flora da Bahia. Sitientibus Série Ciências Biológicas 6: 169-173.
- Giulietti, A.M.; Pirani, J.R. & Harley, R.M. 1997. Espinhaço Range Region, Eastern Brazil. In: Davis, S.D.; Heywood, V.H.; HerreraMacBryde, O.; Villa-Lobos, J. & Hamilton, A.C. (eds.). Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation. Vol. 3. Information Press, Oxford. Pp. 397-404
- Goffinet, B.; Buck, W.R. & Shaw, A.J. 2009. Morphology, anatomy and classification of the Bryophyta. In: Goffinet, B. & Shaw, A.J. (eds.). Bryophyte Biology. University Press Cambridge, Cambridge. Pp. 55-138.
- Gonçalves, E.G. & Arruda, A.J. 2013. *Philodendron carajasense* sp. nov. (Araceae), a rheophyte from Carajás Mountain Range, northern Brasil. Nordic Journal of Botany 32: 536-539.
- Grant, J.R.; Mass, P.J. & Struwe, L. 2006. *Yanomamua araca* (Gentianaceae), a new genus and species from Serra do Aracá, an outlier of the Guayana region in Amazonas state, Brazil. Harvard Papers in Botany 11: 29-37.



- Harley, R.M. 2013. Notes on the genus *Gymneia* (Lamiaceae: Ocimeae, Hyptidinae) with two new species from Brazil. *Phytotaxa* 148: 47-65.
- Hasui, Y.; Haraly, N.L.E. & Schobbenhaus, C. 1984. Elementos geofísicos e geológicos da região Amazônica: subsídios para o modelo geotectônico. *In: Simpósio Geológico da Amazônia 1*. Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Norte, Belém. Pp 129-141.
- Hirata, W.K.; Rigon, J.C.; Kadekaru, K.; Cordeiro, A.A.C. & Meireles, E.M. 1982. Geologia regional da província mineral de Carajás. *In: Simpósio de Geologia da Amazônia 1*. Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Norte, Belém. Pp. 100-110.
- Hopkins, M.J.G. 2005. Flora da Reserva Ducke, Amazonas, Brasil. *Rodriguésia* 56: 9-25.
- King, R.M. & Robinson, H. 1980a. Studies in the Eupatorieae (Asteraceae). CXCIV. A new genus *Parapiqueria*. *Phytologia* 47: 110-112.
- King, R.M. & Robinson, H. 1980b. Studies in the Eupatorieae (Asteraceae). CXCV. A new genus *Cavalcantia*. *Phytologia* 47: 113-116.
- Kirkbride, J.H. 1980. Manipulus rubiacearum - I. *Acta Amazonica* 10: 97-118.
- Lisboa, R.C.L. & Ilkiu-Borges, F. 1996. Briófitas da Serra de Carajás e sua possível utilização como indicadora de metais. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica* 12: 161-181.
- Lombardi, J.A. 2007. A noteworthy new species of *Peritassa* (Celastraceae, Hippocrateoideae) from Amazonian Brazil. *Novon* 17: 29-32.
- Maurity, C.W. & Kotschoubey, B. 1995. Evolução recente da cobertura de alteração no Platô N1 - Serra dos Carajás-PA. Degradação, pseudocartificação, espeleotemas. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra* 7: 331-362.
- Michelangeli, F.A & Goldenberg, R. 2014. A new species of *Graffenrieda* (Melastomataceae) from the northern Amazon basin. *Brittonia* 66: 170-173.
- Moraes, E.N.R. & Lisboa, R.C.L. 2006. Musgos (Bryophyta) da Serra dos Carajás, estado do Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências Naturais* 2: 39-68.
- Mota, N.F.O.; Silva, L.V.C.; Martins, F.D. & Viana, P.L. 2015. Vegetação sobre Sistemas Ferruginosos da Serra dos Carajás. *In: Carmo, F.F. & Kamino, L.H.Y. (orgs.). Geossistemas Ferruginosos no Brasil*. Instituto Prístino, Belo Horizonte. Pp. 289-315.
- Nic Lughadha, E. & Morim, M.P. 2015. Flora of Brazil Online: can Brazil's botanists achieve their 2020 vision? *Rodriguésia* 66: 1115-1135.
- Nunes, C.S.; Gil, A.S.B. & Trevisan, R. 2016. *Eleocharis pedroviana*, a new species of Cyperaceae from Northern Brazil (Serra dos Carajás, Pará state). *Phytotaxa* 265: 85-91.
- Pereira, J.B.S.; Salino A.; Arruda, A. & Stützel, T. 2016. Two new species of *Isoetes* (Isoetaceae) from northern Brazil. *Phytotaxa* 272: 141-148.
- Pirani, J.R.; Mello-Silva, R. & Giulietti, A.M. 2003. Flora de Grão Mogol, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 21: 1-24.
- Pirani, J.R.; Sano, P.T.; Mello-Silva, R.; Menezes, N.L.; Giulietti, A.M.; Zappi, D.C. & Jono, V.Y. (orgs.). 2015. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais. Disponível em <<http://www.ib.usp.br/botanica/serradocipo>>. Acesso em 1 outubro 2016.
- Pires, J.M. & Prance, G.T. 1985. The vegetation types of the Brazilian Amazon. *In: Prance, G.T. & Lovejoy, T.E. (eds.). Amazonia*. Pergamon Press., Oxford. Pp. 109-145.
- Porto, M.L. & Silva, M.F.F. 1989. Tipos de vegetação metalófila em áreas da Serra de Carajás e de Minas Gerais, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 3: 13-21.
- PPG (Pteridophyte Phylogeny Group) I. 2016. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution* [In press].
- Prado, J.; Sylvestre, L.S.; Labiak, P.H.; Windisch, P.G.; Salino, A.; Barros, I.C.L.; Hirai, R.Y.; Almeida, T.E.; Santiago, A.C.P.; Kieling-Rubio, M.A.; Pereira, A.F.N.; Øllgaard, B.; Ramos, C.G.V.; Mickel, J.T.; Dittrich, V.A.O.; Mynssen, C.M.; Schwartzburd, P.B.; Condack, J.P.S.; Pereira, J.B.S. & Matos, F.B. 2015. Diversity of ferns and lycophytes in Brazil. *Rodriguésia* 66: 1-11.
- Prance, G.T. & Johnson, D.M. 1992. Plant collections from the plateau of Serra do Aracá (Amazonas, Brazil) and their phytogeographic affinities. *Kew Bulletin* 47: 1-24.
- Prata, A.P.N.; Amaral, M.C.E.; Farias, M.C.V. & Alves, M.V. 2013 (orgs.). Flora de Sergipe. Vol. 1. Gráfica e editora Triunfo, Aracaju. 592p.
- Prata, A.P.N.; Farias, M.C.V. & Landim, M.F. 2015. Flora de Sergipe. Vol. 2. Criação Editora, Aracaju. 300p.
- Reitz, P.R. 1965. Plano de coleção. *In: Reitz, R. (ed.). Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí*. 71p.
- Resende, N.P. & Barbosa, A.L.M. 1972. Relatório de pesquisa de minério de ferro, Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás, estado do Pará. AMZA. Belém. 1248p.
- Ribeiro, J.E.L.S.; Hopkins, M.J.G.; Vicentini, A.; Sothers, C.A.; Costa, M.A.S.; Brito, J.M.; Souza, M.A.D.; Martins, L.H.P.; Lohmann, L.G.; Assunção, P.A.C.L.; Pereira, E.C.; Silva, C.F.; Mesquita, M.R. & Procópio, L.C. 1999. Flora da Reserva Ducke, guia de identificação. DFID & INPA, Manaus. 800p.
- Rizzini, C.T. 1979. Tratado de fitogeografia do Brasil. Vol. 2. Aspectos ecológicos. Hucitec/Edusp, São Paulo. 374p.
- Salas R.M.; Cabral, E.L.; Viana, P.L.; Dessein, S. & Jansen, S. 2015. *Carajasia* (Rubiaceae), a new and

- endangered genus from Carajás mountain range, Pará, Brazil. *Phytotaxa* 206: 14-29.
- Salino, A.; Souza, M.G.M. & Arruda, A.J. 2014. *Thelypteris indusiata* (Thelypteridaceae), a new fern species from Amazonian Brasil. *Phytotaxa* 156: 279-284.
- Salomão, R.P.; Silva, M.F.F. & Rosa, N.A. 1988. Inventário ecológico em floresta pluvial tropical de terra firme, Serra Norte, Carajás, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica* 4: 1-46.
- Santos, B.A. 1986. Recursos minerais. *In*: Almeida, J.M.G (org.). Carajás: desafio político, ecologia e desenvolvimento. CNPq, Brasília. Pp. 294-361.
- Secco, R.S. 1993. *Alchornea fluviatilis*, uma nova Euphorbiaceae da Amazônia. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica* 9: 59-65.
- Secco, R.S. & Lobo, M.G. 1988. Considerações taxonômicas e ecológicas sobre a flora dos “campos rupestres” da serra dos Carajás (PA). *Boletim da Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza* 23: 30-44.
- Secco, R.S. & Mesquita, A.L. 1983. Nota sobre a vegetação de canga da Serra Norte. I. *Boletim Paraense Emílio Goeldi, Nova Série Botânica* 59: 1-13.
- Secco, R.S. & Austin, D.F. 1988. *Ipomoea marabaensis*, nova Convolvulaceae da Serra dos Carajás (PA). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi* 4: 187-194.
- Silva, A.S. 1993. A flora “rupestre” de Carajás - Fabaceae. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica* 9: 3-30.
- Silva, M.A. 2006. Arranjos político-institucionais: a criação de novos municípios, novas estruturas de poder e as lideranças locais - a divisão territorial de Marabá na década de 1980. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará, Belém. Pp. 1-188p.
- Silva, M.F.F. 1991. Análise florística da vegetação que cresce sobre canga hematítica em Carajás - Pará (Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica* 7: 79-108.
- Silva, M.F.F. & Rosa, N.A. 1989. Análise do estrato arbóreo da vegetação sobre jazida de cobre na Serra dos Carajás-PA. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica* 5: 175-206.
- Silva, M.F.F.; Rosa, N.A. & Oliveira, J. 1987. Estudos botânicos na área do Projeto Ferro Carajás. 5. Aspectos florísticos da mata do Rio Gelado, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica* 3: 1-20.
- Silva, M.F.F.; Rosa, N.A. & Salomão, R.P. 1986a. Estudos botânicos na área do Projeto Ferro Carajás. 3. Aspectos florísticos da mata do aeroporto de Serra Norte-PA. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica* 2: 169-187.
- Silva, M.F.F.; Menezes, N.L.; Cavalcante, P.B. & Joly, C.A. 1986b. Estudos botânicos: histórico, atualidade e perspectivas. *In*: Almeida, J.M.G (org.). Carajás: desafio político, ecologia e desenvolvimento. CNPq, Brasília. Pp. 184-207.
- Silva, M.F.F.; Secco, R.S. & Lobo, M.G.A. 1996. Aspectos ecológicos da vegetação rupestre da Serra dos Carajás, estado do Pará, Brasil. *Acta Amazonica* 26: 17-44.
- Souza, M.A.D.; Scudeller, V.V. & Mendonça, M.M. 2015. Three new species of *Eugenia* (Myrtaceae) from Brazilian Amazonia. *Phytotaxa* 212: 87.
- Stannard, B.L. (ed.). 1995. Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. Royal Botanic Gardens, Kew. 853p.
- STCP. 2016. Plano de manejo da Floresta Nacional de Carajás. Vol. 1. Diagnóstico. Engenharia de Projetos Ltda., Curitiba. 190p.
- ter Steege, H. *et al.* 2013. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. *Science* 342: 1243092.
- Vanderplank, J. & Zappi, D.C. 2011. *Passiflora cristalina*, a striking new species of *Passiflora* (Passifloraceae) from Mato Grosso, Brazil. *Kew Bulletin* 66: 149-153.
- Wanderley, M.G.L.; Shepherd, G.J. & Giulietti, A.M. (orgs.). 2001-2016. Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo. Hucitec, São Paulo. Vols. 1-8.
- Zappi, D.C.; Sasaki, D.; Milliken, W.; Piva, J.; Henicka, G.S.; Biggs, N. & Frisby, S. 2011. Plantas vasculares da região do Parque Estadual Cristalino, norte de Mato Grosso, Brasil. *Acta Amazonica* 41: 29-38
- Zappi, D.C.; Forzza, R.C.; Souza, V.C.; Mansano, V.F. & Morim, M.P. 2015. Epilogue. *Rodriguésia* 66: Epilogue.